



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS

**Endemicidad de anfibios y reptiles de México:
un enfoque biogeográfico y macroecológico**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO
DE MAESTRA EN CIENCIAS (BIOLOGÍA ANIMAL)

P R E S E N T A

TERESA MARIA BOSQUES TISTLER

DIRECTOR DE TESIS: DR. OSCAR ABERTO FLORES VILLELA

MÉXICO D.F.

Marzo, 2012



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Para Manuel, por todos los instantes que conforman nuestro maravilloso continuo.

Para Andrés Emilio, la luz de mi vida.

Para Anne-Marie, mamá, amiga, compañera.

En memoria de mi adorado papá, y de mi entrañable abuelo.

“El amor es el espacio y el tiempo medido por el corazón”. Marcel Proust.

Agradecimientos

Este trabajo no hubiera sido posible sin la ayuda de muchas personas que han influido en mi vida. En particular, va mi profundo agradecimiento a:

La Dra. Ella Vázquez Domínguez, por su gran apoyo, paciencia, consejos y respaldo a lo largo de todos estos años en esta iniciativa académica.

Al Dr. Oscar Flores-Villela, por su tiempo, atención y apoyo en la dirección de esta tesis; por brindarme sus datos y facilitarme acceso a su biblioteca y confiar en mí.

A los miembros de mi comité tutorial: Dra. Pilar Rodríguez Moreno, Dra. Claudia Moreno Ortega, Dra. Ella Vázquez Domínguez, y Dr. Oscar Flores-Villela, por su tiempo, consejos y apoyo a lo largo de los tutorales que dieron estructura y forma al proyecto.

A mis sinodales: Dra. Irene Goyenechea Mayer-Goyenechea, Dra. Claudia Moreno Ortega, Dra. Pilar Rodríguez Moreno, Dra. Ella Vázquez Domínguez y Dr. Oscar Flores-Villela por sus valiosos comentarios y precisiones que fueron enriqueciendo esta tesis.

A Gerardo Rodríguez Tapia, por su invaluable apoyo durante la creación de las bases de datos relacionales en Access para la herpetofauna endémica de México, herramienta principal para la elaboración de esta tesis.

Al Dr. Héctor Arita Watanabe por la facilitación de espacio en el Instituto de Ecología, UNAM, para realizar este proyecto.

Al Mtro. Hibraím Pérez Mendoza, por su entusiasmo y apoyo, así como por sus valiosos comentarios y aportes a este proyecto.

Al Dr. Manuel Miranda Anaya, porque su perseverancia y apoyo incondicional me ayudaron a hacer de este proyecto una realidad.

Nuevamente agradezco a toda mi familia, por el soporte, paciencia y entusiasmo que me han brindado en todo momento y en toda circunstancia.

¡Muchas gracias!

RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
I. INTRODUCCIÓN.....	8
BIODIVERSIDAD Y LA HERPETOFAUNA EN MÉXICO.....	8
CONSERVACIÓN Y DIVERSIDAD.....	11
PATRONES DE DIVERSIDAD.....	12
II. OBJETIVOS.....	14
III. HIPÓTESIS.....	14
IV. MÉTODOS.....	15
V. ANÁLISIS.....	17
5.1. DISTRIBUCIÓN POR TIPOS DE VEGETACIÓN:.....	17
5.2. ESPECIES EXCLUSIVAS A UN TIPO DE VEGETACIÓN:.....	18
5.3. GRADIENTES ALTITUDINALES:.....	19
VI. RESULTADOS	19
6.1 TIPOS DE VEGETACIÓN.....	19
6.2 PISOS ALTITUDINALES.....	26
VII. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	28
7.1 VEGETACIÓN.....	28
7.2 GRADIENTES ALTITUDINALES.....	37
7.3 CONSERVACIÓN.....	40
VIII. LITERATURA CITADA	44
ANEXOS.	53-61

Resumen

La herpetofauna de México se considera como una de las más ricas del mundo, debido a su diversidad y a su grado de endemismo. México destaca asimismo entre la mayoría de los países megadiversos por la riqueza en sus tipos de vegetación y la diversidad de sus ecosistemas. En este trabajo se hizo una revisión cuidadosa de la literatura para tener la información más completa de las especies herpetológicas y su distribución por tipos de vegetación y por altitud en México. Así, se evaluaron los patrones de endemidad de reptiles y de anfibios por tipos de vegetación y gradientes de altitud en México, así como los patrones de endemidad de las especies mexicanas que llegan a Centro América. El grado de endemidad fue clasificado como: 1) Endémicos de América Central presentes en México (CAM); 2) Endémicos de México (MED) y 3) Endémicos de México con una distribución restringida (RED). Los resultados mostraron una diferencia significativa para la distribución de la herpetofauna entre los 13 tipos de vegetación (TDV) evaluados. La endemidad más alta de reptiles se identificó en los bosques de encino, bosques de pino, bosques de niebla, matorrales xerófilos y bosques tropicales. Para los anfibios, los TDV con más especies endémicas fueron bosques de niebla, ambientes de agua dulce, así como bosques de pino, bosques de encino y bosques tropicales secos y/o húmedos. La mayoría de las especies de reptiles que viven exclusivamente en un TDV se encuentran sobre todo en bosques de encino y en matorrales xerófilos. Los anfibios de hábitat exclusivo se encuentran principalmente en los bosques de niebla. Los resultados de los patrones de altitud demuestran que la mayoría de la especies de reptiles, en particular los de amplia distribución, se encuentran en un gradiente altitudinal específico (0 a los 500 m), seguido del piso altitudinal mayor a los 2000 m, en donde los reptiles MED tienen un mayor número de especies. En cuanto a los anfibios, éstos presentan una preferencia clara por altitudes elevadas, especialmente arriba de los 2000 m.

Abstract

The herpetofauna of Mexico is considered one of the richest worldwide, due to its diversity and its degree of endemism. Mexico ranks among the most megadiverse countries regarding types of vegetation as well, for which it possess ecosystems of global significance. In this work, the patterns of endemism of reptiles and amphibians were established by types of vegetation and elevation, and by endemism of Mexican species occurring in Central America. Although, a thorough review of related literature was made in order to update the species information and their distribution by vegetation type and by altitude. The degree of endemism was classified as: 1) Endemic to Central America present in Mexico (CAM); 2) Endemic to Mexico (MED), and 3) Endemic to Mexico with a restricted distribution (RED).

Our results showed a significant difference between the distribution of herpetofauna and the 13 different types of vegetation (TOV) that occur in Mexico. The highest reptile endemism was found in oak forests, pine forests, cloud forests, xerophitic shrubs and tropical rain forests. For amphibians, these TOV were: cloud forests, freshwater environments, and also: pine forests, oak forests, tropical dry forests and tropical rain forests.

The majority of reptiles living exclusively in one TOV are mostly found in oak forests and xerophitic shrubs. Amphibians with an exclusive habitat are found primarily in cloud forests. In relation to altitude patterns, the results showed that most of the reptile species are found at a specific altitudinal gradient (0 to 500m), followed by those above 2000m. Amphibians show a clear preference for high altitudes (especially above 2000m).

I. INTRODUCCIÓN

Biodiversidad y la herpetofauna en México

El término biodiversidad puede definirse como la variedad y variabilidad entre los organismos vivos y los complejos ecológicos en los que se encuentran, incluyendo los ecosistemas terrestres y acuáticos, los complejos ecológicos de los que forman parte, así como la diversidad entre las especies y dentro de cada especie (Rammamoorthy et al., 1993). La diversidad biológica abarca tres niveles de expresión de variabilidad: ecosistemas, especies y genes. La diversidad genética, que comprende la variabilidad de alelos dentro y entre poblaciones de la misma especie; la diversidad de especies, que abarca todas las especies vivientes; y la diversidad a nivel de ecosistemas, que representa la variedad de biomas existentes y los procesos de interacción de las especies y su medio (Ehrlich y Wilson, 1991; Meffe y Carroll, 1997; Heywood y Watson, 2000).

En el mundo existen al día de hoy 196 países (United Nations, 2011). Solamente 17¹ de ellos son considerados como megadiversos, y albergan en su conjunto más del 70% de la biodiversidad total del planeta: México ocupa el quinto lugar dentro de estos países megadiversos (Mittermeier, 1992; McNeill, 2005; CONABIO 2008). Sin embargo, se consideran únicamente a siete países como los poseedores de una gran megadiversidad: Brasil, Colombia, México, República Democrática del Congo, Madagascar, Indonesia y Australia (Challenger, 1998). Entre las causas que hacen de México un país de gran diversidad biológica y con una gran variedad de ecosistemas, están: la topografía, la variedad de climas y una compleja historia, tanto geológica como biológica y cultural (Flores-Villela y Gerez, 1994; Ramamoorthy et al., 1993; Ochoa-Ochoa y Flores-Villela, 2006). Estos factores han contribuido a formar un mosaico de condiciones ambientales y microambientales que

¹ En orden alfabético: Australia, Brasil, China, Colombia, Congo, Ecuador, E.U.A, Filipinas, India, Indonesia, Malasia, Madagascar, **México**, Perú, Papúa-Nueva Guinea, Sudáfrica y Venezuela.

promueven una gran heterogeneidad de hábitats y de formas de vida. En particular, el sureste del país es una zona geológicamente compleja, ya que existe contacto entre dos biotas ancestrales que han dado origen a una zona biogeográficamente compuesta (Flores-Villela y Gerez, 1994; Vázquez-Domínguez y Arita, 2010).

Junto con Brasil, Colombia e Indonesia, México se ubica en los primeros lugares de las listas de riqueza de especies: ocupa el primer lugar en cactáceas, agaves y pinos; el segundo en el mundo, después de Australia, en riqueza de reptiles, el tercero en mamíferos, después de Brasil e Indonesia, el cuarto en anfibios y en plantas vasculares, el quinto en mariposas y el duodécimo en aves (Toledo, 1988; Ceballos y Navarro, 1991; Hunt, 1999, Sarukhán y Dirzo, 1992; Ramamoorthy et al., 1993; Ceballos et al., 2002). Una gran parte de la biodiversidad es exclusiva de nuestra nación (CONABIO, 2008): en términos generales, se puede decir que en los aproximadamente 2,000,000 de kilómetros cuadrados que abarca nuestro país se encuentra al menos 10% de la diversidad terrestre del planeta, lo que conlleva asimismo una gran responsabilidad (Rzedowski, 1992a; Toledo y Ordoñez, 1993; Sarukhán et al, 2009).

Tomando en cuenta el número de vertebrados registrados dentro del territorio nacional, la fauna mexicana se reconoce como una de las más ricas del mundo, con poco más de tres mil especies de vertebrados (Flores-Villela y Gerez, 1994). La herpetofauna mexicana es una de las más diversas a nivel mundial y su registro ha ido incrementándose significativamente en los últimos cinco años, tanto por descripciones de especies nuevas de anfibios y reptiles para México como por numerosos cambios taxonómicos que afectan la nomenclatura (Flores-Villela y Canseco-Márquez, 2004).

Hasta el momento existen 1,204 especies de herpetozoos de las cuales 672 son endémicas y 532 tienen una distribución que va más allá de las fronteras mexicanas, tanto hacia Mesoamérica como hacia la parte norte del continente (Flores-Villela y Goyenechea, 2001; Flores-Villela y Canseco-Márquez, 2004). La importancia de México destaca, además del número total de especies de vertebrados existentes en

su territorio, por el alto porcentaje de endemismo que hay en el país (58%), entendiéndose por especie endémica a aquella que sólo se encuentra en una región particular. El área geográfica puede definirse por los límites políticos, tales como países o estados (*provincias o departamentos*) o por límites ecológicos (Meffe y Carroll, 1997; Young, 2007). Las regiones con alto número de organismos endémicos resultan principal, aunque no exclusivamente, por eventos tales como aislamiento biogeográfico o la vicarianza, entendiéndose por ésta al fenómeno por el cual el surgimiento de una barrera divide a una población o una biota en dos o más fragmentos, permitiendo que con el paso del tiempo cada uno evolucione aisladamente (Contreras-Medina, et al. 2001). A partir de tal aislamiento geográfico, las especies pueden diversificarse y especiar (Pielou, 1979; Meffe y Carroll, 1997).

América Central y México cuentan con una gran cantidad de especies de herpetozoos, lo cual se debe principalmente a factores topográficos y climáticos (Wake y Lynch, 1976; Wake, 1987; Flores-Villela, 1993b), aunados a las características particulares de los anfibios y reptiles (*eg. poca vagilidad y especialización de hábitat*) que facilitan el aislamiento de sus poblaciones, todo lo cual ha coadyuvado a notables procesos de diferenciación y radiación de especies. Consecuentemente, esta subregión es excepcionalmente rica en especies de anfibios y reptiles endémicos (Flores-Villela, 1993b). Así, México comparte con Centroamérica 2,500 especies de vertebrados (Flores-Villela y Gerez, 1994) y 255 de herpetozoos (176 reptiles y 79 anfibios).

La herpetofauna está asociada a diferentes ambientes y es particularmente sensible a las condiciones bióticas y abióticas en los mismos. Dado que los reptiles son ectotermos, interactúan con su entorno físico y biológico de distinta manera que las aves y los mamíferos (McFarland et al, 1979). La mayoría de los anfibios requieren de microhábitats húmedos en los que puedan compensar la pérdida de agua por evaporación durante sus fases de actividad. Otros anfibios son sumamente versátiles,

como algunos sapos y salamandras, cuya permeabilidad de la piel les permite aprovechar el agua y vivir en zonas menos húmedas. De hecho, el intervalo de temperaturas corporales mantenido durante periodos de actividad es característico de ciertas especies y forma parte de su nicho ecológico (McFarland et al., 1979). Características como la temperatura, humedad, altitud y tipo de vegetación, entre muchos otros, inciden de manera directa en el establecimiento y sobrevivencia de los herpetozoos.

Conservación y diversidad

La pérdida de la biodiversidad es, indudablemente, el problema ambiental más grave, ya que es un proceso irreversible (Meffe y Carroll, 1997, Loreau et al., 2006). El uso indiscriminado que se hace de los recursos naturales amenaza gravemente los ecosistemas a nivel mundial y, consecuentemente, a la fauna asociada a éstos. Actualmente, las causas principales de la pérdida de la biodiversidad son la disminución y la fragmentación de los hábitats, la sobreexplotación, la introducción de especies exóticas, la contaminación, el cambio climático; todas con consecuencias sobre las condiciones bióticas y abióticas básicas de los hábitats (Rosenzweig, 2003; Loreau et al., 2006). Asimismo, dada la creciente fragmentación de éstos, restringe las posibilidades de dispersión de las especies a áreas más favorables, cada vez más escasas (Rosenzweig, 2003). Estos procesos son producto de las crecientes demandas de la humanidad y de la falta de políticas que consideren el uso sustentable de los recursos (Soulé, 1991).

La biodiversidad, en cuanto a composición, estructura y funcionamiento, juega un papel importante pero no es debidamente apreciado en el desarrollo de la sociedad. La biodiversidad conocida en el país se caracteriza por su elevado endemismo, así como por los altos grados de amenaza que enfrenta, producto de presiones cambiantes sobre los recursos. De hecho, México contiene una de las

ecorregiones terrestres claves, o “hotspots”, de la biodiversidad global, caracterizada por su elevado endemismo la cual está fuertemente amenazada (Mittermeier et al., 1999, 2005a). En términos de conservación de la biodiversidad, la protección de especies que únicamente se encuentran en un país es responsabilidad de dicho país para con el mundo, por lo que es necesario conocer la fauna endémica y sus patrones de distribución (Ceballos y Rodríguez, 1993).

