



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD
ECOLOGÍA

DIVERSIDAD DE TAXONES SUPERIORES DE MAMÍFEROS DE MÉXICO

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

JIMENA VARGAS BARÓN

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. HÉCTOR TAKESHI ARITA WATANABE
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD, UNAM
COMITÉ TUTOR: DR. GUILLERMO IBARRA MANRÍQUEZ
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD, UNAM
DR. RODRIGO ANTONIO MEDELLÍN LEGORRETA
INSTITUTO DE ECOLOGÍA, UNAM

MORELIA, MICH.

JUNIO, 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD
ECOLOGÍA

DIVERSIDAD DE TAXONES SUPERIORES DE MAMÍFEROS DE MÉXICO

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

JIMENA VARGAS BARÓN

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. HÉCTOR TAKESHI ARITA WATANABE
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD, UNAM
COMITÉ TUTOR: DR. GUILLERMO IBARRA MANRÍQUEZ
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD, UNAM
DR. RODRIGO ANTONIO MEDELLÍN LEGORRETA
INSTITUTO DE ECOLOGÍA, UNAM

MORELIA, MICH.

JUNIO, 2016

Dr. Isidro Ávila Martínez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Por medio de la presente me permito informar a usted, que el Subcomité de Ecología y Manejo Integral de Ecosistemas, del Posgrado en Ciencias Biológicas, en su sesión ordinaria del día 11 de abril de 2016, aprobó el siguiente jurado para la presentación del examen para obtener el grado de **MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** de la alumna **VARGAS BARÓN JIMENA** con número de cuenta **410064452**, con la tesis titulada **"DIVERSIDAD DE TAXONES SUPERIORES DE MAMÍFEROS DE MÉXICO"**, dirigida por el **DR. HÉCTOR TAKESHI ARITA WATANABE**:

Presidente: Dr. Fernando A. Cervantes Reza
Vocal: Dra. Livia Socorro León Paniagua
Secretario: Dr. Guillermo Ibarra Manríquez
Suplente: Dr. Victor Arroyo Rodríguez
Suplente: Dr. Luis Daniel Ávila Cabadilla

Sin otro particular, quedo de usted.



ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria, Cd. Mx., a 19 de mayo de 2016

M. del Coro Arizmendi Arriaga

Dra. María del Coro Arizmendi Arriaga
Coordinadora del Programa

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

Primeramente quiero agradecer al **Posgrado en Ciencias Biológicas** de la Universidad Nacional Autónoma de México por haberme dado la oportunidad de estudiar la maestría.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** (CONACYT) por la beca que me otorgó para realizar los estudios de tiempo completo. (Becaria 508464 / 288680).

Al **Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica** UNAM-DGAPA-PAPIIT clave IN208614.

A mi **comité tutor**:

Dr. Héctor T. Arita, Dr. Guillermo Ibarra y al Dr. Rodrigo Medellín, que aún con tan ocupada agenda hicieron el tiempo para escucharme atentamente y darme buenos consejos aportando todos sus conocimientos para un proyecto completo.

AGRADECIMIENTOS A TÍTULO PERSONAL

Al Dr. Héctor Arita, por adoptarme como su alumna a pesar de saber que sería un gran reto para ambos (y vaya que lo fue), por guiarme en todo momento y por siempre apoyarme para dirigirme hacia lo que me apasiona. Una gran persona, de pocas palabras pero grandes enseñanzas.

Al Dr. Guillermo Ibarra, por su paciencia, por siempre tener fe en mi y por ayudarme a superarme académicamente.

A mi madre, que siempre me ha impulsado para alcanzar grandes metas.

A Cuitláhuac, por resolver cualquier tipo de duda a cualquier hora.

A Daniel y Fernanda, mis compañeros de vida, por siempre estar orgullosos mi.

A mi padre, el responsable de mi gran amor por la naturaleza y los animales.

A mis amigos: Claudia, Daniel, David, Iván, Karem, Natalí y Tavo por acompañarme en este proceso desde la licenciatura, por los grandes viajes y los momentos de interminables risas. Me llevo amigos para toda la vida. ¡Arriba G8!

A Javier, por todo el amor y comprensión que me brindó durante esta etapa.

A mi familia Vargas, por apoyarme en todas mis ideas locas, darme palabras de aliento en cada situación y por seguir de cerca cada uno de mis pasos con amor incondicional.

A los integrantes del laboratorio de Macroecología; Angy, Dani y Leo, que siempre tuvieron una sonrisa para mi y disposición para contestar mis preguntas.

¡Macro rules!

A Nicasio, por ayudarme con sabias palabras a través de cada crisis académica.

A Fabricio Villalobos, que a pesar de la distancia siempre me apoyó con todas las dudas, modelos, scripts, mapas y más dudas, ¡gracias por tu gran ayuda!

A todos mis profesores por haber compartido su conocimiento con gran pasión y por hacer que el CIEco se sintiera como un segundo hogar.

A todo el equipo administrativo por su infinita paciencia y apoyo en todos los procesos, Dolores Rodriguez, Lilia Jimenez, Lilia Espinosa, Armando Rodriguez, y Leonarda Terán.

A Coqui,
el corazón más grande de todos.



ÍNDICE

i. Lista de Figuras y Tablas	9
ii. Resumen	10
iii. Abstract	12
1. Introducción y Antecedentes	14
2. Objetivos	19
3. Métodos	20
3.1. Base de datos	20
3.2. Mamíferos no voladores y voladores	21
3.3. Riqueza de especies y de taxones superiores	22
3.4. Partición de la riqueza de especies	22
3.5. Mapas de riqueza de mamíferos	23
3.6. Relaciones taxón-área y taxón superior-taxón	24
3.7. Índice de diversidad taxonómica	25
4. Resultados	27
4.1. Riqueza de mamíferos	27
4.2. Estructura taxonómica y partición de la diversidad	28
4.3. La riqueza de mamíferos de los países del mundo	33
4.4. Relaciones taxón-área	37
4.5. Relaciones taxón superior-especie	40
4.6. Diversidad taxonómica	42
5. Discusión	44
5.1. Estructura taxonómica de la fauna de mamíferos terrestres del mundo	44
5.2. Riqueza de especies en México	47
5.3. Riqueza de taxones superiores de mamíferos no voladores	49
5.4. Riqueza de taxones superiores de quirópteros	51
5.5. Historia evolutiva y diversidad taxonómica	52
5.6. Implicaciones para la conservación de la diversidad	56
6. Conclusión	59
7. Literatura Citada	60
8. Apéndices	64

i. LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1. Estructura taxonómica de la riqueza de mamíferos.

Figura 2. Partición de la riqueza de especies en componentes de diversidad de taxones superiores.

Figura 3. Partición de la riqueza de especies por país.

Figura 4. Riqueza de mamíferos no voladores por país.

Figura 5. Riqueza de murciélagos por país.

Figura 6. Relación taxón-área para mamíferos terrestres y murciélagos por país.

Figura 7. Relación taxa superior-especie por país.

Figura 8. Relación entre la diversidad taxonómica y la riqueza de especies para los países de cuatro continentes.

Figura 9. Relación taxón-área para mamíferos terrestres y murciélagos por país (México excluido del análisis).

Tabla 1. Riqueza de especies y de taxones superiores de mamíferos del mundo y de México.

Tabla 2. Regresiones entre el número de taxones y el área de los países del mundo, con la posición de México.

ii. RESUMEN

México es considerado uno de los países megadiversos a nivel mundial por su inusual riqueza de especies y la alta concentración de formas endémicas. El objetivo central de este trabajo fue constatar si la megadiversidad de México se refleja en la riqueza de taxones superiores de mamíferos. En este estudio se comparó la riqueza de especies y de taxones superiores de mamíferos entre todos los países del mundo utilizando una combinación de métodos tradicionales (relación especies-área e índices de diversidad taxonómica) y nuevas aproximaciones de análisis (relaciones taxón-especies y escalamiento y partición de la riqueza de taxones superiores).

Se encontró que existen tres factores principales que determinan el número de especies y de categorías supra-específicas en cada unidad política: tamaño del país, el continente en que se encuentra y su posición latitudinal. En general, contribución relativa de estos factores es diferente para murciélagos (orden Chiroptera) y para mamíferos no voladores. Ambos grupos muestran mayor riqueza de especies en países que se encuentran total o parcialmente dentro de la zona intertropical, pero la riqueza de mamíferos no voladores depende en mayor medida del tamaño del país en comparación con la riqueza de quirópteros. Para los mamíferos no voladores, el número de géneros es el principal componente de la riqueza entre los países del Nuevo Mundo, mientras que para países del Viejo Mundo (especialmente el continente africano) lo es el número de órdenes. Las faunas de murciélagos del Viejo Mundo contienen un alto número de especies por género, mientras que la riqueza de países neotropicales está determinada por un

número alto de géneros por familia. En general, los países del Viejo Mundo tienen una diversidad taxonómica superior que sus contrapartes en el Nuevo Mundo. Estas disimilitudes sugieren historias de diversificación diferentes para los mamíferos no voladores y para murciélagos en el Viejo Mundo y en países americanos.

Para el caso específico de México, se corroboró que la riqueza de especies de mamíferos es muy alta, colocando al país en los lugares cuarto y sexto en número de mamíferos no voladores y murciélagos, respectivamente. Sin embargo, para el primer grupo no se ve reflejada en el nivel de géneros, familias u órdenes, categorías en las que México muestra una diversidad moderadamente alta. En cambio, la notable diversidad de murciélagos de México se refleja en el número de géneros, aunque no en el de familias.

La estructura taxonómica de las faunas de mamíferos no voladores y de murciélagos sugiere historias de diversificación diferentes, aunque en ambos casos determinadas, en buena medida, por el Gran Intercambio Biótico Americano. Estas diferencias en la estructura taxonómica y en las trayectorias de diversificación, sugieren la necesidad de aproximaciones distintas para las estrategias de conservación de mamíferos no voladores y de quirópteros en diferentes continentes.

iii. ABSTRACT

Mexico is in the short list of the so-called megadiverse countries that concentrate a high proportion of the biological diversity of the planet. Here I test the idea that such megadiversity is mirrored in the richness of higher taxa of mammals. In this study, I present comparisons of mammal species richness and of richness of higher taxa among the countries of the world. To conduct such comparisons, we used a combination of traditional methods (e.g., species-area relationships, indices of taxonomic diversity) and new approaches (e.g., taxon-species relationships and scaling and partitioning of higher-taxon richness).

I found that three main factors interplay to determine the number of species and of supra-specific categories of each political unit: Size of the country, the continent in which it is located, and the latitudinal position. The relative contribution of each of these factors is different for bats (order Chiroptera) and non-volant mammals. Both groups show higher species richness in countries with total or partial location in the intertropical zone, but richness of non-volant mammals is much more dependent on the size of the country than chiropteran richness. For non-volant mammals, the number of genera is the main contributor to overall richness among New World countries, whereas for Old World countries (especially African), the number of orders is the chief component. Old World bat faunas contain high numbers of species per genus, whereas the richness of neotropical countries is determined by higher numbers of genera per family. In general, Old World countries have higher taxonomic diversity than their New World counterparts do.

These dissimilarities suggest different diversification histories for bats and non-volant mammals in the New World and the American countries.

I substantiated the mammalian species richness of Mexico as one of the highest in the world, with the country ranking fourth and sixth in the number of non-volant and volant mammals, respectively. The number of Mexican genera, families, and orders of non-volant mammals is only moderately high, but the extraordinary diversity of Mexican bats is shown in unusually high numbers of both species and genera, although not of families.

The differences in the taxonomic structure of the faunas of non-volant and volant mammals suggest different evolutionary paths for the two groups, although the Great American Biotic Interchange (GABI) seems to have played a significant role in both cases. These differences also call for different conservation strategies aimed at the protection of key taxonomic levels of non-volant mammals and bats in different continents.

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Uno de los patrones biogeográficos más conspicuos es la distribución heterogénea de la diversidad biológica entre sitios a diferentes escalas espaciales. Por ser muy intuitiva y relativamente fácil de cuantificar, la riqueza de especies, definida como el número de especies que se encuentran en determinado sitio, es una de las medidas de diversidad más utilizadas y ha sido examinada en estudios comparativos que abarcan escalas desde comunidades locales hasta ensamblajes regionales, continentales y globales (Pimm *et al.*, 2014; Rosenzweig, 1995). A pesar de décadas de investigación exhaustiva, en las cuales se han propuesto docenas de hipótesis ecológicas, geográficas y evolutivas para explicar los patrones de diversidad, aún no existe consenso sobre los factores definitivos que determinan la variación espacial de la riqueza de especies, y sigue siendo un tema altamente debatido (Mittelbach *et al.*, 2007; Gotelli *et al.*, 2009; Willig y Bloch, 2006).

Una extensión del estudio de la riqueza de especies es el análisis de patrones de riqueza de taxones supraespecíficos, es decir, el número de géneros, familias, órdenes o clases que se encuentran en una localidad. En muchos casos obtener inventarios completos de una biota a nivel de especie no es posible, por lo que la riqueza de taxones superiores se ha usado como medida sustituta (“subrogada”) de la riqueza de especies (Gaston y Williams, 1993; Heino y Soininen, 2007; Rodrigues y Brooks, 2007; Villaseñor *et al.*, 2005; Williams y Gaston, 1994). Este enfoque se basa en la premisa, confirmada para varios grupos

taxonómicos y a diferentes escalas, de que la riqueza de especies y la riqueza supraespecífica están fuertemente relacionadas, por lo que se pueden establecer relaciones predictivas entre ambas variables (Amori y Gippoliti, 2003; Enquist *et al.*, 2002; Heino y Soininen, 2007; Mandelik *et al.*, 2007; Vieira *et al.*, 2012; Villaseñor *et al.*, 2005). La riqueza de taxones superiores también ha sido examinada como parte de modelos de escalamiento de riqueza de especies de plantas (Enquist *et al.*, 2002), diversificación de moluscos (Krug *et al.*, 2008; Roy *et al.*, 1996), en estudios orientados a la conservación de la biodiversidad (Rodrigues y Brooks, 2007; Williams y Gaston, 1994), o como una vía para reconstruir la historia evolutiva de los sitios (Arita *et al.*, 2014; Davies y Buckley, 2011; Hawkins *et al.*, 2012).

Los patrones de riqueza supraespecífica se han examinado desde una perspectiva evolutiva, bajo el supuesto de que la actual riqueza de estos taxones es el resultado de procesos previos de diversificación ocurridos a diferentes escalas de tiempo (Arita *et al.*, 2014; Davies y Buckley, 2011; Hawkins *et al.*, 2012; Krug *et al.*, 2008). Esta aproximación está cercanamente relacionada con los avances metodológicos en la cuantificación de la diversidad taxonómica y filogenética. (Cavender *et al.*, 2009; Vellend *et al.*, 2011). En general, al comparar regiones con riquezas de especies similares, las áreas de mayor diversidad filogenética tienden a contener un mayor número de taxones superiores en proporción a su riqueza de especies. La composición de biotas de estas áreas con alta diversidad filogenética está definida por la supervivencia de clados antiguos que muestran una baja diversificación en tiempos recientes. En contraste, áreas de diversificación reciente tienden a mostrar biotas con mayor riqueza de especies y

un menor número de taxones superiores (Arita *et al.*, 2014; Davies y Buckley, 2011; Hawkins *et al.*, 2012; Krug *et al.*, 2008).

La cuantificación de la riqueza de especies y de taxones superiores se relaciona cercanamente con las medidas de diversidad taxonómica y filogenética, o índices de distintividad, que han sido propuestos para establecer prioridades de conservación (Clarke y Warwick, 1998; Vane-Right *et al.*, 1991; Vellend *et al.*, 2011). El propósito de estos índices es medir el grado de diferencia o “distintividad” entre las especies, de manera que entre más lejanas estén en promedio las especies a lo largo de una filogenia o en una estructura taxonómica, mayor es la diversidad. Para un valor de riqueza de especies dado, entre mayor es el número de taxones en cada una de las categorías supraespecíficas, mayor es la diversidad porque eso implica la existencia de especies más alejadas filogenéticamente entre sí. Por lo tanto, valores altos en estos índices de diversidad taxonómica implican que existe un mayor número de taxones “únicos” o “distintivos”, esto es, representados por pocas especies. Los esfuerzos de conservación en estos casos deberán enfocarse en proteger estos taxones únicos y las áreas donde ocurren. El análisis de estos patrones globales de diversidad taxonómica, enfocados en estas especies únicas, así como en taxones endémicos, ha llevado a la identificación de los llamados países megadiversos, que contienen una alta proporción de la diversidad biológica del mundo (Mittermeier *et al.*, 1997). La comparación de riqueza y diversidad taxonómica y filogenética entre países es necesaria dado que la mayor parte de los esfuerzos de conservación tienen un componente político importante, y se necesita información particular sobre los países para la toma de decisiones. Estas comparaciones de diversidad taxonómica entre países (Amori *et*

al., 2011; Arita 1997) son por lo tanto una herramienta fundamental en la biología de la conservación.

México es considerado uno de los 12 países megadiversos, ya que en él se concentra un porcentaje importante (más del 10%) de la diversidad biológica del planeta (Mittermeier, 1988; Mittermeier *et al.*, 1997). Un componente de gran importancia de la biodiversidad de México es su fauna de mamíferos, que en números absolutos lo coloca entre los cuatro países más ricos en especies (Ceballos y Navarro, 1991; Fa y Morales, 1993; Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008). Entre los factores que explican la notable diversidad de México se encuentran el área del país (México es el país número 13 en superficie total a nivel mundial), la localización de una buena parte del territorio dentro de la zona intertropical, la localización en el límite entre dos regiones biogeográficas, la historia geológica y la gran heterogeneidad fisiográfica y climática (Ceballos y Navarro, 1991).

Análisis de los datos disponibles a principios de los años noventa mostraron patrones diferentes para la diversidad de mamíferos no voladores y para murciélagos en México. Comparado con otros países de América, el país mostró un número más alto de especies de mamíferos no voladores que el esperado para su tamaño, pero un número de especies de murciélagos no significativamente diferente de lo esperado (Arita, 1993; 1997). Estos resultados indicaban que el área *per se* podía explicar gran parte de la variación en riqueza de quirópteros, pero que la riqueza de mamíferos no voladores dependía de otros factores, notablemente la heterogeneidad ambiental, que genera un alto valor de la

diversidad beta o de recambio de especies entre los mamíferos mexicanos (Rodríguez *et al.*, 2003).

