



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**ANÁLISIS DE LOS PATRONES GEOGRÁFICOS DE
RIQUEZA Y ENDEMISMO DE LOS MAMÍFEROS
TERRESTRES DE LA PROVINCIA BIOGEOGRÁFICA DE
LA FAJA VOLANICÁNICA TRANSMEXICANA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I O L O G A

P R E S E N T A :

NIZA GÁMEZ TAMARIZ

TUTORA:

DRA. TANIA ESCALANTE ESPINOZA



2008



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.

Agradecimientos

Un muy especial agradecimiento a Tania, por el ambiente de libertad, confianza y comunicación brindado. Por toda la paciencia en mis múltiples irs y venires, plena deposición e interés por compartir todos sus saberes y por todo el cariño.

Al Dr. Víctor Sánchez Cordero por todo el apoyo brindado, por abrirnos las puertas de su laboratorio y por compartir información imprescindible para la realización de este trabajo. Por la paciencia brindada en la revisión y corrección de este trabajo.

Al Biol. Gerardo Rodríguez por todo el apoyo, motivación, asistencia en el camino y agradables pláticas. Por las múltiples revisiones y correcciones aportadas durante el desarrollo de todo este trabajo.

Al Biol. Miguel Linaje por todas las tardes de enseñanza, por su gran capacidad de escuchar y compartir saberes. Por que, pese a tener mucha chamba siempre abrió un espacio para echarme una mano.

A la Dra. Patricia Illoldi por sus enseñanzas, por sus aportaciones y valiosas correcciones.

Al todos los miembros del Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica del Instituto de Biología de la UNAM, por compartir su espacio.

A la Dra. Livia León por su amable colaboración en el depurado de la lista de especies de este trabajo.

Al Dr. Luis Antonio Sánchez por la revisión y correcciones realizadas.

A todos los entrañables carnalitos Carlita, Alf, Yuri, Gaby, Wilis, Ale, Lev, Natalia, Rubén, Fabián, Iván, Ramón, Odette, Verónica, Mónica, Claudia, Amparo, Sandra, Nacho, Trol, Xitlali, Bicho, Charco, Matas, Aída. Por las andadas, procesos y saberes compartidos. Por todos los bailongos, guarapetas y risas, parte fundamental del vivir. Por el placer de estar juntos.

Dedicatoria

A Enrique.

A Nacho y Lola por todo el amor, sueños sembrados y apoyo incondicional.

A Leolel, Holanda, Marco, Polina y Jose por todo lo compartido y por todo lo que nos falta por compartir.

Hoja de Datos del Jurado

1. Datos del alumno Gámez Tamariz Niza 56228989 Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ciencias Biología 097556941
2. Datos del tutor Dr. Tania Escalante Espinosa
3. Datos del sinodal 1 Dr. Victor Manuel Sánchez Cordero Dávila
4. Datos del sinodal 2 Dr. Patricia Illoldi Rangel
5. Datos sinodal 3 Dr. Luis Antonio Sánchez González
6. Datos sinodal 4 Biól. José Gerardo Rodríguez Tapia
7. Análisis de los patrones geográficos de riqueza y endemismo de los mamíferos terrestres de la provincia biogeográfica de la Faja Volcánica Transmexicana Número de páginas 2008

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN 1

II. ANTECEDENTES 4

2.1 BIOGEOGRAFÍA Y ÁREAS DE DISTRIBUCIÓN 4

2.2 PATRONES DE DISTRIBUCIÓN 7

2.2.1 Riqueza 8

2.2.2 Endemismo 12

2.2.2.2 Análisis de Parsimonia de Endemismos (PAE) 17

2.3 REGIONALIZACIÓN BIOGEOGRÁFICA 19

2.3.1 Regionalización Biogeográfica de México 22

2.4 PROVINCIA DE LA FAJA VOLCÁNICA TRANSMEXICANA 25

2.4.1 Los mamíferos de la FVT 31

III. OBJETIVOS 36

3.1 GENERAL 36

3.2 PARTICULARES 36

IV. MATERIAL Y MÉTODOS 37

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 41

5.1 PAE	42
5.2 LÍMITES DE LA FVT	46
5.3 REGIONALIZACIÓN DE LA FVT (DISTRITOS)	54
5.4 COMPOSICIÓN DE LA MASTOFAUNA EN LA FVT	59
5.5 PATRONES DE LA MASTOFAUNA EN LA FVT	62
5.6 PATRONES DE ENDEMISMO	73
5.7 CONSERVACIÓN DE LA MASTOFAUNA DE LA FVT	80

VI. CONCLUSIONES 85

VII. BIBLIOGRAFÍA 87

VIII. ANEXOS 96

ANEXO I. CLADOGRAMAS	96
ANEXO II. RESULTADOS DE PAE	100
ANEXO III. LISTADO DE ESPECIES	108
ANEXO IV. ESPECIES POR TIPO DE VEGETACIÓN	113

I. INTRODUCCIÓN

México ha sido reconocido como uno de los territorios con mayor riqueza biológica en el mundo (Flores-Villela y Navarro, 1993; Toledo y Ordóñez, 1988), y al mismo tiempo ha sido señalado como uno de los países con mayor deterioro ambiental (Ordóñez y Flores-Villela, 1995), lo que evidencia la gran necesidad por ampliar el conocimiento acerca de su biodiversidad, distribución geográfica y estado de conservación.

Una de las disciplinas que más aporta al estudio de la biodiversidad es la biogeografía, ya que además de generar conocimiento básico acerca de las especies, permite identificar tanto a los patrones de distribución como a los procesos históricos que le dieron origen (Gaston, 2000), permitiendo la detección de áreas de endemismo, de complejidad biológica y de alta riqueza específica. La identificación de estas áreas es de gran utilidad para la construcción de estrategias de manejo y conservación de la biodiversidad (Fa y Morales, 1991).

México posee el mayor número de especies de mamíferos de toda América, representando aproximadamente el 10% de la riqueza del planeta (Ramírez-Pulido y Müdspacher, 1987; Ceballos y Navarro, 1991; Fa y Morales, 1998). De los 2,401 especies de vertebrados terrestres mexicanos, el 18.3% (475 especies) son mamíferos, de las cuales, 69 especies son exclusivas a los límites geopolíticos del país. Los mamíferos del país corresponden a 12 órdenes, 34 familias y 165 géneros; del total de especies, 204 son monotípicas, 271 politípicas y se han descrito alrededor de 951 subespecies (Flores Villela y Gerez, 1988; Ramírez-Pulido *et al.*, 2005). Los órdenes más abundantes son roedores y murciélagos, con un total aproximado de 243 y 135 especies respectivamente; ambos órdenes representan el 79% de la mastofauna con la que cuenta el país (Ramírez-Pulido y Müdspacher, 1987; Ramírez-Pulido y Castro-Campillo, 1993; Fa y Morales, 1998; Escalante *et al.*, 2002; Ceballos *et al.*, 2002b; Ramírez-Pulido *et al.*, 2005).

Los mamíferos mexicanos son un grupo de gran riqueza específica en el que una gran proporción de elementos se distribuye de manera exclusiva, mostrando intrincadas relaciones biogeográficas (Escalante *et al.*, 2002). Sus distribuciones geográficas son resultado de la interacción de factores bióticos y abióticos que en el territorio mexicano se entrelazan con gran complejidad: posición geográfica del país, conformando el límite continental entre dos regiones biogeográficas, la Neártica y la Neotropical (Arita, 1993; Escalante *et al.*, 2004);

intrincada topografía; compleja historia geológica y la gran diversidad y heterogeneidad de hábitat disponibles (Ceballos y Navarro, 1991). Estas características hacen de la mastofauna mexicana un grupo modelo en el desarrollo de estudios biogeográficos, que bajo la hipótesis de vicariación, permitan la identificación de patrones de distribución empleando metodologías como el Análisis de Parsimonia de Endemismos (PAE) (Escalante, 2003).

En nuestro país, la identificación de los patrones de distribución de la biodiversidad ha permitido el reconocimiento de distintas provincias biogeográficas (Simpson, 1964; Wilson, 1974; Pagel *et al.*, 1991; Kaufman, 1995; Brown y Lomolino, 1998). Una de las provincias con mayor representatividad de mamíferos es la provincia de la Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVT), ya que se ha observado que su posición geográfica coincide con un aumento significativo en el número de especies; así mismo ha sido señalada como una de las provincias con mayor número de elementos endémicos (Fa y Morales, 1991).

Según Fa y Morales (1991), en la FVT se encuentran representados el 72% de los géneros, 79% de las familias y el 90% de los órdenes de mamíferos nativos reportados para México, lo cual la identifica como una de las zonas con mayor relevancia, a nivel nacional, para el estudio de los patrones de distribución de este grupo.

Existen distintas propuestas de regionalización mastofaunística para México en la que se han definido los límites biogeográficos de la FVT: Dice (1943), Goldman y Moore (1945), Ramírez-Pulido y Castro-Campillo (1990, 1993), Ramírez-Pulido *et al.* (1994), Morrone y Escalante (2002) y Escalante *et al.* (2003). Si se analizan los distintos sistemas, se puede observar que:

- A excepción de los trabajos de Morrone y Escalante (2002) y Escalante *et al.* (2003), todos los sistemas fueron elaborados con base en la similitud global de sus faunas, lo cual no necesariamente refleja la naturalidad de las provincias (Escalante *et al.*, 2005).
- A pesar de que todos están basados en la distribución de los mamíferos, en cada sistema, los límites propuestos para la provincia de la FVT no son equivalentes.
- Ninguna de las clasificaciones plantea la regionalización al interior de la FVT, a partir de lo que se podrían redefinir sus límites biogeográficos.

Dado lo anterior, el presente trabajo plantea identificar, mediante un análisis espacial, los patrones biogeográficos de riqueza y endemismo de los mamíferos terrestres en la provincia biogeográfica de la Faja

Volcánica Trans-Mexicana; formular una propuesta de sus distritos biogeográficos, empleando el Análisis de Parsimonia de Endemismos; así como analizar sus límites geográficos, a partir de los patrones de distribución que exhiben los mamíferos terrestres en ella.

II. ANTECEDENTES

2.1 BIOGEOGRAFÍA Y ÁREAS DE DISTRIBUCIÓN

La biogeografía es una disciplina de la biología comparada que tiene como objetivos la determinación espacial de los patrones de distribución de los organismos sobre la Tierra -actuales y extintos- y la identificación de los procesos tanto históricos como ecológicos que han generado a dichos patrones (Myers y Giller, 1988; Morrone y Crisci, 1995; Espinosa *et al.*, 2001). De manera sintética, Espinosa y Llorente (1993) plantean a la biogeografía como “el estudio de la distribución geográfica de los seres vivos y los cambios de ésta a través del tiempo”.

Actualmente existen dos puntos de vista para abordar el estudio de la distribución de los seres vivos: la biogeografía ecológica y la biogeografía histórica. La biogeografía ecológica aborda el estudio de los patrones referentes a la variación de la diversidad o a la disminución del área de distribución; mientras que la biogeografía histórica, busca los patrones relativos a la variación de la riqueza de especies de acuerdo con rasgos geográficos continentales, variaciones con respecto al relieve, entre otros (Llorente, y Espinosa, 1991). De Candolle (1820, en Espinosa y Llorente, 1993) es considerado el padre de la biogeografía histórica, ya que afirmó que las grandes regiones botánicas no se explican satisfactoriamente por causas físicas inmediatas, sino por causas primarias aún desconocidas.

La biogeografía histórica parte del concepto “patrón de distribución”, el cual a su vez asume una analogía entre taxonomía y biogeografía, en donde las distribuciones coincidentes de taxones individuales son consideradas enunciados sobre homología biogeográfica. Dicho de otra forma, el hecho de encontrar correspondencia entre las áreas de distribución de distintas especies, se interpreta como una hipótesis de homología biogeográfica (Morrone, 2001).

En un contexto sistemático Pinna (1991), reconoce dos estadios de homología: homología primaria y secundaria. En donde la homología primaria (generación de hipótesis), es una conjetura sobre la correspondencia entre partes de organismos diferentes y la homología secundaria es la legitimación de hipótesis a través de la congruencia con enunciados similares en el cladograma. Ambos estadios se pueden reconocer en la homología biogeográfica. La homología biogeográfica primaria es una conjetura sobre una historia biogeográfica que

explica el que distintos taxones —aun teniendo medios de dispersión diferentes— se hallen integrados espacio-temporalmente en una misma biota (Morrone, 2001).

Así, el paso inicial en un análisis biogeográfico, es conocer la distribución geográfica del grupo o grupos que se desean estudiar (Contreras-Medina, 2006), ya que esto permite formular hipótesis acerca de los patrones de distribución que exhiben sobre la Tierra, tales como la riqueza y el endemismo (Linder, 2001).

Un área de distribución geográfica es la región total dentro de la cual se distribuye o presenta una unidad taxonómica cualquiera (Crisci *et al.*, 2000). Los estudios enfocados a conocer dichas áreas se concentran en identificar los factores causales, tanto bióticos como abióticos, que delimitan sus contornos (Rappoport, 1975). El área de distribución de una especie puede delimitarse, en términos meramente ecológicos, por el conjunto de áreas en la que ésta puede obtener o exhibir hábitat y nicho, ya que los factores ecológicos limitan la dispersión de los individuos (clima, vegetación, temperatura, precipitación, etc); y es a partir de relación espacial de estos factores con los datos puntuales de distribución del taxón, que es posible inferir la distribución potencial de las especies (Guisan y Zimmermann, 2000).

El desarrollo de modelos que describen de manera espacial la distribución de las especies, se ha visto favorecido con el desarrollo de herramientas computacionales como los Sistemas de Información Geográfica (SIG), los cuales permiten llevar a cabo análisis espaciales de la información biológica de una manera eficiente y rápida (Linder, 2001; Escalante *et al.*, 2000).

Un campo en ecología que aborda el tema de la relación especies-ambiente, es la enfocada a la predicción de la distribución geográfica de los taxones, a partir de la elaboración de modelos espaciales (Peterson y Cohoon, 1999). La mayoría de los modelos que predicen la presencia de una especie en un sitio, generalmente correlacionan los sitios ya conocidos en donde las especies prosperan con los factores ambientales (Chapman y Busby, 1994). Algunos modelos de distribución geográfica predicen la distribución del taxón con base en sus requerimientos ecológicos —nicho ecológico—, extrapolar los puntos de colecta conocidos a áreas donde se desconoce su ocurrencia, utilizando en algunos métodos, coberturas digitales de condiciones ecológicas, tales como temperatura media anual, precipitación media anual, altitud, en la modelación (Peterson y Cohoon, 1999).

El concepto de nicho ecológico, conjunto de condiciones ecológicas dentro de las cuales una especie es capaz de mantener sus poblaciones de manera viable (Peterson *et al.*, 2002), es esencial para la generación de

algunos modelos de distribución potencial, ya que estos reflejan el nicho ecológico de la especie (Contreras-Medina, 2006). Para llevar a cabo un estudio de distribución potencial se modela el nicho ecológico, a partir del cual se reconocen las áreas que están sobrestimadas y se eliminan, dicho modelo es proyectado en el espacio geográfico y es en este momento en el que se obtiene un mapa de distribución potencial del taxón (Navarro *et al.*, 2003).

GARP (Genetic Algorithm for Rule-set Production), desarrollado por Stockwell (1999), implementa un algoritmo genético que infiere el nicho ecológico a partir de algoritmos computacionales múltiples, en un ambiente de ‘aprendizaje’; es decir, *GARP* relaciona las características ecológicas de los puntos de ocurrencia de la especie con las áreas donde ésta no se conoce, con la finalidad de producir una lista de reglas condicionales que predican presencia o ausencia de la especie a través del escenario geográfico que se está analizando (Navarro *et al.*, 2003). El planteamiento base de *GARP*, es el cambio de la distribución del taxón a través de una serie de ciclos o interacciones de mutación y reproducción matemáticas, lo que nos permite modelar espacialmente el nicho ecológico de las especies (Sánchez-Cordero *et al.*, 2001).

GARP funciona de manera iterativa con la selección de reglas o condicionantes ambientales, a las cuales aplica una evaluación y prueba para su eventual incorporación o rechazo al modelo. Para su aplicación se debe contar con una base de datos de las localidades de colecta con referencia geográfica; así como con las reglas o condicionantes ambientales, las cuales se refieren a la relación que tienen las localidades con variables ambientales tales como precipitación, temperatura, vegetación, altitud, geología, etc. (Stockwell y Peters, 1999; Sánchez-Cordero *et al.*, 2001).

A través del uso de herramientas como *GARP* se alcanza mayor precisión, rapidez y homogenización de los datos de distribución, ya que facilita la comparación entre escalas y brinda la posibilidad de introducir al análisis distintos parámetros geográficos (clima, suelo, vegetación, topografía u otros), que permiten contextualizar las limitantes ecológicas de las especies (Escalante *et al.*, 1998). Los modelos de áreas de distribución obtenidos a partir de *GARP* permiten conocer de manera aproximada la lista de especies con que cuenta una área de la cual no se conoce del todo su composición biótica, de acuerdo con las variables ecológicas de esta; permitiendo que, a partir de nubes de puntos sea posible dibujar las áreas potenciales de distribución de las especies (Escalante *et al.*, 2000).

Dada su gran complejidad, los sistemas naturales no permiten una exacta modelación de la distribución geográfica de las especies (Anderson *et al.*, 2003), ocasionando que, independientemente del método utilizado, los errores en la predicción sean inevitables (Villaseñor *et al.*, 2004). Además, los modelos como GARP sufren de errores de omisión —no considera espacios que la especie en realidad sí esta ocupando— y errores de comisión —considera espacios que la especie no ocupa o no debe ocupar— (Peterson y Vieglais, 2001). Todos los algoritmos utilizados en la modelación de distribuciones potenciales involucran al menos una combinación específica de ambos errores; no obstante, la importancia de estos modelos no debe subestimarse, ya que proporcionan un punto de partida útil en la predicción de las áreas potenciales de distribución de las especies (Peterson y Vieglais, 2001).

2.2 PATRONES DE DISTRIBUCIÓN

La palabra patrón es utilizada para referirse a características, a menudo matemáticas, de un grupo de observaciones que muestran una tendencia repetitiva en un conjunto de datos. Estos patrones son derivaciones, analogías o generalizaciones realizadas con base en observaciones iniciales (Fa y Morales, 1998).

Al analizar la distribución geográfica de las especies, se puede observar que no existen dos especies con áreas de distribución idénticas, algunas especies muestran amplias coincidencias y otras difieren totalmente, y es a partir de esta observación se ha desarrollado el conocimiento de los patrones de distribución de las especies (Cox y Moore, 1993). Halffter (2003), afirma que el reconocimiento de los patrones en la distribución de las especies debe sustentarse en grupos con historias evolutivas y biogeográficas semejantes, en donde las áreas de distribución de los taxa exhiban condiciones macroecológicas similares.

El primer paso en el análisis de los patrones de distribución es la recopilación de información acerca de la distribución geográfica de las especies, esto seguido de la formulación de inferencias espaciales en sentido ecológico, biogeográfico y/o evolutivo (Brown *et al.*, 2001).

Las distintas explicaciones sobre la variación de la riqueza y distribución de las especies pueden ser de tipo histórico o referentes a procesos de equilibrio ecológico (Brown y Gibson, 1983). Los argumentos históricos se enfocan al entendimiento de los procesos de cambio climáticos o geográficos ocurridos en el pasado, que de

alguna manera modificaron la especiación y distribución de las especies; y son precisamente estos argumentos la base de la biogeografía histórica (Fa y Morales, 1998; Cox y Moore, 1993).