Debido al grado de apertura de la economía nacional, así como a las demandas por distintos recursos, propio de una sociedad en transición, las presiones sobre la biodiversidad han ido en aumento. Por lo tanto, es prioritario generar conocimiento sobre la biodiversidad, sus patrones, procesos y distribución, que sirva de base para establecer políticas de conservación y desarrollo global a largo plazo (Wilson, 1988). Se reconoce que el estudio de los patrones de diversidad es fundamental para que, con una base teórica sólida, se provea de información útil para la conservación (Gaston y Blackburn, 2000). Cabe destacar que la conservación de la biodiversidad es un campo interdisciplinario, dado que es, en sí, un proceso no solamente biológico, sino político y social; esto es, cuyo nivel de complejidad requiere por igual la participación de científicos naturales y sociales (Alcorn y Toledo, 1997; Mascia et al, 2003; Drew y Henne, 2006).

Patrones de diversidad

Es evidente que la distribución de las especies en el planeta no es homogénea y responde a una variedad de procesos ecológicos, evolutivos, históricos y biogeográficos (Ricklefs y Schluter, 1993; Rozensweig, 1995). Sin embargo, existen relaciones significativas entre el número de especies y las variables físicas del ambiente, traduciéndose así en ciertos patrones uniformes de distribución de especies (Ricklefs y Schluter, 1993; Rosenzweig 1995; Brown, 2000). Dichos patrones se reflejan en cambios más o menos regulares de ciertos atributos (e.g., riqueza de especies), de acuerdo con cambios en factores ambientales (e.g., productividad). A

partir de ello, se han establecido diversos ejemplos de gradientes de biodiversidad. Uno de los más conspicuos es el gradiente altitudinal, el cual se ha relacionado con diferentes factores como la temperatura, la heterogeneidad ambiental y la productividad, entre otros (Rosenzweig, 1995; Brown, 2000; Díaz et al., 2002).

El estudio de los patrones de diversidad de especies puede hacerse desde diferentes enfoques: mientras que la macroecología no incluye explícitamente los procesos históricos, la biogeografía sí los toma en cuenta. Ambas disciplinas contribuyen al estudio de los patrones de diversidad de especies. La macroecología está enfocada al entendimiento de la abundancia y distribución de las especies en amplias escalas espaciales y temporales (Gaston y Blackburn, 2000), con énfasis en patrones estadísticos, más que en la manipulación experimental (Brown, 2000). Ya sea mediante uno o varios enfoques, la identificación de zonas de alto endemismo ha permitido evaluar prioridades de conservación (Escalante, 2003). La biogeografía histórica de los grupos puede contribuir con información útil para la conservación; por ejemplo, el estudio de especies endémicas puede ser la clave de un plan consistente de conservación, junto con el análisis de los ecosistemas de mayor diversidad, entre otros. Así, la elaboración de atlas biogeográficos permite documentar de manera eficiente los patrones de la diversidad biológica, con miras a su conservación y uso sustentable (Morrone y Espinosa, 1998). Ahora bien, la ecología es fundamental para la biogeografía histórica, aun en el caso de reconstruir relaciones entre áreas de endemismo (Wiens y Donohue, 2004).

En el presente trabajo se realizó un análisis sobre los patrones de diversidad de la herpetofauna en México utilizando un enfoque biogeográfico e incorporando herramientas de análisis macroecológico.

II. OBJETIVOS

Objetivo general

Describir y analizar los patrones de endemidad de anfibios y reptiles de México, con base en los diferentes tipos de vegetación y en el gradiente de altitud en sus áreas de distribución.

Objetivos específicos

1. Describir los patrones de endemidad de la herpetofauna en los diferentes tipos de vegetación en México.
2. Describir los patrones de endemidad de la herpetofauna con relación al gradiente altitudinal en su distribución en México.

III. HIPÓTESIS

Se pondrán a prueba las siguientes hipótesis nulas sobre la distribución de la herpetofauna:

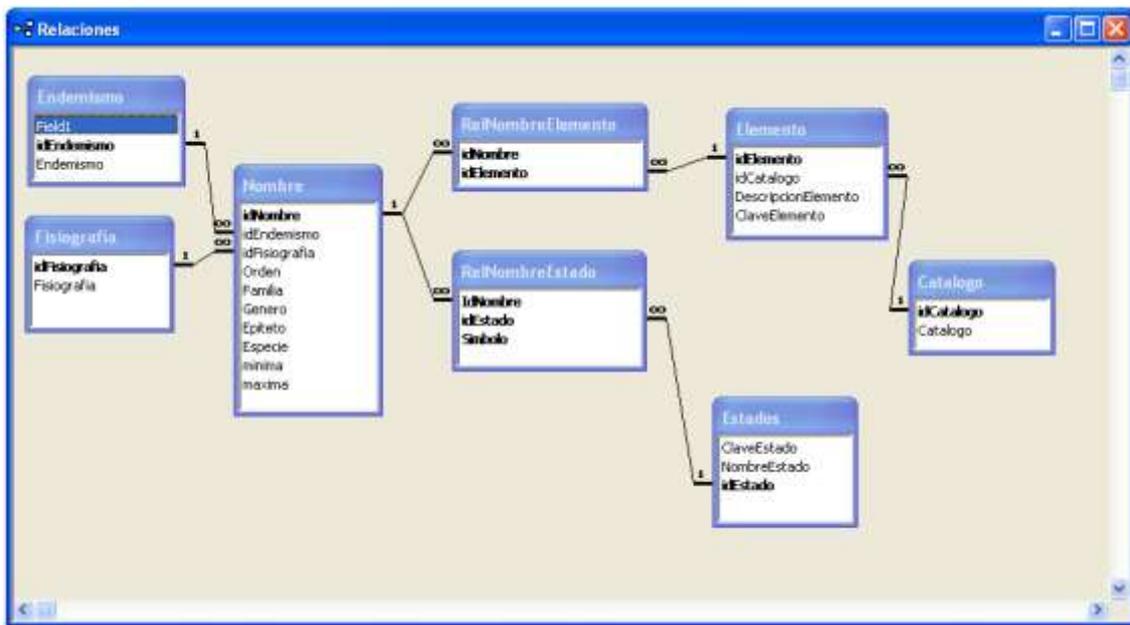
1. La herpetofauna endémica se encuentra equitativamente distribuida en los diferentes tipos de vegetación y en los diferentes pisos altitudinales.
2. La distribución de especies en cada tipo de vegetación está relacionada de manera positiva por la cobertura relativa de cada tipo de vegetación, es de decir, mientras mayor sea la superficie que ocupa el tipo de vegetación, mayor será en número de especies endémicas.
3. El número de especies exclusivas a un tipo de vegetación está directamente relacionado con la riqueza total de especies endémicas.

IV. MÉTODOS

Para analizar la información de la herpetofauna de México se construyeron dos bases de datos relacionales con el programa Access: una para reptiles y otra para anfibios. Este tipo de bases de datos facilitó la integración de la información de los herpetozoos, dándoles estructura y permitiendo realizar procesos de actualización con redundancia controlada y conservando la integridad, seguridad y confiabilidad del conjunto de datos (Rodríguez y Escalante, 1998). El diseño de ambas bases tiene como eje principal la tabla NOMBRE y como tablas periféricas a ELEMENTO, REL.NOMBRE.ELEMENTO, CATALOGO, REL.NOMBRE.ESTADO, ENDEMISMO, FISIOGRAFIA Y ESTADOS (Rodríguez y Escalante, 2006, figura 1).

Con el objetivo de actualizar y depurar la información existente sobre anfibios y reptiles (Flores-Villela y Gerez, 1994) se llevó a cabo una revisión bibliográfica exhaustiva sobre los cambios taxonómicos y de nomenclatura de los anfibios y reptiles de México, desde 1994, año en que salió dicha publicación hasta 2006 fecha en que se terminó la base de datos. La información recabada y que se incluyó en la base de datos consistió en: lista de especies, tipos de vegetación (TDV), grado de endemismo (ver más adelante) e intervalo de altitud. Esta revisión permitió incluir 300 registros nuevos correspondientes a algún tipo de vegetación y 600 registros asociados a alguna altitud, así como los estados de la república donde se encuentran. Se utilizaron los datos de cobertura vegetal de México registrada en 1994, debido principalmente a que los datos del Inventario Nacional Forestal 2000-2001 no son compatibles con los inventarios nacionales previos, como lo señalan Palacio et al. (2000): “Las diferencias conceptuales y metodológicas en ambos inventarios [1994 y 2000-2001] limitan seriamente las comparaciones, por lo que estos datos comparativos deben ser tomados con cautela”.

a) Anfibios



b) Reptiles

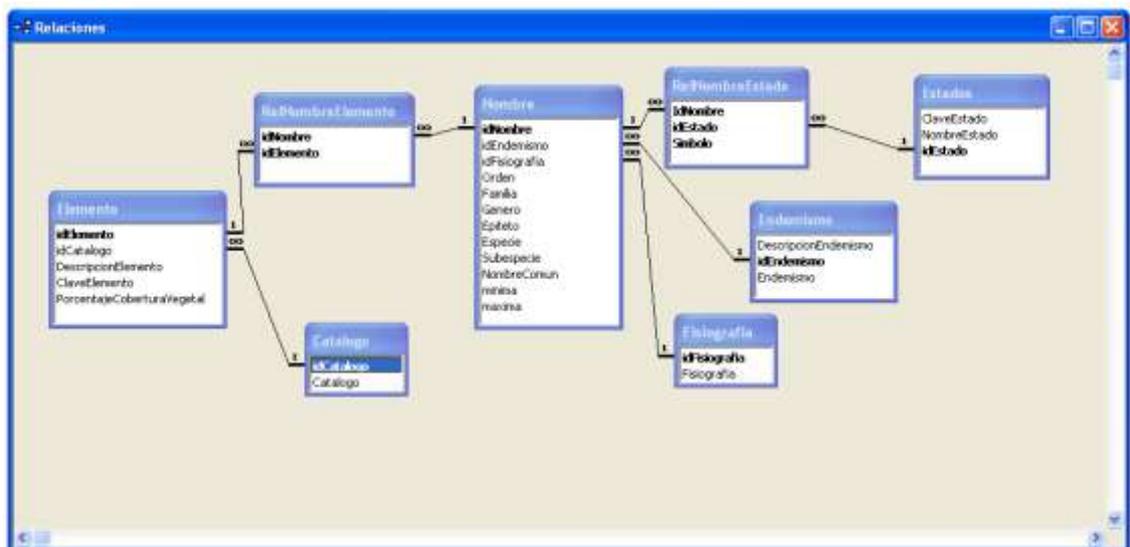


Figura 1. Diseño de las bases de datos relacionales de herpetozoos endémicos.

Se consideró la clasificación de los tipos de vegetación de Rzedowski (1978), utilizada en los datos originales de Flores-Villela y Gerez (1994): bosque mesófilo de montaña (BMM), bosque de coníferas (BC), bosque de *Quercus* (BQ), bosque tropical subcaducifolio (BTS), bosque tropical caducifolio (BTC), bosque tropical perennifolio

(BTP), bosque espinoso (BE), vegetación secundaria (SEC), vegetación acuática y subacuática (VAS), ambientes acuáticos (AAC), matorral xerófilo (MX), pastizales inducidos y cultivos (PA), y pastizal zacatonal (PZ).

Las especies se clasificaron en tres tipos de endemismo, que se incluyeron en la base de datos de la siguiente manera: 1) endémicos a Mesoamérica que están presentes en México (CAM), y cuya distribución comprende México y Centroamérica, 2) endémicos a México (MED), es decir, que sólo se encuentran dentro de los límites geográficos de la República Mexicana y 3) de distribución restringida o exclusiva (RED), esto es, especies endémicas que sólo se encuentran en regiones muy limitadas o en áreas relativamente pequeñas de la república mexicana, respetando la nomenclatura de endemismo de Flores-Villela y Gerez (1994). Estas clasificaciones son excluyentes entre sí.

Para ser consistentes con la información original (Flores-Villela y Gerez, 1994), la distribución altitudinal de las especies se agrupó en categorías de 500 m, lo que resultó en cinco pisos altitudinales (0-500, 501-1,000, 1,001-1,500, 1,501-2000 y >2000 m). Las especies encontradas en dos o más pisos altitudinales se consideraron como especies de amplia distribución altitudinal. Asimismo, se asume que cada especie estaba presente a todo lo largo entre la altitud mínima y máxima registrada para dicha especie (Sanders, 2002). No hubo datos altitudinales disponibles para 12 especies de anfibios y 91 de reptiles.

V. ANÁLISIS

5.1 Análisis de distribución por tipos de vegetación

Para evaluar las diferencias en la distribución de anfibios y reptiles en los tipos de vegetación (TDV) se compararon los valores esperados del número de especies en los diferentes TDV y se analizaron por medio de pruebas de χ^2 (Everitt, 1986, Zar, 1998). Se estimaron los valores esperados (E) de número de especies por TDV, tomando la

suma total de porcentaje de cobertura de todos los tipos de vegetación como 100%, es decir:

$$E = (\%TDV_i) (N) / 100, \text{ donde}$$

%TDV_i: porcentaje que ocupa el tipo de vegetación_i

N: número total de especies en todos los tipos de vegetación

Se construyeron y calcularon los valores residuales estandarizados, la varianza y los valores residuales ajustados significativos (alfa <0.001) de cada tabla, de la siguiente manera (Motulsky, 1995). Ver Anexo 1 (Pruebas de X²: vegetación/especies de anfibios y reptiles por tipos de endemismo):

:

$$re = \frac{obs - esp}{\sqrt{esp}}, \text{ en donde}$$

re: valores residuales estandarizados, obs: valores observados, esp: valores esperados.

$$Va = \frac{1 - \sum \frac{obs}{gran\ total} * 1 - \sum \frac{total\ tdv}{N}}{N}, \text{ en donde}$$

Va= varianza, tdv: tipos de vegetación,

$$rea = \frac{re}{\sqrt{Va}}, \text{ en donde}$$

rea= valores residuales ajustados

5.2 Análisis de especies exclusivas a un tipo de vegetación

También se estimaron los valores esperados del número de especies exclusivas a un tipo de vegetación. Ello, dividiendo el número de especies endémicas de cada TDV entre el número total de especies endémicas y multiplicándolo por el número total de especies exclusivas de todos los TDV. Para ambos casos, se analizaron los resultados con x² para determinar si las diferencias entre valores observados y esperados eran significativas (Everitt, 1986; Zar, 1998).