En el presente estudio, se examina la diversidad de mamíferos de México a diferentes niveles taxonómicos utilizando análisis tradicionales (relación especies-área e índices de diversidad taxonómica) como medida comparativa con otros países. Asimismo, se exploraron las relaciones matemáticas y aplicación de otros aproximamientos, como los análisis taxón-área y taxón-taxón. Adicionalmente, se emplearon avances metodológicos recientes para analizar el escalamiento de la riqueza a diferentes niveles taxonómicos, y se presentan nuevos enfoques analíticos para la partición de diversidad de especies en sus diferentes componentes taxonómicos.

El interés central de este estudio es examinar si la megadiversidad de México, que se refleja en su riqueza de especies de mamíferos, aparece también al nivel de otras categorías taxonómicas. El análisis se aborda desde el enfoque macroecológico, por lo que no se usa el método tradicional hipotético deductivo; en cambio, se utilizan los modelos nulos, los cuales están basados en aleatorizaciones de parámetros de interés, y generan distribuciones estadísticas hipotéticas con las que se comparan los datos empíricos (Gotelli y Graves, 1996). La comparación entre estos modelos y nuestros datos, permite, además, plantear algunas hipótesis respecto a los posibles procesos evolutivos que han generado los patrones de diversidad que se observan en la actualidad.

2. OBJETIVOS

Los objetivos definidos para el presente estudio son los siguientes:

1. Comparar la diversidad biológica de los países del mundo usando como medida la riqueza de especies y de taxones superiores.
2. Describir y analizar los patrones geográficos de riqueza de mamíferos a diferentes niveles taxonómicos.
3. Determinar con datos actualizados si México es realmente un país megadiverso a nivel de especies.
4. Definir si dicha megadiversidad se refleja en los taxones superiores.

3. MÉTODOS

3.1 Base de datos

La fuente primaria de información taxonómica y de distribución de los mamíferos del mundo fue la base de datos de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), derivada de su reporte de 2008 (Schipper *et al.*, 2008). Para asegurar que las comparaciones entre México y otros países fuesen consistentes, se retuvieron tanto las listas por países como el arreglo taxonómico, el cual se basa en Wilson y Reeder (1993, 2005) con algunas excepciones definidas por cada grupo especialista, tal y como estaban disponibles en la página web de la UICN en noviembre de 2013 (IUCN, 2013).

De la lista completa de naciones del mundo (223 países) se excluyeron los países constituidos totalmente por una o más islas oceánicas con faunas depauperadas (que típicamente contienen menos de 5 especies), al igual que países localizados en continentes, pero con área menor de 10,000 km² (e.g. Vaticano, Mónaco, San Marino), esto debido a que las listas de especies de dichos países están basadas en el área de distribución geográfica de las especies de países circundantes, y no necesariamente presentan todas las especies en su territorio. Sin embargo, se conservaron unidades políticas insulares de gran tamaño, tales como Australia, Madagascar, Papúa-Nueva Guinea y Nueva Zelanda, así como naciones-archipiélago como Filipinas e Indonesia. En particular, dados los objetivos con enfoque en México del presente estudio, se mantuvieron en la base de datos los países localizados en las Antillas mayores, como la República Dominicana, Haití, Puerto Rico, Jamaica y Cuba.

De esta base de datos se generó para cada país del mundo una lista de las especies de mamíferos terrestres. Los mamíferos marinos no incluidos en este estudio fueron 11 familias del orden Cetartiodactyla, el orden Sirenia, tres familias del orden Carnivora (Odobenidae, Otariidae y Phocidae), así como la nutria marina (*Enhydra lutris*) y el oso polar (*Ursus maritimus*).

La base de datos final incluye la siguiente información de 159 países: a) Nombre del país, b) Código ISO de tres dígitos, c) Número de órdenes, familias, géneros y especies, d) Área (km²), e) Continente, f) Región Zoogeográfica (Holt *et al.*, 2013) y g) País continental (0) o País Insular (1). Las bases de datos completas se encuentran en el Apéndice I para no voladores y el Apéndice II para murciélagos.

3.2 Mamíferos no voladores y voladores

Se ha demostrado en estudios anteriores que existen diferencias importantes en los patrones biogeográficos y macroecológicos de los mamíferos no voladores en comparación con los del orden Chiroptera (Arita *et al.*, 1997; Hawkins *et al.*, 2012). En consecuencia, se realizó el análisis por separado para los mamíferos no voladores (especies pertenecientes a los demás 25 órdenes, excluyendo los taxones marinos definidos arriba) y para los murciélagos (orden Chiroptera), con el fin de analizar específicamente cómo se comporta cada uno de los grupos en sus categorías supraespecíficas.

3.3 Riqueza de especies y de taxones superiores

Se computó para cada país la riqueza de especies y de taxones superiores, definida simplemente como el número de especies y de categorías supraespecíficas representadas en cada país (orden, familia y género). Se comparó la estructura taxonómica de la fauna de mamíferos entre México y a nivel mundial, usando el procedimiento basado en el modelo lineal de escalamiento de taxones de Mora *et al.* (2011). Las categorías se codificaron con números naturales del cero al cuatro (0 para clase, 1 para orden, 2 para familia, 3 para género y 4 para especie). El modelo es una regresión lineal del logaritmo de la riqueza de cada categoría con su respectivo código, que genera una relación de la forma $N(k) = b^{\beta_1 k - \beta_0}$, en donde $N(k)$ es el número de taxones de la categoría k , b es la base del logaritmo y β_1 y β_0 son la pendiente y la ordenada al origen del modelo lineal, respectivamente. En este estudio se usaron logaritmos de base 10, de manera que $b = 10$.

Si la estructura taxonómica de una fauna sigue el modelo lineal, eso implica que el cociente entre el número de taxones en categorías adyacentes es constante e igual a b^{β_1} . En otras palabras, si S , G , F , O y C son los números de especies, géneros, familias, órdenes y clases, entonces $S/G = G/F = F/O = O/C = b^{\beta_1}$.

3.4 Partición de la riqueza de especies

Los cocientes anteriores se pueden emplear en una partición de la riqueza de especies en componentes determinados por la contribución de la riqueza de

taxones superiores. Esto se logra si se expresa la riqueza de especies como una serie de productos de estos cocientes:

$$S = \frac{S}{G} \cdot \frac{G}{F} \cdot \frac{F}{O} \cdot \frac{O}{C} \cdot C \quad (1)$$

en donde S , G , F , O , y C son los números de especies, géneros, familias, órdenes y clases, respectivamente, que se encuentran en determinado lugar.

Aplicando logaritmos, se obtiene una partición aditiva:

$$\log(S) = \log(S/G) + \log(G/F) + \log(F/O) + \log(O/C) \quad (2)$$

$$\log S = \log \frac{S}{G} + \log \frac{G}{F} + \log \frac{F}{O} + \log O$$

Dado que todos los mamíferos pertenecen a una sola clase (Mammalia), el término $\log(C) = \log(1) = 0$ ya no aparece en la fórmula 2. Si la estructura taxonómica se ajusta al modelo de Mora *et al.* (2011), entonces los términos de las fórmulas (1) y (2) son iguales (porque todos los cocientes son iguales a b^{β_i}) y se puede decir que cada nivel taxonómico contribuye igualmente a la riqueza total de especies. Por el contrario, si alguno de los componentes presenta un valor más alto que los otros, se puede decir que el nivel taxonómico correspondiente contribuye en mayor medida a la riqueza total.

3.5 Mapas de riqueza de mamíferos

Para cada nivel taxonómico considerado en el estudio se generaron mapas mundiales con la información de riqueza de taxones por país; en dichos mapas se representa la riqueza de mamíferos que posee cada país dividida en cinco categorías taxonómicas. Los mapas se realizaron mediante el programa ArcMap,

obteniendo cuatro mapas para la categoría de no voladores y tres mapas para el orden Chiroptera. Los patrones observados en los mapas se pueden examinar cuantitativamente con las herramientas de partición taxonómica empleadas, con relaciones especies-área, y su extensión, relaciones taxón-área, con relaciones taxón superior-especie, y con análisis utilizando los índices de distintividad taxonómica.

3.6 Relaciones taxón-área y taxón superior-taxón

Para examinar el efecto del área de cada país sobre la riqueza de especies y de taxones superiores, se ajustaron los datos a funciones potencia de la forma $N(k) = c_k A^{z_k}$, donde c_k y z_k son constantes correspondientes a cada nivel taxonómico k ; extendiéndose su uso de la manera siguiente: $G = c_g A^{z_g}$, $F = c_f A^{z_f}$, y $O = c_o A^{z_o}$. Se ajustó el modelo en cada caso usando regresiones lineales sobre los datos de riqueza y de área transformados usando logaritmos de base 10.

Para el análisis a nivel de México, al ser el interés principal compararlo con el resto de los países, se computaron nuevamente los modelos lineales, esta vez excluyendo los datos de México para crear regresiones de referencia. Se consideró que México contenía un número de taxones mayor al esperado si el valor observado se encontraba fuera del intervalo de confianza para la predicción de nuevos valores con el modelo lineal generado. Esta desviación se consideró como estadísticamente significativa si el país salía del intervalo de confianza del 90% (es decir, correspondiente a una $\alpha = 0.05$ en una prueba de una cola). También se consideró como biológicamente notable si el país salía del intervalo del 80% (es

decir, si la probabilidad de encontrar un país igual o más rico que el valor observado era menor de 0.1 en una prueba de una cola).

Además, se ajustó el número de órdenes, familias y géneros en función de la riqueza de especies. Si las funciones potencia se ajustan a la relación taxón-área en diferentes niveles taxonómicos, es fácil demostrar que el número de taxones superiores también debe ser una función potencia de la riqueza de especies de tal manera que $F = k_f S^{(z_f/z)}$, $G = k_g S^{(z_g/z)}$, y $O = k_o S^{(z_o/z)}$, donde k y S son constantes y los parámetros de z son los exponentes de las diferentes relaciones taxón-área.

Todos los análisis cuantitativos descritos en esta sección se corrieron en R (R Development Core Team, 2014) utilizando scripts originales creados específicamente para cada análisis.

3.7 Diversidad taxonómica

Se hicieron comparaciones de la diversidad taxonómica de la fauna de mamíferos de México con la de otras faunas de países del mundo. Para ello se utilizó el índice Δ^+ de Clarke y Warwick (1998), que mide qué tan distintas son las especies en cuanto a sus relaciones taxonómicas. El índice se define como:

$$\Delta^+ = 2 \sum \sum_{i>j} \omega_{ij} / [S(S-1)]$$

donde S es el número de especies, las sumatorias son para todos los posibles pares de especies y ω_{ij} es la distancia taxonómica entre las especies i y j ; finalmente Δ^+ es el valor promedio de ω para todos los posibles pares de especies.

El índice Δ^+ es el promedio de estas distancias entre todos los posibles pares de especies.

Dos conjuntos con el mismo número de especies pueden tener distintos valores de Δ^+ si difieren en número de taxones superiores. Para cada par de especies i y j se calculó la distancia taxonómica, que es el número de pasos que se tienen que dar a través de la estructura taxonómica de la fauna para unir las dos especies. Por ejemplo, la distancia entre dos especies del mismo género es de $\omega_{ij} = 1$, la de dos especies de géneros diferentes pero en la misma familia es de $\omega_{ij} = 2$ y la de dos especies de diferentes géneros y diferentes familias pero en el mismo orden es de $\omega_{ij} = 3$, y así sucesivamente (Clarke y Warwick, 1998).

Para una fauna comprendida dentro de una sola clase, como es el caso de los mamíferos, D^+ puede tener valores entre 1.0 y 4.0. En el primer caso (1.0), todas las especies estarían incluidas dentro de un solo género y por lo tanto dentro de una sola familia y un solo orden. En el segundo caso (4.0), cada especie sería la única representante de su género, su familia y su orden, es decir, habría el mismo número de especies que de cada uno de los taxones superiores. En el mundo real, las faunas tienen valores de Δ^+ entre estos dos extremos. En el caso de los murciélagos, que están comprendidos dentro de un solo orden, la diversidad taxonómica puede tener valores entre 1.0 y 3.0. En general, las faunas con mayor número de categorías taxonómicas superiores en relación al número de especies, es decir, faunas con mayor diversidad taxonómica, tienen valores más altos de Δ^+ .

4. RESULTADOS

4.1 Riqueza de mamíferos

La fauna de mamíferos terrestres del mundo incluyó en la base de datos de la UICN 5286 especies clasificadas en 1160 géneros, 135 familias y 26 órdenes. De estos taxones, 482 especies, 161 géneros, 35 familias y 11 órdenes están representados en territorio mexicano, lo que representa el 9.12 % de las especies del mundo, el 13.88 % de los géneros, el 25.93 % de las familias y el 42.31 % de los órdenes. En número absoluto de especies, México ocupa el cuarto lugar entre los siete países más importantes del mundo, por debajo de Indonesia (650 especies), Brasil (604) y China (523) y superando a Perú (429 especies), la República Democrática del Congo (412) y Colombia (410). En número absoluto de taxones superiores, México ocupa el lugar 11 por géneros, el 42 por familias y el 33 por órdenes.

La base de datos de mamíferos no voladores a nivel mundial incluyó 4146 especies clasificadas en 959 géneros, 117 familias y 25 órdenes en la clase Mammalia, de los cuales México incluye en su territorio 343 especies, lo que lo coloca en el cuarto lugar de países más ricos, atrás de Brasil (447 especies), Indonesia (431), China (415) y por delante de los Estados Unidos de América (304 especies). En número de taxones superiores, México ocupa el lugar 24 en número de géneros, con 96 de ellos, el lugar 42 en número de familias (27) y el 33 en número de órdenes (10).

En el caso del orden Chiroptera, incluyó 1140 especies clasificadas en 201 géneros y 18 familias. México ocupa el sexto lugar, empatado con Ecuador, en la

lista de países con mayor riqueza de especies, con 139. Encabezan la lista Indonesia (219), Colombia (175), Brasil (157), Venezuela (153) y Perú (149). En número de géneros de murciélagos, México es el segundo país más rico, con 65, ubicándose abajo sólo de Colombia (66). Las 8 familias representadas en México ubican al país en el lugar 32, empatado con otros 24 países.

Tabla 1. Riqueza de especies y de taxones superiores de mamíferos terrestres del mundo y de México. Se muestra el conteo de cada categoría y el lugar que ocupa México en las listas de países con mayor número de representantes en cada categoría taxonómica.

Mamíferos terrestres	Riqueza en el mundo	Riqueza en México	Lugar de México
TOTALES			
Órdenes	26	11	33*
Familias	135	35	42*
Géneros	1160	161	11
Especies	5286	482	4
NO VOLADORES			
Órdenes	25	10	33*
Familias	117	27	42*
Géneros	959	96	24*
Especies	4146	343	4
MURCIÉLAGOS			
Familias	18	8	32*
Géneros	201	65	2
Especies	1140	139	6*

*En estas categorías, México está empatado con uno o más países.

4.2 Estructura taxonómica y partición de la diversidad

Mundial

La estructura taxonómica de la riqueza mundial de mamíferos no voladores se ajustó al modelo $N(k) = b^{\beta_1 k - \beta_0}$. Usando logaritmos base 10 ($b = 10$), el modelo generó una pendiente $\beta_1 = 0.88$ (regresión por mínimos cuadrados, $r^2 = 0.98$, $P < 0.01$, Fig. 1A). El valor de $\beta_1 = 10^{.88}$ implica que, con un ajuste perfecto, existirían 7.62 especies por género, 7.62 géneros por familia y 7.62 familias por

orden. La figura también sugiere un valor cercano a 7.62 para el número total de órdenes. Los valores observados fueron $S/G = 4.32$, $G/F = 8.20$, $F/O = 4.68$, y hubo 25 órdenes.

La diferencia entre los valores esperados y los observados se puede ver en la Figura 2, la cual muestra la partición de especies entre sus componentes taxonómicos y la contribución de éstos al total. La gráfica muestra, en escala logarítmica, las relaciones entre S/G , G/F , F/O , así como el número de órdenes. La suma de estos valores logarítmicos es igual al logaritmo de 4146, el total del número de especies. Si la regresión entre la riqueza de taxones y las categorías taxonómicas fuera perfecta, los cuatro componentes tendrían exactamente el mismo valor y las áreas que ocupan serían equitativas. Como se observa en la Figura 2A, los mamíferos no voladores están sobrerrepresentados en los órdenes y géneros, y subrepresentados en familias y especies cuando se comparan con lo esperado por el modelo.

La estructura taxonómica del orden Chiroptera se ajustó al modelo $N(k) = b^{\beta_1 k - \beta_0}$ con $\beta_1 = 1.02$ ($r^2 = 0.98$, $P < 0.01$, Fig. 1A). El número esperado de especies por género y de géneros por familia fue de $10^{1.02} = 10.52$, así como el número esperado de familias. Los valores observados fueron $S/G = 5.67$, $G/F = 11.17$, y 18 familias. La figura 2B muestra la contribución de estos componentes al número total de especies. El número de géneros por familia de quirópteros está cercano al valor esperado, mientras que el número de familias es mayor del esperado y el número de especies por género es menor que el esperado por el modelo.

México

La estructura taxonómica de la fauna de mamíferos no voladores de México se ajustó cercanamente al modelo lineal de Mora *et al.* (2011). La regresión entre el logaritmo base 10 de la riqueza de taxones y el código de los niveles taxonómicos arrojó un modelo con una $r^2 = 0.987$ (Figura 1B). La pendiente del modelo fue de $\beta_1 = 0.665$, lo que significa que si el modelo fuera perfecto, la fauna de México contendría en promedio $10^{\beta_1} = 4.62$ especies en cada género, 4.62 géneros en cada familia, 4.62 familias en cada orden y un total de 4.62 órdenes. Los valores observados fueron 3.57, 3.56, 2.70 y 10, respectivamente. Solamente la diferencia entre el valor observado y el esperado de órdenes fue significativo ($P < 0.05$, Figura 1B).