Para la biogeografía histórica, la evolución de la Tierra ha generando patrones de riqueza y endemismo entre los seres vivos (Espinosa *et al.*, 2001). El reconocimiento de dichos patrones, así como de las causas o procesos que los han producido, adquirieron una gran relevancia a partir de las ideas de Agustín Pyramus De Candolle (1838 en: Espinosa *et al.*, 2001), quien en su obra *Geographie Botanique*, afirma que la distribución de las especies no es producto del azar, ya que muchas de ellas presentan un mismo patrón, conformando *regiones botánicas*. Al igual que la biogeografía del siglo XIX, los enfoques modernos de la biogeografía histórica parten de la observación de los patrones básicos en la distribución de las especies sobre la Tierra: endemismo y disyunción (Espinosa *et al.*, 2001).

2.2.1 RIQUEZA

El concepto biodiversidad se refiere a la variabilidad biológica que exhiben los organismos vivos sobre la Tierra y ésta abarca por lo menos tres niveles de expresión: ecosistemas, especies y genes (Conabio, 1998). En términos biogeográficos, esta variabilidad es resultado de la dinámica histórica de eventos de especiación, migración y extinción sufridos por los organismos a lo largo del tiempo, produciendo a los patrones de distribución que observamos en la naturaleza (Charles *et al.*, 2001).

En cuanto a la identificación de los patrones de la diversidad de especies, Whittaker y colaboradores (2001) afirman que éstos deben cubrir distintos fenómenos y escalas de análisis y que aunado al hecho de ser cuantificables solo mediante sus componentes, impiden que la biodiversidad pueda ser expresada en una simple fórmula. Dichos componentes corresponden a tres tipos generales: riqueza local de especies, riqueza regional de especies y recambio espacial de la diversidad (Whittaker *et al.*, 2001).

Koleff y Gaston (2002), al realizar una revisión de los distintos conceptos empleados para definir la diversidad de especies, encontraron gran correspondencia entre algunos términos: 1) riqueza local de especies y diversidad alfa - número de especies dentro de una localidad con una vegetación y hábitat determinados- (Whittaker, 1960); 2) riqueza regional de especies y diversidad gama - número de especies presentes en una

muestra o unidad de área- (Rosenzweig,1995); y 3) recambio de especies entre dos sitios con igual tipo de hábitat (Whittaker, 1960) y diversidad beta, entendida como cambios en la composición de especies entre unidades espaciales con hábitats relativamente homogéneos o muy heterogéneos entre sí (Harrison *et al.*, 1992).

A lo largo de la historia se han reconocido diversos patrones en la distribución de la biodiversidad, relacionándola con las dimensiones del área de estudio, la posición latitudinal, la productividad del hábitat, el aislamiento de las poblaciones, entre otros (Ricklefs, 2004).

Una de las propuestas de patrón en la distribución de la biodiversidad es de Arrhenius (en Ricklefs, 2004), quien en 1921 plantea que el número de especies en un sitio está definido por las dimensiones del área de estudio, así, en cuanto mayor sea el área, mayor será el número de especies que esta posee (Gaston, *et al.*, 1997; Gaston, 2000). Un argumento que complementa esta idea se refiere al hecho de que la tierra, al ser una esfera en la que las regiones tropicales son mucho mayores, produce que las fluctuaciones en las condiciones climáticas sean menores conforme nos aproximamos al ecuador, promoviendo con esto la biodiversidad (Rosenzweig, 1992; Charles *et al.*, 2001). También se ha considerado que la región de los trópicos, además de ser climáticamente más estable que los polos, es la porción terrestre que recibe mayor cantidad de energía solar, la cual está directamente relacionada con la productividad; de tal manera que la suma de estos dos factores ha promovido mayores niveles de especiación y menores tasas de extinción en los trópicos, dando como resultado una gran biodiversidad en las regiones tropicales (Rosenzweig, 1992; Gaston, 2000; Buzas *et al.*, 2002). Otra hipótesis plantea que el incremento en el número de especies está dado por la variación latitudinal, en donde la mayor densidad de especies le corresponde a las regiones próximas al ecuador (Rapoport, 1975; Stevens, 1989). Sin embargo, hay quienes afirman que la diversidad biológica no está determinada por la latitud *per se*, sino por las variables ambientales correlacionadas a ésta (Gaston, 2000).

Además de las características climáticas de los trópicos, otro elemento histórico de gran relevancia es el relacionado con los severos cambios climáticos ocurridos durante el Pleistoceno. Durante el Terciario, periodo anterior al Pleistoceno, la Tierra estaba cubierta mayoritariamente por vegetación tropical o subtropical, que, tras el efecto de los abruptos cambios climáticos redujeron y fragmentaron el área de distribución de muchas especies, restringiendo su distribución a zonas denominadas “refugios pleistocénicos” (Haffer, 1965). Este aislamiento dio origen al surgimiento de nuevas especies, que más tarde extendieron su área de distribución,

produciendo, de acuerdo con algunos autores, un incremento considerable en el número de especies en los trópicos (Ricklefs, 2004).

Finalmente, un fenómeno que ha sido relacionado con la gran diversidad biológica en los trópicos, es la diversificación de hábitat, ya que ha sido interpretado como promotor del número de especies en una área (MacArthur, 1972; Ricklefs, 2004).

2.2.1.1 DIVERSIDAD DE LA MASTOFAUNA MEXICANA

La gran biodiversidad que muestra México, se expresa geográficamente como un complejo mosaico de distribuciones de especies y asociaciones, en donde se reconocen tendencias o patrones de distribución. Estos patrones, en términos de riqueza, reflejan una gran complejidad biológica que se corresponde con la gran heterogeneidad del medio físico que ofrece el territorio mexicano (Espinosa *et al.*, 2000).

El número de especies que ostenta el grupo de los mamíferos en nuestro país, los hace uno de los más representativos para México (Ramírez-Pulido *et al.*, 1996; Escalante, 2003; Rodríguez *et al.*, 2003), ya que es poseedor de la mayor mastofauna de América y es considerado uno de los cuatro países más ricos en el mundo (Ceballos y Navarro, 1991; Ramírez-Pulido *et al.*, 1996; Ceballos *et al.*, 2002b; Escalante *et al.*, 2002), representando aproximadamente el 10 % de las especies conocidas (Ramírez-Pulido y Müdspacher, 1987) (Tabla 1).

Figura 1. Especies de mamíferos

Mundo	México	Endémicas de México
5000 aprox.	475	169

Según diversos autores, algunos de los factores que determinan la distribución y diversidad de los mamíferos terrestres en México son: su ubicación entre las regiones tropicales y los climas templados o neárticos; el hecho de formar parte de grandes conglomerados de ecosistemas con alta productividad distribuidos

sobre una intrincada topografía; el marcado gradiente latitudinal y altitudinal; y el hecho de situarse dentro de una franja fuertemente afectada por los vientos del oeste, que al modificar los patrones de humedad, favorece la diversidad de hábitats disponibles (Fa y Morales, 1991; Villa y Cervantes, 2003).

Se ha observado que la variación latitudinal tiene una clara influencia sobre la riqueza específica de los mamíferos, en donde a nivel continental existe una correlación entre la riqueza de especies y la proximidad latitudinal al ecuador (Wilson, 1974; McCoy y Connor, 1980). Arita (1993) menciona que en México, esto se debe principalmente al incremento en el número de especies de murciélagos, ya que al ser especies claramente tropicales y representar cerca de un tercio de las especies de mamíferos en el país, modifican drásticamente el gradiente latitudinal observado.

Arita (1993), al realizar distintos análisis sobre los patrones de distribución entre los diferentes grupos de mamíferos de México, observó que en los murciélagos no existe una riqueza de especies excepcional y que ésta, se encuentra correlacionada de manera significativa con la temperatura media anual, la precipitación media anual y la desviación estándar de la precipitación, factores que a su vez están asociados al gradiente latitudinal. Así mismo, observó que la riqueza de especies de mamíferos terrestres está determinada por la variedad de sitios (hábitat) disponibles dentro del territorio. Así, estados como Oaxaca, al presentar una gran diversidad de hábitats, mantiene muchas más especies de mamíferos que estados más homogéneos como Zacatecas (Arita, 1993).

En un análisis más detallado, Rodríguez y colaboradores (2003) afirman que el componente *beta* de la diversidad es un elemento de gran importancia para entender la gran diversidad de mamíferos en México, ellos utilizaron tres unidades de análisis: bandas latitudinales, provincias mastofaunísticas y celdas de 4° latitud x 4° longitud. El análisis por bandas indicó un alto recambio de especies a todo lo largo del territorio, sin embargo los resultados obtenidos por provincias y cuadros refuerzan la hipótesis de un México betadiverso, aplicable a algunas regiones del país. Así mismo, afirman que la diversidad beta —comparativamente mayor en mamíferos terrestres que en voladores —se encuentra asociada con las áreas de distribución más pequeñas, estas últimas particularmente comunes en roedores (Rodríguez *et al.*, 2003).

Lo anterior, sugiere que los patrones de riqueza específica de mamíferos en el país no pueden ser explicados únicamente en función de la posición latitudinal y tamaño de área, ya que dada su extensión y latitud, México presenta una mayor riqueza de especies de lo esperado. Esto pudiera deberse, a que en latitudes medias

los mamíferos no voladores presentan una gran diversidad beta; y al hecho de que la mayoría de estas especies tienen áreas de distribución restringidas, permitiendo la presencia de un gran número de especies e intrincadas condiciones de aislamiento reproductivo (Arita, 1993; Rodríguez *et al.*, 2003).

Al analizar la distribución de la riqueza de especies en nuestro país se ha observado lo siguiente: una de las zonas del país con mayor presencia de mamíferos, tanto por el número de especies como por el elevado grado de endemismo, es la provincia biogeográfica de la FVT (también llamada Eje Volcánico Transversal o EVT, con límites son más o menos semejantes) (Ceballos y Navarro, 1991; Fa y Morales, 1998; Escalante *et al.*, 2002; Rodríguez *et al.*, 2003); mientras que por entidad federativa, Escalante y colaboradores (2002) reportan para Jalisco y Veracruz - extremos geográficos este y oeste de la FVT-, una riqueza de 197 y 187 especies respectivamente, ubicándolos como dos de los estados con mayor número de especies de mamíferos en el país. De manera particular, las especies de los órdenes Lagomorpha, Soricomorpha y Chiroptera se encuentran concentradas alrededor de los 20° de latitud, es decir, en una gran porción de la FVT (Fa y Morales, 1998).

2.2.2 ENDEMISMO

De Candolle, en su obra *Geographie Botanique* (1838) fue el primero en introducir el término endemismo, al hacer referencia a la distribución de plantas del grupo Asteraceae. Más tarde, Cain (1944 en: Coantreras *et al.*, 2001) al estudiar la distribución de algunas especies de plantas, relaciona el término con la evolución de las áreas de distribución de las especies a través del tiempo.

El concepto de endemismo, comúnmente entendido como identidad biológica de una área, ha sido utilizado por muchos autores para cuantificar el valor que representan las especies para la conservación. Estas especies pueden ser consideradas elementos indicadores de vulnerabilidad, ya que son potencialmente más sensibles a las perturbaciones del hábitat y por lo tanto, más sensibles a procesos de extinción (Linder, 1995; Peterson y Watson, 1998).

Sin embargo la determinación de elementos endémicos, en términos conceptuales, presenta problemas de ambigüedad (Anderson, 1994), ya que para algunos autores las formas endémicas son entendidas como taxones que presentan distribuciones con tamaños de área restringidos; mientras que para otros, un taxón endémico es

aquel que restringe su distribución a una región geográfica determinada (estado, país o unidad biogeográfica), no importando el tamaño que está represente (Peterson y Watson, 1998).

Inicialmente, el termino “endemismo”, fue definido con relación a una región geográfica en particular (ejemplo: endémico a Guatemala o endémico a las Antillas), sin embargo esta definición resulta relevante solo para una región determinada y no es comparable con otras regiones (Peterson y Watson, 1998). En respuesta a ésta falta de generalidad en el término, ya que bloquea la comparación directa entre regiones. Es en este sentido que algunos autores definen al endemismo utilizando criterios de extensión de área, para lo cual es necesario establecer un umbral, es decir, un limite de extensión. Uno de los umbrales más utilizados es el propuesto en 1992 por Bibby, quien establece como área máxima de extensión de las distribuciones de taxones endémicos a los 50,000 Km².

Las diferencias conceptuales entre ambas definiciones ha generado confusiones considerables al momento de establecer criterios encaminados hacia la conservación, ya que dependiendo del esquema, una misma forma puede ser considerada como endémica o ignorada (Peterson y Watson, 1998).

Por su parte Morrone (2002) formuló una definición de área y taxón endémico, conceptos inseparables bajo una percepción en biogeografía, con base en el concepto de homología utilizado en sistemática, en donde un par de estructuras son homólogas cuando comparten una historia en común. De manera semejante, varias especies pueden mostrar correspondencia entre sus distribuciones, lo cual implica que existe homología geográfica entre estas (Morrone *et al.*, 2002). Así pues, una área de endemismo puede definirse mediante la superposición de las áreas de distribución de dos o más especies, seguido de la identificación del tipo de simpatria que las relaciona (Posadas y Miranda-Esquivel, 1999; Espinosa *et al.*, 2002).

De manera general se puede decir que los fenómenos de endemismo se encuentran ligados al establecimiento de un taxón en una región, durante una época más o menos remota y que en algún momento de su historia estuvieron o están limitados en su capacidad de dispersión. Las barreras involucradas en el aislamiento pueden ser de origen geográfico, ecológico o genético, pero de manera conjunta o individual deben estar interrumpiendo el flujo genético entre regiones vecinas o taxones hermanos (Lacoste y Salomon, 1973; Cox y Moore, 1993).

Los endemismos pueden estar referidos prácticamente a cualquier tamaño de área, ya sea pequeña o grande; así como a cualquier nivel taxonómico, aunque en su mayoría corresponden a niveles por debajo de familia (Fa y Morales, 1998).

Según diversos autores, en la identificación de áreas de endemismo es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos (Müller, 1973; Platnick, 1991):

1. La sobreposición, parcial o total, de las áreas de distribución de dos o más especies, entre las que se debe haber como condición básica una simpatria extensa;
2. Las áreas de distribución de las especies deben ser comparativamente más pequeñas que la región bajo análisis;
3. La validez taxonómica de las especies analizadas no debe ser dudosa y
4. El reconocimiento de la distribución de las especies debe ser completo, de modo que se conozcan con cierto grado de confiabilidad los límites de distribución de cada una.

Como ya se mencionó, la diagnosis de un área de endemismo está basada en el reconocimiento de patrones de homopatria-alopatria observables en la distribución de especies, a lo que Brown y Lomolino (1998) distinguen como provincialismo. Este patrón incluye tres rasgos biogeográficos: (1) especies cercanamente emparentadas con distribución alopatrida, (2) especies sin relación genealógica —e incluso con capacidades de dispersión muy distintas— mostrando una distribución homopátrida, y (3) coincidencia estructural entre las relaciones genealógicas que se observan en diferentes grupos que ocupan las mismas áreas (Espinosa *et al.*, 2001).

No obstante, Harold y Mooi (1994) argumentan que la congruencia y simpatria no son condiciones necesarias para definir una área de endemismo, ya que en el primer caso, la incongruencia entre cladogramas de diferentes taxones endémicos puede estar indicando áreas compuestas en donde se concentran endemismos con dos o más historias diferentes; y en el segundo caso, la exigencia de simpatria pasa por alto la posibilidad de fluctuaciones en las áreas de distribución, así como cambios en los requerimientos ecológicos en la historia espacial de las especies. Ello implica que puede haber taxones no simpátridos y no congruentes distribucionalmente, que sin embargo, a una escala geográfica más amplia, pertenezcan a la misma unidad histórica (Bueno-Hernández, 1997).

A partir de las críticas metodológicas realizadas a la delimitación de áreas de endemismo, Harold y Mooi (1994), propusieron que ésta debe concebirse como una hipótesis a probar, la cual requiere reexaminarse mediante la adición reiterativa de otros grupos. En este sentido, su delimitación sería un proceso análogo a la prueba de homología de caracteres que se emplea en el análisis filogenético (Bueno-Hernández, 1997).

El análisis de los patrones de distribución de las especies endémicas posee gran importancia desde distintos enfoques, ya que la identificación de zonas que concentren especies endémicas pertenecientes a grupos taxonómicos diversos es utilizada en la formulación de regionalizaciones bióticas y es empleada como indicador de las historias evolutivas y biogeográficas de diversos grupos (Brown y Gibson, 1983). Por otra parte, la identificación de zonas con altos niveles de endemismo, ha sido uno de los criterios utilizados en la selección de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad (Ceballos y Rodríguez, 1993).

Metodologicamente, la definición de áreas de endemismo a partir de áreas con baja diversidad específica, es relativamente sencilla, más se complica cuando se trabaja con muchas especies; por lo que Morrone (1994), propone la utilización del método de Análisis de Parsimonia de Endemismos (PAE) (Rosen, 1988). Este método emplea conjuntos de celdas y un algoritmo de parsimonia en la elección de las especies cuyas áreas de distribución serán superpuestas para determinar las áreas de endemismo (Espinosa *et al.*, 2001).

Para determinar las áreas de endemismo dentro de la provincia de la FVT, el presente trabajo empleó la metodología propuesta por Morrone (1994).

2.2.2.1 ENDEMISMO DE LA MASTOFAUNA MEXICANA

La mastofauna mexicana posee, además de su gran riqueza específica, otra característica igualmente importante, el alto número de especies exclusivas al territorio. Casi una tercera parte de las especies de mamíferos con los que cuenta el país son de carácter endémico (169) y la mayoría de éstos se presentan en roedores, aportando aproximadamente el 50 % de los endemismos del país (Ramírez-Pulido *et al.*, 2005).

Dentro de las características observadas en los mamíferos endémicos, encontramos que tienden a ser terrestres, presentan áreas de distribución pequeñas, tamaños corporales pequeños y poseen hábitos alimenticios herbívoros (Ceballos y Rodríguez, 1993). Esta descripción, corresponde según Eisenberg (1981) a especies con

ciclos de vida cortos y capacidades de dispersión limitadas. Los patrones geográficos de endemismo observados y las características de las especies endémicas, sugieren que una porción mayoría son neoendémicos y que los eventos de especiación que les dieron origen son producto de la contracción, expansión, fragmentación y aislamiento que sufrieron las comunidades vegetales durante el Pleistoceno, ya que las glaciaciones ocurridas durante este periodo provocaron abruptos cambios climáticos y geológicos (Toledo, 1982).

Al comparar la distribución de la riqueza total de especies con la distribución de las especies endémicas que muestra el país, Fa y Morales (1998) observaron que éstas últimas muestran tendencias distintas, ya que las especies endémicas no exhiben un incremento latitudinal tan marcado, siendo los sitios con riqueza específica intermedia los que muestran mayores valores de endemismo. Así mismo, mencionan que los géneros endémicos se distribuyen en el 22% del territorio, al oeste -sur de Sinaloa y Durango hasta Oaxaca- y centro -Veracruz hasta Colima siguiendo la FVT del país-, con un máximo de géneros endémicos en la porción oeste de la FVT, abarcando las tierras bajas y montañas de Jalisco y Colima (Fa y Morales, 1998).

Ramírez-Pulido y Castro-Campillo (1987) y Ceballos y Navarro (1991) han señalado la gran importancia que tienen tres regiones en la comprensión de los patrones de endemismo de la mastofauna mexicana: la FVT (llamada Eje Neovolcánico Trans-Mexicano), las selvas bajas de la costa del Pacífico y las islas del Golfo de California, ya que son especialmente ricas en endemismos. Ceballos y Navarro (1991), especulan que los altos niveles de endemismo en la FVT pueden deberse a que durante la fase tardía del Pleistoceno y el Holoceno actuaron sobre esta zona mecanismos de aislamiento geográfico que permitieron evolucionar a algunos taxones de manera independiente, dando lugar a la gran variedad de formas endémicas.

Lo anterior coincide con la dimensión y concentración de las áreas de distribución, ya que las áreas de distribución más pequeñas se concentran en el centro y oeste del país, mientras que en el sur del territorio mexicano las áreas de distribución tienden a ser mayores, lo cual se ajusta con los bajos niveles de endemismo reportados para dichas zonas (Fa y Morales, 1998).