5.3 Análisis de gradientes altitudinales

Se evaluó si la coexistencia de las especies endémicas de anfibios y reptiles, respectivamente, difería de un patrón al azar a lo largo de los cinco pisos altitudinales, mediante análisis de co-ocurrencia (Gotelli y Entsminger, 2001). Para ello, se hicieron matrices de presencia-ausencia, donde las hileras representan las diferentes especies y las columnas los sitios (pisos altitudinales). Se utilizó el índice de Stone y Roberts (1990), "C-Score", el cual mide el número promedio de pares de especies que no ocurren en el mismo sitio, del total de posibles pares de especies, con base en la matriz original. Se generaron 5,000 matrices aleatorias, manteniendo constantes el número de hileras y columnas de la matriz original (Gotelli y Entsminger, 2001). Mientras mayor es el valor del índice (C) observado respecto del esperado, más estructurada (diferente del azar) es la población de estudio, es decir, un valor alto del índice sugiere que hay menos co-ocurrencia que la esperada por azar (Gotelli y Entsminger, 2001).

VI. RESULTADOS

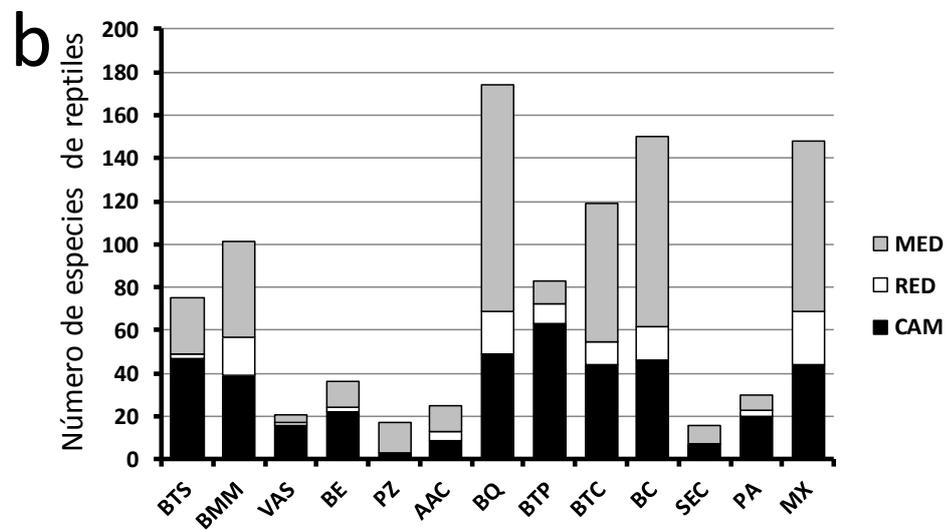
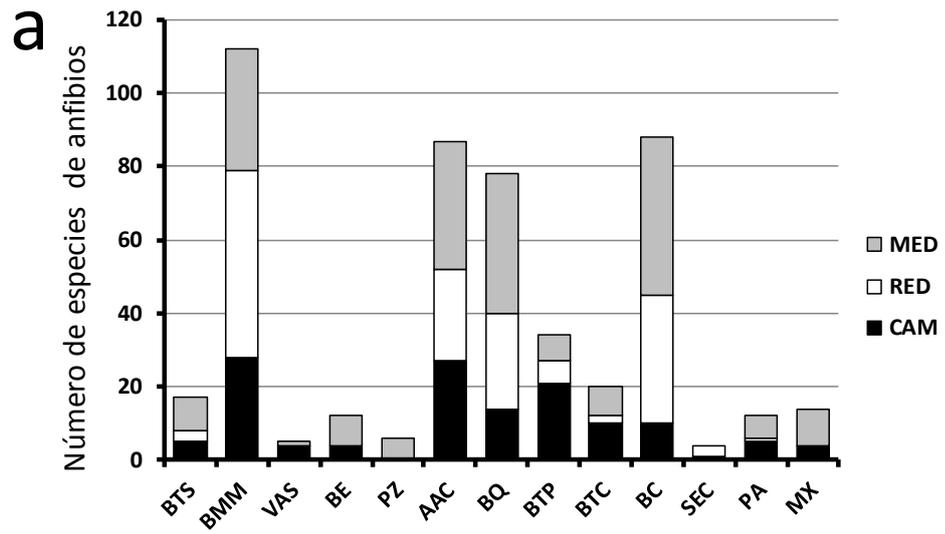
Del número total de especies de herpetozoos registrado recientemente, en el análisis participó el 89% de las mismas, esto es, 597 de las 672 especies endémicas a Mesoamérica de reptiles. Estas especies están distribuidas en 36 familias y 122 géneros y el endemismo se divide en: 317 endémicas a México (MED), 105 de distribución restringida (RED) y 175 endémicas a Mesoamérica (CAM). Asimismo, en el análisis se incluyeron 306 especies endémicas a Mesoamérica de anfibios, que comprenden 11 familias y 36 géneros. De estas especies, 122 son MED, 105 RED y 79 CAM (Ver Cuadro 1).

6.1 Tipos de vegetación

1. La distribución de las especies en los diferentes tipos de vegetación fue diferente del azar: X^2 anfibios CAM= 180.52, X^2 anfibios MED= 101.2, X^2 anfibios RED= 293.77; X^2 reptiles CAM =143.01, X^2 reptiles MED= 413.35, reptiles RED: 104.61 (g.l. 12, para todos los casos $p>0.0001$; ver Anexo 2 (Análisis estadístico de los valores observados y esperados de anfibios y reptiles por TDVs). Por lo que se confirma la hipótesis alternativa: existen diferencias significativas en la distribución de los anfibios y reptiles endémicos en los diferentes tipos de vegetación, esto es, la distribución no es debida al azar.

En anfibios, los TDV con mayor número de endemismos que lo esperado fueron: bosque mesófilo de montaña (BMM), ambientes acuáticos (AAC), así como bosque de *Quercus* (BQ) y bosque de coníferas (BC) (Fig.2a). Para los reptiles, la gran mayoría se encontró en bosque de *Quercus* (BQ), bosque de coníferas (BC), bosque mesófilo de montaña (BMM), matorral xerófilo (MX), bosque tropical caducifolio (BTC), bosque tropical perennifolio (BTP), y bosque tropical subcaducifolio (BTS) (Fig. 2b).

Considerando los diferentes tipos de endemismo que se analizaron en este trabajo (CAM, MED y RED), los reptiles de distribución restringida o exclusiva tuvieron un alto porcentaje de especies en uno de los tipos de vegetación que se distribuye en un área muy restringida, el BMM. Esto es más evidente al considerar que el BMM cubre solamente el 0.07% del área total terrestre de México y, sin embargo, alberga al 60% de los anfibios MED y al 16.2% de los reptiles RED (Fig. 3a y 3b).



Tipos de vegetación

Figura 2. Distribución del número de especies endémicas de la herpetofauna por tipo de vegetación en México: a) anfibios y b) reptiles. (MED= Herpetofauna endémica presente en México; RED= Endémicos de México con una distribución restringida y CAM= Endémicos de América Central presentes en México).

Cuadro 1. Número de especies de anfibios y reptiles, clasificados en tres categorías de endemismo (ver Métodos), en los distintos tipos de vegetación de la república mexicana. Cobertura: porcentaje de cobertura de cada tipo de vegetación del país; Total: número total de especies anfibios y reptiles en cada TDV, que están además en orden de importancia (de mayor a menor), dado el total de herpetozoos. *Nota: una especie podría estar uno o más tipos de vegetación.*

Tipos de vegetación	Cobertura veget. %	Anfibios			Reptiles			Total
		RED	MED	CAM	RED	MED	CAM	
Bosque de <i>Quercus</i>	4.29	26	14	38	20	105	49	252
Bosque de coníferas	8.66	35	10	43	16	88	46	238
Bosque mesófilo	0.07	51	28	33	18	44	39	213
Matorral xerófilo	34.81	0	4	10	25	79	44	162
Bosque tropical caducifolio	6.98	2	10	8	11	64	44	139
Bosque tropical perennifolio	4.44	6	21	7	9	11	63	117
Ambientes acuáticos	1.16	25	27	36	4	12	9	113
Bosque tropical subcaducifolio	0.06	3	5	9	2	26	47	92
Bosque espinoso	0.90	0	8	8	2	12	22	52
Pastizal	26.30	1	5	6	3	7	20	42
Vegetación acuática y subacuática	0.27	0	4	1	1	4	16	25
Pastizal zacatonal	1.00	0	0	6	0	14	3	23
Vegetación secundaria	11.04	0	4	1	0	9	7	21
Totales	100	149	140	206	111	475	409	1490

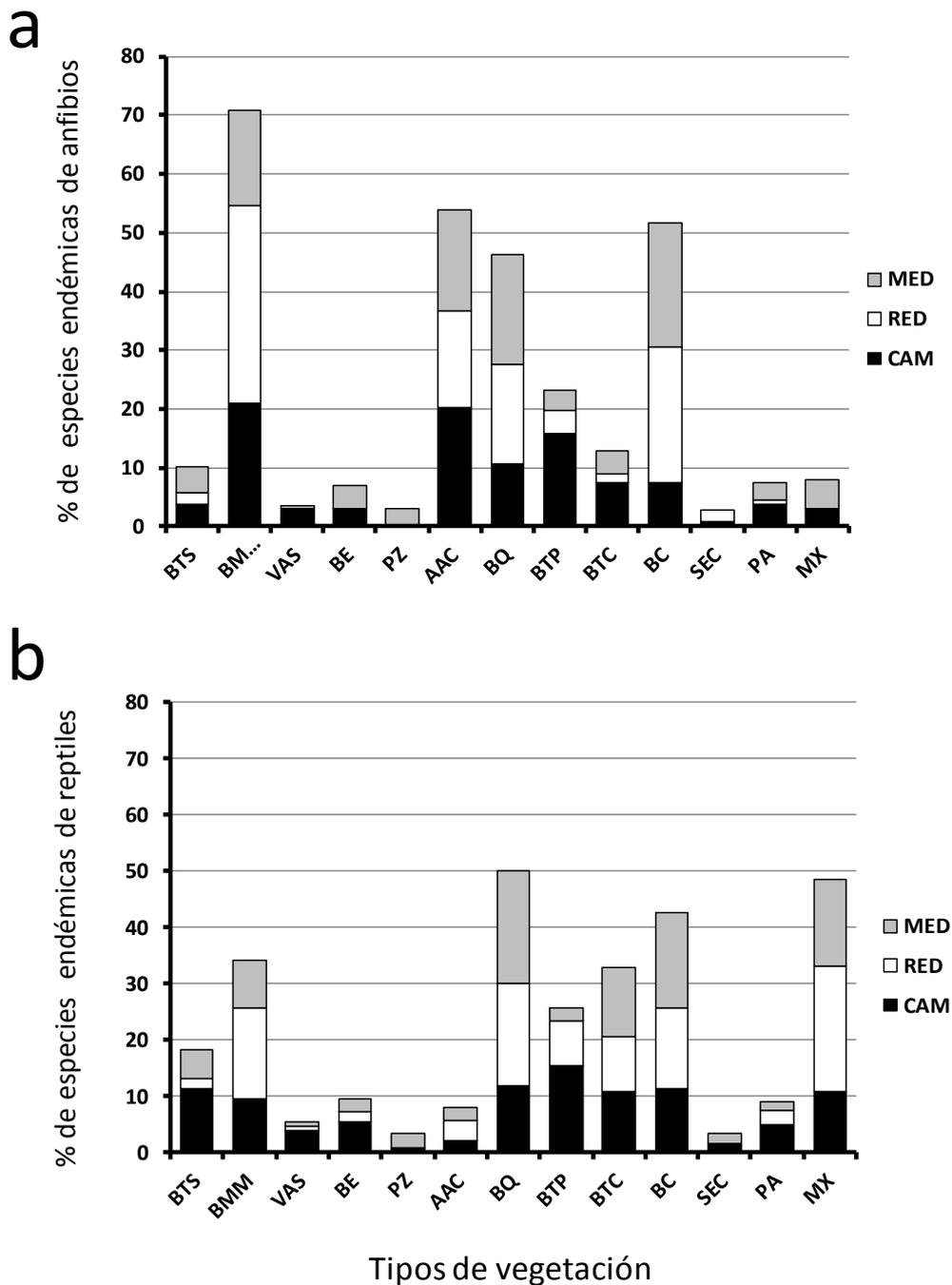


Figura 3. Porcentaje de especies endémicas de herpetozoos en los distintos tipos de vegetación de México. a) anfibios y b) reptiles.

(MED= Herpetofauna endémica presente en México; RED= Endémicos de México con una distribución restringida y CAM= Endémicos de América Central presentes en México).

Los resultados obtenidos contribuyen a la identificación de los ecosistemas en donde se localiza la mayor cantidad de especies bajo los tres tipos de endemismo (Cuadro 1). Al analizar el número de especies por categoría de endemismo, en relación con el porcentaje del área de vegetación, encontramos lo siguiente: el bosque de *Quercus*, con un área vegetal de 4.3% del total en el país, alberga el mayor número de herpetozoos (252 especies), ocupa el primer lugar para los reptiles endémicos de México (MED; 105 especies), el segundo en endémicos de Mesoamérica (CAM; 49) y el segundo también para los reptiles de distribución restringida (RED; 20). En cuanto a anfibios, este tipo de bosque ocupa el segundo lugar en CAM (38), el tercero en RED (26) y el cuarto en MED (14).

El bosque de coníferas (BC), con un área vegetal de 8.70% del total en el país, es el TDV que ocupa el segundo lugar en cuanto a número total de herpetozoos, con 238 especies. En anfibios, este tipo de bosque ocupa el primer lugar en CAM (43), el segundo en RED (35) y el quinto (empate con el bosque tropical caducifolio o BTC) en MED (10). En reptiles, el BC ocupa el tercer lugar en reptiles endémicos de México (MED; 88 especies), el tercero, asimismo, en endémicos de Mesoamérica (CAM; 46) y el cuarto en cuanto a reptiles de distribución restringida (RED; 16).

El bosque mesófilo de montaña (BMM) con un área vegetal de tan sólo 0.07% del total en el país, ocupa el tercer lugar en cuanto a número total de herpetozoos, con 213 especies. En anfibios, ocupa el cuarto lugar en CAM (33), no obstante el BMM ocupa el primer lugar en RED (51) y también primer lugar en MED (28). En reptiles endémicos de México ocupa el quinto lugar (MED; 44 especies), el sexto en endémicos de Mesoamérica (CAM; 39) y el tercero en cuanto a reptiles de distribución restringida (RED; 18).

El matorral xerófilo (MX) es el TDV de mayor cobertura nacional con un 34.8%. Ocupa el cuarto lugar en número total de herpetozoos con 162 especies, principalmente de reptiles, ya que en anfibios, este TDV ocupa el quinto lugar en CAM (10), no presenta ningún anfibio RED (0) y ocupa el octavo lugar en anfibios MED (4).

El bosque tropical caducifolio (BTC), con un área vegetal de 6.98% del total en el país, ocupa el quinto lugar en cuanto a número total de herpetozoos, con 139 especies, principalmente de reptiles, ya que en anfibios comparte el quinto lugar en MED (10) con el BC. Asimismo, presenta un mínimo de especies RED (2) y comparte el séptimo lugar con el bosque espinoso (BE) en CAM (8). En reptiles MED (64) el BTC ocupa el 4cuarto lugar y el quinto tanto para reptiles CAM (44), como RED (11).