En el caso de los murciélagos, el ajuste fue también muy cercano al modelo ($r^2 = 0.982$, Figura 1C), con una pendiente de $\beta_1 = 0.783$, lo que implicaría un cociente entre taxones adyacentes de $10^{\beta_1} = 6.07$. Los valores observados fueron 2.14 especies por género, 8.12 géneros por familia y ocho familias. Aunque las diferencias parecerían importantes, ninguna de ellas fue estadísticamente significativa ($P < 0.05$, Fig. 1C).

Para el total de mamíferos en México, el componente más importante es el del número de órdenes dentro de la clase Mammalia seguido del número de géneros por familia (Fig. 2C). Al separar los resultados para mamíferos no voladores y murciélagos y comparar con los 20 países más diversos de cada grupo, aparecieron algunas diferencias. En la Figura 3 se observan las diferentes estructuras taxonómicas y se confirman los resultados del modelo lineal.

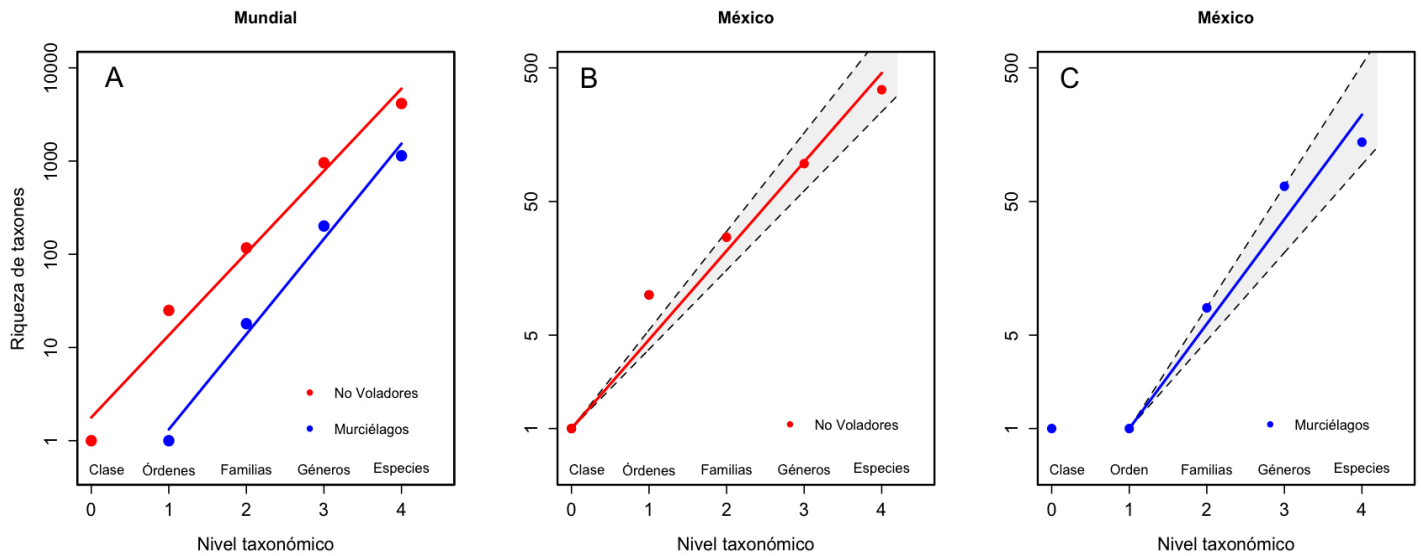


Figura 1. Estructura taxonómica de la riqueza de mamíferos. Modelo de escalamiento de la riqueza de especies y de taxones superiores de mamíferos a nivel mundial y de México. La línea continua muestra la función ajustada del logaritmo de la riqueza con el código numérico correspondiente (0 para clase, 1 para órdenes, 2 para familias, 3 para géneros y 4 para especies). El modelo se ajustó por mínimos cuadrados forzando la línea a pasar por el punto (0, 1) ya que los mamíferos constituyen una sola clase. Valor de β_1 para A) No voladores = 0.88, Murciélagos = 1.02, B) No voladores = 0.66 y C) Murciélagos = 0.78. El sombreado en B y C) corresponde al intervalo de confianza del 95 % para predicción de valores. Todas las regresiones presentaron un valor de $r^2 = 0.98$

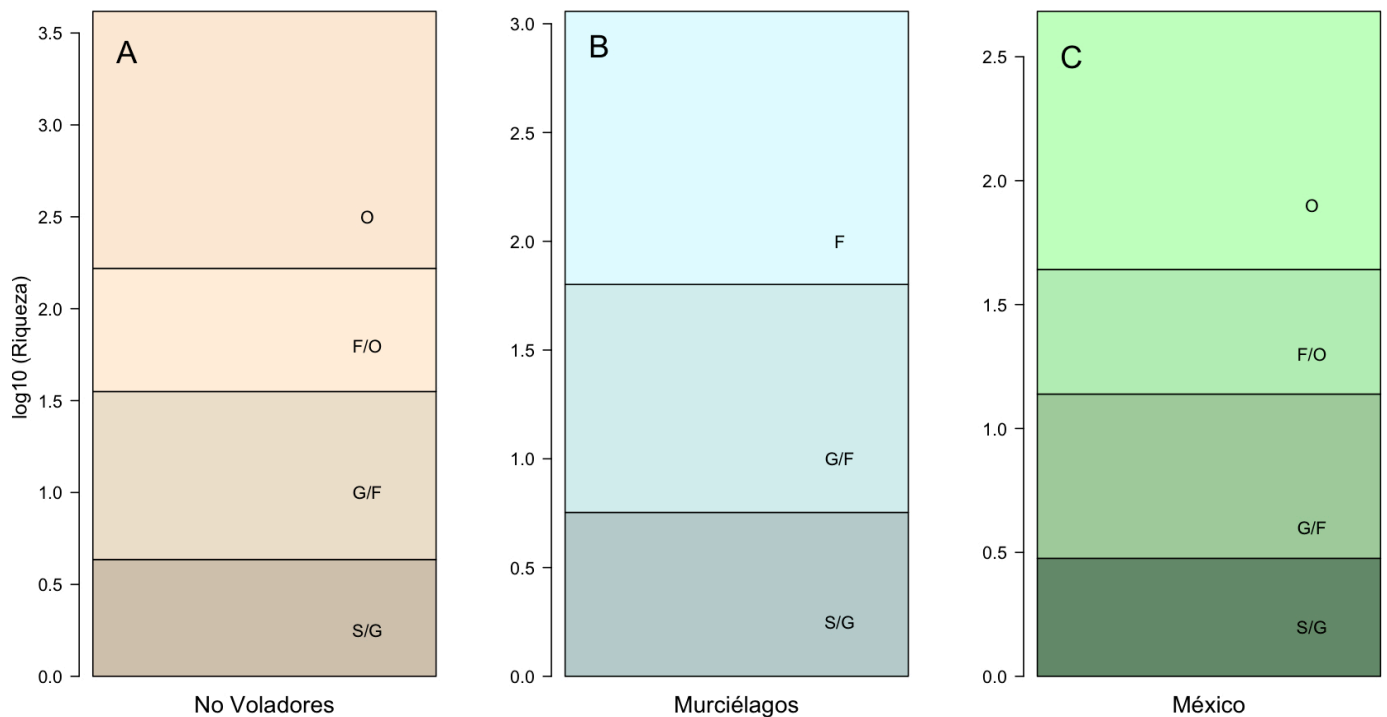


Figura 2. Partición de la riqueza de especies en componentes de diversidad de taxones superiores. Las secciones corresponden, de abajo hacia arriba, al cociente del número de especies por género, número de géneros por familia, número de familias por orden y número de órdenes. Se muestran, A) la partición para todos los mamíferos no voladores a nivel mundial, B) los murciélagos a nivel mundial y C) total de mamíferos de México.

La fauna de mamíferos no voladores de México, junto con la de Estados Unidos de América, muestra una fuerte influencia de especies por género, mientras que la riqueza de especies de países sudamericanos (Brasil, Perú, Argentina) está fuertemente determinada por el número de géneros por familia, y en países del Viejo Mundo (Indonesia, China, India, República Democrática del Congo y Kenia), presenta una contribución mayor del número de órdenes (Fig. 3).

En el caso del orden Chiroptera, la riqueza de especies de murciélagos de países asiáticos y africanos (Indonesia, Malasia, Republica Democrática del Congo, Tailandia, India y China) está fuertemente influenciada por el número de especies por géneros, y en menor medida por el número de familias, el cual alcanza un máximo de diez en África tropical. En comparación, todos los países del Nuevo Mundo, como México y Colombia, muestran un fuerte componente de número géneros por familia (Fig. 3).

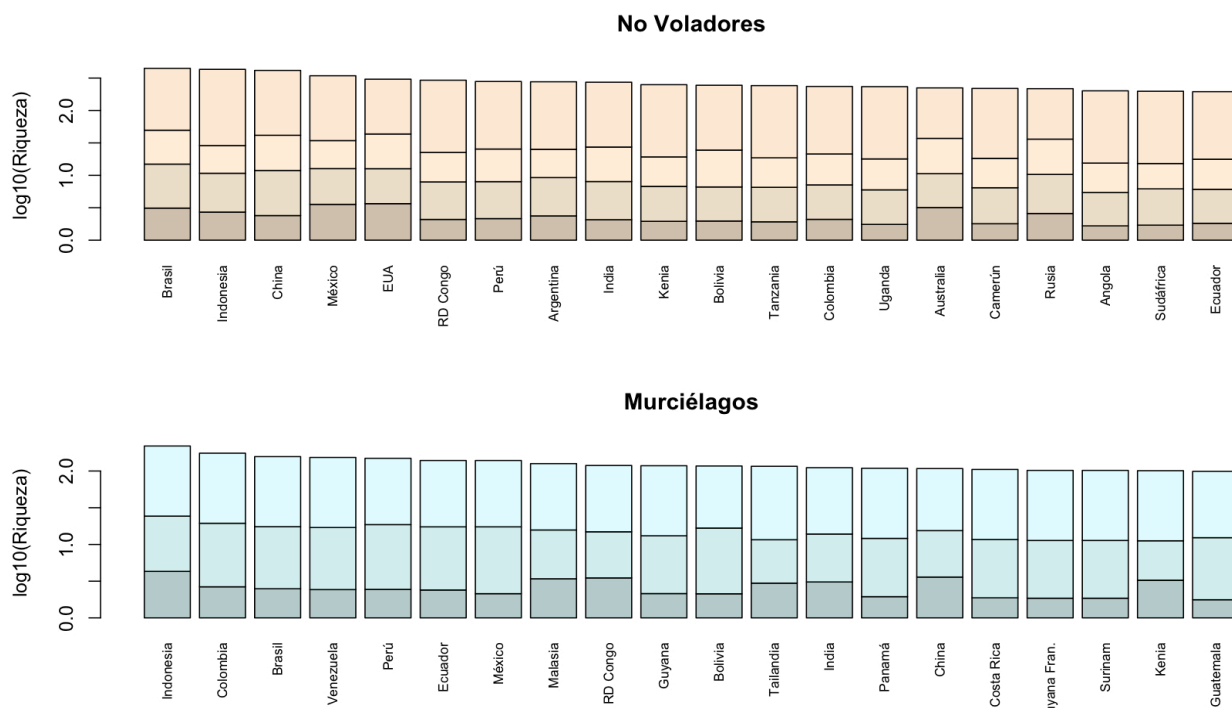


Figura 3. Partición de la riqueza de especies por país. Se divide en componentes de diversidad de taxones superiores la riqueza de especies para los 20 países con mayor riqueza a nivel mundial. Las secciones corresponden, de abajo hacia arriba, al cociente del número de especies por género, número de géneros por familia, número de familias por orden y número de órdenes.

4.3 La riqueza de mamíferos de los países del mundo

En los mapas mundiales de riqueza taxonómica de mamíferos no voladores (Figura 4) y voladores (Figura 5), se observa una clara representación del efecto de tres importantes determinantes de la diversidad de mamíferos: posición geográfica (intertropical o extratropical), tamaño (área del país) e historia evolutiva (revelada por la pertenencia a un continente particular).

El mapa en la Figura 4 muestra que los países con la mayor riqueza de especies de mamíferos no voladores tienden a 1) estar localizados en o cerca de la zona intertropical, 2) ser países grandes, 3) estar localizados en América, sureste de Asia o en África. Dentro de los 20 países con mayor riqueza de mamíferos no voladores (Fig. 3), únicamente dos (EUA y Rusia) están localizados completamente fuera de la zona intertropical, y uno (China) sólo tiene una pequeña parte de su territorio en esa zona. Sin embargo, estos tres países también se encuentran dentro de los cuatro más grandes del mundo. El resto de los países con alta riqueza son grandes (e.g., Argentina, Australia), están en la zona intertropical (e.g., Perú, Kenia) o tienen ambas características (e.g., Brasil, Indonesia, México, India). La única excepción a esta regla general parece ser Sudáfrica; un país moderadamente grande localizado fuera de los trópicos y que se encuentra en el lugar 19.

La distribución de la riqueza taxonómica del orden Chiroptera muestra algunas similitudes y unas diferencias importantes del patrón previamente descrito. Como con el resto de los mamíferos terrestres, la riqueza de especies de murciélagos es mayor en la zona intertropical, particularmente en el Nuevo mundo, un patrón que también se observa en la riqueza de géneros y familias (Fig. 5). La

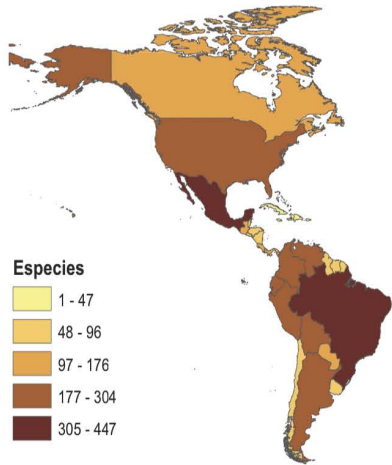
mayoría de los países con presencia total o parcial en la zona intertropical poseen faunas de murciélagos de 7 o más familias, sin importar su localización en el continente o su tamaño. La riqueza de géneros, por el contrario, es claramente mayor en el Nuevo Mundo, donde todos los países de la zona intertropical presentan más de 40 géneros. Países asiáticos y africanos muestran relativamente alta riqueza de especies, pero solo un moderado número de géneros (máximo 43).

Figura 4 (Página 35). **Riqueza de mamíferos no voladores por país.** Se observa la riqueza como el número de A. Especies, B. Géneros, C. Familias y D. Órdenes pertenecientes a la clase Mammalia que posee cada país.

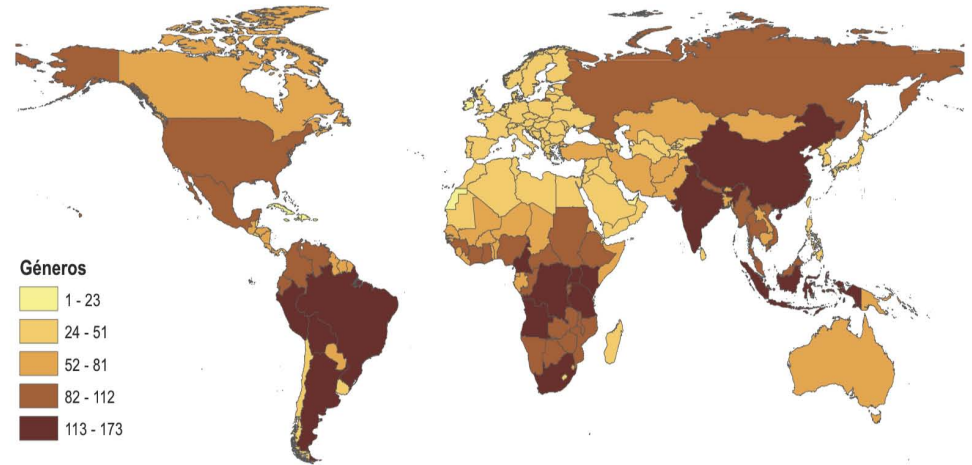
Figura 5 (Página 36). **Riqueza de murciélagos por país.** Riqueza A. Especies, B. Géneros y C. Familias del orden Chiroptera que posee cada país.