2.2.2.2 ANÁLISIS DE PARSIMONIA DE ENDEMISMOS (PAE)

El principio de parsimonia (Edwards y Cavalli-Sforza, 1963 en: López-Caballero y Pérez-Suárez, 1999) es el criterio metodológico adoptado por el cladismo para decidir, en un análisis que presenta incongruencias entre los caracteres, cual de los cladogramas posibles —el llamado árbol más corto— constituye la reconstrucción más probable, la cual se supone es representativa de la filogenia del grupo. El principio de parsimonia sostiene que la explicación más simple es preferible a las más complejas, es decir, aquella que requiera el menor número de cambios evolutivos, permitiendo las reversiones y las convergencias de los caracteres (López-Caballero y Pérez-Suárez, 1999).

Muchos de los estudios enfocados a dilucidar la historia biogeográfica de las biotas, han estado basados en la formulación de hipótesis acerca de las relaciones entre las áreas de distribución que exhiben los taxones (Espinosa y Llorente, 1993). Un método usado con este propósito, es el Análisis de Parsimonia de Endemismos (PAE) (Rosen, 1988; Rosen y Smith, 1988), sustentado metodológicamente en el principio de parsimonia y diseñado para encontrar áreas con patrones de distribución congruentes (Trejo-Torres y Ackerman, 2001). Esta herramienta de la biogeografía histórica clasifica localidades, áreas o cuadrículas, de acuerdo con los taxones que comparten (Morrone y Crisci, 1995; Escalante *et al.*, 2002).

El PAE es considerado análogo a la sistemática filogenética, puesto que utiliza de manera similar principio de parsimonia, al momento de establecer jerarquías históricas entre entidades analizadas (Ron, 2000). En él, las localidades o regiones geográficas son consideradas como el equivalente al taxón en la sistemática filogenética, partiendo de que la presencia o ausencia de un taxón natural en la localidad o región (por ejemplo género, especie o subespecie), es equivalente a los estados de carácter. En este análisis todas las especies tienen el mismo peso, sin importar si su distribución es amplia o restringida (Ron, 2000).

Existen tres modalidades de PAE, las cuales se diferencian en el tipo de unidades básicas de área sobre las que trabajan. La primera, formulada por Rosen (1988), está basada en localidades; la segunda, propuesta por Craw (1988), utiliza áreas de endemismo y finalmente la propuesta por Morrone (1994), la cual se basa en cuadrículas. En esta última, las unidades de estudio no pueden ser las áreas de endemismo ya que la finalidad es su delimitación (Crisci *et al.*, 2000).

Para interpretar la información de los taxones ampliamente distribuidos, la biogeografía cladística parte de tres supuestos: 0, 1 y 2. Bajo el supuesto 0 (Zandee y Ross, 1987; Wiley, 1987), los taxones ampliamente distribuidos son considerados como monofiléticos, por consiguiente las áreas dónde cada uno de estos ocurre son consideradas monofiléticas. Los supuestos 1 y 2 interpretan al taxón ampliamente distribuido como parafilético y polifilético, respectivamente (Nelson y Platnick, 1981).

El PAE opera bajo el supuesto 0, interpretando a los taxones ampliamente distribuidos como evidencia para el agrupamiento de regiones geográficas o situaciones (haciéndolos monofiléticos). Como consecuencia de una historia compartida, en biogeografía, un grupo monofilético de taxones que comparten un grupo de áreas, es considerado una sinapomorfia u homología, lo cual nos indica que dichas áreas constituyeron una sola unidad biogeográfica en el pasado (Ron, 2000).

De acuerdo con Rosen (1988), la base lógica de PAE, radica en asumir que sitios que comparten la presencia de un taxón están estrechamente relacionados, por lo que los cladogramas que se obtienen a partir del análisis, representan un conjunto de áreas anidadas en las que las dicotomías terminales representan las áreas entre las cuales el intercambio biótico ha ocurrido de manera más reciente (Morrone y Crisci, 1995). Por su parte, Cracraft (1991) especula que en las relaciones entre las áreas detectadas con PAE también pueden estar en juego elementos como la similitud ecológica entre las áreas, mientras que para Trejo-Torres y Ackerman (2001) los patrones detectados con PAE, no son interpretaciones históricas, sino más bien estáticas de las relaciones entre áreas.

La validación metodológica de utilizar PAE en el presente trabajo se basa en la argumentación de Rosen (1988), en donde al ser un análisis que agrupa áreas en función de eventos históricos comunes, PAE puede ser aplicado al estudio de la distribución de los taxones, permitiendo con esto, generar hipótesis históricas acerca de los patrones naturales de distribución en los organismos (Morrone, 1994; Posadas, 1996; Morrone *et al.*, 1999).

2.3 REGIONALIZACIÓN BIOGEOGRÁFICA

En diversas ocasiones la Tierra ha sido dividida en regiones biogeográficas, las cuales son grandes extensiones de territorio en las que habita una biota característica (Ron, 2000). La distribución de la biota que habita en ellas se encuentra limitada por barreras físicas, ecológicas, climáticas o combinaciones de éstas (Alvarez-Lachica, 1974).

A lo largo de la historia, el conocimiento acerca de la distribución de las biotas ha generado numerosos modelos de sistematización, los cuales ordenan de manera jerárquica las áreas de distribución de los organismos en regiones biogeográficas que reflejen los patrones de distribución de las especies (Fa y Morales, 1998). Dichos modelos parten de que la naturaleza se estructura en entidades discretas ordenadas jerárquicamente, es decir, que las entidades menores se “anidan” dentro de otras entidades mayores, en donde cada nivel de jerarquía posee propiedades emergentes y cierta autonomía, por lo que no son meros agregados de entidades menores (Eldredge, 1997). Las distintas categorías que son contempladas en un sistema jerárquico de clasificación biogeográfica incluyen, de mayor a menor, los siguientes niveles: reinos, regiones, sub-regiones, provincias y distritos (Fa y Morales, 1998; Morrone *et al.*, 2002)

La historia del concepto “región biogeográfica” se remonta a los trabajos de Buffon (1761), quien lo desarrolló al observar que los mamíferos presentes en las regiones tropicales del Nuevo y Viejo Mundo no eran los mismos. Pero fue hasta Agustín De Candolle (1820) que se establece uno de los primeros sistemas de regionalización biogeográfica a escala mundial, tomando como base la distribución de las plantas. Más tarde surgen los trabajos de Sclater (1858), quien, en función de la distribución de aves, propone una regionalización conformada por seis grandes regiones. Posteriormente esta regionalización es adoptada por Wallace (1876), quien la aplica a otros grupos de animales, especialmente mamíferos (Ruíz-Jiménez *et al.*, 2004). En su sistema, Wallace propone una regionalización compuesta por seis regiones: Paleártica, Etiópica, Oriental, Australiana, Neártica y Neotropical; tanto en sus límites como en los nombres de cada división, en la actualidad este sistema es uno de los más aceptados (Cox, 2001).

De igual forma, interesado en el reconocimiento de regiones biogeográficas, Engler (1879) propone una regionalización basada en la distribución de plantas, en la que plantea cuatro dominios; esta regionalización, a su

vez es modificada por Good (1974), quien nombra a las grandes divisiones reinos en lugar de dominios (Cox, 2001).

La definición de las distintas unidades de una regionalización biogeográfica se basa en la composición y distribución que exhiben las formas biológicas, en donde los criterios más utilizados son: 1) porcentaje de taxones endémicos, 2) tamaño de las diferentes floras o faunas y 3) zonas de demarcación, esto es, puntos o líneas donde existe un cambio marcado en la composición de la flora o fauna, los cuales generalmente coinciden con los límites de un gran número de “intervalos taxonómicos”(Espinosa *et al.*, 2001). Sin embargo, de acuerdo con Platnick (1991), una región biogeográfica está definida por la superposición de las áreas de distribución de dos o más especies o taxones que le dan identidad y que, de acuerdo con la concepción original de De Candolle (1820), reciben el nombre de endémicos (Eisenberg, 1981).

A menudo, los reinos y regiones se caracterizan por endemismos a nivel de familia y género, mientras que las provincias y distritos se caracterizan a nivel de la distribución de especies endémicas que contienen. Esta correspondencia entre la jerarquía de los grupos naturales y la jerarquía de las regiones biogeográficas es considerada como evidencia para reconocer la influencia de la historia de la tierra sobre los patrones de distribución geográfica de los organismos (Brown y Lomolino, 1998).

Las diferencias entre las biotas pertenecientes a distintas regiones biogeográficas pueden estar determinadas por la interacción de diversos factores; entre los más importantes podemos encontrar las condiciones ecológicas (únicas) y el aislamiento geográfico. El efecto del aislamiento geográfico en las poblaciones, es directamente proporcional a su permanencia en el tiempo, ya que cuanto más tiempo ha estado una población aislada en una región, su historia evolutiva es menos homogénea provocando que su biota se diferencie a niveles taxonómicos cada vez más altos, de especie a género y de género a familia, lo cual determina su inclusión en la categoría de distrito, provincia, dominio o región (Cox, 2001).

Las zonas de transición o límites entre regiones biogeográficas representan eventos de “hibridación” biótica, la cual es promovida por cambios histórico-ecológicos que permiten la mezcla de componentes bióticos diferentes (Darlington, 1957; Halffter, 1987; Ruggiero y Ezcurra, 2003). En ocasiones, las zonas de transición poseen una biota empobrecida, mientras que en otras su diversidad es particularmente elevada. Desde una perspectiva evolutiva, las zonas de transición merecen especial atención, pues más que líneas estáticas, representan áreas de interacción biótica intensa entre regiones (Morrone, 2004).

Las áreas de transición de biotas, al estar definidas por barreras que limitan la distribución de las especies, a menudo estructuran áreas de endemismo de taxones característicos, por lo que son fundamentales en la delimitación de provincias biogeográficas (Espinosa *et al.*, 2000). Al tomarse las áreas de endemismo como sistemas de explicaciones evolutivas acerca de las biotas, es posible hacer inferencias acerca de la historia evolutiva de los organismos y de los mecanismos de barrera acaecidos en el pasado, a partir de los cuales se explican los patrones de distribución que hoy observamos (Rosen, 1988). Las provincias bióticas, además de distinguirse por la concentración de ciertos endemismos, son unidades relativamente homogéneas en cuanto a las condiciones ecológicas que presentan, por lo que se caracterizan por especies que comparten condiciones fisiográficas, climáticas, de suelo y fisonomía vegetal muy similares (Espinosa *et al.*, 2000).

Álvarez y Lachica (1974) definen a la provincia como “un área considerable y continua, distinguida por contar con la presencia de una o más asociaciones ecológicas importantes que difieren, cuando menos, en una de las asociaciones que se encuentran en las provincias adyacentes”. Espinosa y colaboradores (2001) la acotan aún más, al afirmar que “una provincia debería estar definida por el conjunto particular de especies que tienen una distribución homopátrida” (especies endémicas), a lo cual Escalante y colaboradores, (2003) añaden, que ésta posee características geológicas y ambientales especiales que la definen, y que estas deben reflejar la historia evolutiva común de las áreas.

2.3.1 REGIONALIZACIÓN BIOGEOGRÁFICA DE MÉXICO

Como se mencionó anteriormente, las provincias biogeográficas connotan, en comparación con las áreas adyacentes, una región de características físicas y biológicas más o menos homogéneas. Además de la homogeneidad de las condiciones ambientales, el concepto de provincia se fundamenta en la presencia de elementos pertenecientes a uno o varios taxones particulares, en la identificación de regiones de endemismo, así como en la identificación de regiones de ensamble de biotas particulares (Fa y Morales, 1998).

La flora y fauna mexicana son producto de la influencia de dos reinos biogeográficos, el Neártico y el Neotropical, ya que México es interfase entre climas templados y tropicales. El límite entre ambas biotas está dado por la distribución intercalada de especies neotropicales, que se extienden hacia el norte, y especies neárticas que a su vez se distribuyen hacia el sur (Fa y Morales, 1998). En cuanto al límite entre ambas biotas,

algunos autores han lo definido de manera irregular a lo largo de la FVT (llamada Cinturón Neovolcánico Trans-Mexicano; Rzedowski, 1978), mientras que otros como Darlington (1957) y Hershkovitz (1972), lo delimitan mediante el trópico de Cáncer en conjunción con aspectos ambientales. Por su parte, Ferrusquía-Villafranca (1977) menciona que los límites son realmente muy vagos y abarcan elementos tanto tropicales como neárticos distribuidos de manera extensiva, puesto que poseen requerimientos ecológicos muy amplios.

Existen diversos trabajos orientados hacia la clasificación biogeográfica del territorio mexicano en provincias bióticas. Los grupos más utilizados en las distintas clasificaciones son mamíferos, aves, reptiles y plantas vasculares. Entre los esquemas más antiguos se pueden mencionar los de Humboldt (1805), Martens y Galeotti (1842), Hemsley (1887) y Ramírez (1889). De manera más reciente, se encuentran los trabajos de Smith (1941), Dice (1943), Goldman y Moore (1945), seguidos de los trabajos de Rzedowski (1990), Ferrusquía-Villafranca (1990) Ramírez-Pulido y Castro-Campillo (1990) y Morrone (2001). De éstos, el primero que planteó la división del territorio mexicano en provincias bióticas determinadas de acuerdo a la composición de su fauna fue el de Smith (1941), quien consideró a las provincias bióticas como una construcción real y activa, definida por la distribución de varios grupos “ideales”. Por su parte, Goldman y Moore (1945) dividieron a la República Mexicana en 18 provincias bióticas con base en la distribución de aves y mamíferos, en relación con la vegetación y considerando a las provincias bióticas como unidades mayores o centros de distribución de agrupaciones generales de especies, en las que las relaciones bióticas y la historia geológica son de gran relevancia en el proceso de conformación de la provincia.

Entre los trabajos de mayor relevancia faunística, se encuentran los realizados por Ramírez-Pulido y Castro-Campillo (1990), quienes dividieron al territorio en 20 provincias mastofaunísticas; el de Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990), que realizaron una clasificación biogeográfica de México en 15 provincias herpetofaunísticas; el de Morrone y colaboradores. (2002), quienes presentaron una nueva regionalización sintetizando otros sistemas ecológicos y biogeográficos propuestos, reduciendo el número de provincias a 14 y finalmente el impulsado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, que propone 19 provincias bióticas (Conabio; Arriaga *et al.*, 1997).

En su sistema, Ramírez-Pulido y Castro-Campillo (1990) emplean como unidades taxonómicas operacionales 121 cuadrantes, en los que se registró la presencia o ausencia de cada una de las 449 especies de mamíferos conocidos para México, desde 1758 hasta 1988, a los cuales se les aplicó un análisis multivariado de

agrupamiento. Mientras que en el sistema consenso de Conabio, obtenido a partir del Taller de Regionalización Ecológica y Biogeográfica de México, se basó en la comparación de los sistemas de Rzedowski (1978), Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990), Ferrusquía-Villafranca (1990) Ramírez-Pulido y Castro-Campillo (1990), para la definición de las provincias bióticas (Arriaga *et al.*, 1997).

Morrone y colaboradores (1999), basados en un análisis panbiogeográfico y cladístico con distintos taxones animales y vegetales, reconocen para el país 14 provincias biogeográficas, a las cuales clasifican en dos regiones. Más tarde, dicho sistema fue analizado por Morrone y colaboradores (2001) mediante un análisis de trazos generalizados de coleópteros, encontrando que las distintas provincias del país se relacionan en dos trazos generalizados que agrupan, por un lado a la Sierra Madre del Sur-Sierra Madre Occidental - Balsas - Eje Volcánico Trans-mexicano (FVT) y por otro Golfo de México – Chiapas - Costas del Pacífico - oeste del Istmo de Tehuantepec. Morrone y Márquez (2001) mencionan que dichos trazos corresponden respectivamente a los patrones Neártico y Mesoamericano de Halffter.

Ruiz-Jiménez y colaboradores (2004), al hacer una revisión de los diferentes sistemas de regionalización de México, dividen en dos grandes grupos los criterios utilizados:

- Regionalización biótica.- basadas principalmente en los patrones de distribución de diferentes grupos de organismos como aves (Escalante *et al.*, 1998), mamíferos (Ramírez-Pulido y Castro-Campillo, 1992), reptiles (Flores-Villela, 1991), plantas (Rzedowski, 1978); en un tipo de taxón particular, como es el caso del género *Pinus* (Styles, 1998); varios taxones (Morrone *et al.*, 2002) o en un sistema de consenso basado en la combinación de varios sistemas (Conabio, 1997).
- Regionalización física.- basada principalmente en aspectos geológicos y de formas del terreno, factores abióticos como clima, suelo y en ocasiones se combinan con tipo de vegetación, tales como las provincias morfotectónicas (Ferrusquía-Villafranca, 1990), geológicas (De Cserna, 1989), fisiográficas (Cervantes-Zamora *et al.*, 1990) y ecoregiones (Conabio, 1999).

2.3.1.1 REGIONALIZACIÓN MASTOFAUNÍSTICA DE MÉXICO

En México, el reconocimiento de provincias biogeográficas basadas en la distribución de los mamíferos inició con Dice (1943), quien acuñó el concepto de provincia mastofaunística al proponer una de las primeras regionalizaciones basada en mamíferos, para el norte de México. Posteriormente, Goldman y Moore (1945) dividieron a la República Mexicana en 18 provincias bióticas (16 continentales y dos insulares), analizando la distribución de aves y mamíferos en relación con la vegetación; éstas son concebidas como unidades mayores o centros de distribución de agrupaciones generales de especies, generalmente naturales, en donde son de gran importancia las relaciones bióticas y la historia ecológica (Espinosa *et al.*, 2000). Ramírez-Pulido y Castro-Campillo (1990, 1993) por su parte, propusieron una versión actualizada de las provincias mastofaunísticas para México, considerando la riqueza de especies y el endemismo. En ésta, desarrollaron una clasificación basada en el análisis de agrupamiento referente a una matriz de presencia ausencia, con 448 especies. Más tarde, Ramírez-Pulido y colaboradores (1994) llevaron a cabo una nueva regionalización en la que dividen a México en 20 provincias mastofaunísticas agrupadas en dos regiones, las cuales incluyen una base de datos conformada con los registros de 449 especies de mamíferos conocidas desde 1758 hasta 1988.

Escalante y colaboradores (2005), al realizar un análisis de las regionalizaciones anteriormente mencionadas, encontraron que todas fueron elaboradas con base en la similitud global de sus faunas, lo cual no necesariamente refleja la naturalidad de las provincias, por lo que estos esquemas bien podrían no ser naturales. El término natural, empleado por Escalante y colaboradores, es análogo al uso que se le da en sistemática filogenética, es decir, la regionalización debería reflejar la historia evolutiva común de las áreas.

Escalante y colaboradores (2003) analizaron los patrones de endemismo de los mamíferos terrestres de México, mediante la aplicación del PAE al sistema de ecoregiones propuesto por Conabio (Arriaga *et al.*, 1997). Estos autores detectaron cinco áreas de endemismo a nivel país y mencionan que la ausencia de la provincia de la FVT (Eje Volcánico Trans-mexicano), previamente propuesta como área de endemismo, se puede deber a que tiene un origen compuesto.

2.4 PROVINCIA DE LA FAJA VOLCÁNICA TRANSMEXICANA

La Faja Volcánica Transmexicana (FVT) es un área que ha sido objeto de múltiples análisis desde hace varias décadas (v. gr. Moore, 1945). Generalmente se le considera una unidad más o menos homogénea, tradicionalmente conocida como Eje Neovolcánico Mexicano. Su nombre ha sido sustituido por el de Faja Volcánica Transmexicana (FVT), el cual, según Morán-Zenteno(2003) resulta más adecuado en términos geológicos.