El bosque tropical perennifolio (BTP), con un área vegetal de 4.40% del total en el país, es el TDV con el 6sexto lugar en número total de herpetozoos, albergando a 117 especies. Su importancia reside en que ocupa el primer lugar de especies CAM de reptiles. En anfibios, ocupa el tercer lugar en MED (21), el quinto en RED (6) y el octavo en CAM (7). En reptiles, presentó el mayor número de especies MED (63), el sexto en RED (9) y el octavo en MED (8).

Los ambientes acuáticos (AAC), con un área que cubre el 4.40% del total en el país, es el 7mo TDV y alberga a 112 herpetozoos. Su importancia reside en que ocupa el segundo lugar de especies MED de anfibios (27), el tercero en CAM (36) y el cuarto en RED (25). En reptiles, el AAC comparte el 7mo lugar de reptiles MED con el bosque espinoso (7), sólo alberga a nueve especies de reptiles CAM y a cuatro especies de reptiles RED.

El bosque tropical subcaducifolio (BTS), con un área vegetal de tan sólo 0.06% del total en el país, ocupa el octavo lugar en número total de herpetozoos, con 92 especies. En anfibios ocupa el sexto lugar en especies CAM (9) y el séptimo en MED (5); solamente alberga a tres especies RED. Su importancia radica en que ocupa el tercer lugar para reptiles CAM y el quinto para especies MED (26), albergando solamente a dos especies RED. Les siguen en orden de importancia por su contenido de especies, pero con representaciones menos importantes de las tres categorías de

distribución, el bosque espinoso, pastizal, la vegetación acuática, el pastizal zacatonal y la vegetación secundaria (ver Cuadro 1).

6.2 Pisos altitudinales

La distribución observada tanto para anfibios como para reptiles endémicos en los diferentes pisos altitudinales no estuvo determinada por el azar. Los resultados del análisis de co-ocurrencia son:

Anfibios: C-score observado > 1.171, esperado por azar < 1.041 ($P < 0.001$). Reptiles: C-score observado > 1.122, esperado por azar < 1.026 ($P < 0.001$).

Por lo que se apoya la hipótesis alternativa: existen diferencias significativas en la distribución de los herpetozoos en diferentes pisos altitudinales.

Los anfibios MED, RED y con amplia distribución se encontraron preferentemente en las altitudes mayores, especialmente arriba de los 2,000 m (Fig. 4a). Se observó una tendencia general de mayor número de especies de anfibios de todas las categorías a mayores altitudes. La mayoría de las especies de reptiles, en particular los de amplia distribución, se encontraron en el piso altitudinal de 0 a 500 m, seguido del piso altitudinal mayor a los 2,000 m, en donde los reptiles MED tienen un mayor número de especies (Fig. 4b). En general, las especies de reptiles de amplia distribución tendieron a disminuir en altitudes mayores, mientras que las otras categorías tendieron a aumentar por arriba de los 2000 m, con excepción de los CAM.

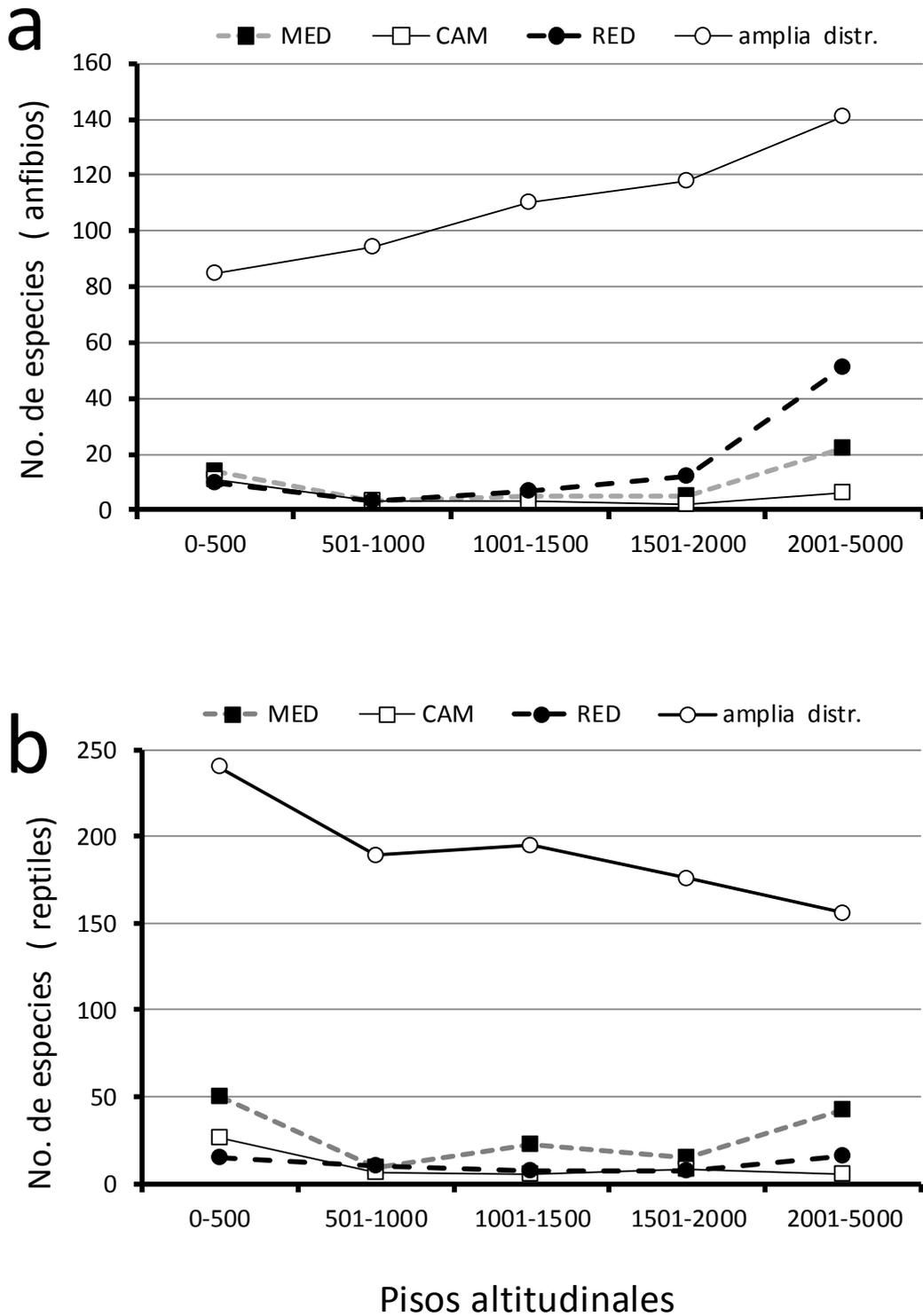


Figura 4. Distribución de herpetozoos endémicos por pisos altitudinales.
a) anfibios y b) reptiles. (MED= *Herpetofauna endémica presente en México*; RED= *Endémicos de México con una distribución restringida* y CAM= *Endémicos de América Central presentes en México*).

VII. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En conjunto, los anfibios y reptiles de México representaban 9.1% de toda la herpetofauna mundial en 1993 (Toledo y Ordóñez, 1993). Estas cifras han aumentado aproximadamente a 14%. Lo anterior, basado en muestreos de campo realizados en la última década y consulta de registros de colecciones científicas y verificación de datos históricos, lo que conlleva a la actualización de listados, dando una cifra de 1,204 especies (Flores-Villela y Goyenechea, 2003; Flores-Villela y Canseco-Márquez, 2004). Los patrones similares de distribución en los tipos de vegetación (TDV) entre la herpetofauna endémica y los vertebrados terrestres y las aves, reflejan posiblemente una historia biogeográfica compartida para estos grupos de organismos, ya que también se registran números elevados de especies en áreas geográficas similares a las encontradas en el presente trabajo, como son el Eje Neovolcánico Transversal y la Sierra Madre del Sur (Flores-Villela y Goyenechea, 2001, Flores Villela et al. 2010). Pueden estar relacionados también con la fisiografía accidentada del país y los eventos vicariantes asociados, que permiten la existencia de hábitats y ecosistemas diversos (Mulcahy y Mendelson, 2000), así como a la distribución restringida de muchas especies. Asimismo, la alta endemidad en México se registra en la región del Golfo de California, posiblemente originada por aislamiento insular (Grismer, 1994a, b).

7.1 Vegetación

De acuerdo con los resultados obtenidos, el análisis de la distribución de especies de anfibios y reptiles de las tres diferentes clases de endemismo y entre los 13 diferentes tipos de vegetación, mostró deferencias significativas. En efecto, la presencia de especies en cada tipo de vegetación es independiente del porcentaje de cobertura relativa de cada una. Por ejemplo, el bosque de *Quercus*, con una cobertura porcentual de 4.29% presentó el mayor número de herpetofauna endémica. Le sigue

el bosque caducifolio, con 8.66% y el bosque mesófilo de montaña con sólo 0.07% de cobertura. Si bien el matorral xerófilo tiene la mayor cobertura nacional, y además alberga a gran cantidad de reptiles CAM y RED, los valores residuales son negativos, por lo que, aún para los reptiles, esta región resulta pobre con relación al tamaño del área. Se encontró también que el número de especies presentes exclusivamente en un tipo de vegetación está dado por otros factores y no por la relación con la riqueza total de especies. Los tipos de vegetación más relevantes en cuanto a riqueza de vertebrados CAM, RED y MED se describen a continuación:

7.1.1 Bosque Mesófilo de Montaña

Respecto al porcentaje de cobertura vegetal, el BMM destaca porque consta de una cobertura vegetal mínima en la República Mexicana, pero sobresale en cuanto a número de especies de anfibios y reptiles. Al realizar una comparación entre el número de especies por categoría de endemismo y el porcentaje de cobertura vegetal resalta que el BMM, cuya cobertura vegetal es la más reducida en el territorio nacional (0.07%), alberga al 16% de los reptiles de distribución restringida (RED), al 33.55% de los anfibios de distribución restringida (RED) y al 21% de los anfibios endémicos de Mesoamérica presentes en México. Flores-Villela y Gerez (1994), Macip-Ríos y Casas-Andreu (2008) y Flores Villela et al. (2010) reconocen la importancia de herpetofauna endémica asociada a BMM en el país. Si se compara con otros vertebrados terrestres, el BMM ocupa asimismo el primer lugar para vertebrados terrestres RED y un segundo lugar en especies de vertebrados terrestres CAM (Flores-Villela y Gerez, 1994).

En relación con los reptiles, los resultados de este trabajo registran más de 80 especies endémicas que se encuentran en este tipo de vegetación (colúbridos, elápidos, ánguidos, policrotidos y eublefáridos, entre otros). Sobre la presencia de anfibios endémicos en este TDV, los patrones de distribución y ecología de 40 especies de pletodóntidos que habitan en el norte del Núcleo Central Americano, la mayoría son parcial o totalmente arborícolas, fenómeno que también ocurre en otras

asociaciones de bosque muy húmedo montano. El endemismo es más característico en las especies de bosques nublados que en las regiones de poca elevación, o que las de otros habitantes de altura (Wake y Lynch, 1976).

Según los datos encontrados en el presente trabajo, para México el 34.5% de los pleurodóntidos endémicos se encuentra en los BMM, tal y como lo había señalado Wake (1987). Muñoz-Alonso (2007) registró una alta presencia de anuros y de salamandras en este TDV para la zona sureste de México. Es asimismo el caso de los hílidos, de los bufónidos y de los craugastóridos endémicos, los cuales tienen varias especies representadas en este tipo de vegetación, de acuerdo con los datos que arroja este trabajo y al análisis presentado por Wilson y Johnson (2010). Macip-Ríos y Casas-Andreu (2008) han registrado leptodactílidos, frinosomátidos y algunos hílidos endémicos, característicos del BMM, en cafetales de sombra diversificada tomando este hábitat como refugio de la diversidad biológica y como un uso del suelo de bajo impacto. En cuanto a reptiles, este trabajo registra que, en particular, el BMM es hábitat de varias especies de colúbridos, ánguinos, frinosomátidos y vipéridos, entre otros. En cuanto a otros vertebrados, la biodiversidad y el nivel de endemismo entre los vertebrados de los bosques mesófilos de montaña es también muy alto, superado únicamente por los índices de diversidad y endemismo en los bosques de pino y encino del país (Flores-Villela y Gerez, 1994, Wilson y Johnson, 2010), con la excepción de los mamíferos, cuya diversidad promedio es más alta en los bosques mesófilos que en cualquier otro tipo de hábitat en México (Fa y Morales, 1993). En términos de biodiversidad y endemismo, es evidente que los BMM de México son probablemente los ecosistemas más importantes en cuanto a su contribución a la biodiversidad nacional relativa a la superficie que ocupan.

Sobre los aspectos de conservación del BMM, es importante destacar que son los ecosistemas terrestres más amenazados a nivel nacional. Estos bosques son de elevada importancia debido a la extraordinaria biodiversidad que albergan y a los servicios hidrológicos que proveen (CONABIO, 2010). En México, en particular, gran

cantidad de especies de vertebrados se encuentran amenazadas. Para los anfibios en particular, las especies más amenazadas son algunas que habitan en bosques mesófilos y de encinos (Flores-Villela, 1993b; Challenger, 1998). En el caso particular de los anfibios del BMM, las causas más comunes de amenaza son la pérdida severa de hábitat y enfermedades que atacan estos anfibios (IUCN, 2006). Debido a lo reducido del área vegetal y a la destrucción que sufre, es muy probable que más especies, en particular las que se restringen en su distribución a este bosque, estén en peligro de extinción. El BMM es el hábitat con el mayor número de especies amenazadas, raras, en peligro de extinción o sujetas a protección especial, más aun que el BTP en la norma oficial mexicana NOM-059-ECOL-2001 (SEMARNAT, 2001). El BMM es el hábitat para 415 especies mencionadas en la norma, 103 de ellas son plantas con flores y 131 son especies de anfibios y reptiles (comparado con 381 especies del BTP cuya cobertura vegetal es de 4.4%). Lips et al, 2003, registraron que existe una relación entre hábitats acuáticos, gradiente altitudinal restringido y tamaño corporal grande en anfibios centroamericanos cuyas poblaciones están desapareciendo. También se ha documentado que poblaciones por arriba de los 500 m (Young et al. 2001), son las que más han declinado en América Latina. Tal es el caso de los datos citados en el presente trabajo, es en donde la mayoría de los anfibios se encuentran en el BMM y en hábitats acuáticos, por sus características fisiológicas, y en pisos altitudinales por arriba de los 500 m.

Además del grado de amenaza, la identificación de áreas de alta diversidad, endemidad y alta densidad de especies en riesgo es una de las prioridades actuales en conservación para la elección de una red de reservas (Wilson, 1988), en las que se pueda proteger una parte importante de la diversidad del país. La evaluación de los factores que afectan la conservación y pérdida del BMM pueden servir como un punto de partida para desarrollar planes y acciones que aseguren la permanencia a largo plazo de estos bosques (CONABIO, 2010).