No voladores

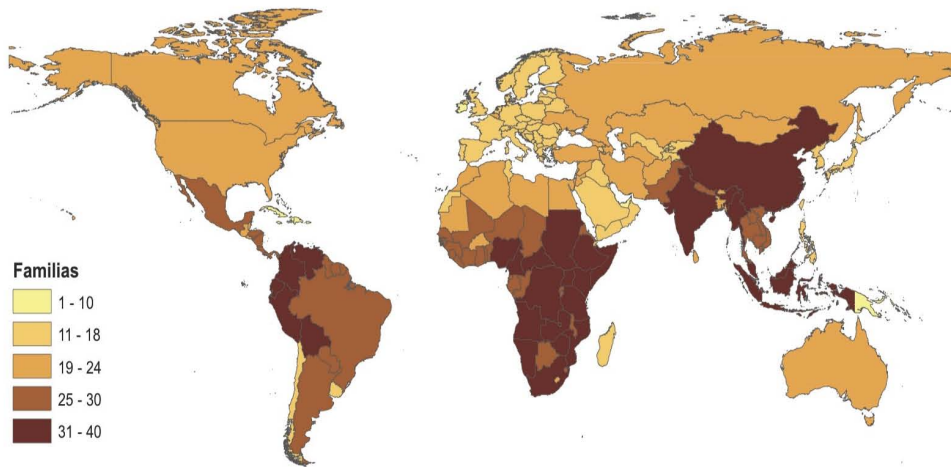
A



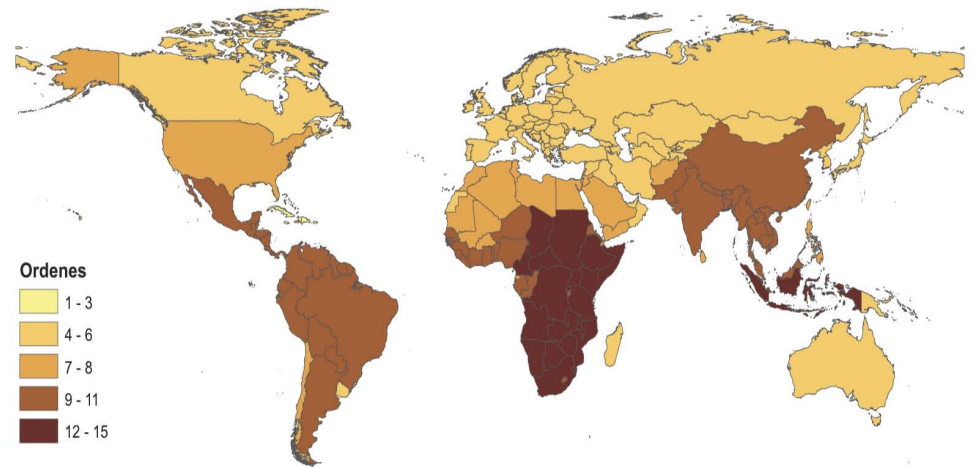
B



C

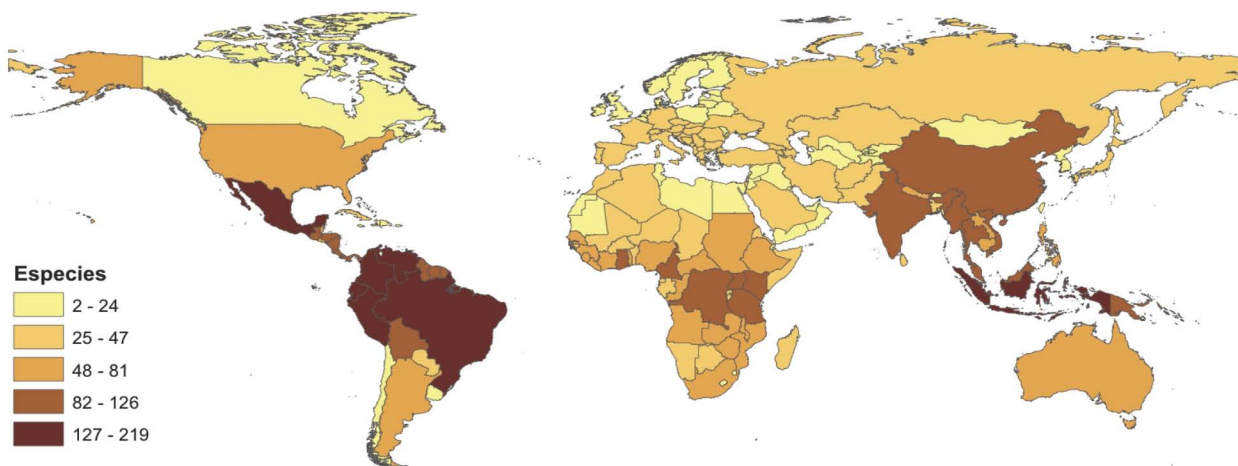


D

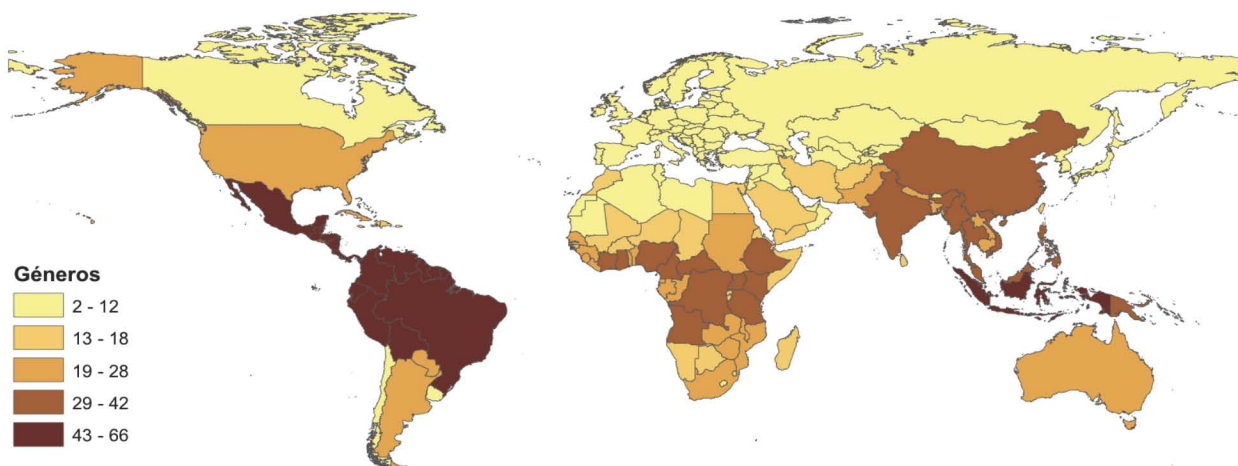


Murciélagos

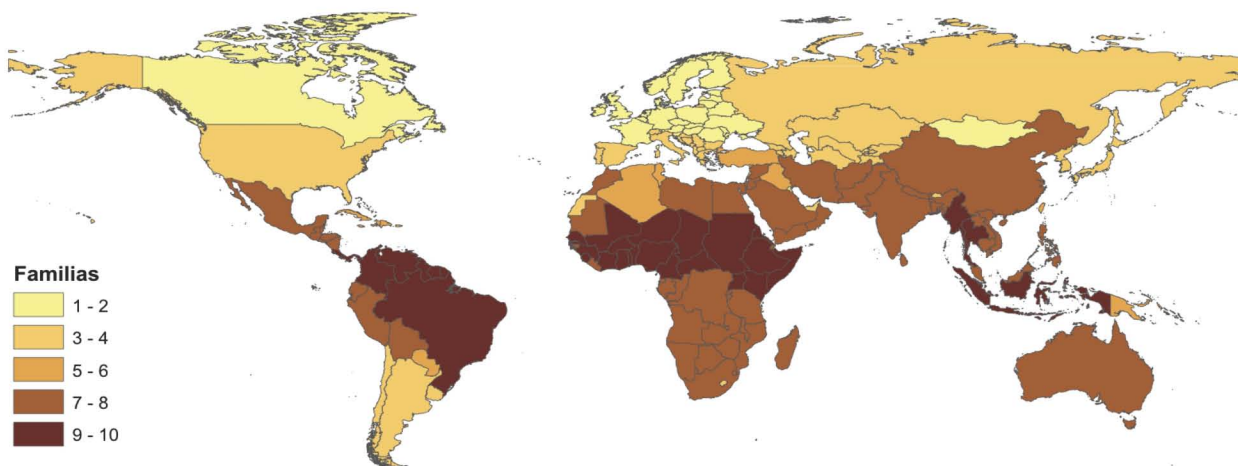
A



B



C



4.4 Relaciones taxón-área

Mundial

Un modelo lineal donde el logaritmo de la riqueza de especies es la variable dependiente en función de dos variables independientes, logaritmo del área del país e identidad del continente (variable categórica con valores como en la Fig. 6), mostró efectos altamente significativos de ambas variables independientes, sin interacción entre ellas (análisis de covarianza, efecto del continente $P < 10^{-8}$; efecto del área $P < 10^{-10}$, interacción $P = 0.703$, Fig. 6A).

En los resultados se reporta la r^2 que mide el porcentaje de la varianza que explican los modelos, en este caso, el área explica el 41 % de la varianza en la riqueza de especies no voladoras, mientras que la misma variable explica únicamente 30 %, 21 % y 16 % de la variación en géneros, familias y órdenes, respectivamente, es decir, disminuye a medida que se aumenta el nivel taxonómico.

El área del país para el orden Chiroptera, sin embargo, tiene un bajo poder explicativo, únicamente el 14 % de la varianza en la riqueza de murciélagos se atribuye al área, y el valor disminuye aún más para géneros y familias (8 y 4 % respectivamente, Fig. 6). Un modelo lineal de riqueza de especies en valor logarítmico con el logaritmo del área y membresía continental como variables independientes confirma el patrón (análisis de covarianza: efecto del área $P = 0.341$; efecto de membresía continental $P < 10^{-11}$; interacción $P = 0.23$). Por lo tanto, los países con el mayor número de riqueza de especies de murciélagos están localizados en la zona intertropical, particularmente en el Nuevo Mundo, sin importar el tamaño del país. Trece de los veinte países con mayor riqueza de

especies de murciélagos están localizados en los trópicos de América (Fig. 4). Estados Unidos de América y Rusia, países con una alta riqueza de no voladores, no figuran dentro de los primeros 20 países más diversos en murciélagos.

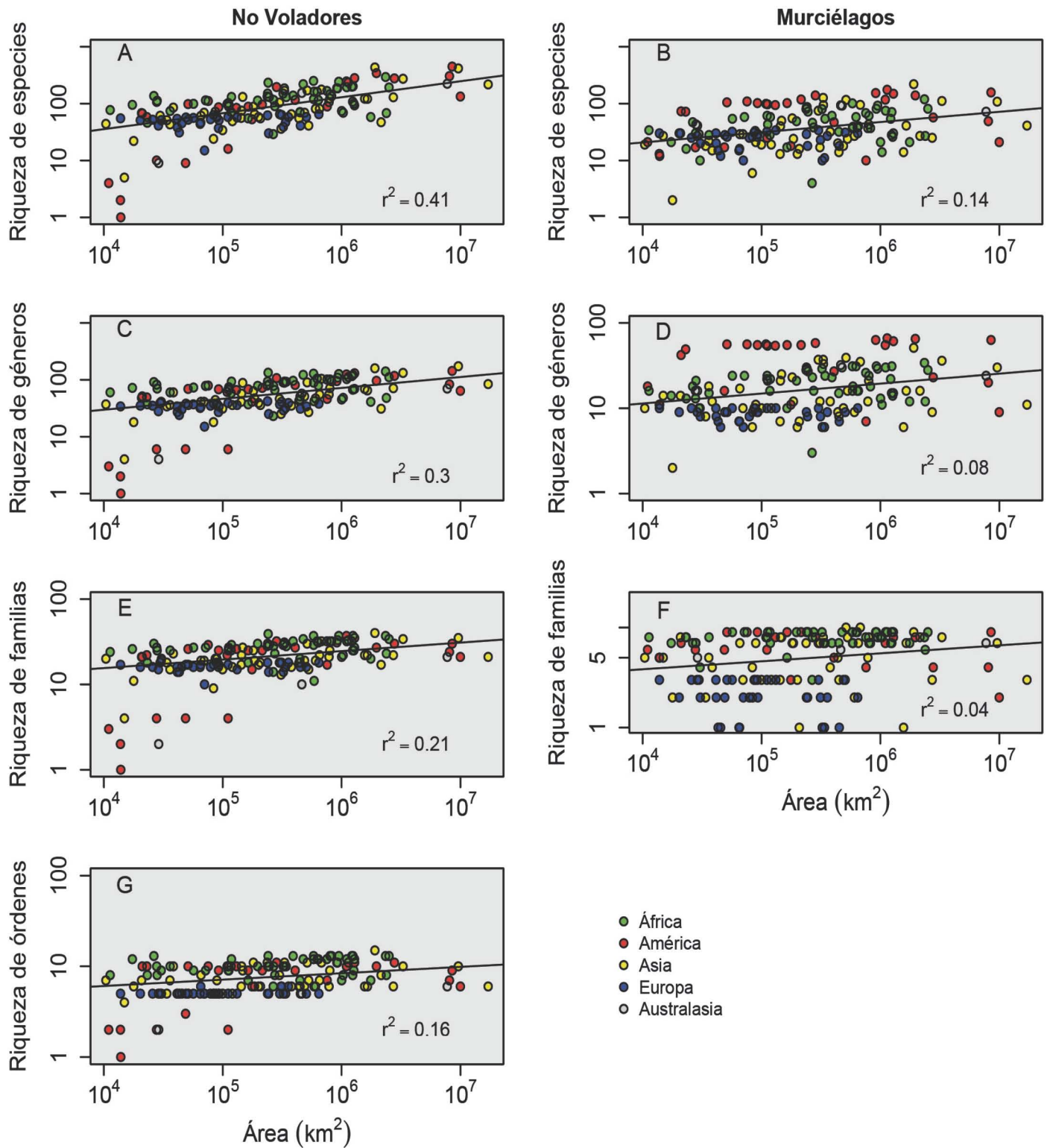


Figura 6. Relación taxón-área para mamíferos terrestres y murciélagos por país. Se presenta la relación entre A) Especies, $z = 0.28$, C) Géneros, $z = 0.19$, E) Familias, $z = 0.10$, G) Órdenes, $z = 0.07$ de los mamíferos no voladores. Así como de B) Especies, $z = 0.18$, D) Géneros, $z = 0.12$, F) Familias, $z = 0.08$ del orden Chiroptera. Los colores representan los diferentes continentes.

México

En el análisis excluyendo México (Apéndice III) el valor empírico de la riqueza de mamíferos no voladores de México fue más alto que el esperado a partir de las regresiones para especies, géneros y órdenes, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas ($P > 0.1$ en los tres casos). El número observado de familias fue prácticamente igual a lo esperado.

La riqueza de especies, géneros y familias de murciélagos de México fue superior a lo esperado. En el caso de las especies, la probabilidad de la desviación se ubicó entre los límites de significancia estadística y relevancia biológica ($P = 0.095$; $0.05 < P < 0.1$). La diferencia en riqueza de géneros fue estadísticamente significativa ($P = 0.042$), pero no la de familias (Apéndice III).

En todos los casos hubo un efecto significativo del área de los países sobre la riqueza de especies y de taxones superiores ($P < 0.001$ en todas las regresiones logarítmicas). El porcentaje de varianza explicada por los modelos, así como la pendiente de la relación tienen valores progresivamente más bajos para categorías taxonómicas más altas (Apéndice III).

4.5 Relación taxón superior-especie

La riqueza de categorías taxonómicas superiores se correlaciona con la riqueza de especies no voladoras pero la significancia de esta relación estadística disminuye progresivamente a medida que se incrementa el nivel taxonómico (todas con la riqueza de especies como variable independiente, escala log-log). Esta tendencia resulta más débil para los mamíferos voladores (Fig. 7).

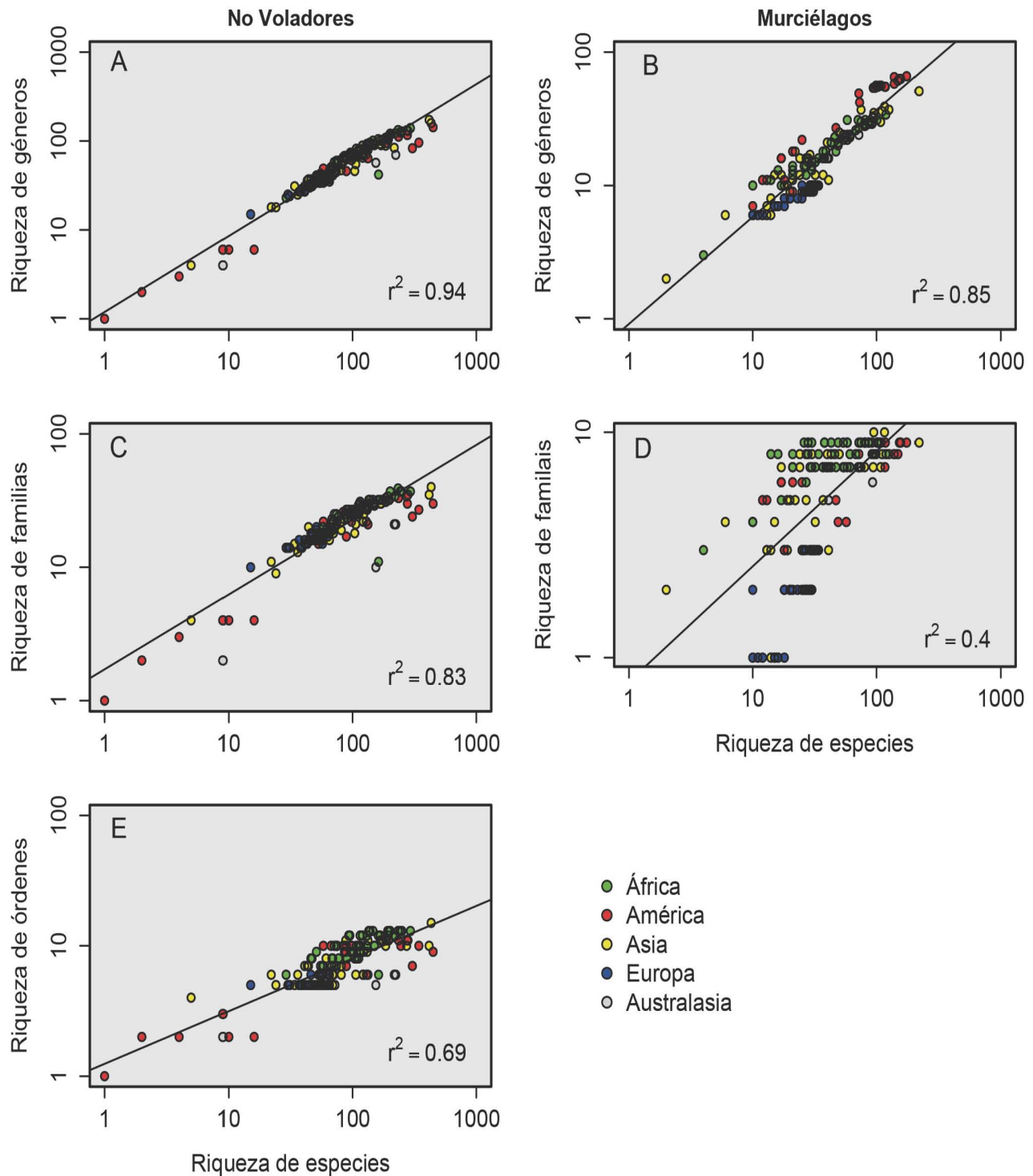


Figura 7. Relación taxón superior-especie por país. Relación entre la riqueza de taxones superiores A) Géneros, $z = 0.85$, C) Familias, $z = 0.57$, E) Órdenes, $z = 0.40$ para mamíferos no voladores y el número de especies. Asimismo, se observa la relación de taxones superiores B) Géneros, $z = 0.80$, D) Familias, $z = 0.51$ de murciélagos. Los colores representan los diferentes continentes.