A pesar que solo en pocas publicaciones se cuestiona la identidad de la provincia de la FVT (Flores-Villela, 1991; Morafka, 1977), es común que no se detallan los límites ni los criterios de delimitación, y que la nomenclatura utilizada para referirse a esta porción del país sea inexacta. Lo anterior conlleva a que los trabajos realizados en la zona no sean completamente equivalentes al momento de realizar comparaciones.

La FVT es un área volcánica activa correspondiente a las fallas Clarion y San Andrés, constituyendo una expresión fisiográfica que se divide tradicionalmente en tres secciones con base en su geología y tectónica: occidental, central y oriental (Aguayo y Trápaga, 1996; Gómez-Tuena *et al.*, 2005). La individualización de la provincia ocurrió durante el Mioceno medio y tardío, y de manera sintética su historia geológica se divide en cuatro episodios: (1) instauración de un arco en el Mioceno medio y tardío, (2) episodio máfico en el Mioceno tardío, (3) episodio silíceo del Mioceno tardío y Plioceno temprano, y (4) reinstauración de un arco a partir del Plioceno tardío (Gómez-Tuena *et al.*, 2005).

En límites geográficos, la FVT es casi equivalente a la provincia Neovolcanense, delimitada por Ferrusquía-Villafranca (1990) con criterios morfotectónicos, la cual se ubica en el centro del país abarcando porciones de los estados de Guanajuato, México, Distrito Federal, Jalisco, Michoacán, Puebla, Oaxaca, Tlaxcala y Veracruz (Morrone *et al.*, 2002; Morrone y Marquez, 2001). Su posición geográfica se localiza entre los paralelos 17°30' - 20°25' de latitud N y los meridianos 96°20' - 105°20' de longitud W, atravesando el país de costa a costa, con dirección general este-oeste y cubriendo una extensión cercana a los 175 700 km² (9.17% del territorio nacional). Altitudinalmente se encuentra entre 1,000 y poco más de 5,000 m, con una altitud predominante entre los 1,500 y 2,500m; ésta zona corresponde principalmente a la porción oriental de la

provincia, mientras que la parte occidental (con excepción de la Meseta Tarasca de Michoacán) yace por debajo de los 1,500 m (Goldman y Moore, 1946; Ferrusquía-Villafranca, 1993) (Figura 1).

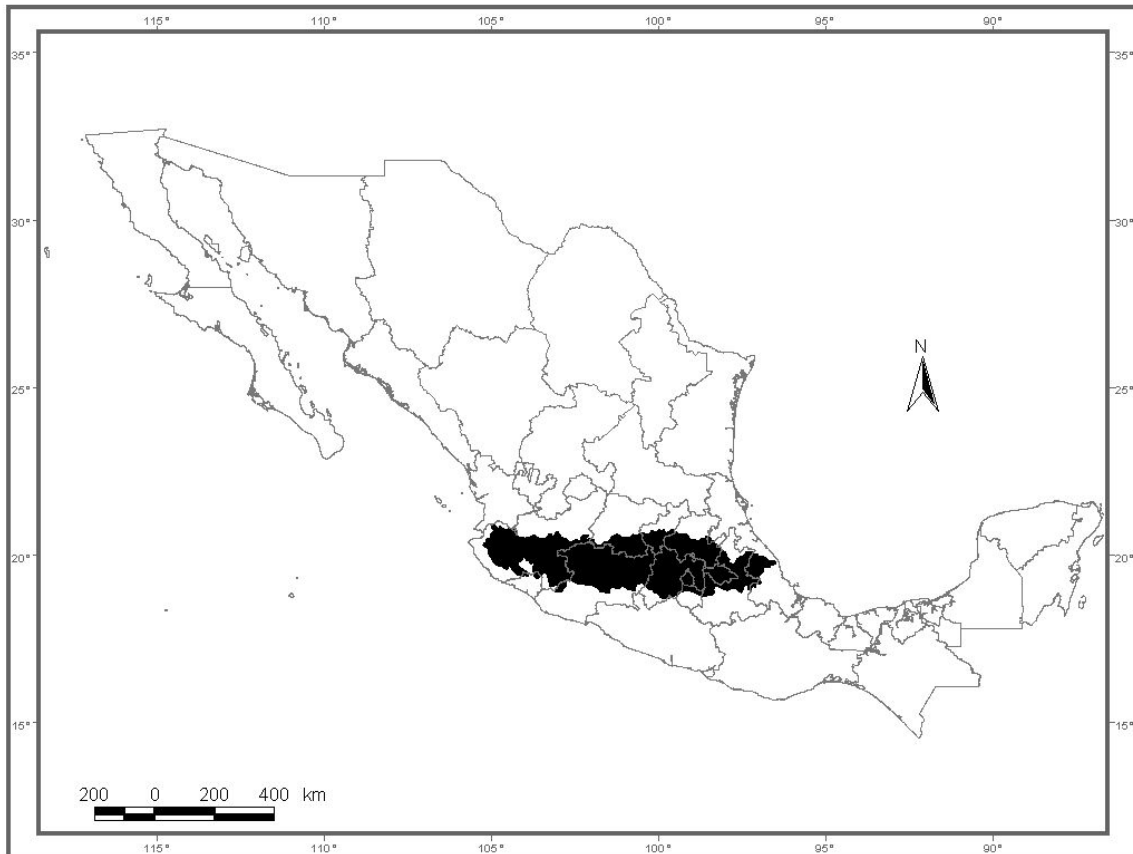


Figura 1. Provincia de la Faja Volcánica Trans-Mexicana (según Ferrusquía-Villafranca, 1993).

Posee una extensión aproximada de 1,000 km de longitud por 130 km de ancho; limita al este con la Sierra Madre Oriental, al sur con la Sierra Madre del Sur y la Cuenca del Balsas y al oeste con la Sierra Madre Occidental; los cuerpos volcánicos que la conforman son formaciones del Cenozoico Medio al Tardío y sedimentarios clásicos del Cenozoico Tardío, que en su totalidad concentran 13 de los picos más altos de México (Goldman y Moore, 1946; Ferrusquía-Villafranca, 1990, 1993; Gómez-Tuena *et al.*, 2005).

A lo largo de la historia, la FVT ha sido reconocida con distintos nombres (Morrone, 2001):

- Provincia Volcánico Transversa: Goldman y Moore (1945) y Ramírez-Pulido y Castro -Campillo (1990).
- Provincia del Eje Neovolcánico: Casas-Andew y Reyna-Trujillo (1990), Escalante y colaboradores (1998) y Morrone y colaboradores (1999).
- Ecorregión de bosques de encino del centro de México: Dinerstein y colaboradores (1995).
- Ecorregión de bosques de pino y encino Transvolcánica Mexicana: Dinerstein y colaboradores (1995).
- Provincia del Eje Volcánico: Arriaga y colaboradores (199) y Espinosa y colaboradores (2000).
- Eje Volcánico Trans-Mexicano: Morrone (2001) y Morrone y Márquez (2001)

La provincia de la FVT, en sus porciones centrales es una área típicamente templada, con ambos extremos de sub-tropical a tropical; presenta una época de lluvias de primavera a finales de otoño, registrando las mayores intensidades en verano. En el centro de la cadena montañosa las temperaturas medias anuales son de 18°C, mientras que en el resto del territorio varían en función del gradiente altitudinal. A nivel del mar las temperaturas medias anuales promedio son de 28°C, mientras que a los 3,000 m son de 10°C (García y Falcón, 1974, en Fa y Morales, 1998).

Según el mapa de Rzedowski (1994), en la provincia se presentan nueve tipos de vegetación que van de los bosques tropicales caducifolios hasta los pastizales de alta montaña, siendo los más abundantes los bosque de coníferas y encinos (51.6%), el bosque tropical caducifolio (27.5) y el matorral xerófilo (11%) (Figura 2).

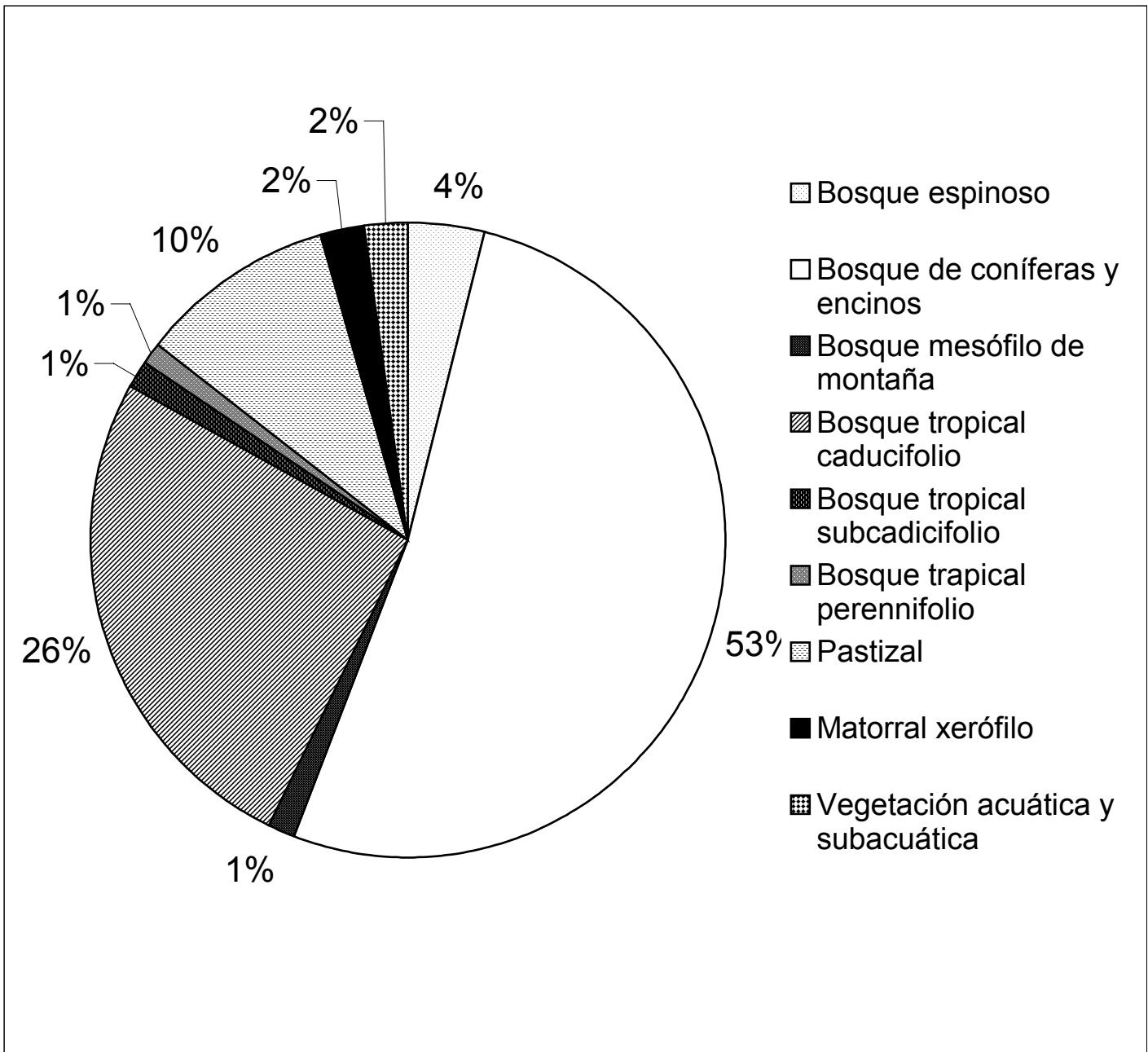


Figura 2. Tipos de vegetación (en porcentaje) en la FVT (Rzedowski, 1994).

En las tierras altas y pendientes de la cadena montañosa predomina el bosque de pino-encino, mientras que la selva baja caducifolia y subcaducifolia predomina en las de menor altitud; también existen zacatonales (tundra alpina) cerca de los grandes volcanes (Goldman y Moore, 1946; Rzedowski, 1978; Dinerstein *et al.*, 1995). Actualmente el establecimiento de asentamientos urbanos, así como la apertura de tierras para agricultura

y ganadería, ha provocado la fragmentación y pérdida de hábitat, sumando más de 45 000 km² de área deteriorada, lo cual representa casi el 50% de la provincia (Munguía, 2004).

Por otro lado, los bosques tropicales presentan diferencias en estructura y composición dependiendo de la vertiente en la que se encuentren, ya que las vertientes del Pacífico y del Golfo reciben precipitación diferenciada; en esta última, al recibir mayor precipitación, favorece la presencia de bosque tropical en las tierras bajas y bosque frío a mayor altitud, mientras que la vertiente del Pacífico, al recibir menos precipitación, define un ambiente más seco en el que las comunidades vegetales predominantes son el bosque tropical caducifolio, en las tierras bajas y el bosque de pino-encino en las porciones altas (Fa y Morales, 1991).

A lo largo del desarrollo de la biogeografía en México, el territorio que ocupa la FVT ha sido reconocido como provincia en distintos sistemas de regionalización, basados en la distribución de distintos grupos. Los límites propuestos en los distintos análisis de las provincias bióticas, realizados con reptiles (Smith, 1940), aves (Moore, 1945) y mamíferos (Goldman y Moore, 1946) se ajustan de manera muy general, sin embargo, coinciden en que la FVT es una área con significativa riqueza de especies y excepcionales endemismos. La gran complejidad topográfica que presenta el área, al promover el aislamiento de la biota, es uno de los principales factores en la definición de los intrincados patrones de distribución de las especies. De manera similar, la variación de los factores climáticos y de hábitat (heterogeneidad y productividad) potencian la complejidad de las comunidades (Fa y Morales, 1991).

La provincia biogeográfica de la FVT se encuentra definida, según Morrone y colaboradores (2002), por los siguientes taxones:

MAGNOLIOPHYTA. *Mantanoa frutescens*. (Asteraceae)

ARTROPODA. **Hexapoda**. Coleoptera: *Odontotaenius cupidatus* y *O. cerastes* (Passalidae); *Culicoides abomaculata*, *C. barkeri* y *C. dampfi* (Ceratopogonidae) y *Mydas oaxacacensis* (Mydidae); Hymenoptera: *Polybia simillina* (Formicidae)

VERTEBRATA. **Amphibia**. *Rana mostezumae* (Ranidae); *Pseudoeurycea scandens* (Phetodontidae); **Aves**. *Geothlypis speciosa* (Fringillidae). **Mammalia**. Didelphimorphia. *Marmosa canescens oaxacae* (Didelphidae); Lagomorpha. *Sylvilagus floridanus aztecus* (Leporidae); Rodentia. *Peromyscus aztecus hyllocetes*, *P. leucotus* y *Reithrodontomys chrysopsis* (Muridae); *Spermophilus m. mexicanus* (Sciuridae). *Crytotis goldmani alticola* y *Sorex vagrans orizabae* (Soricidae).

Basándose en un Análisis de Parsimonia de Endemismos de plantas, insectos y aves, Morrone y colaboradores (1999) relaciona a la FVT con las provincias de Costa Pacífica Mexicana, Depresión del Balsas y Sierra Madre del Sur.

2.4.1 LOS MAMÍFEROS DE LA FVT

La FVT es uno de los sistemas montañosos más grande de América del Norte, localizado en el centro de la República Mexicana, funge como la principal barrera geográfica y corredor biológico. Cuenta con un elevado nivel de diversidad y endemismos en grupos como reptiles, aves, mamíferos y plantas (Fa y Morales 1991). Esta zona marca un significativo aumento en la riqueza específica de mamíferos, contando con más de 157 especies (78 endémicas), que a su vez conforman el 72% de los géneros, el 79% de las familias y el 90% de los órdenes de mamíferos de México (Ramírez-Pulido y Müdespacher, 1987; Fa y Morales, 1991, 1998).

La provincia de la FVT, es escenario de abruptas transiciones ecológicas y bióticas en donde conviven en simpatria numerosas especies que conforman comunidades con elementos bióticos, que en ningún otro lugar del continente confluyen; así mismo, en ella las comunidades muestran una estructura en la que, algunas especies alcanzan su límite de distribución continental, encuentran competidores, depredadores y simbiosis a los que no se encuentran expuestas en ningún otro ámbito geográfico (Iñiguez y Santana, 1993).

En diversos estudios con mamíferos, la provincia del FVT ha sido identificada como una de las zonas con más alta heterogeneidad biológica y mayor diversidad de especies endémicas, ya que junto con la porción central de la costa del Pacífico, es la región que cuenta con mayor diversidad de especies endémicas en el país (Fa y Morales 1991). En la FVT se distribuyen 12 de los 13 géneros exclusivos de México, que en suma representan aproximadamente el 52.2% de las especies exclusivas del país: *Hodomys*, *Megadontomys*, *Megasorex*, *Musonycteris*, *Nelsonia*, *Neotomodon*, *Osgoodomys*, *Pappogeomys*, *Tlacuatzin*, *Romerolagus*, *Xenomys* y *Zygogeomys* (Ceballos y Navarro, 1991; Ramírez-Pulido *et al.*, 2005).

Al comparar los patrones de distribución de las especies endémicas de mamíferos con la de otros grupos taxonómicos como aves, reptiles y anfibios, Ceballos y Rodríguez (1993) observaron que los patrones de distribución que exhiben son similares, ya que todos los grupos muestran una mayor presencia de especies con

distribución restringida en la porción este de la FVT, correspondiente a los estados de Puebla, Veracruz y porción este de Oaxaca (Ceballos y Rodríguez, 1993).

Ceballos y Navarro (1991), especulan que entre las causas de los altos niveles de endemismo en la FVT se encuentra el hecho de que durante la fase tardía del Pleistoceno y el Holoceno actuaron sobre la región diversos mecanismos de aislamiento, tanto geográfico como ecológico, que promovieron un incremento en la tasa de recambio específico; lo cual a su vez permitió la evolución de algunos taxones de manera independiente dando lugar, por un lado a la elevada riqueza de especies (diversidad gamma), y por otro a la gran variedad en la composición específica de las comunidades que habitan un punto y otro (diversidad beta) dentro de la cadena montañosa (Fa y Morales, 1991).

Así mismo, otro factor que influyó en la alta concentración de endemismos dentro de la FVT, es el hecho de ser precisamente en esta región donde las especies de mamíferos presentan las áreas de distribución más restringidas en todo el país (Fa y Morales, 1991). La mayor parte de las especies endémicas presentan distribuciones circunscritas al eje principal de la cadena montañosa, llegando a conformar centros de endemismo en las zonas altas de Colima, Michoacán, Toluca - Valle de México - Sierra Nevada y Cofre de Perote - Pico de Orizaba (Fa, 1989). Es importante señalar que todas estas zonas se localizan sobre los 2,000 m de altura y se encuentran asociadas, en su mayoría, a bosques templados de pino-encino (Fa, 1989; Fa y Morales, 1991). Así mismo, además de ser rica en endemismos a nivel especie, la FVT es una entidad espacial que sobresale por sus endemismos a nivel subespecie (Fa, 1989).

Para diversos autores, los altos niveles de endemismo e intrincada geología presentes en la FVT son argumentos para considerarla como uno de los posibles centros de origen y refugio para las especies, que quedaron aisladas durante las glaciaciones del Pleistoceno (Ceballos y Navarro, 1991; Fa y Morales, 1991).

A partir de un análisis de similitud faunística, Fa y Morales (1989) señalan que en la provincia existen cinco áreas de gran importancia mastofaunística: norte, sur, este, centro y oeste. Las porciones sur y oeste poseen un índice de similitud del 90%, mientras que las áreas centro y norte son similares en un 80% y diferentes en un 75%, con respecto al grupo S-W; mientras que la porción este es la más distinta, presentando un índice de similitud del 70% con el resto de las áreas.