7.1.2 Bosque de *Quercus*

En el BQ, al comparar la cobertura porcentual de endemismos, esto es, el número de especies por categoría de endemismo, con el porcentaje del área de vegetación (4.44%), encontramos que alberga el mayor número de herpetozoos endémicos combinados, anfibios en particular. Este tipo de bosque ocupa el segundo lugar para organismos endémicos a Mesoamérica. Para los reptiles endémicos, el BQ ocupa el primer lugar para los reptiles endémicos a México y el segundo para las otras dos categorías de endemismo, posicionándolo en 2do lugar de importancia de endemismos en herpetofauna endémica entre los 13 tipos de vegetación de México. De acuerdo con Challenger (1998), México es el centro de diversidad de los encinos (*Quercus sp.*) en el hemisferio occidental. Debido a su diversidad climática y topográfica, el BQ alberga una gran variedad de comunidades vegetales con elementos arbóreos, formando en ocasiones un complejo mosaico de ecosistemas forestales con una amplia riqueza en flora y paisaje. Rzedowski (1994) atribuye esta riqueza florística a las numerosas sierras y cadenas montañosas aisladas, junto con las grandes extensiones de zonas áridas y semiáridas, separadas entre sí que conducen a la diferenciación biológica y a la creación de endemismos. De igual forma, resulta interesante constatar que el BQ es el tipo de vegetación que se ha registrado contiene el mayor número de vertebrados terrestres en general (Shelford, 1963; Flores Villela y Gerez, 1994) tanto endémicos mesoamericanos como del país, y ocupa un tercer lugar para los vertebrados terrestres endémicos de distribución restringida. Así, el BQ, junto con el BC, concentran la mayoría de las especies de vertebrados de México (Flores Villela y Gerez, 1994). En particular, en la región del Eje Neovolcánico Transversal, albergan gran cantidad de especies y sus lagos inter-montañosos son asimismo hábitat para varias especies endémicas de ranas y ajolotes (WWF, 2007).

7.1.3 Bosque de Coníferas

El conjunto de bosques de coníferas ocupa aproximadamente el 8.6% del territorio del país (Flores-Villela y Gerez, 1994). Según los datos de este trabajo, el BC ocupa el 2do lugar en herpetofauna endémica albergando, después del BQ, a la mayoría de especies de anfibios y reptiles endémicos, con 238 especies. En particular, es hábitat de 88 especies de reptiles MED. Asimismo, el BC ocupa el 3er lugar en número de especies de vertebrados endémicos a Mesoamérica que ocurren en México (Flores-Villela y Gerez, 1994). Flores-Villela et al. (2010) registran que el BC, en particular en la meseta central de la República Mexicana, se encuentra más del 50% de la herpetofauna endémica para esa región. Para aves, Escalante et al. (1998) registran un 19.7% (43 especies) de fauna endémica. Una gran variedad de condiciones climáticas corresponde a este tipo de bosque (Rzedowski, 1978) y además se encuentra tanto a nivel del mar como en las cumbres de macizos montañosos, hasta el límite de la vegetación arbórea. Como se muestra en los resultados de este trabajo, el endemismo en reptiles es más característico en las altitudes en donde se encuentran el BQ y el BC, los cuales concentran la mayoría de las especies de vertebrados de México (Flores Villela y Gerez, 1994; Ochoa-Ochoa y Flores-Villela, 2006). Por lo tanto, se corrobora que las tierras altas del país albergan a la mayor cantidad de especies endémicas (Flores-Villela, 1991, Flores-Villela y Goyenechea, 2003, Flores Villela et al., 2010).

7.1.4 Bosque Tropical Caducifolio

El BTC presenta el cuarto lugar en especies de reptiles MED y ocupa el 4to lugar en reptiles MED y el 5to en reptiles CAM, en su mayoría colúbridos. Para otros vertebrados terrestres ocupa el cuarto lugar en diversidad de especies CAM y en riqueza de aves con 211 especies, lo que significa un alto endemismo avifaunístico (Escalante, 1998). Con relación a los anfibios, se registran en este trabajo un número reducido de especies, principalmente MED y CAM, pertenecientes en su mayoría a las

familias Hylidae, Phrynosomatidae, Bufonidae y Craugastoridae. El BTC ha registrado tasas de deforestación muy altas en las últimas dos décadas (Velázquez et al., 2002). Tanto Wake y Lynch (1976) como Pérez Ponce de León (*com. pers.*) indican que ha habido una pérdida significativa de vegetación en zonas en donde alguna vez existían zonas prístinas (hace 30, 20 y 10 años). Hoy en día, en esos lugares prácticamente no queda nada de la otrora vegetación tropical. Con la extinción de dichas zonas prístinas, de alta endemidad faunística, probablemente han desaparecido muchas especies, en menos de lo que transcurre una sola vida humana.

Se carece de información detallada acerca de la distribución y conservación del BTC tanto en México como en el resto del mundo, pero se estima que de su distribución original en el continente –que era desde Panamá hasta México- goza de protección oficial y menos de 2% está lo bastante intacta como para atraer la atención del conservacionista tradicional. Por ello han sido descritas como “el ecosistema tropical en mayor peligro” (CONABIO, 2008).

7.1.5 Bosque Tropical Subcaducifolio

El BTS destaca por ser el tipo de vegetación con menor área en el país, dado que se considera que sólo quedan relictos (Briones-Salas, et al, 2004). No obstante, ocupa el tercer lugar en reptiles CAM y el 5to en reptiles MED, en particular, colúbridos. Flores-Villela y Gerez (1994) lo ubican en octavo lugar de vertebrados terrestres CAM, y Escalante, et al., (1998) lo ubican en primer lugar en especies de aves (240 especies). Este tipo de vegetación forestal ocupa un 4% de la superficie de México. El intervalo altitudinal varía de 0 a 1300m. Debido a las limitaciones de agua, la mitad del arbolado pierde sus hojas en el periodo de sequía. Las dimensiones de los árboles son medianas y su altura oscila entre 20 y 30 metros. La vegetación no resiste las bajas temperaturas, siendo las heladas su principal limitante cuanto a su distribución (FAO, 2003). Briones-Salas et al. (2004) ubican al BTS como uno de los centros de

endemismo de vertebrados terrestres del estado de Oaxaca, que es considerado de los más biodiversos del país.

7.1.6 El Bosque Tropical Perennifolio

Este bosque destaca por la gran abundancia de reptiles CAM, en su mayoría colúbridos. La mayor parte de los anfibios presentes también son CAM (craugastóridos e hílidos). Los anfibios RED son principalmente pletodóntidos y craugastóridos; estas familias, en particular, han sido registradas en este tipo de vegetación por Campbell (1999). En aves, Escalante et al. (1998) ubican a este hábitat en segundo lugar en riqueza de aves. Para vertebrados terrestres endémicos a Mesoamérica, este sistema ecológico ocupa un sexto lugar (Flores-Villela y Gerez, 1994). El BTP es el TDV considerado como más exuberante del planeta dado que las plantas no tienen factores limitantes de crecimiento como falta de agua y de humedad durante todo el año (Rzedowski, 1978). Está considerado también como uno de los ecosistemas más amenazados debido a que está permanentemente sujeto a cambios en el uso del suelo (CONABIO, 2008). Este tipo de vegetación se distribuye regularmente desde el nivel del mar hasta aproximadamente los 1,000 m de altitud, en algunas partes del sureste llega hasta los 1,500m, pero el intervalo más frecuente se encuentra de 500 a 600m. El BTP se encuentra en zonas con una temperatura media anual que regularmente no es inferior a 20°C, pero que rara vez supera los 26°C. La precipitación media anual oscila entre los 1500 y 3000mm. El BTP ha sufrido deforestación significativa.

7.1.7 Los ambientes acuáticos y subacuáticos

Los AAC se caracterizan por ser un hábitat que alberga a un gran número de especies de anfibios CAM, MED y RED, en su gran mayoría perteneciente a la familia Ambystomatidae e Hylidae. Flores-Villela et al. (2010) registran, para los anfibios de la

Meseta Central de la República Mexicana, un 23.7% del total presentes en AAC. Dado que es un ambiente amenazado por los cambios en el uso del suelo, la contaminación y la desecación, la fauna que lo habita también lo está. En efecto, las necesidades de la agricultura, de la industria, de las grandes urbes y, en particular, el efecto exponencial típico de la explosión demográfica en los AAC, han provocado la desecación de ríos, arroyos, lagos y pantanos; contaminación de mantos freáticos y lagunas (Rzedowski, 1978, McKinney, 1997). En general, la desaparición de anfibios está relacionada, directa o indirectamente, con perturbaciones tales como la destrucción, fragmentación y/o degradación de sus hábitats (Green, 1999, Gallant et al. 2007), entre otras causas. Un conocimiento más profundo acerca de los AAC, su diversidad, su estado de conservación y posibilidades de restauración, se vuelve una herramienta fundamental para quienes tienen a su cuidado ecosistemas de este tipo, tanto en el gobierno federal, en gobiernos estatales y municipales, en organizaciones de la sociedad civil, en universidades y otras instancias (Sánchez et al., 2007).

7.1.8 El Matorral Xerófilo

El MX se caracteriza por ocupar la mayor extensión de los TDV en México y por albergar a la gran mayoría de los reptiles MED, cuyas familias más representativas son Colubridae, Phrynosomatidae y Viperidae, entre otras. En cuanto otro tipo de vertebrados terrestres, Flores-Villela y Gerez (1994) lo ubican en el 5to lugar de especies de vertebrados terrestres CAM presentes en México. Con relación a la proporción de endemismos a nivel de especie por tipos de vegetación, Ochoa-Ochoa y Flores Villela (2006) lo ubican en 2do lugar, en combinación con pastizales, con un 60%. Como se registra en los datos altitudinales, una gran parte de los reptiles endémicos MED están asociados al piso altitudinal 0-500m, que es donde se encuentra en su mayoría a los matorrales xerófilos.

7.2 Gradientes altitudinales

La riqueza también varía en una tercera dimensión, definida por la altitud. Gaston y Blackburn (2000) explican que, en general, los niveles más bajos de riqueza de especies (en este caso, *riqueza de endemismos*, *sensu* Ceballos y Rodríguez, 1993 y Flores-Villela, 1991), se encuentran en las altitudes más altas para cualquier taxón. En efecto, el declive en la biodiversidad con la altitud es un patrón macroecológico bien definido. No obstante, este declive es taxa-específico (Navas, 2006, Mena y Vázquez-Domínguez, 2005). Como se observa en los resultados del presente estudio, parte de la herpetofauna endémica muestra otro patrón.

Es efectivamente el caso de los anfibios MED, RED y con amplia distribución, los cuales se encuentran preferentemente en las altitudes mayores, especialmente arriba de los 2,000 m (en su mayoría, pletodóntidos). Lo anterior exceptuando a los anfibios CAM que, en su mayoría se encuentran en el piso altitudinal de 0 a 500 m (mayormente bufónidos y ránidos). Esto es asimismo observado por Wilson y Johnson (2010), quienes registran que la mayoría de las familias y géneros de anfibios en Mesoamérica ocurren en las tierras bajas, y la mayoría de las especies en tierras altas, donde las salamandras poseen el intervalo más amplio en elevación seguido de los anuros. Campbell (1999) registra que la mayor diversidad de especies, así como el más alto nivel de endemismo en anfibios de Mesoamérica, se encuentra a lo largo de las cordilleras de la región, en altitudes elevadas, en este sentido Campbell (1999) ubica a la mayoría de los anuros entre los 800m a 1,800m, y registra que las salamandras son más abundantes en altitudes que van de los 2,400 a los 2,800m, que es donde se encuentran los tipos de vegetación que corresponden a los hábitats característicos de estos anfibios y que están citados en el presente trabajo.

La mayor parte de las especies de reptiles, en particular los de amplia distribución, se encuentran sobre todo en el piso altitudinal de 0 a 500 m, así como en el piso altitudinal de 1,001 a 1,500 m. Para los reptiles MED, los picos donde se encuentra un mayor número de especies son, primeramente, el piso más bajo (de 0 a

500m), seguido por el piso más alto (arriba de los 2,000m). Wilson y Johnson (2010) registran asimismo un patrón de distribución elevacional en donde la mayoría de los reptiles se encuentra por debajo de los 500m: después de este intervalo, la presencia baja para luego incrementarse en el piso latitudinal más alto, habitado particularmente por lagartijas y serpientes. Los resultados de este trabajo registran que los reptiles que habitan en altitudes elevadas corresponden principalmente a colúbridos, vipéridos y frinosomátidos, como lo registran asimismo Flores-Villela et al. (2010), y Wilson y Johnson (2010). Estos datos concuerdan además con los análisis de riqueza de especies endémicas por TDV, en donde se encontró que el BC, BQ y algunos BMM se distribuyen primordialmente alrededor de los 2,000 m o más arriba, y los MX se encuentran entre 0 m y 2,500 m (Rzedowzki, 1978, Challenger, 1998).

Como muestran los resultados, la distribución observada tanto para anfibios como para reptiles endémicos en los diferentes pisos altitudinales es diferente del azar, o de una distribución homogénea por pisos altitudinales. Ello sugiere que la distribución de estos taxones está determinada, o al menos directamente asociada, por diversos factores tanto bióticos como abióticos. A pesar de que en el presente trabajo no se midieron dichos factores, existen diversos ejemplos donde se ha documentado esta relación entre variables y distribución altitudinal, como en anfibios del este de África (Poynton et al., 2007), ranas de Asia (Hu et al., 2011), reptiles del Monte Hennon, Siria (Nathan y Werner, 1999) y lagartijas de los Andes chilenos (Carothers et al., 2001).

Los datos de especies de herpetozoos son importantes para auxiliar en la elección de áreas prioritarias para su conservación (Flores-Villela, 1993b). Los patrones de distribución de las especies involucran no sólo a los intervalos geográficos de éstas, sino también su distribución altitudinal y los tipos de hábitat en los que se encuentran (Duellman, 2001). Los límites de distribución en especies están asociados a su diversidad fisiológica y ecológica (Blakburn y Gaston, 2003). La mayoría de las especies de anfibios que habitan en altitudes elevadas tienen, por lo menos en

anfibios de la familia Hylidae, un ciclo reproductivo asociado a arroyos, algunas en bromeliáceas, mientras que los que habitan bajas altitudes, en estanques. Las tierras altas del Núcleo Central Americano presentan una gran diversidad de ranas de la familia Hylidae que se reproducen en arroyos en BMM (Duellman, 2001). Como muestran los resultados, la gran mayoría de los hílidos endémicos en el país habita los BMM (46 especies de esta familia), así como los ambientes acuáticos. Su distribución elevacional parece estar correlacionada con la presencia de sitios adecuados para el desarrollo de los renacuajos: los estanques naturales son raros en las cimas de montañas y aquellas especies de bajas altitudes que ascienden, generalmente usan ambientes acuáticos resultado de actividades humanas. Los arroyos pequeños de aguas claras son prácticamente inexistentes en las planicies costeras y aparecen a partir de los 500 m, incrementándose conforme va aumentando la altitud. Del mismo modo, los límites de distribución de las especies cuyo ciclo reproductivo está asociado a las bromelias están determinados por la distribución altitudinal de este tipo de plantas, las cuales abundan en los BMM (Duellman, 2001).

De los resultados encontrados en anfibios, tanto las ranas hílidas como las salamandras bolitoglossinas son los grupos que se encuentran en el intervalo altitudinal más elevado, lo cual concuerda con Duellman (2001), quien registra que la mayoría de las especies de bolitoglossinos son endémicas a las tierras altas del Núcleo Central Americano, del Istmo de Tehuantepec y de la Sierra Madre Oriental y del Sur. Comparado con las salamandras pletodóntidas, los hílidos tienen intervalos más amplios y tienden a estar en elevaciones menores. Los datos de este trabajo indican que un tercio de los frinosomátidos endémicos se encuentran en BMM y más del 80%, presentes en todos los tipos de vegetación, se ubican en altitudes que van de los 1,501 a los 4,000 m.