4.6 Diversidad taxonómica

El índice de diversidad taxonómica para los mamíferos no voladores muestra que los países del Viejo Mundo poseen faunas con diversidad taxonómica superior a la que se registra para aquellos del Nuevo Mundo ($\Delta^+ = 3.37$, Fig. 8). Los países asiáticos ($\Delta^+ = 3.58$) y africanos ($\Delta^+ = 3.64$) presentan valores altos, indicando que tienen un fuerte componente de la riqueza de taxones superiores, particularmente de órdenes.

Para el caso del orden Chiroptera, sus patrones observados anteriormente se observan también en el índice de distintividad taxonómica, el cuál es ligeramente más alto para países africanos ($\Delta^+ = 2.72$) y asiáticos ($\Delta^+ = 2.68$), que para las áreas del Nuevo Mundo ($\Delta^+ = 2.64$), muy probablemente debido al alto número de familias del Viejo Mundo. A pesar de esto, los países del Nuevo Mundo muestran una mayor distintividad taxonómica que países europeos ($\Delta^+ = 2.11$), por el alto número de géneros que habitan la región neotropical.

La diversidad taxonómica de la fauna de mamíferos no voladores de México fue de $\Delta^+ = 3.27$, un valor significativamente menor que el de la fauna del continente americano, que es de $\Delta^+ = 3.37$ ($P < 0.025$ en una prueba de una cola). En el caso de los murciélagos, la diversidad taxonómica de México ($\Delta^+ = 2.68$) se localizó exactamente en el límite de significancia superior del intervalo de confianza del 95%; es decir, la probabilidad de observar valores iguales o mayores que los de la fauna de quirópteros mexicanos es exactamente $P = 0.025$ (Figura 8).

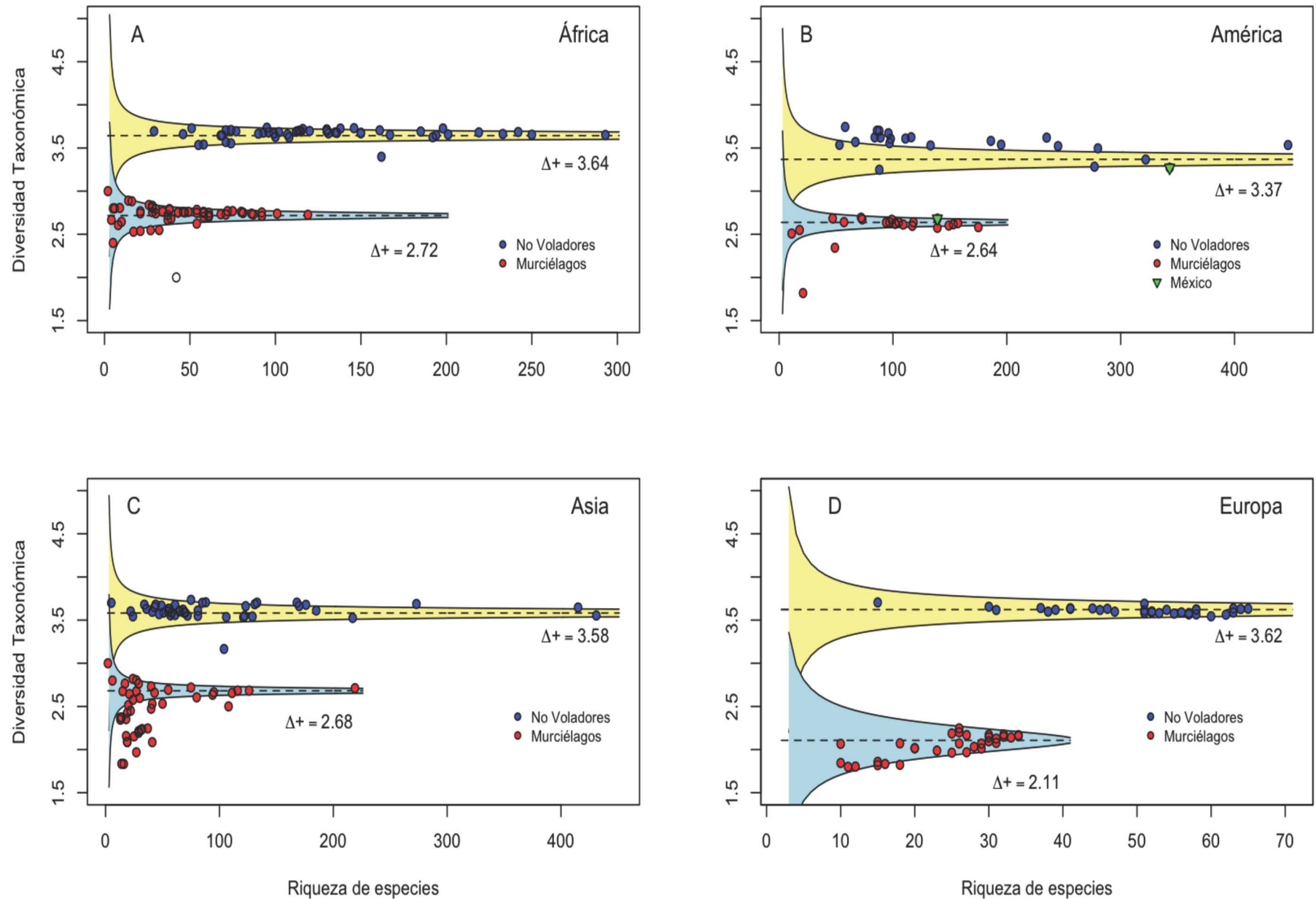


Figura 8. Relación entre la diversidad taxonómica y la riqueza de especies para los países de cuatro continentes. Valores de diversidad taxonómica (Δ^+) en función de la riqueza de especies para África (A), América (B), Asia (C) y Europa (D). La línea punteada horizontal corresponde con el valor observado para la fauna de todo el continente. El área sombreada incluye el 95% de las observaciones de un modelo nulo en el que se aleatorizaron faunas de mamíferos de diferente riqueza de especies a partir del conjunto de todas las especies de América. Se muestran los valores para mamíferos no voladores (Puntos azules) y murciélagos (puntos rojos) para cada continente. En el caso de América (B), México se muestra como un triángulo verde.

5. DISCUSIÓN

5.1 Estructura taxonómica de la fauna de mamíferos terrestres del mundo

Tanto las especies de mamíferos no voladores como de murciélagos, mostraron un ajuste cercano al modelo de la estructura taxonómica, pero al analizar la partición de la riqueza, se observaron diferencias importantes. Un mayor número de familias de murciélagos contribuye en gran medida a la diversidad global, mientras que en el caso de los no voladores, la diferenciación entre los niveles de orden y de género tuvo una mayor contribución (Fig. 2A y B). A pesar de las desviaciones, el ajuste de los datos al modelo con relaciones constantes confirman que tanto los mamíferos no voladores como los murciélagos siguen las reglas de la partición taxonómica reportada para varios linajes de plantas y animales (Barraclaugh, 2010; Enquist *et al.*; 2002; Mora *et al.*, 2011).

Estos patrones contrastantes pueden reflejar una diferencia real entre los patrones de diversificación o ser una simple consecuencia de criterios de clasificación distintos para ambos grupos. No hay razón previa para sospechar de la influencia de las prácticas taxonómicas, dado que los especialistas utilizan criterios similares para ambos grupos, y los estudios moleculares más recientes ayudan a homogeneizar la clasificación, en muchos casos, confirmando los trabajos previos. Además, los especialistas de diferentes grupos que han contribuido a la lista global de especies han utilizado criterios estandarizados para definir la clasificación supraespecífica (Wilson y Reeder, 2005). Dejando de lado las posibles influencias taxonómicas, las diferencias en la estructura taxonómica de

los clados tiene implicaciones evolutivas interesantes que se discuten posteriormente.

El efecto de la localización geográfica en la riqueza de especies de un país es una consecuencia directa del gradiente latitudinal de la diversidad biológica, uno de los patrones más estudiados en biogeografía (Hillebrand, 2004; Mittelbach *et al.*, 2007). En todos los continentes la riqueza de especies tiende a correlacionarse negativamente con la latitud, así que países localizados cerca del Ecuador tendrán más especies que naciones extratropicales. El efecto del área en la riqueza de especies se analiza en la Fig. 6, la cual también muestra diferencias entre continentes. El área de un país es un muy buen predictor para la riqueza de especies, pero para ciertos tamaños, los países asiáticos, americanos y particularmente africanos, tenderán a ser más ricos en especies que los países europeos. En general, el modelo incluyendo área y continente explica el 41% de la varianza en la riqueza de especies. El efecto del área y la latitud ha sido ampliamente estudiado en varios grupos, todos siguiendo el mismo patrón de riqueza, aunque únicamente existen estudios a nivel de especies (Lomolino *et al.*, 2006, Ronsenzweig, 1995).

La significancia de la relación estadística entre la riqueza de categorías taxonómicas superiores y la riqueza de especies es progresivamente menor para las categorías superiores (Fig. 7). Del mismo modo, el poder explicativo del área disminuye para los niveles taxonómicos superiores (Fig. 6). Estas dos tendencias están ligadas al hecho de que la pendiente para la relación taxón-área es siempre menor para taxones superiores. Esto sucede porque las áreas de distribución de especies individuales son menores que las de un género, familia u orden, y dicha

pendiente (relación especies/área y taxón/área) está matemáticamente relacionada al tamaño promedio del área de distribución (Arita y Rodríguez, 2002).

La pendiente de la relación taxón-área disminuye al aumentar el nivel taxonómico, lo cual implica que la riqueza supraespecífica de un país depende, en menor medida, de las variables geográficas de lo que lo hace la riqueza de especies. De esta manera, conforme aumenta el nivel taxonómico los factores históricos se vuelven más importantes en la determinación de la riqueza de taxones superiores.

Aunque el área y la latitud pueden explicar en gran proporción la riqueza de especies, el número de familias y órdenes que aparecen en un sitio depende mayormente de la localización en cierto continente y finalmente de la historia evolutiva de dicha región. Los países sub-saharianos, por ejemplo, muestran patrones de riqueza de especies similares a otros continentes (es decir, una gran influencia del tamaño del país y de la latitud), pero las otras riquezas son homogéneamente altas, con poca influencia del área o latitud, especialmente cuando se comparan con otras regiones del mundo (Fig. 4 y 5).

Por lo tanto, la tendencia general de dichas relaciones es la siguiente: i) la alta influencia del área y de la posición geográfica en la riqueza de especies disminuye progresivamente en los análisis de géneros, familias y órdenes, ii) el efecto de la membresía continental, y por lo tanto de la historia evolutiva, se incrementa conforme aumenta el nivel taxonómico, iii) para el caso de familias y órdenes este efecto genera homogeneidad al interior del continente, de tal modo que países sudamericanos, del sudeste asiático y particularmente de África

subsahariana, muestran baja variación entre ellos y son similarmente ricos en estos niveles taxonómicos.

5.2 Riqueza de especies en México

Se sabe que la fauna de mamíferos terrestres de México es una de las cuatro más ricas en especies entre los países del mundo (Ceballos y Navarro, 1991; Fa y Morales, 1993; Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008). Nuestros datos confirman esta observación para el total de mamíferos, y muestran que para mamíferos no voladores y para murciélagos México ocupa los lugares cuarto y sexto, respectivamente, a nivel mundial (Tabla 1). Estos resultados muestran que en México se encuentra el 8.27 % de todas las especies de mamíferos no voladores y el 12.2 % de las especies de murciélagos del mundo. Estos porcentajes coinciden con los patrones observados para la fauna de vertebrados de México, en donde se encuentra entre el 8 y el 12 % del total de especies en cada grupo (Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008). Estos valores de riqueza específica, aunados al gran porcentaje de endemismo, hacen que México se encuentre en la lista de los países megadiversos, en los que se concentra un porcentaje elevado de la diversidad biológica del planeta (Mittermeier, 1988; Mittermeier *et al.*, 1997).

Los países megadiversos y los de mayor riqueza de especies de mamíferos tienen al menos una de las siguientes características: (1) gran extensión geográfica, (2) localización total o parcial en la zona intertropical, (3) gran heterogeneidad ambiental, (4) insularidad total o parcial (Arita, 1997). Los veinte países más ricos en especies de mamíferos tienen superficies cercanas a un millón

de km² y todos ellos, con excepción de los Estados Unidos de América, tienen parte de su territorio en la zona intertropical. Las naciones archipiélago, como Indonesia y las Filipinas, también tienen gran riqueza de especies, lo mismo que países localizados en islas de gran tamaño, como Madagascar y Papúa-Nueva Guinea. La gran riqueza de especies de mamíferos mexicanos se puede explicar por la combinación de estos cuatro factores (Arita, 1993; 1997).

Los modelos lineales de la Figura 9 muestran que el tamaño de un país es un buen predictor de su riqueza de mamíferos. De hecho, el área explica el 39.7% de la varianza en riqueza de especies entre los países del mundo ($r^2 = 0.397$, Apéndice III). Este modelo muestra también que el área es también un factor importante para determinar la riqueza de mamíferos de México. Arita (1997) encontró que la riqueza de especies de mamíferos no voladores de México era significativamente más alta que la esperada para un país de su tamaño. Sin embargo, nuestros datos actualizados muestran que si bien México tiene un número de especies mayor al esperado, la diferencia no es estadísticamente significativa. Esto indica un fuerte efecto del área del país, pero señala también la necesidad de buscar otros factores para explicar la diferencia residual. Esos factores adicionales son la localización de México en el límite entre dos regiones biogeográficas, la alta heterogeneidad ambiental y la presencia en varias islas, particularmente en las del Golfo de California, de un gran número de especies endémicas (Arita, 1997; Ceballos y Navarro, 1991).

En el caso de los murciélagos, el área de los países tiene un poder explicativo menor, pues el modelo especies-área explica únicamente el 12.4 % de la varianza en riqueza de especies (Apéndice III). En este caso, aunque la

diferencia entre la riqueza observada y la esperada no es estadísticamente significativa ($P = 0.095$), sí es lo suficientemente alta como para tener relevancia biológica, definida previamente como un país fuera del intervalo del 80% (intervalo sombreado en la Figura 9, Apéndice III). Arita (1993) encontró que la fauna de murciélagos de México no era significativamente rica comparada con otros países de América. Nuestros datos actualizados corroboran esa observación.

Se sabe que un factor importante es la confluencia en México de dos de las regiones biogeográficas tradicionales, la Neártica y la Neotropical, contribuye de manera significativa a la diversidad biológica del país. En una propuesta reciente de regionalización biogeográfica (Holt *et al.*, 2013), esa confluencia sería entre los reinos biogeográficos Neártico, que incluye Norteamérica hasta el centro de México, y Panameño, que se extiende desde el centro de México hasta los límites de la cuenca del Amazonas. El norte de México constituye en esta clasificación una región completa, llamada Mexicana, dentro del reino Neártico, mientras que el sur de México y Centroamérica forman la región Panameña dentro del reino del mismo nombre. Para evitar confusiones, en el resto de la discusión se usan las regiones biogeográficas clásicas (Neártica y Neotropical), sin menoscabo de la propuesta reciente, que requiere de discusión adicional antes de ser completamente aceptada por los biogeógrafos.

5.3 Riqueza de taxones superiores de mamíferos no voladores.

La fauna de mamíferos no voladores de México, que es la cuarta más rica en especies entre los países, ocupa apenas los lugares 24, 42 y 33 en riqueza de taxones superiores (géneros, familias y órdenes, respectivamente, Tabla 1).

Asimismo, estos valores no se desvían mucho de los esperados por los modelos lineales (Apéndice III). Estos patrones muestran que aunque México sea un país notable por el número de sus mamíferos no voladores, no lo es por el número de taxones superiores.

La partición de la diversidad que se muestra en la Figura 3 corrobora este patrón: tanto México como Estados Unidos de América (los dos países megadiversos de Norteamérica) presentan un componente importante del número de especies por género (las barras inferiores), mientras que Brasil tiene mayor diversidad de géneros por familia y los países del Viejo Mundo, en especial la República Democrática del Congo, concentran la diversidad en el componente de órdenes. Todas estas cifras se reflejan en el hecho de que la diversidad taxonómica de la fauna de mamíferos no voladores de México es significativamente menor que la esperada (Figura 8).

Todos estos resultados muestran que el gran número de especies de mamíferos no voladores de México se reparten en comparativamente pocos géneros, familias y órdenes. Por ejemplo, México es el país con mayor riqueza de roedores (con 236 especies, 46 géneros y ocho familias), por arriba de Brasil (222 especies), Indonesia (211) y China (186), pero estos tres países tienen muchos más géneros de roedores que México, con 73, 69 y 75, respectivamente. En promedio, cada género de roedores en México contiene 5.13 especies, mientras que en Brasil, Indonesia y China cada género incluye 3.04, 3.06 y 2.48 especies, respectivamente, apoyando nuevamente la idea de una diversificación reciente de las especies en países americanos. En otro caso, la fauna de México incluye solamente 10 especies en ocho géneros de Cetartiodactyla terrestres (1.25

especies por género), frente a 21 especies en nueve géneros en Indonesia (2.33 especies por género) o 42 especies en 27 géneros en Kenia (1.56 especies por género). En suma, los resultados de este estudio muestran que México es un país con una sobresaliente riqueza de especies de mamíferos no voladores, pero con una mucho menor diversidad de taxones superiores.

5.4 Riqueza de taxones superiores de quirópteros.

La estructura taxonómica del orden Chiroptera en México es muy diferente a la del resto de los mamíferos terrestres, como lo muestra el hecho de que México es el sexto país más rico en especies de quirópteros, el segundo más rico en géneros, pero el trigésimo segundo en familias, empatado con otros 24 países (Tabla 1). Aunque Indonesia es el país con más especies de murciélagos, los países neotropicales ocupan 13 de los primeros 20 lugares en este comparativo y los primeros 15 lugares en riqueza de géneros.

Estas tendencias se ven claramente en las relaciones taxón-área de la Figura 4. Indonesia tiene un número extraordinario de especies, pero el resto de los países ubicados fuera del intervalo sombreado son neotropicales, incluyendo México. Este patrón es aún más notable para el caso de géneros, en el que varios países americanos se encuentran por arriba del límite de significancia estadística. En cambio, el número de familias en los países de América es equivalente o menor que el de los países del Viejo Mundo.