En la FVT, los roedores son el orden con mayor número de especies y número de endemismos, sus miembros representan cerca del 50% de las especies de roedores endémicas de México (Ramírez-Pulido *et al.*, 2005). En cuanto a su distribución, predominan en latitudes mayores a los 2,000 m a lo largo de todo el eje NW-SE del área (Fa y Morales 1991); el orden Chiroptera cubre más del 50% de área de estudio, con un promedio de 61-80 especies en las zonas costeras, mientras que los grandes herbívoros habitan el 60 % del área, concentrándose en las tierras bajas de la costa del Golfo (Arita, 1991); los carnívoros se encuentran concentrados en la vertiente este, en densidades específicas que van de 11-16 especies y se distribuyen en más del 80% del área (Fa y Morales 1991). Soricomorfos, roedores y lagomorfos son los órdenes más ampliamente distribuidos en la FVT, ocupando más del 90% de su territorio (Ramírez-Pulido *et al.*, 1987, 2005; Fa y Morales, 1991; Rodríguez *et al.*, 2003).

Al sobreponer la distribución de las especies endémicas con la altitud, Fa y Morales (1991) observaron una correlación positiva entre altitud y densidad de especies endémicas, en donde la mayor densidad de especies se encontró entre los 2,000 y los 5,000 msnm y se relacionó con la gran cantidad de roedores en altitudes mayores a los 2,000 m. Lo anterior coincide con el patrón de endemismo observado por Peterson y colaboradores (1993), quienes señalan que los niveles de endemismo en el país están relacionados a las tierras altas de las cadenas montañosas.

Las porciones norteñas del eje presentan pocos endemismos y el número aumenta gradualmente hacia los picos montañosos de la porción central, después de los cuales disminuye la frecuencia abruptamente. Siendo los picos montañosos de la cadena con orientación W-E, conformada por el volcán de Colima, Tancítaro, Toluca-Sierra Nevada, Cofre de Perote y Pico de Orizaba y ocupada principalmente por bosque de pino-encino, la zona más sobresaliente en número de endemismos (Fa y Morales, 1991).

De acuerdo con Fa y Morales (1991), la diversidad de especies de mamíferos se encuentra relacionada al tipo de hábitat, observándose que varía de acuerdo al orden y al tipo de vegetación asociada. Siendo el bosque frío, la comunidad vegetal con mayor presencia de mamíferos con alrededor de 100 especies, seguido del bosque de pino-encino con 96 especies, el bosque tropical semi-deciduo con 93 y el bosque tropical deciduo con 91 (Fa y Morales, 1991).

Al analizar la distribución por orden, Fa y Morales (1991) observaron las siguientes tendencias:

- Las especies de marsupiales se localizan preferentemente en el bosque frío y en el bosque tropical húmedo, con una densidad de especies por arriba de cuatro;
- Los soricomorfos y roedores se distribuyen preferentemente en bosques de pino-encino y bosques fríos; en el caso específico de los roedores la densidad de especies va de ocho a 14, mientras que en los soricomorfos la densidad máxima es de cuatro especies;
- Las especies del orden Lagomorpha presentan mayor afinidad por las vegetaciones semi-áridas que por ambientes húmedos, alcanzando densidades de hasta cuatro especies;
- Las especies de murciélagos y carnívoros muestran afinidad por el bosque tropical deciduo y semi-deciduo, disminuyendo claramente en ambientes semi-áridos; este grupo presenta densidades que van de 25 a más de 50 especies en el caso de quirópteros y de cuatro a ocho en el caso de los carnívoros.

En cuanto a la distribución de endemismos y riqueza de especies total, las formas neárticas se distribuyen en las regiones altas al centro de la provincia biogeográfica; en cuanto a las neotropicales, ampliamente representadas por murciélagos, algunos carnívoros y artiodáctilos, son más afines a las regiones costeras (Fa, 1989). De acuerdo con Fa y Morales (1991), el origen de la mayoría de los endemismos es de carácter neoendémico, a excepción de los géneros *Zygoeomys* y *Romerolagus*, y las formas vicariantes *Habromys*, *Hodomys* y *Megadontomys*, que son de carácter paleoendémico (Fa y Morales, 1991).

La distribución espacial de las formas endémicas se encuentra concentrada en los principales picos montañosos: al oeste, en la región correspondiente al Pico de Tancítaro y al volcán Parícutín; en el centro, en el eje montañoso Sierra Nevada-Nevaldo de Toluca-La Malinche; y al oeste en el bloque conformado por el Cofre de Perote-Pico de Orizaba (Fa y Morales, 1991).

Para Escalante y colaboradores (en prensa) la provincia de FVT está incluida en la provincia fisiográfica Eje Neovolcánico (INEGI-DGG, 2000), mientras que para Cervantes- Zaora y colaboradores (1990), coincide principalmente con las provincias Guadalajara, Lagos y Volcanes del centro, Mil cumbres, Neovolcánica Tarasca, Sierra de Jalisco y Sierras y Bajíos michoacanos.

En cuanto a la distribución de mamíferos, Escalante y colaboradores (en prensa) mencionan que los taxones endémicos que la definen son: *Nelsonia goldmani* (Rodentia: Muridae), *Neotoma albigula latifrons*, *N.*

nelsoni (Rodentia: Muridae), *Pappogeomys alcorni* (Rodentia: Geomyidae), *Peromyscus eremicus collatus* (Rodentia: Muridae) y *Zygogeomys trichopus* (Rodentia: Geomyidae). Morrone (2001) incluye también a *Cryptotis goldmani alticola* (Soricomorpha: Soricidae), *Marmosa canescens oaxacae* (Didelphimorphia: Marmosidae), *Peromyscus aztecus hyllocetes*, *P. leucotus* (Rodentia: Muridae), *Reithrodontomys chrysopsis* (Rodentia: Muridae), *Sorex vagrans orizabae* (Soricomorpha: Soricidae), *Spermophilus mexicanus mexicanus* (Rodentia: Sciuridae) y *Sylvilagus floridanus aztecus* (Lagomorpha: Leporidae).

III. OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Identificar, mediante un análisis espacial, los patrones biogeográficos de los mamíferos terrestres en la Faja Volcánica Trans-Mexicana.

3.2 PARTICULARES

1. Determinar los límites de la provincia de la Faja Volcánica Trans-Mexicana, tomando como base los patrones de distribución de los mamíferos terrestres.
2. Analizar los patrones de distribución geográfica, en particular los de riqueza específica y exclusividad de los mamíferos terrestres de la FVT, a partir de modelos de nicho ecológico, proyectados como áreas de distribución potencial.
3. Identificar las áreas de endemismo de los mamíferos terrestres de la FVT.
4. Proponer una regionalización de la Faja Volcánica Trans-Mexicana basada en la distribución de los mamíferos terrestres, aplicando un Análisis de Parsimonia de Endemismos.

IV. MATERIAL Y MÉTODOS

Inicialmente se definió la lista preliminar de especies de mamíferos de la FVT empleando una base de datos de especímenes de colecciones y literatura (Ceballos y Arita, 1996; López-Wilchis, 1996; Fa y Morales, 1998; Escalante *et al.*, 2002). Esta lista fue corregida mediante la consulta con especialistas (ver agradecimientos). Se corrigieron los nombres inconsistentes siguiendo la lista nomenclatural de Ramírez-Pulido *et al.* (2005) y se asignó a cada registro el nivel de familia y orden. Para cada especie se asignó su estatus de conservación de acuerdo con la NOM-059-ECOL-2001 (SEMARNAT 2002).

De manera preliminar, se definieron los límites de la FVT tomando como mapa-base el polígono de la provincia biótica Neovolcanense de Ferrusquía-Villafranca (1990), el cual fue formulado con criterios morfotectónicos (figura 1). Esta elección se basó en que los límites morfotectónicos hacen referencia a la historia geológica de la zona sin el sesgo que implican los componentes bióticos y ambientales; además, permite reforzar el planteamiento teórico de la biogeografía de la vicarianza. Posterior a esto, se validó la presencia de las distintas especies a partir de la sobreposición de los registros de cada especie al mapa-base, resultando eliminadas de la lista aquellas especies que no mostraron registros dentro del mapa (Anexo 2).

Se identificaron los patrones de distribución de los mamíferos utilizando modelos de nicho ecológico, proyectados como la distribución potencial de cada una de las especies de la lista. Dichos modelos fueron construidos a partir de una base de datos con 19,058 registros de ejemplares de colecciones, compilada por el Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica del Instituto de Biología de la UNAM (Sánchez-Cordero *et al.*, 2005). Se emplearon nueve mapas digitalizados de diferentes variables ambientales: elevación, pendiente y aspecto (U.S. Geological Survey's Hydro-1K data set; www.usgs.gov); parámetros climáticos que incluyen precipitación media anual, precipitación media diaria, precipitación diaria máxima, precipitación media diaria, temperaturas diarias máxima y mínima, temperatura media anual y vegetación natural (Rzedowski, 1990). A partir las variables ambientales (mapas) y los datos puntuales de distribución de las distintas especies de mamíferos y GARP, se generaron 100 modelos de nicho ecológico para cada especie y se eligieron los diez mejores (*best subsets*), de acuerdo con los criterios mínimos de errores de omisión y aquellos que mostraron

valores cercanos a la media de los errores de comisión (Anderson *et al.*, 2003). Los mejores modelos se sumaron en un único mapa que contiene solo sus coincidencias. Para proyectar el modelo de nicho ecológico como mapa de distribución potencial de cada especie, se refinaron los modelos usando las provincias fisiográficas (Cervantes-Zamora *et al.* 1990; www.conabio.gob.mx) donde la especie ha sido recolectada (Escalante *et al.*, enviado).

Una vez obtenidos los modelos de nicho ecológico, proyectados como la distribución potencial de las especies, se sobrepusieron al mapa-base de la FVT y a una cuadrícula de 0.5° de latitud x 0.5° de longitud, cada una de estas celdas tiene una extensión aproximada de 2 500 km². Esta cuadrícula constituye la unidad de área básica de este estudio. La decisión referente a las proporciones de la cuadrícula está basada en el estudio realizado por Morrone y Escalante (2002), donde para los mamíferos terrestres de México (escala nacional) el uso de una cuadrícula de 1° de latitud x 1° de longitud resultó adecuada, por lo que una cuadrícula más pequeña resulta apropiada para el nivel de provincia.

Para cada cuadro de la cuadrícula se cuantificó la presencia (codificada con “1”) o ausencia (codificada con “0”) de cada una de las especies, con lo que se elaboró una matriz de datos binaria de cuadros (renglones) x especies (columnas) y se generó un área hipotética codificada con ceros para enraizar el cladograma mediante PAE.

Para identificar las áreas de endemismo se llevó a cabo un Análisis de Parsimonia de Endemismos (PAE) (Rosen 1988; Rosen y Smith 1988; Morrone 1994), aplicando una búsqueda heurística (*Multiple TBR+TBR*) en WinClada (Nixon 1999) y Nona (Goloboff 1993), con el fin de obtener un cladograma de áreas, a partir del cual se identificaron las especies endémicas o sinapomorfías geográficas y las especies características o autapomorfías (Escalante *et al.*, 2003). Las especies endémicas o sinapomorfías geográficas se identificaron por poseer índices de consistencia (ci) e índices de retención (ri) iguales a 1, sin embargo, también se analizaron las especies con ci y ri, mayores a 0.33, los cuales pueden indicar especies endémicas que se extinguieron de una o dos áreas (según Escalante *et al.*, 2003; Escalante *com. pers.*). Se desarrolló un PAE secuencial (PCE) eliminando, por un lado las especies informativas que resultaran distribuidas en cuadros marginales, y por otro aquellos cuadros que se consideraron que probablemente no pertenecían a la provincia por la composición de su biota, que generalmente poseían especies con distribución marginal y riqueza alta. El análisis secuencial finalizó

cuando fueron sensiblemente menores tanto el número de cladogramas obtenidos respecto a los análisis anteriores, como el número de especies informativas con distribución marginal dentro de la FVT.

Se sobrepusieron (sumaron) los modelos de distribución potencial de las sinapomorfias geográficas, correspondientes al último análisis de PAE, para identificar las áreas de endemismo. Los patrones de riqueza y endemismo de la FVT fueron analizados para obtener la delimitación de la provincia biótica respecto a sus tipos de vegetación natural y transformada, hidrogeología, clima, y elevación (Conabio, 1997; García - Conabio 1998; Marín y Torres-Ruata, 1990; Rzedowski, 1990; INE-IG, UNAM 2000).

De manera preliminar, se evaluaron los patrones de riqueza y afinidad geográfica de los mamíferos en la FVT de acuerdo con los límites de la provincia basada en los criterios morfotectónicos de Ferrusquía-Villafranca (1990). Para obtener los patrones de riqueza, se cuantificó la riqueza total (diversidad gama, de toda el área de estudio), el número de especies por cada cuadro (diversidad alfa) y el número de especies que ocupan un solo cuadro; así mismo, para detectar si esta diversidad exhibe algún patrón espacial se clasificaron los cuadros, de acuerdo al número de especies, en cinco clases iguales de intervalos iguales. Por otro lado, para analizar la afinidad geográfica, se cuantificó y analizó la riqueza y distribución de las especies neárticas, neotropicales y de transición.

A partir de los resultados del PAE y de los patrones preliminares de riqueza y afinidad geográfica que mostraron las especies, se reformularon los límites de la provincia para más tarde utilizarlos en conjunto con los mapas de vegetación natural (Rzedowski 1990), uso de suelo actual (INE-IG, UNAM 2000), hidrogeología (Marín y Torres-Ruata, 1990), clima (García - Conabio 1998) y altitud (Conabio 1997), en la determinación de patrones de riqueza y endemismo de las especies.

Una vez re-analizados los patrones de riqueza de especies, éstos fueron comparados con los resultados previos y se calculó nuevamente la riqueza total (diversidad gama, de toda el área de estudio), el número de especies por cada cuadro (diversidad alfa) y el número de especies que ocupan un solo cuadro y se clasificaron los cuadros en cinco clases con intervalos iguales.

Para analizar los patrones altitudinales, se superpuso el modelo de elevación (Conabio, 1997) al polígono de la FVT, el cual fue dividido previamente en cuatro intervalos altitudinales 1000m, para ser contrastado con los modelos de distribución potencial de cada especie. Para cada intervalo altitudinal se calculó la riqueza de especies (todas las especies, especies características y especies endémicas) y la representatividad numérica de

éstas por orden. Para detectar los patrones de distribución de las especies asociados con la vegetación, se obtuvieron los valores de riqueza de especies (todas las especies, especies características y especies endémicas) correspondientes a cada tipo de vegetación; así como la representatividad numérica de los órdenes en cada tipo de vegetación.

Por su parte, para identificar la presencia de algún patrón latitudinal se seccionaron cinco bandas latitudinales de la FVT, de los 18°30' a los 21°00' y divididas en intervalos de 30'. Se calculó el área total y el número de especies correspondiente a cada banda (riqueza absoluta). Se obtuvo la riqueza relativa de cada banda calculando la riqueza absoluta en términos del porcentaje de área que ocupa cada banda en la FVT, con el fin de evitar el efecto del tamaño del área sobre los valores obtenidos. De igual forma se calculó la representatividad, en términos de porcentaje de especies, de cada uno de los órdenes en cada una de las bandas latitudinales.

Finalmente, se calculó la riqueza de las distintas categorías taxonómicas (orden, familia, género y especie), para cada cuadro.

Los patrones de riqueza y endemismo fueron contrastados espacialmente con los polígonos de Áreas Naturales Protegidas (ANP; INE-SEMARNAT, 2001) y las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP; Conabio, 2000), para analizar su representatividad dentro de los polígonos de conservación.

En todos los casos, para la visualización y análisis cartográficos realizados durante este estudio, se empleó Arc View 3.2 (ESRI 1999).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De una lista preliminar de 217 especies de mamíferos, a partir de la sobreposición del mapa-base de la provincia (Ferrusquía-Villafranca,1990) y los modelos de nicho ecológico de cada una de las especies, se confirmó la presencia de 198 spp en la FVT.

Al sobreponer la cuadrícula al mapa-base, éste fue dividido en 77 cuadros de 0.5° de latitud x 0.5° de longitud a los que se les asignó un identificador numérico, en cada uno de estos cuadros se confirmó la presencia de al menos una especie (figura 3). Con base en los modelos de distribución potencial de cada una de las especies y su presencia o ausencia en cada uno de los cuadros, se obtuvo una matriz de datos compuesta por 78 cuadros (77 más el área para enraizar el cladograma del PAE) y 198 especies.

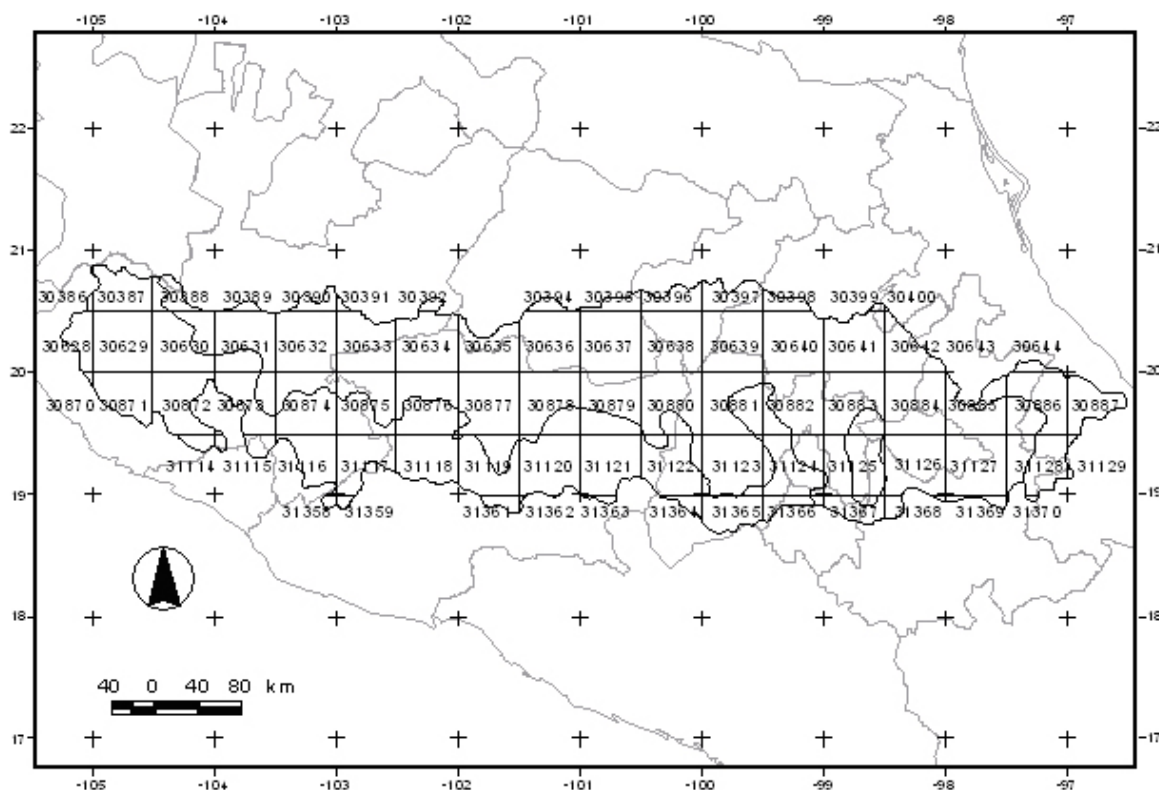


Figura 3. Sobreposición del mapa base de la FVT (Ferrusquilla Villafranca 1990) y la cuadrícula de 0.5° latitud por 0.5° longitud. Se muestra el identificador de cada cuadro.