En general, el endemismo en anfibios es más característico en las altitudes en donde se encuentra el BMM: en México, en particular en Chiapas, similar a la región andina donde se le conoce como bosque nuboso, algunos BMM se encuentran a

altitudes de 2,000 a 3,000m (Fonturbel, 2002), con un clima único y una gran herpetofauna endémica. La fisiología térmica de estos organismos es sumamente eficiente y les permite vivir a estas altitudes (Navas, 2006). En Latinoamérica el endemismo en anfibios está correlacionado positivamente con la altitud (Campbell, 1998, 1999; Wilson y Johnson, 2010) como también se registra en el presente trabajo. Navas (2006) refiere un incremento en la herpetofauna andina a altitudes moderadas y un pico aislado de herpetofauna endémica en altitudes elevadas, considerando al gradiente altitudinal fuertemente asociado con factores abióticos (transiciones de tipo de suelo, balance hidrológico, humedad, presión parcial de O₂, intensidad de radiación). Al parecer, además de las características de fisiología evolutiva y ecológica, los anfibios han colonizado los pisos altitudinales elevados a través de saltos evolutivos en términos de fisiología térmica.

7.3 Conservación

La herpetofauna de Mesoamérica es de significancia mundial ya que su considerable nivel de diversidad y endemismo contribuyen al reconocimiento de esta región como “hotspot” de biodiversidad (Wilson y Johnson, 2010). Desafortunadamente, esta misma fauna herpetológica de importancia global se encuentra bajo amenaza creciente debido al crecimiento exponencial de la población humana y la consiguiente destrucción del hábitat (Wilson y Johnson, 2010).

En la actualidad la degradación y destrucción del hábitat son las amenazas más reconocidas a la biodiversidad, debidas principalmente a la deforestación (Gallant et al., 2007; Wilson y McCranie, 2004). Mesoamérica presenta algunas de las tasas de deforestación más altas del mundo: la escala y ritmo de la pérdida y fragmentación de hábitats en una de las áreas biológicamente más ricas a nivel global, ha llevado a considerar que Mesoamérica es uno de los “sitios críticos” del mundo en materia de biodiversidad (UNEP-WCMC, 2002; Mittermeier et al., 2005b). En contraste con toda esa riqueza natural, los países mesoamericanos enfrentan un serio problema por el

crecimiento demográfico y los altos niveles de pobreza de sus poblaciones, aunada a la dependencia continua de la agricultura y de los recursos naturales, lo cual ha dado lugar a la explotación insostenible de los recursos naturales, así como a la contaminación de las aguas, a la erosión del suelo, la sedimentación y la deforestación (UNEP-WCMC, 2002). Como resultado de estos impactos sobre los bosques y otros ecosistemas mesoamericanos ya se ha perdido una gran parte de la vegetación natural de la región: en consecuencia, en Mesoamérica queda intacto alrededor de 20% de la vegetación natural (Mittermeier et al., 2005b).

Es evidente que la conservación de la biodiversidad no es únicamente un problema biológico (Ezcurra, 2005). La biodiversidad se está perdiendo como resultado de la situación económica y social, con una profunda influencia de las prácticas culturales de cada país, así como de sus políticas económicas y de desarrollo, por lo que, en paralelo a la preparación de estrategias de conservación urgentes, es necesario profundizar en el conocimiento de los factores que la afectan, principalmente ecológicos y biológicos, así como económicos, políticos y sociales (Ezcurra, 2005; Mittermeier et al., 2005b). Según Toledo (2004), la biodiversidad es un patrimonio nacional que se puede visualizar en tres dimensiones: 1) la meramente biológica, esto es, la gran variedad de especies como expresión de un fenómeno universal que se ha venido expresando a través de millones de años de evolución y en la cual cada especie es depositaria de una expresión genética; 2) la económica, en donde la diversidad biológica encuentra una fuente de bienes y recursos para satisfacer a su población; y 3) la cultural, en donde la biodiversidad opera como fuente de inspiración en la creación de mitos, ideas, sueños, conocimientos y cosmovisiones, así como de una gran variedad de expresiones culturales.

Otra amenaza clave para la biodiversidad es el calentamiento global, cuya magnitud a escala mundial se ha estudiado con relación a las extinciones de especies endémicas en sitios de importancia para la biodiversidad. Lo anterior utilizando los principales tipos de vegetación como hábitats naturales y basándose en la proyección

de la distribución futura de los biomas en condiciones de climas con el doble de CO₂ (Malcolm et al., 2006). Al calcular los cambios en la superficie de los hábitats y las extinciones de especies de plantas y animales endémicos en sitios de importancia para la biodiversidad, en algunos escenarios, estos sitios muestran un cambio de bioma relativamente alto y tasas de migración relativamente bajas. Bajo la suposición de que los cambios de hábitat proyectados se obtienen en 100 años, las tasas estimadas de extinción inducida por calentamiento global en sitios de importancia para la biodiversidad tropicales, en algunos casos, excedieron a las inducidas por la deforestación, lo que soporta las sugerencias de que el calentamiento global es una de las amenazas más serias a la biodiversidad del planeta (Malcolm et al, 2006).

En México, en particular, gran cantidad de especies se encuentran amenazadas. En el caso de anfibios, si bien México se encuentra dentro de los primeros cinco lugares por su diversidad, también ocupa el segundo lugar en especies amenazadas a nivel mundial, ya que cerca del 58% de sus anfibios están en esa categoría (IUCN-GAA, 2010). Las causas más comunes son: la pérdida severa de hábitat, así como enfermedades que atacan estos anfibios (IUCN, 2006, Muñoz-Alonso, 2007). Entre los reptiles, las tortugas marinas, cocodrilos, caimanes y tortugas del desierto son los más vulnerables, mientras que para los anfibios las especies más amenazadas son algunas que habitan en BMM y BQ (Flores-Villela, 1993b; Challenger, 1998). Además del grado de amenaza, la identificación de áreas de alta diversidad, endemismo y alta densidad de especies en riesgo es una de las prioridades actuales en conservación para la elección de una red de reservas (Wilson, 1988) en las que se pueda proteger una parte importante de la diversidad del país.

Por todo lo anterior, se concluye que los resultados de este trabajo pueden ser utilizados en estrategias de conservación en las que se incluya la presencia de endemismos. También se concluye que la diversidad de tipos de vegetación o hábitats es determinante en la riqueza endémica de la herpetofauna mexicana y centroamericana presente en México. Los herpetozoos parecen ser sensibles a las

condiciones específicas de los tipos de vegetación y de diferentes pisos altitudinales. Lo anterior considerando la concordancia entre los intervalos de altitud en donde se encuentra el mayor número de herpetozoos endémicos de distribución altitudinal exclusiva como de amplia distribución altitudinal, con los pisos altitudinales en donde están los tipos de vegetación con mayor número de herpetozoos endémicos, así como la concordancia de las características fisiológicas de los organismos con los tipos de vegetación y los intervalos de altitud a los que se encuentran.

Asimismo, se concluye que los tipos de vegetación más relevantes para la herpetofauna endémica estudiada lo son también para otros tipos de vertebrados endémicos mesoamericanos. Un estudio a profundidad sobre los tipos de vegetación con menor área y con gran cantidad de especies endémicas deberá ser tomado en cuenta, así como la integración de estudios ecofisiológicos y de patrones macroecológicos para un mejor entendimiento de la distribución de la herpetofauna endémica. Finalmente, queda subrayar que las bases de datos, producto de este trabajo, se construyeron con el fin de facilitar el trabajo de investigación de los especialistas, académicos y tomadores de decisiones, con aplicaciones a las áreas de herpetología, biogeografía, macroecología y conservación biológica, tales como: análisis de la información sobre herpetofauna endémica, estudios de centros de endemismo, distribución de herpetozoos por estados de la República Mexicana, y la relación entre la altitud y los tipos de vegetación en la presencia-ausencia de la herpetofauna y definición de las áreas prioritarias con fines de estudio, protección adecuada y conservación.

VIII. LITERATURA CITADA

- Alcorn, J.B. y Toledo, V.M. 1997. Resilient Resource Management in México's Forest Ecosystems: The Contribution of Property Rights. En: F. Berkes and C. Folke (Eds.) Linking Social and Ecological Systems for Resilience and Sustainability. Beijer International Institute for Ecological Economics, Stockholm, Sweden. Pp. 216-249.
- Blackburn, T.M. y Gaston, K.J. (Eds.) 2003. Macroecology: concepts and consequences. Blackwell Science, Oxford.
- Briones-Salas, M., García-Mendoza, A.J., Ordóñez Díaz, M.J. (Eds.) 2004. Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza y World Wildlife Fund (WWF) (Coeds.) México. 641 p.
- Brown, J.H. 1995. Macroecology. University of Chicago Press. USA. 284 p.
- Campbell, J.A. 1998. Amphibians and reptiles of northern Guatemala, the Yucatan and Belize. University of Oklahoma Press, Norman, Oklahoma, USA. 380 p.
- Campbell, J. A. 1999. Distribution patterns of Amphibians in Middle America. En: W. E. Duellman (Ed). Patterns of Distribution of Amphibians: A Global Perspective. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland. Pp. 111–210.
- Carothers, J.H., Jaksic, F.M., Marquet, P.A. 2001. Altitudinal zonation among lizards of the genus *Liolaemus*: questions answered and unanswered questions. *Revista Chilena de Historia Natural*, 74: 313-316.
- Ceballos, G. y Navarro, D. 1991. Diversity and conservation of Mexican mammals. En: Mares, M.A. y Schmidley, D.J. (Eds.) Latin American Mammalogy: History, Diversity and Conservation. University of Oklahoma Press, Oklahoma, USA. Pp. 167-198.
- Ceballos, G., Arroyo-Cabrales, J., y Medellín, R.A. 2002. The mammals of Mexico: composition, distribution, and status. *Occasional Papers of the Texas Technological University*. 218:1-27.
- Ceballos, G. y Rodríguez, P. 1993. Diversidad y conservación de los mamíferos de México: II. Patrones de endemidad. En: Medellín, R. y Ceballos, G. (Eds.) Avances en el estudio de los mamíferos de México. Asociación Mexicana de Mastozoología. México. Pp. 87-108.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y Sierra Madre. México. 847 p.

- CONABIO. 1998. La diversidad biológica de México: Estudio de País. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México. 342 p.
- CONABIO. 2008. Capital Natural de México, vol. I: Conocimiento Actual, Evaluación y Perspectivas de Sustentabilidad. Síntesis. (Soberón, J., Halffter, G. & Llorente, J. Eds.) Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México. 67 p.
- CONABIO. 2010. El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México. 196 p.
- Contreras-Medina, R., Luna-Vega, I., Morrone, J.J. 2001. Conceptos biogeográficos. *Elementos*. 41(8):33
- Díaz, I.A., Sarmiento, C., Ulloa, L., Moreira, R. Navia, R., Véliz, E. y Peña, C. 2002. "Vertebrados terrestres de la Reserva Nacional Río Carrillo, Chile Central: representatividad y conservación" *Revista Chilena de Historia Natural*.7:433-448.
- Drew, J.A., y Henne, A.P. 2006. Conservation biology and traditional ecological knowledge: integrating academic disciplines for better conservation practice. *Ecology and Society*.11(2):34.
- Duellman, W.E. 2001. Hylid frogs of Middle America. Vol. 2. Society for the Study of Amphibians and Reptiles. USA. 816 p.
- Ehrlich, P.R. y Wilson, E.O, 1991. Biodiversity studies: Science and Policy. *Science* 253:758-762.
- Escalante, P.S., Navarro, A.G., y Peterson, A.T. 1998. Un análisis geográfico, ecológico e histórico de la diversidad de aves terrestres de México. En: Ramamoorthy, T.P., Bye, R., Lot, A. y Fa, J. (Eds.) 1998. Diversidad biológica de México: orígenes y distribución. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México. Pp. 395-313.
- Escalante, T. 2003. Patrones biogeográficos de la mastofauna mexicana. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México.
- Ezcurra, E. 2005. La Biodiversidad en América Latina a diez años de Río. En: Leff, E., et al. 2005. La transición hacia el desarrollo sustentable. Perspectivas de América Latina y el Caribe. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT, México D.F. México. Cap. 14. Pp. 327-342.
- Everitt, B.S. 1986. The Analysis of Contingency Tables: Monographs on Statistics and Applied Probability. Chapman and Hall, Ltd. Bristol, U.K. 128 p.

- Fa, J. y Morales, L.M. 1993. "Patterns of mammalian diversity in Mexico", En: Ramamoorthy T.P., Bye, R. Lot, A. y Fa, J. (Eds.). 1993. Biological Diversity of Mexico. Origins and distributions. Oxford Press University. NY, USA. Pp. 319-364.
- FAO, 2003. Estado de los recursos genéticos forestales en América Central, Cuba y México y Plan de Acción Regional para su conservación y uso sostenible. Documento de trabajo: Recursos Genéticos Forestales. FGR/52S. Servicio de Desarrollo de recursos Forestales. Dirección de Recursos Forestales, FAO Roma (inédito). 85 p.
- Flores-Mondragón, G. (en proceso). La biodiversidad del Istmo de Tehuantepec, Tesis de Maestría. Cap. I. La biodiversidad terrestre de México y el Istmo de Tehuantepec. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social Unidad Golfo. Xalapa, Veracruz, México.
- Flores-Villela, O. 1991. Análisis de la distribución de la herpetofauna de México. Tesis de Doctorado sin publicar. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México. 269 p.
- Flores-Villela, O. 1993b. Herpetofauna of México: Distribution and endemism. En: Rammamoorthy, T.P., Bye, R., A., Lot, A., y Fa, J. (Eds.) Biological Diversity of Mexico. Origins and Distribution. Oxford University Press, NY. USA. Pp. 253-280.
- Flores-Villela, O. y Canseco-Márquez, L., 2004. "Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México". *Acta Zool. Mex.* 20(2):115-144
- Flores-Villela, O., Gerez, P. 1994. Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México. 440 p.
- Flores-Villela, O. y Goyenechea, I. 2001. A comparison of hypotheses of historical area relationships for Mexico and Central America, or in search for the lost pattern. Pp. 171-181. En: Johnson, J., Webb, R.G. y Flores-Villela, O. (Eds.) Mesoamerican Herpetology: systematics, zoogeography, and conservation. Centennial Museum, Special Publication, University Of Texas, El Paso, Texas, USA. 200 p.
- Flores-Villela, O. y Goyenechea, I. 2003. Patrones de distribución de anfibios y reptiles en México. En: Morrone, J.J. y Llorente Bousquets, J. (Eds.). Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México. Pp. 289-296.
- Flores-Villela, O., Canseco-Márquez, L, y Ochoa-Ochoa, L. 2010. Geographical distribution and conservation of the Herpetofauna of the Mexican Highlands. En: Wilson, L.R. and Townsend, J.H. (Eds.). Conservation of Mesoamerican