La diversidad taxonómica de quirópteros de México es más alta que la esperada ($P = 0.025$, Figura 8), y la partición de la diversidad muestra un fuerte componente del número de géneros por familia, un patrón compartido con

Colombia (Fig. 3) y otros países neotropicales. En cambio, los países del Viejo Mundo concentran su diversidad en el componente de especies por género. Así, Indonesia, el país más rico en especies, reparte sus 219 especies de quirópteros en apenas 51 géneros (4.29 especies por género), mientras que las 139 especies de murciélagos mexicanos se clasifican en 65 géneros (2.14 especies por género).

Todos estos resultados muestran que la gran diversidad supraespecífica de murciélagos en México se relaciona en mayor medida con la influencia de la fauna neotropical y en menor medida con el área del país.

La enorme riqueza de quirópteros en el Neotrópico resulta sobre todo de la diversificación de la superfamilia Noctilionoidea, que comprende un alto número de especies (217), pero sobre todo de géneros (63), particularmente en el norte de Centroamérica y el sur de México (Arita *et al.*, 2014). La contribución de otros clados, como las familias Molossidae y Vespertilionidae, es también importante a nivel de especies, pero menor a nivel de género. La combinación de estos factores determina que la fauna de murciélagos de México sea particularmente rica en especies, pero aún más notable por su riqueza de géneros y menos sobresaliente por su número de familias.

5.5 Historia evolutiva y diversidad taxonómica.

Los resultados de distintividad taxonómica de los mamíferos no voladores, son consistentes con análisis de estructuras filogenéticas que han encontrado mayor diversidad evolutiva en áreas del Viejo Mundo, principalmente en África, que en zonas similares en el Nuevo Mundo, particularmente en la región neotropical (Davies y Buckley, 2011). Estos patrones sugieren que las faunas del Nuevo

Mundo han tenido una diversificación relativamente reciente, en el periodo neógeno (23 m.a. – 2.6 m.a), de clados de diferente origen, quizás como parte del Gran Intercambio Biótico Americano entre las regiones Neártica y Neotropical. La fauna del Viejo Mundo, por el contrario, refleja en su estructura taxonómica el efecto de procesos de diversificación más antiguos y de la supervivencia en esas áreas de un mayor número de clados longevos que se diversificaron hace más de 23 millones de años, en el periodo paleógeno (por ejemplo, en África, los órdenes de Afrotheria, Proboscidea, Hyracoidea, Tubulidentata, Afrosoricida, y Macroscelidea).

Si bien la fauna de murciélagos del Viejo Mundo y del Nuevo Mundo son muy diversas, los países neotropicales muestran ligeramente mayor número de especies (Fig. 5). La estructura taxonómica de las dos faunas es, sin embargo, diferente. Los trópicos del Viejo Mundo están dominados por un alto número de especies de murciélagos pertenecientes a varias familias de origen antiguo (incluyendo seis familias en el suborden Yinpterochiroptera), que incluyen un alto número de especies pero un número comparativamente bajo de géneros. Por ejemplo, la familia Rhinolophidae incluye únicamente el género *Rhinolophus* con 74 especies, y el género *Hipposideros*, en Hipposideridae, contiene 69 especies (es decir, dentro de estos dos géneros hay 143 especies). En contraste, en los trópicos del Nuevo Mundo las 200 especies de la familia Phyllostomidae están clasificadas en 57 géneros, 27 de los cuales son monotípicos (una sola especie), y ninguno de ellos incluye más de 20 especies (Arita *et al.*, 2014).

La diversidad de especies de murciélagos en el Viejo Mundo, está por lo tanto asociada a la rápida especiación de algunos linajes de un arquetipo

relativamente conservador (en *Hipposideros* y *Rhinolophus*, por ejemplo). En los neotrópicos, la diversificación original de la superfamilia Noctilionoidea parece haber ocurrido cuando el Norte y Sudamérica eran aún continentes separados, hace más de 4 millones de años, y hoy en día se ve reflejado en faunas de altos números de géneros, cada uno conteniendo relativamente pocas especies (Arita *et al.*, 2014).

La notable riqueza de especies de mamíferos de México se debe en gran parte por la extensión geográfica del país y por su localización parcial dentro de la zona intertropical. Sin embargo, los resultados presentados aquí muestran que una porción importante de esa riqueza no se puede explicar con esos dos factores. Las diferencias a niveles taxonómicos superiores contribuyen a dilucidar los factores históricos que contribuyen a la megadiversidad mexicana.

Los patrones de diversidad supraespecífica y los datos de la composición taxonómica de la fauna de mamíferos no voladores de México, muestran que ésta es más afín a la de la región Neártica, mientras que la fauna de murciélagos es más parecida a la de la región Neotropical. Esto sugiere que México ha alcanzado un alto número de especies de los dos grupos a través de mecanismos evolutivos diferentes. La riqueza de mamíferos no voladores, y particularmente la de roedores, se sustenta en un gran número de especies repartidas en relativamente pocos géneros y familias, mientras que la de murciélagos se refleja más claramente en un alto número de géneros, cada uno con relativamente pocas especies.

En un estudio anterior (Arita *et al.*, 2014) se encontró que la gran riqueza de géneros de quirópteros en el sur de México y en Centroamérica es un reflejo de

eventos de diversificación que sucedieron con anterioridad al cierre del istmo de Panamá y al comienzo del Gran Intercambio Biótico Americano, hace poco más de 3.5 millones de años (Webb, 1991; 2006; Wilson *et al.*, 2014). Estos eventos coincidieron con la aparición de los clados de murciélagos noctilionoideos que ahora constituyen los géneros de esta superfamilia (Baker *et al.*, 2012) y que se reflejan en la estructura taxonómica actual en una gran riqueza de especies de quirópteros en los países con influencia neotropical, pero sobre todo en un excepcional número de géneros. Este patrón es particularmente notable para México, porque en el sur del país sobreviven géneros de murciélagos que aparentemente surgieron en Norteamérica o en las islas del Caribe con anterioridad al Gran Intercambio Biótico, como *Mormoops*, *Choeronycteris*, *Leptonycteris*, *Rhogeessa*, entre otros (Dávalos, 2004; 2010; Morgan y Czaplewski, 2012).

La diversidad de mamíferos no voladores es reflejo en México de procesos evolutivos más recientes, en los que unos pocos géneros, particularmente de roedores, se han diversificado en un gran número de especies. Por ejemplo, en México el género *Peromyscus* se ha diversificado a lo largo del Eje Neovolcánico y en las islas del Golfo de Cortés hasta sumar 50 especies, muchas de ellas endémicas al país (Dowson, 2005). El mismo proceso ha sucedido para otros géneros de roedores, generando una estructura que comprende muchas especies, varias de ellas endémicas, repartidas en relativamente pocos géneros. Estos eventos de especiación son relativamente recientes y muy probablemente ocurrieron una vez iniciado el proceso del Gran Intercambio Biótico, mismo que añadió a la fauna de lo que ahora es México un número importante de elementos

de origen sudamericano, como los marsupiales, armadillos, osos hormigueros y primates, que contribuyen también a la gran diversidad de mamíferos del país.

5.6 Implicaciones para la conservación de la diversidad

El gradiente latitudinal de la riqueza de especies y la relación especies-área son dos de las reglas biogeográficas generales y fundamentales, y ambas pueden ser extrapoladas a modelos de distribución de taxones superiores (Mittelbach *et al.*, 2007; Willig y Bloch, 2006). La distribución de los mamíferos entre los países del mundo sigue estas reglas, pero como se demuestra aquí, los mamíferos no voladores y los murciélagos mostraron variaciones importantes. Primero, ambos grupos muestran mayor diversidad en la zona intertropical que en latitudes más altas, pero la tendencia es más fuerte en el caso de los murciélagos. Segundo, el tamaño de un país es un muy buen predictor para la riqueza de los no voladores, pero no lo es para la riqueza de murciélagos. Consecuentemente, los países fuera de los trópicos pueden albergar ensambles diversos de mamíferos no voladores pero al mismo tiempo mantener faunas de murciélagos relativamente pobres; los Estados Unidos de América y Rusia son dos ejemplos de esto.

Además, la riqueza de taxones superiores está correlacionada con la riqueza de especies, pero los patrones son diferentes para los mamíferos no voladores y voladores y también varían según el continente: las faunas de los países del Viejo Mundo tienden a ser más ricas de lo esperado en órdenes y familias según su número de especies, mientras que las del Nuevo Mundo muestran un mayor número de especies no voladoras por género y de géneros de murciélagos que lo esperado. Al comparar regiones con riquezas de especies

similares, las áreas con mayor diversidad filogenética generalmente presentarán un mayor número de taxones superiores que regiones menos diversas. Eso genera una correlación entre las dos medidas de diversidad (Heino *et al.*, 2015, Ricotta *et al.*, 2012). Como consecuencia de estos patrones, la diversidad taxonómica de mamíferos (y por lo tanto filogenética) tiende a ser mayor en países del Viejo Mundo, pero esta diferencia es más fuerte en el caso de los no voladores.

Todas estas diferencias sugieren caminos evolutivos de diversificación distintos para los mamíferos no voladores y voladores y para las faunas del Viejo y del Nuevo Mundo, como se menciona anteriormente. De igual manera, poseen implicaciones importantes para los análisis orientados a la conservación (Amori y Gippoliti, 2003; Amori *et al.*, 2011). Por ejemplo, los países megadiversos están definidos principalmente por el número de taxones endémicos en diferentes grupos, pero criterios adicionales incluyen riqueza de especies y de taxones superiores (Mittermeier *et al.*, 1997). De los 17 países megadiversos, diez están en la lista de los países más ricos de especies no voladoras y voladoras, tres están en la lista de no voladores pero no de murciélagos, uno está en la lista de murciélagos pero no de no voladores, y tres no están en ninguna lista. Es importante notar que aunque la riqueza de especies es un gran identificador general para países prioritarios para conservación, no es infalible. Por ejemplo, la riqueza de especies por sí sola falló en identificar a Filipinas, Papua Nueva Guinea y Madagascar como prioritarios, porque contienen un número comparativamente bajo de especies. Lo que distingue a estos países es el alto porcentaje de endemismo de las especies que poseen, es por esto que son considerados megadiversos (Mittermeier *et al.*, 1997).

Debido a que la riqueza de taxones superiores está correlacionada con la riqueza de especies (Figura 7), el número de géneros, familias y órdenes ha sido utilizado como subrogado para la riqueza de especies y por extensión para diversidad (Rodrigues y Brooks, 2007; Williams y Gaston, 1994). Nuestros resultados apoyan este uso general, pero también detectan patrones adicionales que deberían ser considerados. Por ejemplo, es probable la aproximación de taxones superiores sea más confiable para mamíferos no voladores que para voladores, pues la correlación de diversidad para estos últimos es baja (Figura 7). Adicionalmente, la interpretación de los patrones de riqueza supraespecífica debe ser distinta al examinar los diferentes continentes. En el Viejo Mundo, especialmente en África, el número de órdenes es de gran importancia, pues refleja procesos de diversificación antiguos (Davies y Buckley, 2011; Hawkins *et al.*, 2012). En el Nuevo Mundo, particularmente para murciélagos neotropicales, la riqueza de géneros cuantifica de mejor manera los eventos de diversificación comparativamente recientes en el área (Arita *et al.*, 2014).

La aproximación supraespecífica es en general muy efectiva para la identificación de áreas prioritarias para la conservación. De la misma manera, esta aproximación fue igualmente efectiva al identificar las áreas prioritarias de conservación de ciertas especies de interés en Grecia, mediante la riqueza de taxones superiores de aves, mamíferos, reptiles y anfibios que al hacerlo con la riqueza de especies (Mazaris *et al.*, 2008). Aunque es claro que un enfoque caso por caso, considerando las características geográficas y evolutivas de cada área, llegará a ser mucho más confiable.

6. CONCLUSIÓN

Los análisis de diversidad supraespecífica, que aún tienen un largo camino por recorrer, nos permiten comparar la riqueza entre países y de esta manera identificar si la riqueza a nivel de especies se presenta igualmente en los taxones superiores. Para el caso particular de México, aunque este país posee una fauna excepcionalmente rica en especies de mamíferos no voladores, ésta no se ve representada en el número de categorías taxonómicas superiores. De la misma manera, su fauna de murciélagos es también rica en especies, pero en este caso es más notablemente en su riqueza de géneros.

Es importante concluir que la combinación de los patrones para los dos grupos de mamíferos, que refleja una historia evolutiva única, es lo que hace de México un país megadiverso, y que los esfuerzos de conservación, no deben ir únicamente enfocados a la conservación de especies, sino a la conservación de taxones superiores que permitan mantener la riqueza histórica que presentan como consecuencia de millones de años de evolución.

7. LITERATURA CITADA

- Amori, G. y Gippoliti, S. (2003) A higher-taxon approach to rodent conservation priorities for the 21st century. *Animal Biodiversity Conservation*, 26, 1-18.
- Amori, G., Chiozza, F., Rondinini, C. y Luiselli, L. (2011) Country-based patterns of total species richness, endemism, and threatened species richness in African rodents and insectivores. *Biodiversity Conservation*, 20, 1225-37.
- Arita, H. T. (1993) Riqueza de especies de la mastofauna de México. En: R. A. Medellín y G. Ceballos (Eds), *Avances en el estudio de los mamíferos de México* (pp. 109-128). México, D. F. Asociación Mexicana de Mastozoología.
- Arita, H. T. (1997) The non-volant mammal fauna of Mexico: Species richness in a megadiverse country. *Biodiversity and Conservation*, 6, 787-795.
- Arita, H. T., Vargas-Barón, J. y Villalobos, F. (2014) Latitudinal gradients of genus richness and endemism and the diversification of New World bats. *Ecography*, 37, 1024-1033.
- Arita, H.T. y Rodríguez, P. (2002) Geographic range, turnover rate and the scaling of species diversity. *Ecography*, 25, 541-50.
- Baker, R. J., Bininda-Emonds, O. R. P., Mantilla-Meluk, H. *et al.* (2012) Molecular time scale of diversification of feeding strategy and morphology in New World leaf-nosed bats (Phyllostomidae): a phylogenetic perspective. En: G. F. Gunnell y N. B. Simmons (Eds), *Evolutionary history of bats. Fossils, molecules and morphology* (pp. 385-409). Cambridge: Cambridge University Press.
- Barracough, T. G. (2010) Evolving entities: towards a unified framework for understanding diversity at the species and higher levels. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 365, 1801-1813.
- Cavender-Bares, J., Kozak, K. H., Fine, P. V. A. y Kembel, S. W. (2009) The merging of community ecology and phylogenetic biology. *Ecology Letters*, 12, 693-715.
- Ceballos, G. y Navarro, L. D. (1991) Diversity and conservation of Mexican mammals. En: M. A. Mares y D. J. Schmidly (Eds), *Latin American mammalogy. History, biodiversity and conservation* (pp. 167-198). Norman, Oklahoma: Oklahoma University Press.
- Clarke, K. R. y Warwick, R. M. (1998) A taxonomic distinctness index and its statistical properties. *Journal of Applied Ecology*, 35, 523-531.
- Dávalos, L. M. (2004) Phylogeny and biogeography of Caribbean mammals. *Biological Journal of the Linnean Society*, 81, 373-394.
- Dávalos, L. M. (2010) Earth history and the evolution of Caribbean bats. En: T. H. Fleming y P. A. Racey (Eds), *Island bats: Evolution, ecology, and conservation* (pp. 96-115). Chicago: University of Chicago Press.

- Davies, T. J. y Buckley, L. B. (2011) Phylogenetic diversity as a window into the evolutionary and biogeographic histories of present-day richness gradients for mammals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 366, 2414-2425.
- Dawson, W. D., Reuning, S. C. y Finlay, M.F. (1982) Immunological factors in *Peromyscus* speciation. *J. Exp. Zool.*, 224, 1-12.
- Elton C. (1927) *Animal Ecology*. London: Sidgwick and Jackson.
- Enquist, B.J., Haskell, J.P. y Tiffney, B.H. (2002) General patterns of taxonomic and biomass partitioning in extant and fossil plant communities. *Nature*, 419, 610-3.
- Fa, J. E. y Morales, L. E. (1993) Patterns of mammalian diversity in Mexico. En: R. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. E. Fa (Eds), *Biological diversity of Mexico: Origins and distribution* (pp. 319-361). New York: Oxford University Press.
- Gaston, K. J. y Williams, P. H. (1993) Mapping the world's species-the higher taxon approach. *Biodiversity Letters*, 1, 2-8.
- Gotelli, N.J. y Graves, G.R. (1996) *Null models in ecology*. Washington, D.C., USA: Smithsonian Institution Press.
- Gotelli, N.J., Anderson, M.J., Arita, H.T., Chao, A., Colwell, R.K., Connolly, S.R., *et al.* (2009) Patterns and causes of species richness: a general simulation model for macroecology. *Ecology Letters*, 12, 873-86.
- Hawkins, B. A., McCain, C. M., Davies, T. J. *et al.* (2012) Different evolutionary histories underlie congruent species richness gradients of birds and mammals. *Journal of Biogeography*, 39, 825-841.
- Heino, J. y Soininen, J. (2007) Are higher taxa adequate surrogates for species-level assemblage patterns and species richness in stream organisms? *Biological Conservation*, 137, 78-89.
- Hillebrand, H. (2004) On the generality of the latitudinal diversity gradient. *American Naturalist*, 163, 192-211.
- Holt, B. G., Lessard, J.-P., Borregaard, M. K. *et al.* (2013) An update of Wallace's zoogeographic regions of the World. *Science*, 339, 74-78.
- IUCN (2013) IUCN red list of threatened species. Version 2013.1, [http://www.iucnredlist.org/initiatives/mammals.](http://www.iucnredlist.org/initiatives/mammals), vol. 2013
- Jarvinen O. (1982) Species-to-genus ratios in biogeography: A historical Note. *Journal of Biogeography*, 9, 363-70.
- Krug, A. Z., Jablonski, D. y Valentine, J. W. (2008) Species-genus ratios reflect a global history of diversification and range expansion in marine bivalves. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 275, 1117-1123.