5.1 PAE

Durante el proceso del Análisis de Parsimonia de Endemismos con eliminación progresiva de caracteres (PCE) se realizaron cuatro análisis secuenciales, con el fin de obtener un cladograma de áreas con mayor resolución y mayor número de sinapomorfias. Dichos análisis se describen a continuación:

Primer Análisis.- En la matriz de datos se identificaron 5 especies que no informativas para establecer relaciones entre las áreas: una presente en todos los cuadros de la provincia (*Liomys irroratus*) y cuatro presentes en un sólo cuadro o “especies características” (Escalante *et al.*, 2003) de las cuales tres exhiben una distribución marginal en la provincia de la FVT (es decir, solo se distribuyen en los límites de la misma: *Enchistenes hartii*, *Galictis vittata* y *Megadontomys nelsoni*), y una con distribución central (*Nelsonia golmani*). Estas cinco especies (no informativas para las relaciones entre las áreas), fueron desactivadas para el PAE, es decir, se excluyeron del análisis. El análisis resultante arrojó 22 cladogramas con 1060 pasos, CI= 0.18 y RI= 0.78 (Anexo II). Se obtuvo un cladograma de consenso estricto con 1078 pasos, CI = 0.17 y RI= 0.77. El cladograma de consenso obtenido mostró una primera dicotomía carente de sinapomorfias geográficas, que separa nueve cuadros ubicados al centro-sur del resto de la provincia, los cuales a su vez presentan una segunda dicotomía que divide los que se encuentran al oeste, de los que se encuentran al este (Anexo I).

En cuanto a su distribución, las especies del cladograma de consenso con índice de consistencia (CI) mayor a 0.33, se agruparon en tres patrones principales: (1) especies con distribución hacia las costas neotropicales y tierras bajas, (2) especies con distribución montañosa preferencialmente neártica, y (3) especies con distribución amplia al interior de la provincia.

El primer grupo contenía 14 especies con distribución marginal: cuatro del oeste, seis del este, y cuatro en ambos extremos oeste y este. El segundo patrón contiene ocho especies también marginales con distribuciones básicamente neárticas o de provincias montañosas tanto en el norte como en el sur. Finalmente, el tercer grupo contiene 18 especies con distribuciones amplias que ocupan porciones importantes del centro, oeste y este de la provincia, exceptuando algunos cuadros del centro-norte. (Anexo I).

Segundo Análisis.- Para el segundo análisis de parsimonia se desactivaron las tres especies no informativas con distribución marginal, y las 22 especies marginales con CI > 0.33 del primer análisis; estas

últimas se eliminaron por presentar distribuciones geográficas, que de acuerdo a los modelos de nicho ecológico empleados en este estudio, se propone no son típicas de la provincia de la FVT. El PAE resultó en 24 cladogramas con 1 017 pasos (CI = 0.17 y RI = 0.77). Se obtuvo un cladograma de consenso estricto con 1029 pasos, CI= 0.16 y RI= 0.77. Como resultado, se obtuvieron 24 especies con CI>0.33, y en general, se mantuvo la topología del cladograma anterior. Así mismo se identificaron seis cuadros localizados en el extremo este, que presentan como vegetación predominante bosque tropical caducifolio y bosque mesófilo de montaña (Rzedowski, 1990), los cuales son tipos de vegetación que no son típicos de la FVT (Rzedowski, 1990; INE-IG, UNAM, 2000) (AnexoII).

Tercer Análisis.- Para el tercer análisis secuencial del PAE se eliminaron los seis cuadros marginales, identificados con alta riqueza de especies. El PAE resultó en 24 cladogramas con 897 pasos (CI = 0.19 y RI = 0.80). Se obtuvo un cladograma de consenso estricto con 909 pasos (CI = 0.19 y RI = 0.80) (AnexoII). Se encontraron 41 especies con CI> 0.33, de estas nueve presentaron amplia distribución por encontrarse en gran parte de la FVT, once presentaron distribución en la mitad este, cuatro en la mitad oeste y diecisiete mostraron distribución en tierras bajas de la provincia (altitudes menores a los 1000m.) tanto en el este como en el oeste, indicando una distribución típica neotropical.

Cuarto Análisis.- En el cuarto análisis, se eliminaron especies y cuadrantes identificados en el análisis anterior como no pertenecientes a la FVT: las 13 especies marginales del oeste y suroeste, así como los 13 cuadros marginales donde se distribuyen, mismos que poseen alta riqueza de especies (AnexoII).

El PAE resultó en cuatro cladogramas con 801 pasos (CI = 0.19 y RI = 0.81). Se obtuvo un cladograma de consenso estricto con 807 pasos, CI = 0.19 y RI = 0.81 (Anexo I). En este análisis se identificaron 33 especies con un índice de consistencia mayor a 0.33: *Baiomys musculus*, *Choeronycteris mexicana*, *Corynorhinus mexicanus*, *Cratogeomys tylorhinus*, *Cryptotis mexicana*, *Eptesicus fuscus*, *Glaucomys volans*, *Microtus mexicanus*, *Molossus sinaloae*, *Myotis auriculus*, *M. carteri*, *M. lucifugus*, *M. velifer*, *M. volans*, *Pappogeomys bulleri*, *Peromyscus bullatus*, *P. levipes*, *P. spicilegus*, *Promops centralis*, *Reithrodontomys hirsutus*, *Sciurus aureogaster*, *S. colliaei*, *S. oculatus*, *Sigmodon leucotis*, *Sorex macrodon*, *S. monticolus*, *Spermophilus perotensis*, *Spilogale putorius*, *Sylvilagus cunicularius*, *S. floridanus*, *Tadarida brasiliensis*, *Urocyon cinereoargenteus* y *Xenomys nelsoni*. En el cladograma de consenso encontramos una dicotomía de la FVT y solo dos cuadrículas que no pertenecen a los dos grupos principales (Figura 4).

En el último cladograma aún se encontraron ocho especies cuyas distribuciones son marginales, por lo que se supone no pertenecen a la FVT: *Artibeus intermedius*, *Balantiopteryx plicata*, *Glossophaga morenoi*, *Marmosa mexicana*, *Oryzomys melanotis*, *Molossus sinaloae*, *Platyrrhinus helleri* y *Rhogeessa parvula*.

Con este cuarto PAE se finalizó el análisis secuencial ya que, respecto a los análisis anteriores, tanto el número de cladogramas obtenidos el número de especies informativas con distribución marginal dentro de la FVT (ocho) fueron sensiblemente menores.

De acuerdo con la depuración de cuadros y especies resultante de los PCE secuenciales, se obtuvo una lista final de 152 especies presentes dentro del polígono de la FVT (Anexo III).

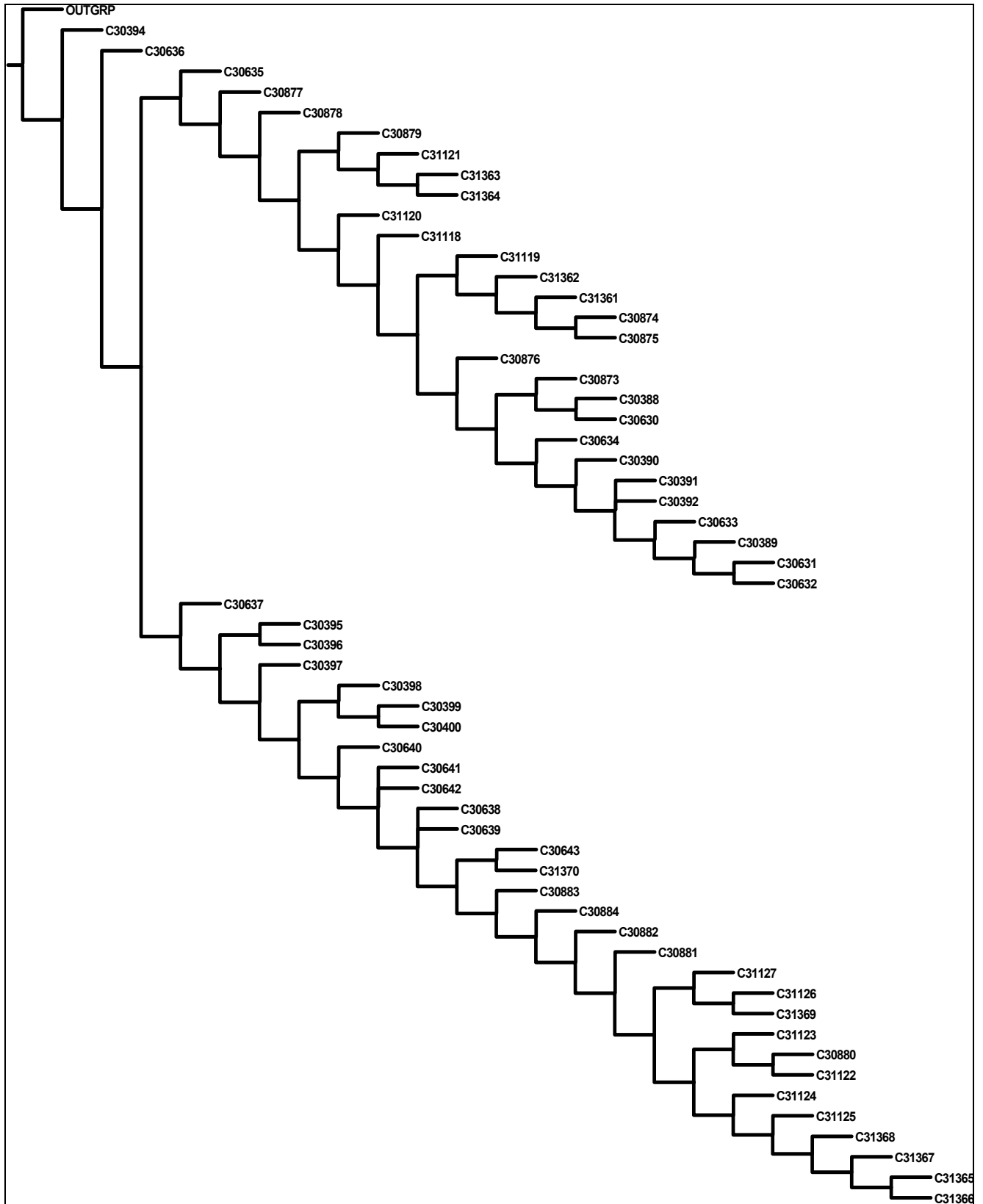


Figura 4. Cladograma de consenso del cuarto análisis secuencial de PAE.

5.2 LÍMITES DE LA FVT

El análisis preliminar de riqueza de especies arrojó un valor máximo de 139 especies por cuadro (cuadro con identificador 30875) y un valor mínimo de 18 especies (cuadro 30394); este último, por localizarse en los límites de la provincia, abarca únicamente una pequeña porción de un cuadro (Figura 5). La riqueza total para este polígono (provincia morfotectónica) fue de 198 especies, con un promedio de 94.5 especies por cuadro. En la figura 5 se muestra la distribución de la riqueza de especies de acuerdo con cinco clases iguales, destacando tres zonas con alta riqueza de especies: (1) centro-suroeste, (2) sur, y (3) extremo este.

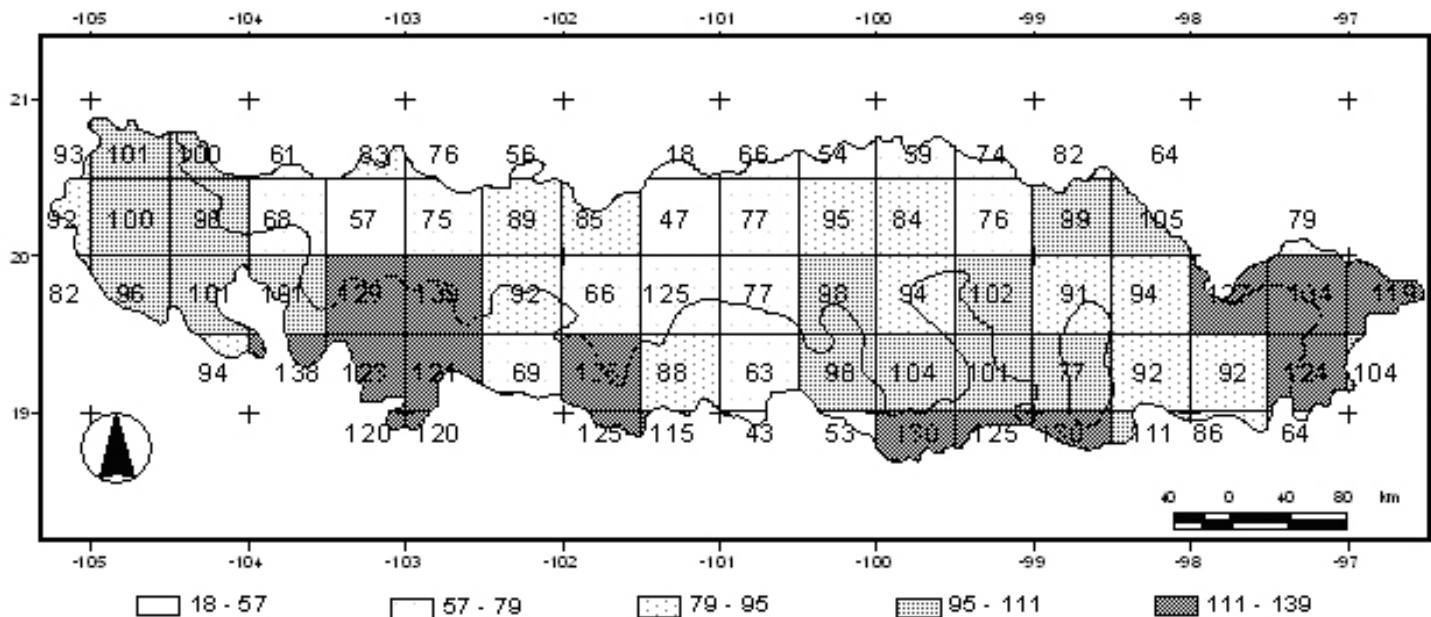


Figura 5. Riqueza de especies dentro de la FVT (por cuadrante). El número dentro del cuadro indica la riqueza de especies con presencia y los sombreados corresponden a cinco clases iguales.

Al sobreponer las coberturas de vegetación y altitud con los modelos de distribución de las distintas especies, se observó que la distribución de la diversidad al interior de la FVT no es homogénea; diferenciándose claramente en composición y riqueza las porciones del polígono con tipos de vegetación tropical y altitudes

menores a los 1000 m, respecto a las de altitudes por arriba de los 1000 m. En cuanto a vegetación, por debajo de los 1000 m, se identificaron manchones de bosque tropical perennifolio y bosque tropical subcaducifolio, los cuales no son propios de la provincia de la FVT (Fa y Morales, 1991). Rzendowski (1994) menciona que estas comunidades son afines a las zonas costeras de las vertientes del Pacífico y Golfo de México y presentan distribuciones que con frecuencia limitan con la isoterma de 0°C de temperatura mínima extrema y no sobrepasan los 1000 m de latitud.

Se observó que la riqueza de mamíferos aumenta de manera notable con la disminución de la altitud, coincidente con el aumento en los tipos de vegetación tropical. A partir de estas observaciones, se detectaron 19 cuadros que, aún cuando mostraban altos niveles de riqueza, su composición de especies incluía una mayor proporción de elementos con distribución marginal en el polígono, en su mayoría elementos pertenecientes a otras provincias: Balsas y Sierra Madre del Sur. Es importante mencionar que muchas de estas especies ya habían sido señaladas como marginales en los resultados del PAE.

Estos resultados sugieren que el resto de las especies coinciden parcialmente con el patrón de distribución Neártico de Halffter (1987) para la Zona de Transición Mexicana, también reconocido para la entomofauna (Morrone, 2005). Este patrón incluye taxones que se diversificaron en las montañas de México y ocupan usualmente los bosques templados de coníferas y pastizales en altitudes superiores a los 1700 m (Morrone, 2005). Así mismo, Liebherr (1991) encontró afinidades en la composición de especies de coleópteros en regiones con altitudes mayores a los 1500 m, relacionando a la FVT con la porción sur de la Sierra Madre Oriental y la porción norte de la Sierra Madre del Sur. Por otro lado, Morrone y Márquez (2001) encuentran que en la FVT (Eje Volcánico Trans-Mexicano) existe una clara influencia de elementos neárticos en las tierras altas, mientras que en las tierras bajas la influencia es Neotropical. Es importante resaltar que en estos trabajos el factor altitudinal es reiteradamente mencionado como elemento de gran relevancia en la definición de las relaciones entre las distintas regiones y la FVT.

Aunado a lo anterior y con base en las ideas de Croizat (1958), quien afirmó que existe una estrecha relación entre la historia de la Tierra y la historia de la biotas, se asumimos que los límites biogeográficos de la provincia biótica de la Faja Volcánica Transmexicana deben ser muy parecidos a los límites morfotectónicos propuestos por Ferrusquía-Villafranca (1990). Sin embargo, esta correspondencia no es necesariamente exacta, ya que puede haber pequeñas variaciones en las relaciones ecológicas entre las especies o cambios en el

ambiente que han modificado las distribuciones de las biotas; a pesar de esto consideramos que los límites morfotectónicos utilizados inicialmente en este trabajo son una buena aproximación para la delimitación de la provincia biótica de la FVT, describiendo de manera general los principales patrones de distribución de las mamíferos en la zona.

De acuerdo con los resultados preliminares de la riqueza de especies, el análisis PCE y de las características ambientales, es posible proponer modificaciones al polígono original que permitirán elaborar un esquema más preciso de los límites de la provincia, sin perder de vista que éstos no pueden ser estrictamente delineados, ya que las diferentes provincias aledañas se entremezclan en zonas de transición y ecotonos.

Así, en este trabajo el polígono de la FVT (Ferrusquía- Villa franca, 1990) fue redefinido en sus límites usando el Modelo Digital de Terreno (CONABIO, 1997), eliminando todas aquellas áreas que mostraran altitudes menores a los 1000 m (Figura 6) y siguiendo a Ferrusquía-Villafranca (2007).

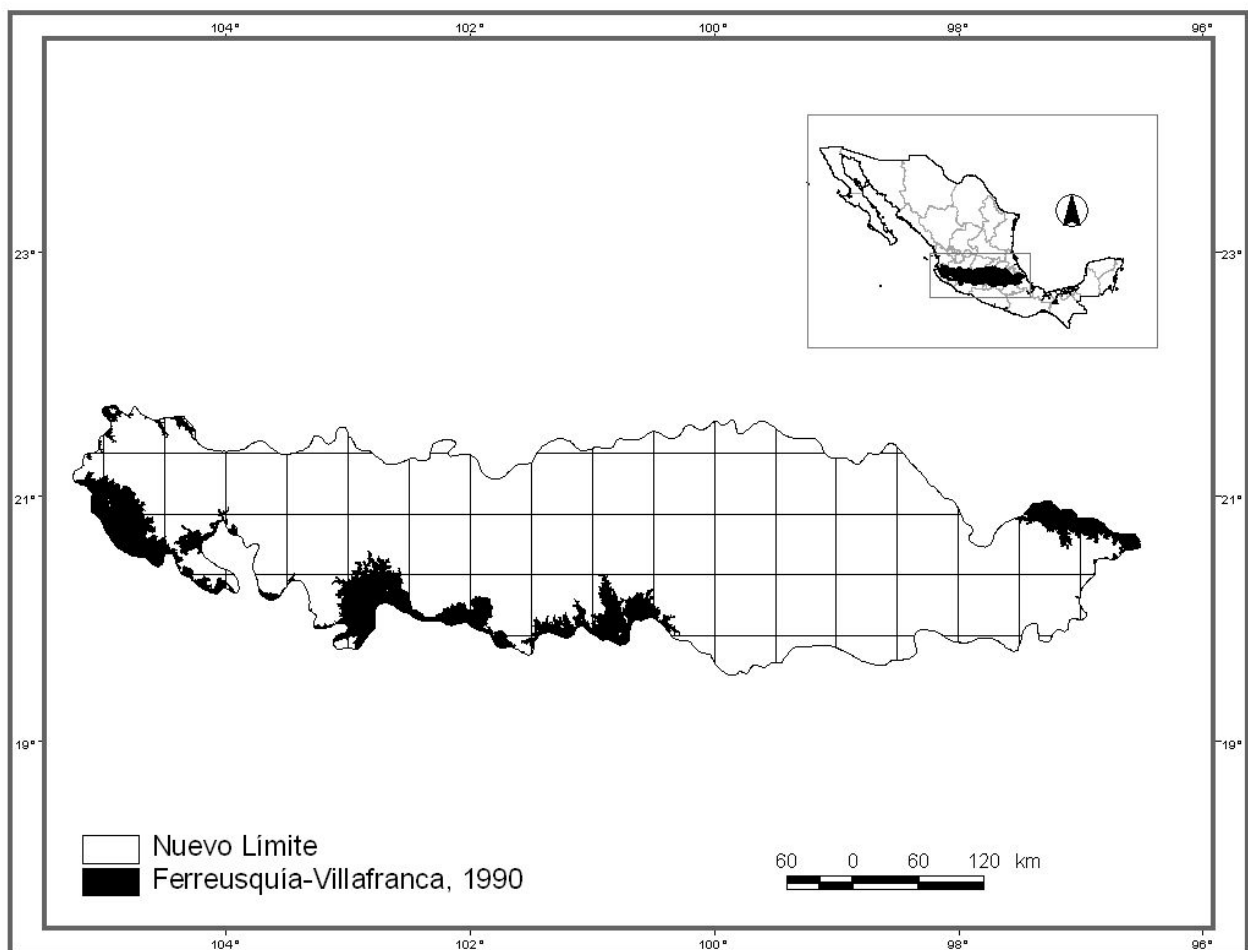


Figura 6. Límites geográficos de la FVT propuestos en este trabajo, respecto a la provincia morfotectónica de Ferrusquia-Villafranca (1990).