- Amphibians and Reptiles. Eagle Mountain Publishing, LC, Eagle Mountain, Utah, USA. Pp. 17-35.
- Fonturbel-Rada, F.E. 2002. Los bosques andinos: reseña biogeográfica y elementos representativos. *En: Biología y Ciencias de la Salud.* (10):99-16.
- Gallant A.L., Klaver R.W., Casper G.S., y Lanoo M.J. (2008) Global rates of habitat loss and implications for amphibian conservation. *Copeia*, 2008: 967-979.
- Gaston, K.J. y Blackburn, T.H. 2000. Pattern and process in Macroecology. Blackwell Science, Oxford. UK. 377 p.
- Gotelli, N.J. y Entsminger, G.L., 2001. EcoSim: null models software for ecology. Version 6.0. Acquired Intelligence Inc. & Kesy-Bear.
<http://homepages.together.net/~gentsmin/ecosim.htm>.
- Green, D.M. 1999. How Do Amphibians Go Extinct? *Proceedings of Biology and Management of Species and Habitats at Risk*, Kamloops, B.C.:15–19.
- Heywood, V.H. y Watson, R.T. (Eds.). 2000. Global Biodiversity Assessment, Cambridge University Press. 681 p.
- Hu, J. Xie, F., Li, C., Jiang, J. 2011. Elevational Patterns of Species Richness, Range and Body Size for Spiny Frogs. *Plos One*, 6(5): e19817.
- Hunt, D. 1999. CITES. Cactaceae Checklist, 2d Edition. Royal Botanic Gardens, Kew, UK. 315 p.
- IUCN, Conservation International, and NatureServe. 2006. Global Amphibian Assessment. www.globalamphibians.org
- Lips, K.R., Reeve, J.D. y Whitters, L.R. (2003) Ecological Traits Predicting Amphibian Population Declines in Central America. *Conservation Biology.* (17)4:1078-1088.
- Loreau, M., Oteng-Yeboah, A., Arroyo, M.T.K., Babin, D., Barbault, R., Donoghue, M., Gadgil, M., Häuser, C. Heip, A. Larigauderie, K., Ma, K., Mace, G., Mooney, H.A., Perrings, C., Raven, P., Sarukhán, J., Schei, P., Scholes, R.J. y Watson, R.T.(2006) Diversity without representation. *Nature.* 442:245-246.
- Macip-Ríos, R. y Casas-Andreu, R. (2008) Los cafetales en México y su importancia para la conservación de anfibios y reptiles. *Acta Zoológica Mexicana.* 24(2):143-159.
- Malcolm, J.R. Liu, C., Neilson, R.P, Hansen, L., Hannah, L. (2006). Global Warming and Extinctions of Endemic Species from Biodiversity Hotspots. *Conservation Biology.* 20(2):538–548.
- Mascia, M.B., Brosius, P., Dobson, T.A., Forbes, B.C., Horowitz, L., McKean, M.A., y Turner, N.J., 2003. Conservation and the social sciences. *Conservation Biology.* 17:649.

- McFarland, W.N., Pough, F.H., Cade, T.J., y Heiser, J.B., 1979. *Vertebrate Life*. MacMillan. NY, USA. 634 p.
- McKinney, M.L., 1997. Extinction Vulnerability and Selectivity: Combining Ecological and Paleontological Views. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 28:495-516.
- McNeill, C. 2005. Report on Group of Like-Minded Megadiverse Countries (LMMC) Expert Working Group Session (17-19 January 2005) and Ministerial Session (20-21 January 2005), Delhi, India. 6 p.
http://www.undp.org/biodiversity/events/Megadiverse_Meeting.html
- Meffe, G.K. y Carroll, C.R. 1997. *Principles of Conservation Biology*. Sinauer Assoc. Sunderland, Massachusetts, USA. 729 p.
- Mena, J.L. y Vázquez-Domínguez, E.. 2005. Species turnover on elevational gradients in small rodents. *Global Ecology and Biogeography*, 14: 539-547.
- Mittermeier, R.A. 1992. La importancia de la diversidad biológica de México. En: México ante los retos de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la biodiversidad (CONABIO). 1992. Sarukhán, J. y Dirzo, R. (Comps.) México. Pp. 63-73.
- Mittermeier, R.A., Myers, N., Robles-Gil, P., y Goettsch Mittermeier, C. 1999. Hotspots. Earth's Biologically Richest and Most Threatened Ecosystems. Conservation International, CEMEX, S.A. de C.V. 432 p.
- Mittermeier, R.A., Robles-Gil, P., Hoffman, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, C.G., Lamoureux, J. y da Fonseca, G.A.B., 2005a. Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and Most Threatened Terrestrial Ecoregions. Conservation International, Washington, DC, USA. 392 p.
- Mittermeier, R.A., Schipper, J., G. Davidse, G., Koleff, P., Soberón, J., Ramírez, M. Goettsch, B., y Mittermeier, C.G., 2005b. Mesoamérica, un reto para la conservación. <http://www.jornada.unam.mx/2005/04/04/eco-d.html>
- Morrone, J.J. y Espinosa, D. 1998. La relevancia de los atlas biogeográficos para la conservación de la biodiversidad mexicana. *Ciencia*. 49(3):12-16.
- Motulsky, H. 1995. *Intuitive Biostatistics*. Oxford University Press. UK. 386 p.
- Mulcahy, D. G. y Mendelson, J.R. III. 2000. Phylogeography and speciation of the morphologically variable, widespread species *Bufo valliceps*, based on molecular evidence from mtDNA. *Molecular Phylogenetics & Evolution*. 17(2):173-189.
- Muñoz-Alonso, L.A. (2007). Riqueza, diversidad y estatus de los anfibios amenazados en el sureste de México; una evaluación para determinar las posibles causas de la declinación de sus poblaciones. El Colegio de la Frontera Sur. Departamento de Fauna Silvestre. Arizona Estate University, y Critical ecosystem partnership.

Publicación en internet.

http://www.cepf.net/Documents/final_Ecosur_amphibians_mexico.pdf.

- Nathan, R., Werner, Y.L., 1999. Reptiles and breeding birds on Mt. Hermon: Patterns of altitudinal distribution and species richness. *Israel Journal of Zoology*, 45: 1-33.
- Navas, C.A. 2006. Patterns of distribution of anurans in high Andean tropical elevations: Insights from integrating biogeography and evolutionary physiology. *Integrative and Comparative Biology*, February, 2006:1-2.
- Ochoa-Ochoa, L.M. y Flores-Villela, O., 2006. Áreas de diversidad y endemismo de la herpetofauna mexicana. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)/ Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México. 211 p.
- Palacio, J.L., Bocco, G., Velázquez, A., Mas, J.F., Takaki-Takaki, F., Victoria, A., Luna-González, L., Gómez-Rodríguez, G., López-García, M., Palma-Muñoz, I., Trejo-Vázquez, A., Peralta-Higuera, J., Prado-Molina, A., Rodríguez-Aguilar, R., Mayorga-Saucedo, R., González-Medrano, F. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: Resultados del Inventario Forestal Nacional 2000. Investigaciones Geográficas. *Boletín del Instituto de Geografía*, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). (43):183-203.
- Pielou, E.C. 1979. Biogeography. Wiley-Interscience publication, John Wiley & Sons (Eds.) New York-Chichester-Brisbane-Toronto. 351 p.
- Poynton, J.C, Loader, S.P., Sherratt, E., Clarke, B.T. 2007. Amphibian diversity. En: East African biodiversity hotspots: altitudinal and latitudinal patterns. *Biodiversity and Conservation*. (16): 1103-1118.
- Ramamoorthy, T.P. Bye, R., Lot, A. y Fa, J. (Eds.) 1993 Biological Diversity of Mexico. Origins and Distribution. Oxford Univ. Press, NY, USA. 812 p.
- Ricklefs, R. E. y Schluter, D. 1993. Species diversity in ecological communities. University of Chicago Press, Chicago. USA. 414 p.
- Rodríguez, G. y Escalante, T. 1998. Diccionario computarizado de nombres de taxones de plantas vasculares y vertebrados para bases de datos de colecciones biológicas. Tesis conjunta de licenciatura, FES Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México.
- Rodríguez, G. y Escalante, T. 2006. Manejo e importancia de las bases de datos en colecciones biológicas. En: Lorenzo, C., Espinoza E., Briones, M.A., y Cervantes, F.A. (Eds.) 2006. Colecciones Mastozoológicas de México. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y Asociación Mexicana de Mastozología, A.C. México. Pp. 133-150.

- Rosenzweig, M.L. 1995. Species diversity in space and time. Cambridge University Press. UK. 436 p.
- Rosenzweig, M.L. 2003. Reconciliation ecology and the future of species diversity. *Oryx*.37:194-205.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México. 432 p.
- Rzedowski, J. 1992a. Diversidad del universo vegetal de México: perspectivas de un conocimiento sólido. En: J. Sarukhán y Dirzo, R. 1992. México ante los retos de la biodiversidad. Mexico confronts the challenges of biodiversity. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). , México. Pp. 251-257.
- Rzedowski, J. 1994. Vegetación de México. Mapa: Distribución Geográfica de Climas en México de Acuerdo con la Clasificación Climática de Köeppen. Limusa, Noriega Editores. D.F. México. 431 p.
- Sánchez, O., Herzig, M., Peters, E., Márquez- Huitzil, R., y Zambrano, L. (Eds.) 2007. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. SEMARNAT, Instituto Nacional de Ecología, U.S. Fish and Wildlife Service, Unidos para la Conservación, AC, Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo, México. 296 p.
- Sanders, N.J. 2002. Elevational gradients in ant distributions: area, species richness, and Rapoport's rule. *Ecography*. 25:25-32.
- Sarukhán, J. y Dirzo, R. (Eds.) 1992. México ante los retos de la biodiversidad. México confronts the challenges of biodiversity. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México. 343 p.
- Sarukhán, J., et al. 2009. Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, 100 p.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2001. Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-2001), Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificación para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, Segunda Sección, miércoles 6 de marzo de 2001. 66 p.
- Shelford, V. E. 1963. Ecology of North America. University of Illinois Press, Urbana, Illinois, USA. 610 p.
- Soulé, M. E. 1991. Conservation: tactics for a constant crisis. *Science* (253):744-750.
- Stone, L. y Roberts, A. 1990. The checkerboard score and species distributions. *Oecologia*. 85:74-79.

- Toledo, V.M. 1988. La diversidad biológica de México. *Ciencia y Desarrollo*. 14(81):17-30.
- Toledo, V.M. 2004. La diversidad ecológica de México. En: El patrimonio nacional de México I. (Enrique Florescano, Coordinador). Eds. FCE-CONACULTA, 1ra reimpresión, 2004. Pp. 127-129.
- Toledo, V.M. y Ordóñez, M.J. 1993. The biodiversity scenario of Mexico: a review of terrestrial habitats. En: Ramamoorthy T. P., Bye R., Lot, A. y Fa, J. (Eds). 1993. Biological diversity of Mexico: origins and distributions. Oxford University Press. NY., USA. Pp. 757-777.
- UNEP, WRMC, 2002. Biodiversidad en Mesoamérica. Informe 2002. Editora: Gabriela Hernández. United Nations Environment Programme (UNEP) & the World Resources Monitoring Centre (WRMC). Publicación en Internet: http://www.unepwcmc.org/cbd/assessment/central_america/Biodiv_Central_America.pdf
- United Nations. 2011. United Nations Statistical Yearbook (54 Ed.) Renouf Publishers Ltd. Department of Economic and Social Affairs, United Nations Head Quarters (UN-HQ), NY. USA. 830 p.
- Vázquez-Domínguez, E. y Arita, H.T.. 2010. The Yucatan peninsula: biogeographical history 65 million years in the making. *Ecography*,33: 212-219.
- Velázquez, A., Mas, J.F., Díaz-Gallegos, JR., Mayorga-Saucedo, R. P.C. Alcántara, P.C., Castro, R., Fernández, T., G. Bocco, G., Ezcurra, E. y Palacio, J.L.. 2002. Patrones y tasas de cambio del uso de suelo en México. *Gaceta Ecológica*, INE, México (62): 21-37.
- Wake, D.B. 1987. Adaptive radiation of salamanders in Middle American cloud forests. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. (74)2:242-264
- Wake, D.B. y Lynch, J.F. 1976. The Distribution, Ecology and Evolutionary History of Plethodontid Salamanders in Tropical America. *Natural History Museum Science Bulletin*. 25:1-65.
- Wiens, J.J., y Donoghue, M.J. 2004. Historical biogeography, ecology and species richness. *Trends in Ecology and Evolution*. (19)12:639-644.
- Wilson, E.O. 1988. The current state of biological diversity. En: Wilson. E.O. (Ed.) Biodiversity (1988). National Academy of Sciences Press. Washington, D.C., USA. Pp. 3-18.
- Wilson, L.D. y Johnson, J.D. 2010. Distributional patterns of the herpetofauna of Mesoamerica, a biodiversity hotspot. En: L. D. Wilson, J. H. Townsend, and J. D. Johnson (Eds.) Conservation of Mesoamerican amphibians and reptiles. Eagle Mountain Publishing, Utah. Pp. 31-235.

- Wilson, D.L. y McCranie, J.R. 2004. The conservation status of the herpetofauna of Honduras. *Amphibian Reptile Conservation*. 3(1):6–33.
- World Wildlife Fund (W.W.F.) y Mark McGinley (Eds.) 2007. "Trans-Mexican Volcanic Belt Pine-Oak Forests." En: Encyclopedia of Earth. Cleveland, C.J. (Eds.) Washington, D.C., USA. http://www.eoearth.org/article/Trans-Mexican_Volcanic_Belt_pine-oak_forests
- Young, B. 2007. Distribución de las especies endémicas en la vertiente oriental de los Andes en Perú y Bolivia. NatureServe, Arlington, Virginia, USA. 112 p.
- Young, B., K. Lips, J. Reaser, R. Ibáñez, A. Salas, R. Cedeño, L. Coloma, S. Ron, E. LaMarca, J. Meyer, A. Muñoz, F. Bolaños, G. Chavez, and D. Romo. 2001. Population declines and priorities for amphibian conservation in Latin America. *Conservation Biology* 15:1213–1223.
- Zar, J. H. 1998. Biostatistical analysis. (4 Ed.) Prentice-Hall, New Jersey, USA. 929 p.