- Lomolino, M.V., Riddle, B.R., Brown, J.H. (2006) Aerography, Ecogeographic Rules, and Diversity Gradients. En: *Biogeography* (pp. 567-643) 3era ed. Sunderland, MA: Sinauer Associates.
- Llorente-Bousquets, J. y Ocegueda, S. (2008) Estado del conocimiento de la biota. En: CONABIO (ed) *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad* (pp. 283-322). México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Mazaris, A.D., Kallimanis, A.S., Sgardelis, S.P., Pantis, J.D. (2008) Does higher taxon diversity reflect richness of conservation interest species?: The case for birds, mammals, amphibians, and reptiles in Greek protected areas. *Ecological Indicators*, 8(5), 664-671
- Mandelik, Y., Dayan, T., Chikatunov, V. y Kravchenko, V. (2007) Reliability of a Higher-Taxon Approach to Richness, Rarity, and Composition Assessments at the Local Scale. *Conservation Biology*, 21, 1506-1515.
- Mittelbach, G.G., Schemske, D.W., Cornell, H.V., Allen, A.P., Brown, J.M., Bush, M.B., *et al.* (2007) Evolution and the latitudinal diversity gradient: speciation, extinction and biogeography. *Ecology Letters*, 10, 315-31.
- Mittermeier, R. A. (1988) Primate diversity and the tropical forest. Case studies from Brazil and Madagascar and the importance of the megadiversity countries. En: O. E. Wilson (ed) *Biodiversity* (pp. 145-154). Washington, D. C.: National Academy Press.
- Mittermeier, R. A., Robles-Gil, P. y Mittermeier, C. G. (eds) (1997) Megadiversity. Earth's biologically wealthiest nations. CEMEX / Agrupación Sierra Madre, Mexico City
- Mora, C., Tittensor, D. P., Adl, S. *et al.* (2011) How many species are there on earth and in the ocean? *PLoS Biol*, 9, e1001127.
- Morgan, G. S. y Czaplewski, N. J. (2012) Evolutionary history of the Neotropical Chiroptera: The fossil record. En: G. F. Gunnell y N. B. Simmons (Eds), *Evolutionary history of bats. Fossils, molecules and morphology* (pp. 105-161). Cambridge: Cambridge University Press.
- Pimm, S. L., Jenkins, C. N., Abell, R. *et al.* (2014) The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. *Science*, 344, 1246752.
- R Development Core Team (2014) *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rodrigues, A. S. L. y Brooks, T. M. (2007) Shortcuts for biodiversity conservation planning: The effectiveness of surrogates. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 38, 713-737.
- Rodríguez, P., Soberón, J. y Arita, H. T. (2003) El componente beta de la diversidad de mamíferos de México. *Acta Zoológica Mexicana, nueva serie*, 89, 241-259.

- Rosenzweig, M. L. (1995) *Species diversity in space and time*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Roy, K., Jablonski, D. y Valentine, J. W. (1996) Higher taxa in biodiversity studies: Patterns from eastern Pacific marine molluscs. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, *351*, 1605-1613.
- Schipper, J., Chanson, J. S., Chiozza, F. *et al.* (2008) The status of the World's land and marine mammals: Diversity, threat, and knowledge. *Science*, *322*, 225-230.
- Simberloff, D. (1970) Taxonomic diversity of island biotas. *Evolution*, *24*, 23-47.
- Vane-Right, R. I., Humphries, C. J. y Williams, P. H. (1991) What to protect - Systematics and the agony of choice. *Biological Conservation*, *55*, 235-254.
- Vargas-Barón, J. y Arita, H. T. (en prensa) The mammalian wealth of nations: Higher-taxon richness of the countries of the world. *PlosOne*, *en prensa*.
- Vellend, M., Cornwell, W. K., Magnuson-Ford, K. *et al.* (2011) Measuring phylogenetic biodiversity. En: A. E. Magurran y B. J. Mc Gill (Eds), *Biological diversity: Frontiers in measurement and assessment* (pp. 194-218). Oxford: Oxford University Press.
- Vieira, L.C., Oliveira, N.G., Brewster, C.C. y Gayubo, S.F. (2012) Using higher taxa as surrogates of species-level data in three Portuguese protected areas: a case study on Spheciformes (Hymenoptera). *Biodiversity and Conservation*, *21*, 3467-86.
- Villaseñor, J. L., Ibarra-Manríquez, G., Meave, J. A. *et al.* (2005) Higher taxa as surrogates of plant biodiversity in a megadiverse country. *Conservation Biology*, *19*, 232-238.
- Webb, S. D. (1991) Ecogeography and the Great American Interchange. *Paleobiology*, *17*, 266-280.
- Webb, S. D. (2006) The great American biotic interchange: Patterns and processes. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, *93*, 245-257.
- Williams, C. B. (1947) The generic relations of species in small ecological communities. *Journal of Animal Ecology*, *16*, 11-18.
- Williams, P. H. y Gaston, K. J. (1994) Measuring more of biodiversity: Can higher-taxon richness predict wholesale species richness? *Biological Conservation*, *67*, 211-217.
- Willig, M.R., Bloch, C.P. (2006) Latitudinal gradients of species richness: a test of the geographic area hypothesis at two ecological scales. *Oikos*, *112*, 163-73.
- Wilson, D.E. y Reeder, D.M. (2005) *Mammal species of the World: A taxonomic and geographic reference*. 3rd ed. Baltimore, Mass., USA: Johns Hopkins University Press; 2142 p.
- Wilson, J. S., Carril, O. M. y Sipes, S. D. (2014) Revisiting the Great American Biotic Interchange through analyses of amphitropical bees. *Ecography*, *37*, 791-796.

Apéndice I
Mamíferos no voladores

Código ISO	País	Órdenes	Familias	Géneros	Especies	Área	Región	Región Zoogeográfica	Isla
AFG	Afganistán	7	22	55	81	652230	Asia	Saharo-Arabian	0
ALB	Albania	5	15	28	41	28748	Europa	Paelearctic	0
DEU	Alemania	6	18	39	58	357022	Europa	Paelearctic	0
DZA	Algeria	8	23	48	68	2381741	África	Saharo-Arabian	0
AGO	Angola	13	37	121	201	1246700	África	Afrotropical	0
SAU	Arabia Saudita	8	17	31	47	2149690	Asia	Saharo-Arabian	0
ARG	Argentina	11	30	117	277	2780400	América	Neotropical	0
ARM	Armenia	5	18	39	61	29743	Asia	Paelearctic	0
AUS	Australia	6	21	70	223	7741220	Oceanía	Australian	1
AUT	Austria	5	17	38	63	83871	Europa	Paelearctic	0
AZE	Azerbaiyán	5	20	44	72	86600	Asia	Paelearctic	0
BHS	Bahamas	1	1	1	1	13880	Caribe	Panamanian	1
BGD	Bangladesh	10	22	57	75	143998	Asia	Oriental	0
BEL	Bélgica	5	20	40	51	30528	Europa	Paelearctic	0
BLZ	Belice	10	22	49	58	22966	América	Panamanian	0
BEN	Benín	9	26	74	96	112622	África	Afrotropical	0
BLR	Bielorrusia	6	18	36	55	207600	Asia	Paelearctic	0
BOL	Bolivia	10	37	124	245	1098581	América	Neotropical	0
BIH	Bosnia y Herzegovina	5	17	36	52	51197	Europa	Paelearctic	0
BWA	Botsuana	12	29	89	120	581730	África	Afrotropical	0
BRA	Brasil	9	30	143	447	8514877	América	Neotropical	0
BGR	Bulgaria	5	17	39	58	110879	Europa	Paelearctic	0
BFA	Burkina Faso	8	23	66	90	274200	África	Afrotropical	0
BDI	Burundi	10	27	82	107	27830	África	Afrotropical	0
BTN	Bután	10	23	60	85	38394	Asia	Oriental	0
KHM	Camboya	11	25	63	88	181035	Asia	Oriental	0
CMR	Camerún	12	34	122	219	475440	África	Afrotropical	0
CAN	Canadá	6	21	64	133	9984670	América	Nearctic	0

TCD	Chad	12	27	69	93	1284000	África	Afrotropical	0
CHL	Chile	7	17	46	89	756102	América	Neotropical	0
CHN	China	10	35	173	415	9596961	Asia	Sino-Japanese	0
COL	Colombia	11	33	112	235	1138910	América	Neotropical	0
COG	Congo	10	28	92	130	342000	África	Afrotropical	0
PRK	Corea del Norte	5	16	36	49	120538	Asia	Palaearctic	0
KOR	Corea del Sur	5	15	31	34	99720	Asia	Palaearctic	0
CIV	Costa de Marfil	10	29	90	150	322463	África	Afrotropical	0
CRI	Costa Rica	10	26	69	98	51100	América	Panamanian	0
HRV	Croacia	5	16	37	56	56594	Europa	Palaearctic	0
CUB	Cuba	2	4	6	16	110860	Caribe	Panamanian	1
DNK	Dinamarca	5	14	24	31	43094	Europa	Palaearctic	0
ECU	Ecuador	11	32	107	195	283561	América	Neotropical	0
EGY	Egipto	7	21	45	74	1001450	África	Saharo-Arabian	0
SLV	El Salvador	10	21	51	67	21041	América	Panamanian	0
ARE	Emiratos Árabes Unidos	5	9	18	24	83600	Asia	Saharo-Arabian	0
ERI	Eritrea	10	25	58	71	117600	África	Afrotropical	0
SVK	Eslovaquia	5	17	38	57	49035	Europa	Palaearctic	0
SVN	Eslovenia	5	16	35	51	20273	Europa	Palaearctic	0
ESP	España	5	16	34	58	505370	Europa	Palaearctic	0
USA	Estados Unidos de América	7	24	83	304	8080464	América	Nearctic	0
EST	Estonia	5	16	30	45	45228	Europa	Palaearctic	0
ETH	Etiopía	12	32	103	194	1104300	África	Afrotropical	0
PHL	Filipinas	8	18	46	104	300000	Asia	Oriental	1
FIN	Finlandia	5	16	32	47	338145	Europa	Palaearctic	0
FRA	Francia	5	18	38	65	643801	Europa	Palaearctic	0
GAB	Gabón	10	28	78	116	267667	África	Afrotropical	0
GMB	Gambia	8	24	60	77	11295	África	Afrotropical	0
GEO	Georgia	5	19	41	69	69700	Asia	Palaearctic	0
GHA	Ghana	10	30	93	150	238533	África	Afrotropical	0
GRC	Grecia	5	15	36	57	131957	Europa	Palaearctic	0
GTM	Guatemala	10	22	61	98	108889	América	Panamanian	0

GIN	Guinea	10	29	83	130	245857	África	Afrotropical	0
GNQ	Guinea Ecuatorial	8	25	70	112	28051	África	Afrotropical	1
GNB	Guinea-Bisáu	10	25	60	74	36125	África	Afrotropical	0
GUY	Guyana	9	25	72	96	214969	América	Neotropical	0
GUF	Guyana Francesa	9	25	68	86	92300	América	Neotropical	0
HTI	Haití	2	4	6	10	27750	Caribe	Panamanian	1
HND	Honduras	10	27	66	89	112090	América	Panamanian	0
HUN	Hungría	5	17	34	51	93028	Europa	Paleartic	0
IND	India	10	34	132	273	3287263	Asia	Oriental	0
IDN	Indonesia	15	40	159	431	1904569	Asia	Oriental	0
IRN	Irán	6	22	65	121	1648195	Asia	Saharo-Arabian	0
IRQ	Iraq	6	18	43	55	438317	Asia	Saharo-Arabian	0
IRL	Irlanda	5	10	15	15	70273	Europa	Paleartic	1
SLB	Islas Salomón	2	2	4	9	28896	Oceanía	Oceanian	1
ISR	Israel	7	21	48	68	20770	Asia	Saharo-Arabian	0
ITA	Italia	5	18	37	65	301340	Europa	Paleartic	0
JAM	Jamaica	2	3	3	4	10991	Caribe	Panamanian	1
JPN	Japón	6	16	35	65	377915	Asia	Sino-Japanese	1
JOR	Jordania	7	20	38	57	89342	Asia	Saharo-Arabian	0
KAZ	Kazajistán	6	22	71	129	2724900	Asia	Paleartic	0
KEN	Kenia	13	37	128	250	580367	África	Afrotropical	0
KGZ	Kirguistán	6	17	39	58	199951	Asia	Paleartic	0
KWT	Kuwait	6	11	18	22	17818	Asia	Saharo-Arabian	0
LAO	Laos	11	28	79	133	236800	Asia	Oriental	0
LSO	Lesoto	9	19	41	51	30355	África	Afrotropical	0
LVA	Letonia	5	16	32	44	64589	Europa	Paleartic	0
LBN	Líbano	7	20	37	44	10400	Asia	Saharo-Arabian	0
LBR	Liberia	9	25	68	102	111369	África	Afrotropical	0
LBY	Libia	7	20	41	58	1759540	África	Saharo-Arabian	0
LTU	Lituania	6	17	33	46	65300	Europa	Paleartic	0
MKD	Macedonia	5	16	35	52	25713	Europa	Paleartic	0
MDG	Madagascar	6	11	42	162	587041	África	Madagascan	1
MYS	Malasia	10	31	89	185	329847	Asia	Oriental	0

MWI	Malawi	12	29	93	131	118484	África	Afrotropical	0
MLI	Mali	8	25	67	108	1240192	África	Afrotropical	0
MAR	Marruecos	7	20	45	71	446550	África	Saharo-Arabian	0
MRT	Mauritania	8	22	48	69	1030700	África	Afrotropical	0
MEX	México	10	27	96	343	1964375	América	Nearctic	0
MDA	Moldovia	5	18	34	51	33851	Asia	Palaearctic	0
MNG	Mongolia	6	22	69	122	1564116	Asia	Palaearctic	0
MNE	Montenegro	5	17	34	55	13812	Europa	Palaearctic	0
MOZ	Mozambique	13	32	101	146	799380	África	Afrotropical	0
MMR	Myanmar	11	32	104	176	676578	Asia	Oriental	0
NAM	Namibia	13	32	94	135	824292	África	Afrotropical	0
NPL	Nepal	9	27	88	131	147181	Asia	Oriental	0
NIC	Nicaragua	10	26	66	84	130370	América	Panamian	0
NER	Niger	9	25	68	100	1267000	África	Afrotropical	0
NGA	Nigeria	11	33	109	185	923768	África	Afrotropical	0
NOR	Noruega	5	14	29	39	323802	Europa	Palaearctic	0
OMN	Omán	6	13	25	36	309500	Asia	Saharo-Arabian	0
NLD	Países Bajos	5	14	27	38	41543	Europa	Palaearctic	0
PAK	Pakistán	9	25	71	123	796095	Asia	Oriental	0
PAN	Panamá	10	29	79	111	75420	América	Panamian	0
PNG	Papua Nueva Guinea	5	10	57	154	462840	Oceanía	Oceanian	1
PRY	Paraguay	9	27	81	116	406752	América	Neotropical	0
PER	Perú	11	35	130	280	1285216	América	Neotropical	0
POL	Polonia	6	18	41	63	312685	Europa	Palaearctic	0
PRT	Portugal	5	16	27	37	92090	Europa	Palaearctic	0
PRI	Puerto Rico	2	2	2	2	13790	Caribe	Panamian	1
COD	RD Congo	13	37	140	293	2344858	África	Afrotropical	0
GBR	Reino Unido	5	14	25	30	243610	Europa	Palaearctic	1
CAF	República Centroafricana	12	32	105	161	622984	África	Afrotropical	0
CZE	República Checa	5	16	35	53	78867	Europa	Palaearctic	0
DOM	República Dominicana	3	4	6	9	48670	Caribe	Panamian	1
RWA	Ruanda	13	30	91	136	26338	África	Afrotropical	0
ROU	Rumania	5	18	42	62	238391	Europa	Palaearctic	0

RUS	Rusia	6	21	84	217	17098242	Asia	Paelearctic	0
ESH	Sahara Occidental	6	14	23	29	266000	África	Saharo-Arabian	0
SEN	Senegal	10	30	78	113	196722	África	Afrotropical	0
SRB	Serbia	5	18	36	60	88361	Europa	Paelearctic	0
SLE	Sierra Leona	9	27	78	114	71740	África	Afrotropical	0
SYR	Siria	6	19	47	65	185180	Asia	Saharo-Arabian	0
SOM	Somalia	12	31	79	115	637657	África	Afrotropical	0
LKA	Sri Lanka	8	19	41	61	65610	Asia	Oriental	1
ZAF	Sudáfrica	13	32	116	198	1219090	África	Afrotropical	0
SDN	Sudán	13	34	111	192	2505813	África	Afrotropical	0
SWE	Suecia	5	16	31	41	450295	Europa	Paelearctic	0
CHE	Suiza	5	16	34	54	41277	Europa	Paelearctic	0
SUR	Surinam	9	25	68	88	163820	América	Neotropical	0
SWZ	Swazilandia	12	26	72	95	17364	África	Afrotropical	0
THA	Tailandia	11	30	90	170	513120	Asia	Oriental	0
TWN	Taiwán	7	15	36	43	35980	Asia	Oriental	1
TZA	Tanzania	13	37	126	242	947300	África	Afrotropical	0
TJK	Tayikistán	6	17	41	56	143100	Asia	Paelearctic	0
TLS	Timor Oriental	4	4	4	5	14874	Asia	Oriental	1
TGO	Togo	9	27	73	99	56785	África	Afrotropical	0
TUN	Túnez	7	18	37	55	163610	África	Saharo-Arabian	0
TKM	Turkmenistán	6	19	51	69	488100	Asia	Paelearctic	0
TUR	Turquía	6	21	55	106	783562	Asia	Paelearctic	0
UKR	Ucrania	6	19	47	81	603550	Asia	Paelearctic	0
UGA	Uganda	13	39	133	233	241038	África	Afrotropical	0
URY	Uruguay	6	15	41	53	176215	América	Neotropical	0
UZB	Uzbekistán	6	18	51	70	447400	Asia	Paelearctic	0
VEN	Venezuela	11	31	95	186	912050	América	Neotropical	0
VNM	Vietnam	11	30	93	168	331210	Asia	Oriental	0
YEM	Yemen	7	15	27	41	527968	Asia	Saharo-Arabian	0
DJI	Yibuti	8	18	37	46	23200	África	Afrotropical	0
ZMB	Zambia	12	32	101	167	752618	África	Afrotropical	0
ZWE	Zimbabue	13	32	96	138	390757	África	Afrotropical	0