Los elementos que definen a la provincia de la Faja Volcánica Trans-Mexicana como un territorio que exhibe altitudes únicamente sobre los 1000 m, conforme a los patrones de distribución de la mastofauna y variables ambientales, son los siguientes:

(1) **Composición de especies y cota altitudinal.** Existen diferencias evidentes en la composición mastofaunística por debajo de los 1000 msnm. En altitudes menores a los 1000-1500 m la composición de especies es claramente de afinidad neotropical, muchas de las cuales son marginales y pertenece a las costas del Golfo (al este), del Pacífico (al oeste), o la Cuenca del Balsas (al centro-sur).

(2) **Riqueza de especies y cota altitudinal.** Existe una mayor riqueza de especies de mamíferos en altitudes menores a los 1000 m.

(3) **Tipo de vegetación y cota altitudinal.** Existen cambios en los patrones de vegetación por debajo de los 1000 msnm. Hacia el extremo este del polígono, y por debajo de los 1000 msnm, la vegetación predominante (bosque tropical perennifolio) es sensiblemente diferente de lo encontrado por encima de esta altitud (bosque de coníferas y encinos, pastizal y matorral xerófilo). Mientras que hacia el extremo oeste, y por debajo de los 1000 msnm, existe una sección de bosque tropical subcaducifolio que no coincide con lo encontrado en el resto del polígono. Como ya se mencionó, esto se debe a que ambos tipos de vegetación, al ser de afinidad costera, presentan distribuciones que con frecuencia limitan con la isoterma de 0°C de temperatura mínima extrema y no sobrepasan los 1000 m de latitud (Rzendowski, 1994) (Figura 7).

(4) **Composición geológica.** Existen diferencias geológicas en los extremos este y oeste del polígono. El margen este del polígono posee rocas del Jurásico, mientras que el oeste presenta rocas intrusivas del Cenozoico, Mesozoico y Paleozoico, cuando, en general, en la FVT predominan elementos volcánicos del Cenozoico Superior y del Pleistoceno. En el centro-sur y oeste también existen pequeños manchones de Mesozoico, Paleozoico y Precámbrico, y amplias extensiones de Cenozoico medio volcánico (Marín y Torres-Ruata, 1990) (Figura 8);

(5) **Clima y altitud.** Los tipos climáticos por debajo de los 1000 msnm difieren del resto de la provincia. Por debajo de esta cota altitudinal, el extremo este registra climas A(f) (cálido húmedo), (A)C(fm) (semicálido húmedo) y C(f) (templado húmedo); en el extremo oeste y hacia el centro-sur los

climas más comunes son Aw_0 , Aw_1 y Aw_2 (cálido subhúmedo). Por encima de los 1000 m predominan los climas $(A)C(w_0)$ (semicálido subhúmedo), $C(w_1)$ y $C(w_2)$ (templados subhúmedos), BS_1kw (semiárido templado) y $Cb'(w_2)$ (semifrio subhúmedo) (Conabio, 1998) (Figura 9).

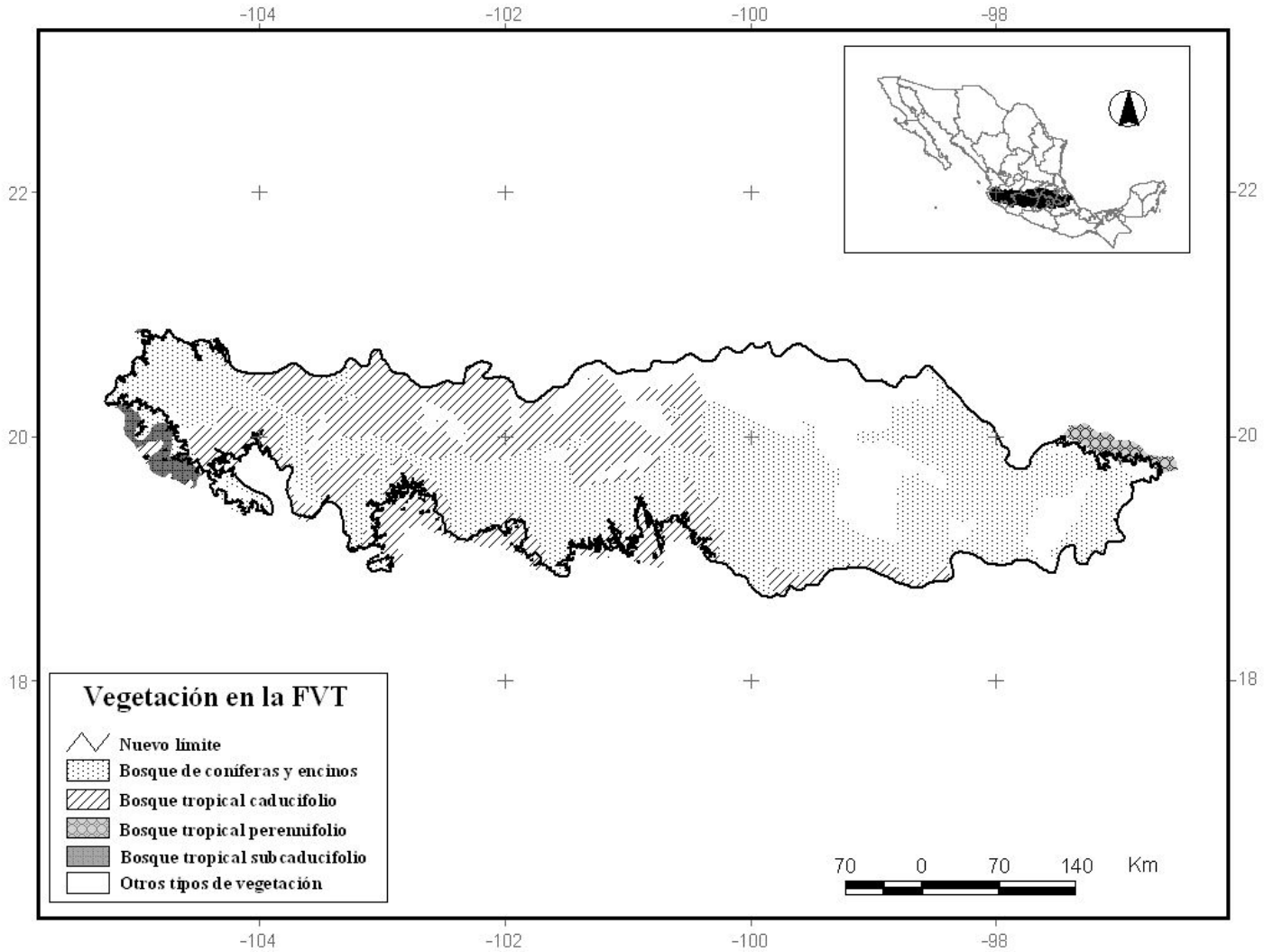


Figura 7. Vegetación de la FVT, según Rzedowski (1990) y cota altitudinal de los 1000 m.

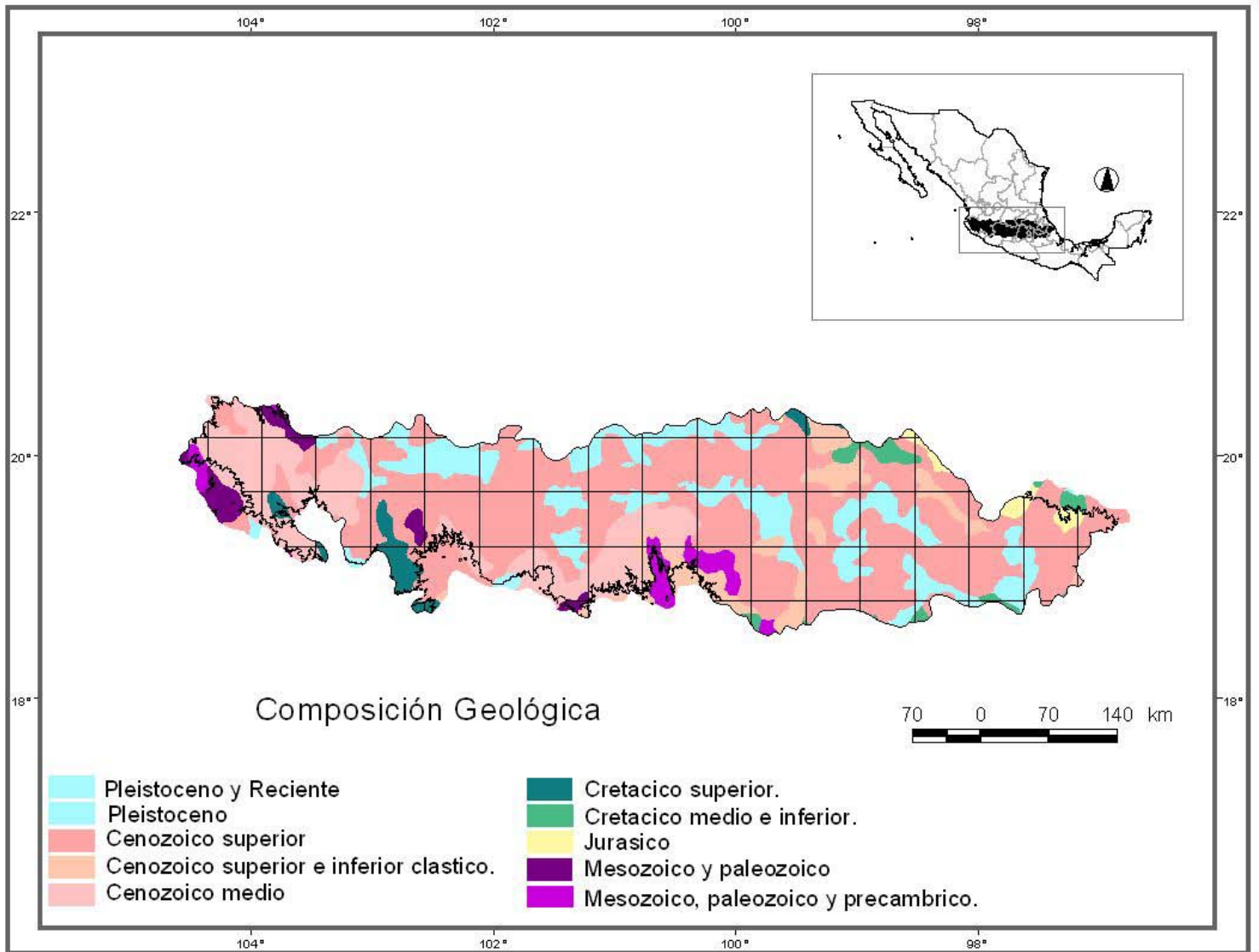
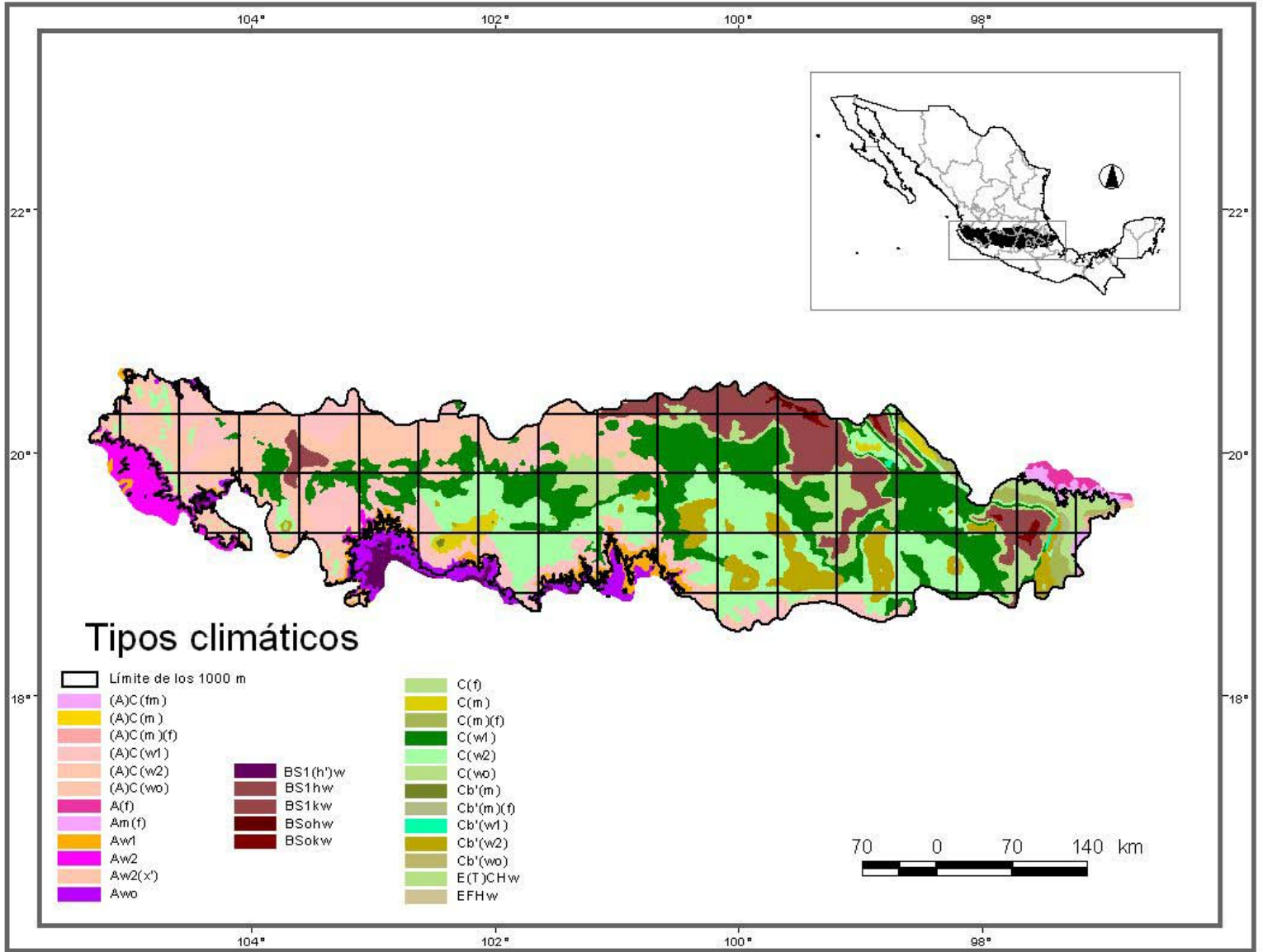


Figura 8. Composición geológica, según Marín y Torres-Ruata (1990) y cota altitudinal de los 1000 m.



Figuras 9. Tipos climáticos en la FVT, según García (1988) y cota altitudinal de los 1000m.

5.3 REGIONALIZACIÓN DE LA FVT (DISTRITOS)

De acuerdo con diversos autores, una provincia biogeográfica se define como una zona que posee características geológicas y ambientales que la unifican y reflejan la historia evolutiva común de áreas (Escalante *et al.*, 2007), en la que un conjunto particular de especies endémicas tienen distribuciones homopátricas conformando áreas de endemismo, por lo que son consideradas las unidades básicas de una regionalización biogeográfica (Platnick, 1991; Espinosa *et al.*, 2001; Escalante *et al.*, 2008).

La provincia mastofaunística Volcánico Transversa, reconocida por Ramírez-Pulido y Castro-Campillo (1992) empleando métodos cuantitativos, coincide en buena parte con los límites propuestos en esta investigación, aún cuando exhibe diferencias en las porciones noroeste y sureste (Figura 6). Morrone (2001) y Morrone *et al.* (2002), al describir a la provincia del Eje Volcánico Trans-Mexicano, la ubican en la subregión Caribeña perteneciente a la región Neotropical. Sin embargo, evidencia reciente justifica su ubicación en la Zona de Transición Mexicana (Escalante *et al.*, 2004, 2007; Morrone, 2005).

Dada la composición de especies que mostraron los cuadros del polígono, el PCE agrupó las áreas en dos bloques claramente definidos, que de acuerdo con su posición geográfica se denominaron Este y Oeste. Esta agrupación de las áreas en el cladograma se ve reforzada por diferencias en la composición de especies de mamíferos, distribución de los tipos de vegetación y gradiente altitudinal que muestran estos dos bloques.

La representatividad de los tipos de vegetación, según Rzedowski (1994), al interior de cada agrupación es claramente distinta. En la porción Oeste de la provincia, el bosque tropical caducifolio representa el 49% del área, mientras que en la porción Este solo representa el 8%. En este último caso la proporción que ocupan tanto el bosque de pino encino (57%) como el matorral xerófilo (21%), son considerablemente mayores a las ocupadas en la porción Oeste (44% y 0% respectivamente) (Figura 10).