ANEXOS

1. Pruebas de χ^2 (vegetación/especies de anfibios y reptiles por tipos de endemismo)
2. Análisis estadístico de los valores observados y esperados de anfibios y reptiles por TDVs
3. Abstract del artículo sobre los resultados de esta tesis, escrito en inglés, para su publicación en una revista internacional (*Biodiversity and Conservation*)

1. Pruebas de X2 (vegetación/especies de anfibios y reptiles por tipos de endemismo)

Pruebas de X2 (vegetación/especies de anfibios y reptiles por tipos de endemismo)

a) Anfibios

Veg	% area	Anf RED	esp RED	(obs-esp x obs-esp)/11.69 =	X2	Anf MED	Esp. MED	(obs-esp x obs-esp)/10.23 =	X2	Anf CAM	Esp. CAM	(obs-esp x obs-esp)/15.692 =	X2			
BTS	0.06	3	11.46	-8.4615	-8.69230769	6.2905	5	10.8	-5.7692	-5.230769231	2.95	9	15.85	-6.84615	-6.769230769	2.92
PZ	1	0	11.46	-11.46	-11.6923077	11.46	0	10.8	-10.769	-10.23076923	10.77	6	15.85	-9.84615	-9.769230769	6.07
BMM	0.07	51	11.46	39.54	39.30769231	132.93	28	10.8	17.2308	17.76923077	29.93	33	15.85	17.1538	17.23076923	18.65
VAS	0.27	0	11.46	-11.46	-11.6923077	11.46	4	10.8	-6.7692	-6.230769231	4.123	1	15.85	-14.8462	-14.76923077	13.84
BE	0.91	0	11.46	-11.46	-11.6923077	11.46	8	10.8	-2.7692	-6.230769231	1.687	8	15.85	-7.84615	-7.769230769	3.85
AAC	1.16	25	11.46	13.54	13.30769231	15.411	27	10.8	16.2308	16.76923077	26.61	36	15.85	20.1538	20.23076923	25.73
SEC	11.04	0	11.46	-11.46	-8.69230769	8.5196	4	10.8	-6.7692	-9.230769231	6.108	1	15.85	-14.8462	-15.76923077	14.77
PA	26.31	1	11.46	-10.46	-10.6923077	9.5654	5	10.8	-5.7692	-5.230769231	2.95	6	15.85	-9.84615	-9.769230769	6.07
MX	34.81	0	11.46	-11.46	-11.6923077	11.46	4	10.8	-6.7692	-6.230769231	4.123	10	15.85	-5.84615	-5.769230769	2.13
BQ	4.29	26	11.46	14.54	14.30769231	17.792	14	10.8	3.23077	3.769230769	1.19	38	15.85	22.1538	22.23076923	31.08
BTP	4.44	6	11.46	-5.46	-5.69230769	2.6582	21	10.8	10.2308	10.76923077	10.77	7	15.85	-8.84615	-8.769230769	4.90
BTC	6.98	2	11.46	-9.46	-9.69230769	7.8418	10	10.8	-0.7692	-0.230769231	0.017	8	15.85	-7.84615	-7.769230769	3.85
BC	8.66	35	11.46	23.54	23.30769231	46.925	10	10.8	-0.7692	-0.230769231	0.017	43	15.85	27.1538	27.23076923	46.66
13	100.0	149	149		X2 Anf RED=	293.77	140	140		X2 Anf MED=	101.2	206	206		x2 Anf CAM=	180.52

$$x2 = \frac{\text{sum}(\text{obs-esperados})^2}{\text{esperados}}$$

b) Reptiles

Veg	% area	Rept RED	Esp. RED	(obs-esp x obs-esp)/8.54 =	X2	Rept MED	Esp. MED	(obs-esp x obs-esp)/28.92 =	X2	Rept CAM	Esp. CAM	(obs-esp x obs-esp)/31.46 =	X2			
BTS	0.06	2	8.54	-6.54	-6.54	5.01	26	36.54	-10.54	-2.92	0.84	47	31.46	15.54	15.54	7.67
PZ	1	0	8.54	-8.54	-8.54	8.54	14	36.5	-22.54	-14.92	9.21	3	31.46	-28.46	-28.46	25.75
BMM	0.07	18	8.54	9.46	9.46	10.48	44	36.5	7.46	15.08	3.08	39	31.46	7.54	7.54	1.81
VAS	0.27	1	8.54	-7.54	-7.54	6.66	4	36.5	-32.54	-25.92	23.09	16	31.46	-15.46	-15.46	7.60
BE	0.91	2	8.54	-6.54	-6.54	5.01	12	36.5	-24.54	-16.92	11.37	22	31.46	-9.46	-9.46	2.85
AAC	1.16	4	8.54	-4.54	-4.54	2.41	12	36.5	-24.54	-16.92	11.37	9	31.46	-22.46	-22.46	16.04
SEC	11.04	0	8.54	-8.54	-8.54	8.54	9	36.5	-27.54	-19.92	15.02	7	31.46	-24.46	-24.46	19.02
PA	26.31	3	8.54	-5.54	-5.54	3.59	7	36.5	-29.54	-21.92	17.72	20	31.46	-11.46	-11.46	4.18
MX	34.81	25	8.54	16.46	16.46	31.74	79	36.5	42.46	49.08	57.03	44	31.46	12.54	12.54	5.00
BQ	4.29	20	8.54	11.46	11.46	15.39	105	36.5	68.46	76.08	142.54	49	31.46	17.54	17.54	9.78
BTP	4.44	9	8.54	0.46	0.46	0.02	11	36.5	-25.54	-17.92	12.53	63	31.46	31.54	31.54	31.62
BTC	6.98	11	8.54	2.46	2.46	0.71	64	36.5	27.46	35.08	26.36	44	31.46	12.54	12.54	5.00
BC	8.66	16	8.54	7.46	7.46	6.52	88	36.5	51.46	59.08	83.21	46	31.46	14.54	14.54	6.72
13	100.0	111	111		X2 Rept RED=	104.61	475	475		X2 Rept MED=	413.35	409	409		X2 Rept CAM=	143.01

2. Análisis estadístico de los valores observados y esperados de anfibios y reptiles por TDVs

2. Análisis estadístico de los valores observados y esperados de anfibios y reptiles por TDVs

I. ANFIBIOS

OBSERVADOS

veg	ANF CAM	ANF MED	ANF RED	obs.	veg	ANF CAM	ANF MED	ANF RED
BTS	9	5	3	17	BTS	7.074747475	4.8080808	5.1171717
PZ	6	0	0	6	PZ	2.496969697	1.6969697	1.8060606
BMM	33	28	51	112	BMM	46.61010101	31.6767677	33.7131313
VAS	1	4	0	5	VAS	2.080808081	1.4141414	1.5050505
BE	8	8	0	16	BE	6.658585859	4.5252525	4.8161616
AAC	36	27	25	88	AAC	36.62222222	24.8888889	26.4888889
SEC	1	4	0	5	SEC	2.080808081	1.4141414	1.5050505
PA	6	5	1	12	PA	4.993939394	3.3939394	3.6121212
MX	10	4	0	14	MX	5.826262626	3.9595960	4.2141414
BQ	38	14	26	78	BQ	32.46060606	22.0606061	23.4787879
BTP	7	21	6	34	BTP	14.14949495	9.6161616	10.2343434
BTC	8	10	2	20	BTC	8.323232323	5.6565657	6.0202020
BC	43	10	35	88	BC	36.62222222	24.8888889	26.4888889
13	206	140	149	495				

ESPERADOS

obs-esp2/esp	Anfibios	
0.52391938	0.00766064	0.875955768
4.91444543	1.696969697	1.806060606
3.97413534	0.426767677	8.864078101
0.56139061	4.728427128	1.505050505
0.27023634	2.668109668	4.816161616
0.01057174	0.17906746	0.083687547
0.56139061	4.728427128	1.505050505
0.20267726	0.760010823	1.88896685
2.98992421	0.000412286	4.214141414
0.94529613	2.945221445	0.270734188
3.61251608	13.47645573	1.751911535
0.01255271	3.335137085	2.68463155
1.11069310	8.906746032	2.734694258

residuales estandariza dos			
veg	ANF CAM	ANF MED	ANF RED
BTS	0.707852	0.179562	-0.99001
PZ	2.20265	-1.27615	-1.36427
BMM	-2.024351	-0.43529	2.758109
VAS	-0.754908	2.268616	-1.2454
BE	0.50483	1.754907	-2.22784
AAC	-0.134538	0.63722	-0.43982
SEC	-0.754908	2.268616	-1.2454
PA	0.437195	0.965703	-1.41106
MX	1.711816	0.102598	-2.08395
BQ	0.939579	-1.55859	0.366763
BTP	-1.915529	3.874913	-1.40009
BTC	-0.126994	1.962046	-1.68784
BC	1.019122	-2.84118	1.474147

varianza			
Va= 1-Σobs/gran total*1-Σtotal tdv/N			
veg	ANF CAM	ANF MED	ANF RED
BTS	0.013386389	0.009076625	0.00966432
PZ	0.004183247	0.002836445	0.0030201
BMM	0.092868075	0.062969085	0.06704622
VAS	0.003346597	0.002269156	0.00241608
BE	0.01254974	0.008509336	0.0090603
AAC	0.072788491	0.049354148	0.05254974
SEC	0.003346597	0.002269156	0.00241608
PA	0.009203143	0.00624018	0.00664422
MX	0.010876441	0.007374758	0.00785226
BQ	0.064421998	0.043681257	0.04650954
BTP	0.027609428	0.018720539	0.01993266
BTC	0.015896337	0.010778492	0.01147638
BC	0.072788491	0.049354148	0.05254974

Valores ajustados			
veg	ANF CAM	ANF MED	ANF RED
BTS	6.256054268	0.918692847	-9.52040532
PZ	34.27524158	-24.4596276	-24.4543148
BMM	-6.54166207	-2.60334706	11.49819418
VAS	-12.9518213	45.64846237	-24.9585806
BE	4.640390374	17.70736778	-23.0557491
AAC	-0.38110251	1.9047874	-1.26195867
SEC	-12.9518213	45.64846237	-24.9585806
PA	4.692825828	11.03599118	-16.8612655
MX	16.5800823	0.236442468	-23.1663289
BQ	3.830600361	-8.21129043	2.412684471
BTP	-11.4386874	26.83049428	-9.37504708
BTC	-0.88862851	17.59048618	-15.2946621
BC	3.906300761	-13.4337638	7.213883166

II. REPTILES

OBSERVADOS

veg	Rept CAM	Rept MED	Rept RED	obs.	veg	Rept CAM	Rept MED	Rept RED
BTS	47	26	2	75	BTS	30.82914573	35.8040201	8.366834171
PZ	3	14	0	17	PZ	6.987939698	8.115577889	1.896482412
BMM	39	44	18	101	BMM	41.51658291	48.2160804	11.26733668
VAS	16	4	1	21	VAS	8.632160804	10.02512563	2.342713568
BE	22	12	2	36	BE	14.79798995	17.18592965	4.016080402
AAC	9	12	4	25	AAC	10.27638191	11.93467337	2.788944724
SEC	7	9	0	16	SEC	6.576884422	7.638190955	1.784924623
PA	20	7	3	30	PA	12.33165829	14.32160804	3.346733668
MX	44	79	25	148	MX	60.8361809	70.65326633	16.51055276
BQ	49	105	20	174	BQ	71.52361809	83.06532663	19.41105528
BTP	63	11	9	83	BTP	34.11758794	39.62311558	9.259296482
BTC	44	64	11	119	BTC	48.91557789	56.80904523	13.27537688
BC	46	88	16	150	BC	61.65829146	71.6080402	16.73366834
13	409	475	111	995				

ESPERADOS

obs-esp2/esp	Reptiles		
8.482120464	2.684581504	4.844912249	
2.275872965	4.266661481	1.896482412	
0.152546022	0.36865987	4.023023063	
6.288698236	3.621115603	0.769568995	
3.505134747	1.564877017	1.012076398	
0.158533499	0.000357577	0.525881661	
0.027220608	0.242796218	1.784924623	
4.768496107	3.743011549	0.035922858	
4.659348816	0.986054383	4.365130314	
7.092948951	5.792186887	0.017868987	
24.45054814	20.67688856	0.007261315	
0.493971594	0.910239388	0.389995705	
3.976465866	3.752320903	0.03216684	

residuales estandariza dos			
veg	Rept CAM	Rept MED	Rept RED
BTS	2.912408	-1.63847	-2.20112
PZ	-1.5086	2.06559	-1.37713
BMM	-0.390571	-0.60717	2.005748
VAS	2.507728	-1.90292	-0.87725
BE	1.872201	-1.25095	-1.00602
AAC	-0.398163	0.01891	0.725177
SEC	0.164987	0.492744	-1.33601
PA	2.183689	-1.93469	-0.18953
MX	-2.158552	0.993003	2.089289
BQ	-2.663259	2.406696	0.133675
BTP	4.94475	-4.54718	-0.08521
BTC	-0.702831	0.954065	-0.6245
BC	-1.994108	1.937091	-0.17935

varianza Va= 1-Zobs/gran total*1-Ztotal tdv/N			
veg	Rept CAM	Rept MED	Rept RED
BTS	0.030619168	0.035422175	0.008255168
PZ	0.006620361	0.007658849	0.001784901
BMM	0.041377254	0.047867804	0.011155632
VAS	0.007861678	0.009094883	0.00211957
BE	0.014482039	0.016753731	0.003904471
AAC	0.009930541	0.011488273	0.002677352
SEC	0.006206588	0.007180171	0.001673345
PA	0.011999404	0.013881663	0.003235133
MX	0.060410791	0.069886993	0.016287223
BQ	0.07158265	0.0828113	0.019299244
BTP	0.033929348	0.039251599	0.009147618
BTC	0.04882516	0.056484008	0.013163646
BC	0.061652109	0.071323028	0.016621892

Valores ajustados			
veg	Rept CAM	Rept MED	Rept RED
BTS	16.56333526	-8.64507558	-24.265601
PZ	-18.5877276	23.70065366	-32.6290358
BMM	-1.98188495	-2.70818895	18.90714342
VAS	28.18771063	-19.9024127	-19.102335
BE	15.47745626	-9.6045855	-16.1483286
AAC	-4.05623517	0.247764352	13.9359095
SEC	2.02661698	5.89346735	-32.6929517
PA	19.85020692	-16.3678639	-3.39362837
MX	-8.83726118	3.830562549	16.29047171
BQ	-10.0078644	8.442421681	0.897453094
BTP	26.75377884	-22.9068634	-0.95406926
BTC	-3.24123508	4.088784192	-5.50146728
BC	-8.08664816	7.331242302	-1.45356012

4. Abstract del artículo sobre los resultados de esta tesis, escrito en inglés, para su publicación en una revista internacional (*Biodiversity and Conservation*)

Abstract. The herpetofauna of Mexico is considered one of the richest worldwide, due to its diversity and its degree of endemism. The latter is also shared with the amphibians and reptiles of Central America. Mexico is also significantly diverse regarding types of vegetation, for which it possess ecosystems of global significance. In this work, we established the patterns of endemism of reptiles and amphibians by types of vegetation and altitude of Mexico and by endemism of Mexican species occurring in Central America, using the data of Flores-Villela and Gerez (1994). A thorough review of the literature was made to update the species information and their distribution by vegetation type and altitude. The degree of endemism was classified as: endemic to Central America present in Mexico (CAM), endemic to Mexico (MED), and endemic to Mexico with a restricted distribution (RED). Our results showed a significant difference between the distribution of herpetofauna and the 13 different types of vegetation (TOV). The highest endemism of reptiles are found in oak, pine, xerophitic shrubs, cloud forests and tropical rain forests. For amphibians; these are mainly cloud forests, freshwater environments, and also pine, oak and tropical rain forests. The majority of reptiles living exclusively in one type of vegetation are mostly found in xerophitic shrubs. Amphibians with exclusive habitat are found primarily in cloud forests. In relation to altitude patterns, the results showed that most of the reptile species are found at a specific altitudinal gradient (0 to 500m), followed by those above 2000m. Amphibians show a clear preference for high altitudes (especially above 2000m).

Key words. Herpetofauna, Mexico, endemism, distribution, vegetation, altitude elevation.