Apéndice II
Murciélagos

Código ISO	País	Órdenes	Familias	Géneros	Especies	Área	Región	Región Zoogeográfica	Isla
AFG	Afganistán	1	7	16	40	652230	Asia	Saharo-Arabian	0
ALB	Albania	1	3	9	27	28748	Europa	Paelearctic	0
DEU	Alemania	1	2	9	27	357022	Europa	Paelearctic	0
DZA	Algeria	1	6	12	27	2381741	África	Saharo-Arabian	0
AGO	Angola	1	7	31	71	1246700	África	Afrotropical	0
SAU	Arabia Saudita	1	8	16	27	2149690	Asia	Saharo-Arabian	0
ARG	Argentina	1	4	23	57	2780400	América	Neotropical	0
ARM	Armenia	1	3	10	29	29743	Asia	Paelearctic	0
AUS	Australia	1	7	24	72	7741220	Oceanía	Australian	1
AUT	Austria	1	2	9	26	83871	Europa	Paelearctic	0
AZE	Azerbaiyán	1	3	10	31	86600	Asia	Paelearctic	0
BHS	Bahamas	1	5	11	12	13880	Caribe	Panamanian	1
BGD	Bangladesh	1	8	21	40	143998	Asia	Oriental	0
BEL	Bélgica	1	2	8	20	30528	Europa	Paelearctic	0
BLZ	Belice	1	8	49	72	22966	América	Panamanian	0
BEN	Benín	1	9	21	43	112622	África	Afrotropical	0
BLR	Bielorrusia	1	1	7	16	207600	Asia	Paelearctic	0
BOL	Bolivia	1	7	55	117	1098581	América	Neotropical	0
BIH	Bosnia y Herzegovina	1	3	9	26	51197	Europa	Paelearctic	0
BWA	Botsuana	1	7	16	37	581730	África	Afrotropical	0
BRA	Brasil	1	9	63	157	8514877	América	Neotropical	0
BGR	Bulgaria	1	3	10	32	110879	Europa	Paelearctic	0
BFA	Burkina Faso	1	9	16	38	274200	África	Afrotropical	0
BDI	Burundi	1	7	13	30	27830	África	Afrotropical	0
BTN	Bután	1	4	12	15	38394	Asia	Oriental	0
KHM	Camboya	1	7	23	55	181035	Asia	Oriental	0
CMR	Camerún	1	9	30	92	475440	África	Afrotropical	0
CAN	Canadá	1	2	9	21	9984670	América	Nearctic	0

TCD	Chad	1	9	15	30	1284000	África	Afrotropical	0
CHL	Chile	1	4	7	10	756102	América	Neotropical	0
CHN	China	1	7	30	108	9596961	Asia	Sino-Japanese	0
COL	Colombia	1	9	66	175	1138910	América	Neotropical	0
COG	Congo	1	7	24	54	342000	África	Afrotropical	0
PRK	Corea del Norte	1	3	10	19	120538	Asia	Palaearctic	0
KOR	Corea del Sur	1	3	10	19	99720	Asia	Palaearctic	0
CIV	Costa de Marfil	1	9	29	80	322463	África	Afrotropical	0
CRI	Costa Rica	1	9	56	105	51100	América	Panamanian	0
HRV	Croacia	1	3	10	32	56594	Europa	Palaearctic	0
CUB	Cuba	1	6	22	25	110860	Caribe	Panamanian	1
DNK	Dinamarca	1	1	7	15	43094	Europa	Palaearctic	0
ECU	Ecuador	1	8	58	139	283561	América	Neotropical	0
EGY	Egipto	1	8	13	21	1001450	África	Saharo-Arabian	0
SLV	El Salvador	1	7	42	73	21041	América	Panamanian	0
ARE	Emiratos Árabes Unidos	1	4	6	6	83600	Asia	Saharo-Arabian	0
ERI	Eritrea	1	9	16	28	117600	África	Afrotropical	0
SVK	Eslovaquia	1	2	9	28	49035	Europa	Palaearctic	0
SVN	Eslovenia	1	2	9	30	20273	Europa	Palaearctic	0
ESP	España	1	3	9	31	505370	Europa	Palaearctic	0
USA	Estados Unidos de América	1	4	20	49	8080464	América	Nearctic	0
EST	Estonia	1	1	6	12	45228	Europa	Palaearctic	0
ETH	Etiopía	1	9	30	75	1104300	África	Afrotropical	0
PHL	Filipinas	1	7	37	75	300000	Asia	Oriental	1
FIN	Finlandia	1	1	6	11	338145	Europa	Palaearctic	0
FRA	Francia	1	2	10	30	643801	Europa	Palaearctic	0
GAB	Gabón	1	8	23	46	267667	África	Afrotropical	0
GMB	Gambia	1	8	16	34	11295	África	Afrotropical	0
GEO	Georgia	1	3	10	29	69700	Asia	Palaearctic	0
GHA	Ghana	1	9	30	86	238533	África	Afrotropical	0
GRC	Grecia	1	3	10	34	131957	Europa	Palaearctic	0
GTM	Guatemala	1	8	56	99	108889	América	Panamanian	0

GIN	Guinea	1	9	27	72	245857	África	Afrotropical	0
GNQ	Guinea Ecuatorial	1	7	21	43	28051	África	Afrotropical	1
GNB	Guinea-Bisáu	1	8	15	28	36125	África	Afrotropical	0
GUY	Guyana	1	9	55	118	214969	América	Neotropical	0
GUF	Guyana Francesa	1	9	55	102	92300	América	Neotropical	0
HTI	Haití	1	6	16	17	27750	Caribe	Panamanian	1
HND	Honduras	1	8	54	97	112090	América	Panamanian	0
HUN	Hungría	1	2	9	29	93028	Europa	Paelearctic	0
IND	India	1	8	36	111	3287263	Asia	Oriental	0
IDN	Indonesia	1	9	51	219	1904569	Asia	Oriental	0
IRN	Irán	1	7	16	41	1648195	Asia	Saharo-Arabian	0
IRQ	Iraq	1	5	9	20	438317	Asia	Saharo-Arabian	0
IRL	Irlanda	1	2	6	10	70273	Europa	Paelearctic	1
SLB	Islas Salomón	1	5	16	41	28896	Oceanía	Oceanian	1
ISR	Israel	1	8	14	30	20770	Asia	Saharo-Arabian	0
ITA	Italia	1	3	10	34	301340	Europa	Paelearctic	0
JAM	Jamaica	1	6	18	21	10991	Caribe	Panamanian	1
JPN	Japón	1	4	12	32	377915	Asia	Sino-Japanese	1
JOR	Jordania	1	7	11	21	89342	Asia	Saharo-Arabian	0
KAZ	Kazajistán	1	3	9	25	2724900	Asia	Paelearctic	0
KEN	Kenia	1	9	31	101	580367	África	Afrotropical	0
KGZ	Kirguistán	1	3	6	13	199951	Asia	Paelearctic	0
KWT	Kuwait	1	2	2	2	17818	Asia	Saharo-Arabian	0
LAO	Laos	1	7	28	80	236800	Asia	Oriental	0
LSO	Lesoto	1	4	10	10	30355	África	Afrotropical	0
LVA	Letonia	1	1	7	15	64589	Europa	Paelearctic	0
LBN	Líbano	1	5	10	19	10400	Asia	Saharo-Arabian	0
LBR	Liberia	1	8	24	61	111369	África	Afrotropical	0
LBY	Libia	1	7	12	21	1759540	África	Saharo-Arabian	0
LTU	Lituania	1	1	7	16	65300	Europa	Paelearctic	0
MKD	Macedonia	1	3	10	25	25713	Europa	Paelearctic	0
MDG	Madagascar	1	7	18	39	587041	África	Madagascan	1
MYS	Malasia	1	8	37	126	329847	Asia	Oriental	0

MWI	Malawi	1	7	22	58	118484	África	Afrotropical	0
MLI	Mali	1	9	15	28	1240192	África	Afrotropical	0
MAR	Marruecos	1	7	15	32	446550	África	Saharo-Arabian	0
MRT	Mauritania	1	8	11	14	1030700	África	Afrotropical	0
MEX	México	1	8	65	139	1964375	América	Nearctic	0
MDA	Moldovia	1	2	8	18	33851	Asia	Palaearctic	0
MNG	Mongolia	1	1	6	14	1564116	Asia	Palaearctic	0
MNE	Montenegro	1	3	10	30	13812	Europa	Palaearctic	0
MOZ	Mozambique	1	7	24	61	799380	África	Afrotropical	0
MMR	Myanmar	1	10	35	95	676578	Asia	Oriental	0
NAM	Namibia	1	7	18	37	824292	África	Afrotropical	0
NPL	Nepal	1	8	25	50	147181	Asia	Oriental	0
NIC	Nicaragua	1	8	54	94	130370	América	Panamian	0
NER	Niger	1	9	14	26	1267000	África	Afrotropical	0
NGA	Nigeria	1	9	31	81	923768	África	Afrotropical	0
NOR	Noruega	1	1	6	10	323802	Europa	Palaearctic	0
OMN	Omán	1	7	12	17	309500	Asia	Saharo-Arabian	0
NLD	Países Bajos	1	2	8	20	41543	Europa	Palaearctic	0
PAK	Pakistán	1	8	21	43	796095	Asia	Oriental	0
PAN	Panamá	1	9	56	109	75420	América	Panamian	0
PNG	Papua Nueva Guinea	1	6	32	93	462840	Oceanía	Oceanian	1
PRY	Paraguay	1	5	27	47	406752	América	Neotropical	0
PER	Perú	1	8	61	149	1285216	América	Neotropical	0
POL	Polonia	1	2	8	23	312685	Europa	Palaearctic	0
PRT	Portugal	1	3	9	26	92090	Europa	Palaearctic	0
PRI	Puerto Rico	1	5	11	13	13790	Caribe	Panamian	1
COD	RD Congo	1	8	34	119	2344858	África	Afrotropical	0
GBR	Reino Unido	1	2	8	18	243610	Europa	Palaearctic	1
CAF	República Centroafricana	1	9	31	58	622984	África	Afrotropical	0
CZE	República Checa	1	2	8	25	78867	Europa	Palaearctic	0
DOM	República Dominicana	1	6	16	17	48670	Caribe	Panamian	1
RWA	Ruanda	1	7	18	47	26338	África	Afrotropical	0
ROU	Rumania	1	2	9	29	238391	Europa	Palaearctic	0

RUS	Rusia	1	3	11	41	17098242	Asia	Paelearctic	0
ESH	Sahara Occidental	1	3	3	4	266000	África	Saharo-Arabian	0
SEN	Senegal	1	9	21	49	196722	África	Afrotropical	0
SRB	Serbia	1	3	10	33	88361	Europa	Paelearctic	0
SLE	Sierra Leona	1	9	24	58	71740	África	Afrotropical	0
SYR	Siria	1	7	12	24	185180	Asia	Saharo-Arabian	0
SOM	Somalia	1	9	16	38	637657	África	Afrotropical	0
LKA	Sri Lanka	1	7	17	29	65610	Asia	Oriental	1
ZAF	Sudáfrica	1	7	22	54	1219090	África	Afrotropical	0
SDN	Sudán	1	9	28	81	2505813	África	Afrotropical	0
SWE	Suecia	1	1	7	18	450295	Europa	Paelearctic	0
CHE	Suiza	1	3	10	30	41277	Europa	Paelearctic	0
SUR	Surinam	1	9	55	102	163820	América	Neotropical	0
SWZ	Swazilandia	1	7	14	21	17364	África	Afrotropical	0
THA	Tailandia	1	10	39	116	513120	Asia	Oriental	0
TWN	Taiwán	1	5	18	22	35980	Asia	Oriental	1
TZA	Tanzania	1	8	29	92	947300	África	Afrotropical	0
TJK	Tayikistán	1	3	7	13	143100	Asia	Paelearctic	0
TLS	Timor Oriental	1	5	14	27	14874	Asia	Oriental	1
TGO	Togo	1	9	24	54	56785	África	Afrotropical	0
TUN	Túnez	1	5	10	17	163610	África	Saharo-Arabian	0
TKM	Turkmenistán	1	3	10	18	488100	Asia	Paelearctic	0
TUR	Turquía	1	5	12	37	783562	Asia	Paelearctic	0
UKR	Ucrania	1	2	9	27	603550	Asia	Paelearctic	0
UGA	Uganda	1	9	29	87	241038	África	Afrotropical	0
URY	Uruguay	1	3	11	18	176215	América	Neotropical	0
UZB	Uzbekistán	1	3	8	14	447400	Asia	Paelearctic	0
VEN	Venezuela	1	9	63	153	912050	América	Neotropical	0
VNM	Vietnam	1	7	33	94	331210	Asia	Oriental	0
YEM	Yemen	1	8	16	24	527968	Asia	Saharo-Arabian	0
DJI	Yibuti	1	8	13	16	23200	África	Afrotropical	0
ZMB	Zambia	1	8	26	68	752618	África	Afrotropical	0
ZWE	Zimbabue	1	7	23	61	390757	África	Afrotropical	0

Apéndice III

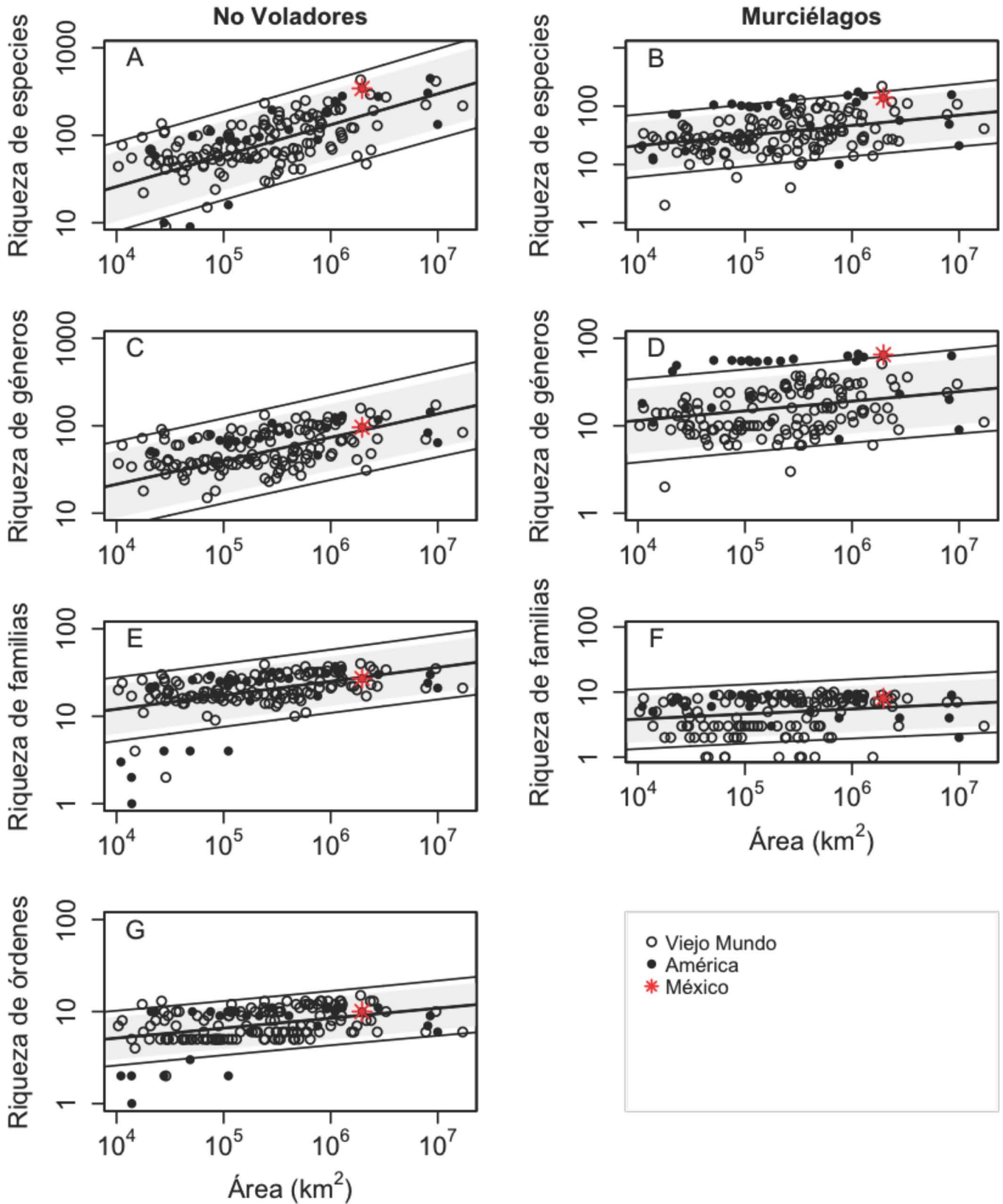


Figura 9. Regresiones de la riqueza de especies y de taxones superiores de mamíferos no voladores y murciélagos para los países del mundo. En cada caso la línea central es el modelo ajustado por mínimos cuadrados, y las líneas continuas externas señalan los límites del intervalo de confianza del 90% para la predicción de nuevos valores (correspondiente a una $\alpha = 0.05$ en pruebas de una cola). El sombreado señala el intervalo del 80% ($\alpha = 0.1$ en pruebas de una cola). Se muestran los valores para los países de América (círculos rellenos), para el resto de los países (círculos vacíos) y para México (asterisco). Los datos estadísticos correspondientes se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Regresiones entre el número de taxones y el área de los países del mundo, con la posición de México. Se muestra el valor de la pendiente de la regresión logarítmica (igual al exponente de la función potencia β_1), el coeficiente de determinación, los valores observados y esperados para México y la probabilidad de una cola de que la riqueza observada sea mayor que la esperada.

	β_1	r^2	México riqueza observada	México riqueza esperada	P
NO VOLADORES					
Órdenes	0.108	0.151	10	9.13	0.413
Familias	0.159	0.205	27	27.94	0.527
Géneros	0.268	0.290	96	88.44	0.452
Especies	0.353	0.397	343	167.5	0.156
MURCIÉLAGOS					
Familias	0.078	0.033	8	5.80	0.306
Géneros	0.110	0.063	65	20.58	0.042
Especies	0.622	0.124	139	52.54	0.095