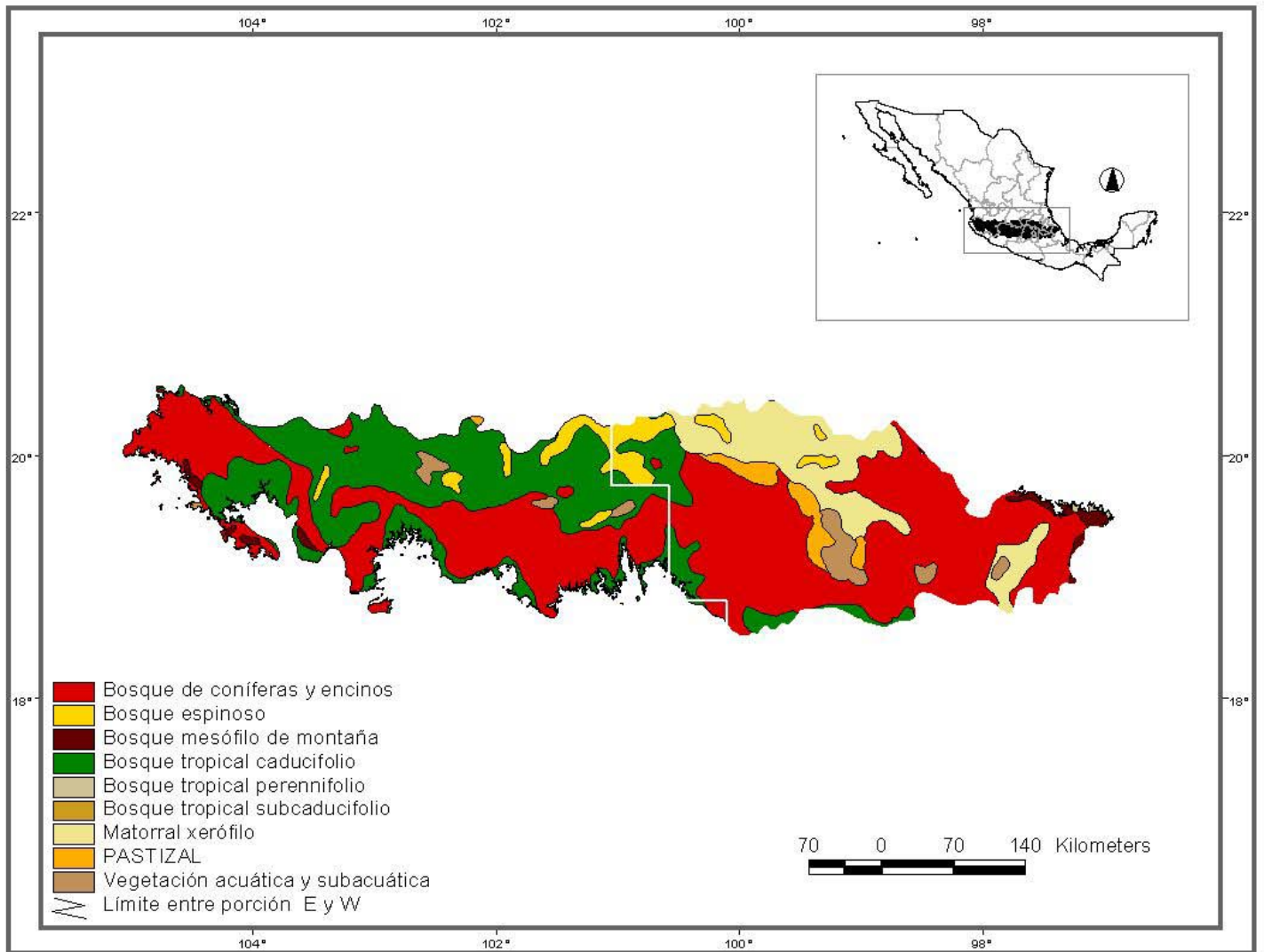


Figura 10. Tipos de vegetación en los distritos Este y Oeste para los límites redefinidos de la FVT, de acuerdo con la clasificación de Rzedowski (1994).

Así mismo, se observaron marcadas diferencias en el gradiente altitudinal de ambas agrupaciones. En la porción Este de la provincia predominan altitudes que van de los 2000 a los 3 000 m (73% del área), mientras que en la agrupación Oeste dominan altitudes menores a los 2 000 m (71% del área) (Figura 11).

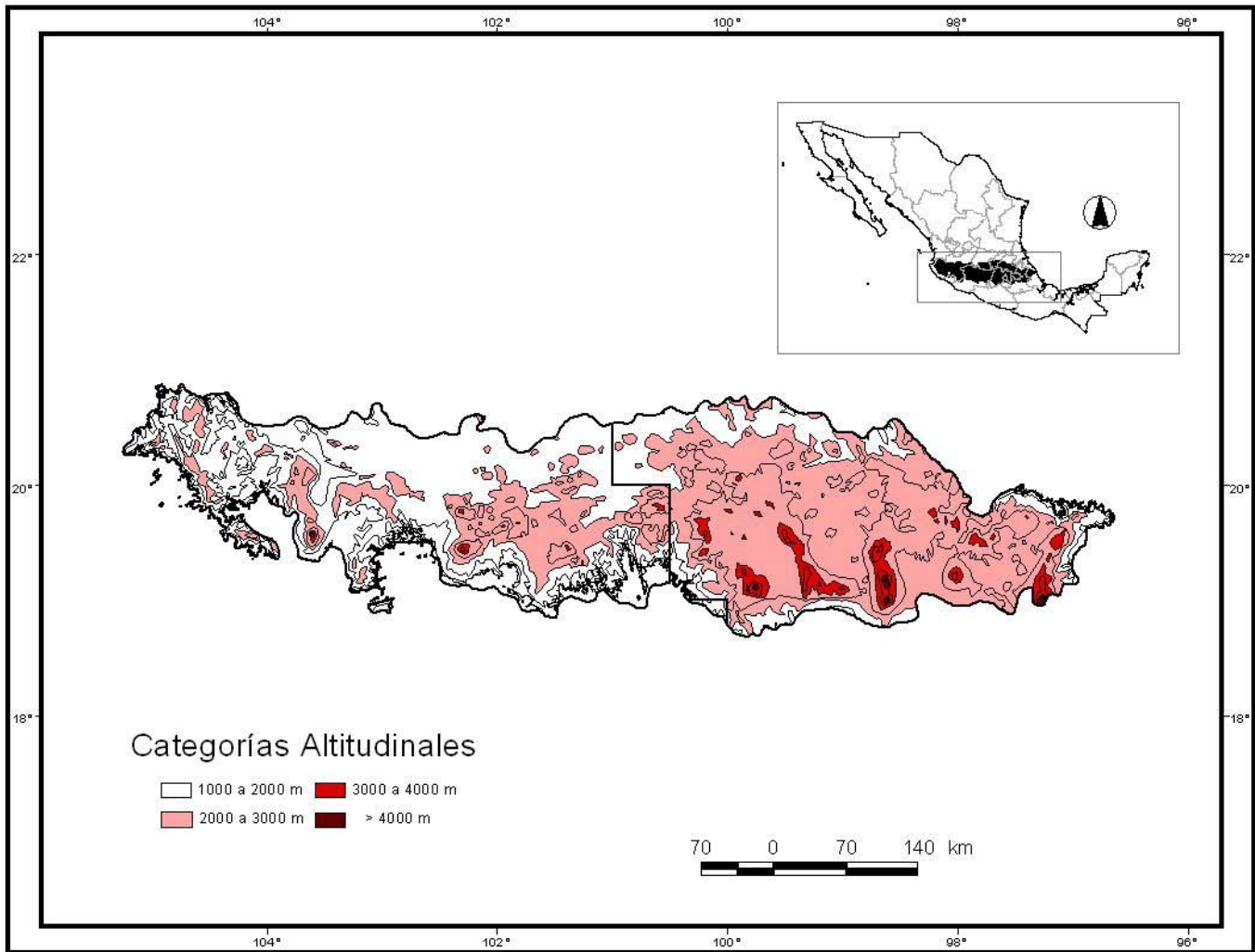


Figura 11. Categorías altitudinales propuestas para la FVT, respecto a las porciones Este y Oeste (Modelo Digital de Elevación, Conabio, 1997).

Las diferencias en altitud y vegetación entre estos dos bloques de la provincia, probablemente afectan la distribución de las especies de mamíferos. Se encontró que el 51% de las especies de mamíferos presentes en la FVT se distribuyen en uno de los dos bloques, mientras que el restante 49 % de las especies muestra una distribución amplia en las dos porciones de la provincia. En la porción Oeste de la provincia, la composición de las especies es preferentemente de afinidad neotropical, lo cual se debe principalmente a la distribución de murciélagos, elementos de origen neotropical dominantes de tierras bajas; en la porción Este dominan elementos neárticos, debido a la influencia de roedores, elementos de origen neártico y afines a hábitats montanos (Arita 1993). La porción Oeste se encuentra definida por 40 especies, de las cuales cinco son exclusivas de la provincia. Por su parte a la porción Este la definen 38 especies, siete de ellas endémicas exclusivas de la FVT.

Por todo lo anterior (diferencia en vegetación, gradiente altitudinal, el cladograma fina del análisis de PCE, así como por la distribución que muestran las especies) se identificaron dos zonas distintivas al interior de la FVT: Este y Oeste; mismas que por el número y nivel taxonómico de los elementos que las definen, se propone deben ser tratadas como distritos dentro de la FVT (Figura 12).

El hallazgo de dos distritos dentro de la FVT ha sido documentado anteriormente en la literatura. Flores-Villela (1991) identificó 15 regiones herpeto-faunísticas en México, ninguna de las cuales corresponde a la FVT como una unidad similar al polígono que usamos inicialmente; de hecho, este autor encontró una sección al extremo este, discriminada del extremo oeste de la FVT mediante un análisis de clasificación. Flores-Villela (1991) menciona que la FVT (Eje Volcánico Transversal) es una región muy compleja que requiere de estudios detallados, lo cual coincide con nuestros resultados. Aunado a lo anterior, nuestros resultados sugieren que en los distritos que encontramos se ubican especies con diferentes historias evolutivas, reflejadas en sus patrones de distribución.

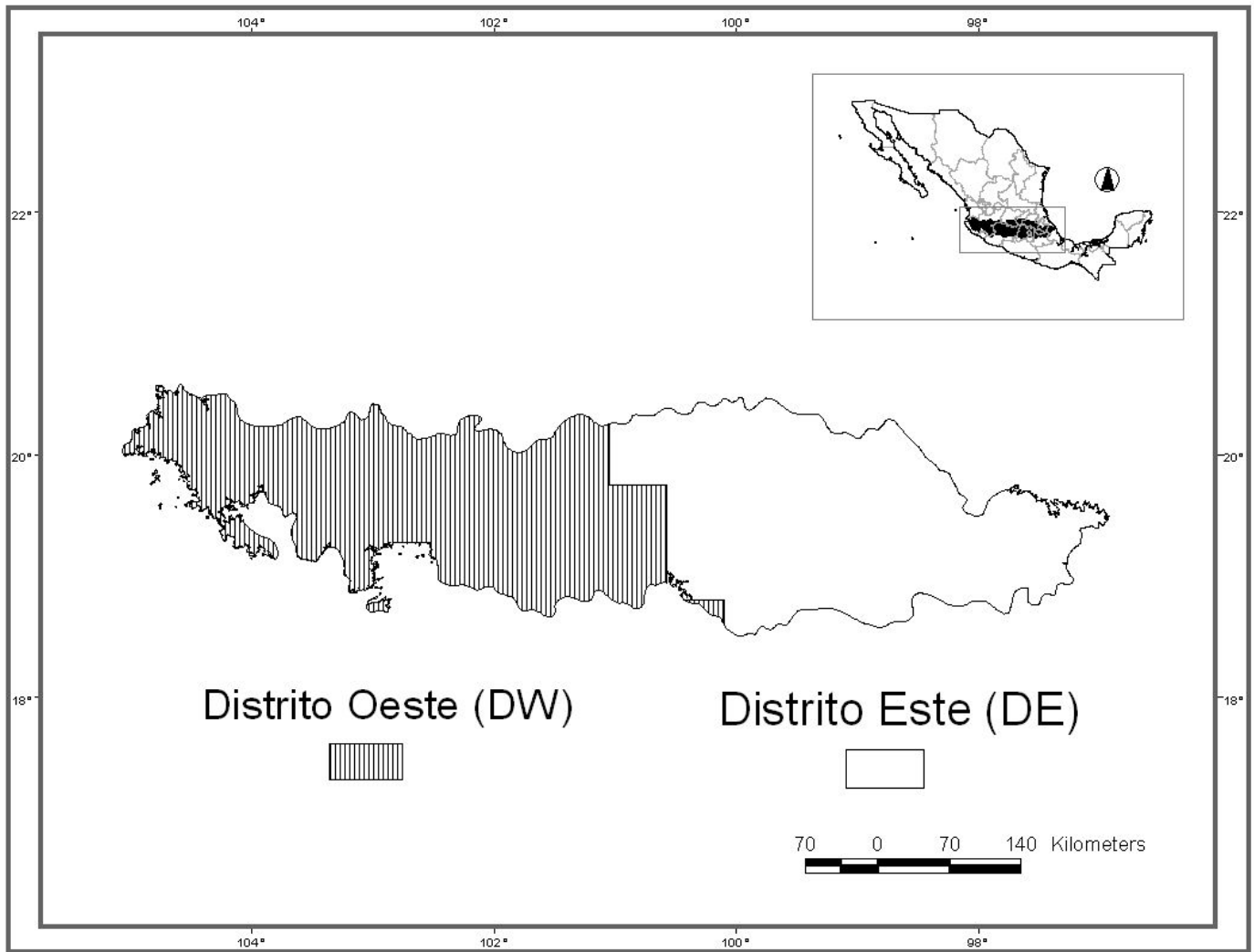


Figura 12. Distritos propuestos en este trabajo para la FVT.

La FVT constituye parte de la Zona de Transición Mexicana (Escalante *et al.*, 2004), pero quizá es un área de endemismo aún en formación, en donde las especies de mamíferos apenas están consolidando los patrones de distribución simpátricas, que más tarde la definirán de manera robusta como provincia. Para confirmar o desechar esta propuesta, se requieren estudios comparativos acerca de las diferencias en la composición y patrones de distribución de la mastofauna entre la FVT y las provincias colindantes, datar el origen de los endemismos y determinar si sus poblaciones están expandiendo sus áreas de distribución, lo cual permitiría que aumente el grado de superposición entre estas.

5.4 COMPOSICIÓN DE LA MASTOFAUNA EN LA FVT

De acuerdo con los modelos de distribución potencial de las especies utilizados en este trabajo y los límites que se proponen para la provincia de la FVT, se confirmó la presencia de 152 especies de mamíferos, lo cual hace de esta provincia una de las zonas del país con mayor relevancia para los mamíferos (Tabla 2).

Tabla 2. Riqueza de mamíferos terrestres a nivel FVT, nacional y mundial

(Ramírez-Pulido *et al.*, 2005).

	FVT	México	Mundo
Nº de especies	152	475	5000 (aprox)

De acuerdo con la lista taxonómica de Ramírez Pulido *et al.* (2005), los mamíferos con presencia en la FVT corresponden a doce géneros, nueve familias y cinco órdenes. Del total de especies, 49 exhiben distribuciones exclusivas a los límites geopolíticos de México y de éstas 15 presentan una distribución endémica de la FVT.

Del total de especies de mamíferos presentes en la FVT, el 77% de la mastofauna está compuesta por roedores y murciélagos (44% y 32% respectivamente): Rodentia posee 67 especies, 34 exclusivas de México, de las cuales 12 son endémicas de la FVT; mientras que Chiroptera posee 49 especies, cinco de las cuales son exclusivas de México (Figura 13).

Del resto de los órdenes presentes Carnivora aporta el 15% de la riqueza con 15 especies, ninguna de éstas endémica de la FVT; Soricomorpha aporta el 6.5% de la riqueza con 10 especies, siete de estas exclusivas de México, cinco de las cuales son endémicas de la FVT. Los órdenes Didelphimorpha y Lagomorpha aportan igual porcentaje de especies (3.3%), con cinco especies cada uno; sin embargo, el número de especies exclusivas del país difiere entre sí: uno y dos respectivamente; en el caso de Lagomorpha, una de éstas es endémica de la FVT. Finalmente los órdenes menos diversos fueron Artiodactyla y Cingulata (0.6 % c/u), representados por una sola especie (Figura 13).

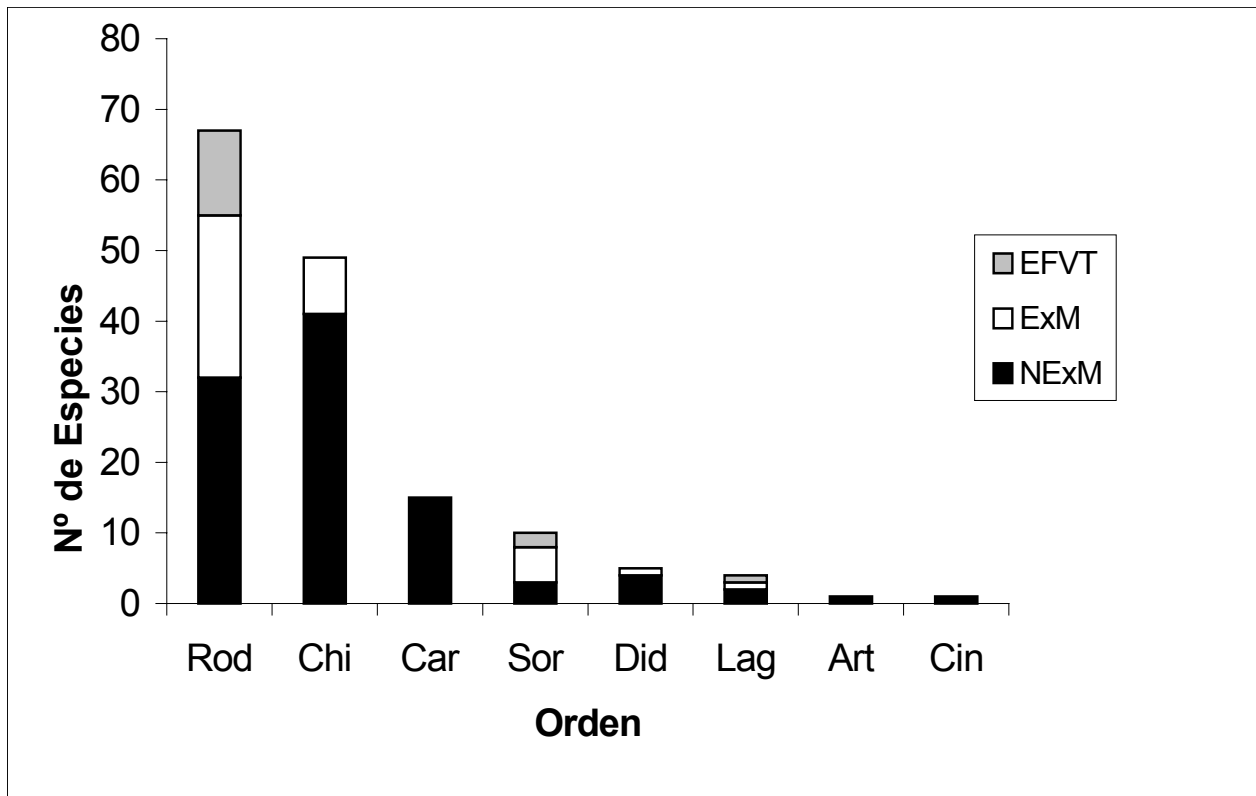


Figura 13. Diversidad de la mastofauna en la FVT correspondiente a cada orden. Rod = Rodentia, Chi = Chiroptera, Car = Carnívora, Sor = Soricomorpha, Lag = Lagomorpha, Art = Artiodactyla, Cin = Cingulata. EFVT= Endémicas de la FVT, ExM = Exclusivas de México y NExM = No Exclusivas de México.

Los órdenes con mayor número de especies a nivel familia y género nuevamente fueron roedores y murciélagos. Las familias Muridae con 44 especies, Vespertilionidae con 22 especies, Phyllostomidae con 18 especies y Geomyidae con 15 especies son las que presentan una mayor riqueza, mientras que a nivel género encontramos a *Peromyscus* con 15 especies), *Myotis* con 10 especies y a *Reithrodontomys* con 7 especies como los géneros con mayor riqueza de especies (Tabla 3).

Tabla 3. Riqueza de especies de los distintos órdenes y familias de mamíferos en

la FVT

Orden	Familia	Nº de especies
Rodentia	Muridae	43
	Geomydae	14
	Siuridae	10
Chiroptera	Vespertilionidae	22
	Phyllostomidae	18
	Molossidae	5
	Emballonuridae	2
	Mormoopidae	1
	Natalidae	1
Carnivora	Canidae	2
	Felidae	3
	Mephitidae	3
	Mustelidae	3
	Procyonidae	4
Soricomorpha	Soricidae	10
Lagomorpha	Leporidae	5
Didelphimorpha	Didelphidae	4
Artiodactyla	Cervidae	1
Cingulata	Dasypodidae	1

Fa y Morales (1991) reportan alrededor de 90 especies y 50 subespecies en la FVT, mientras que Munguía (2004) reporta 106 especies. A pesar de que nosotros encontramos mayor número de especies que los estudios anteriores, desafortunadamente los resultados no son comparables ya que difieren en los límites de la FVT sobre los que se hicieron las cuantificaciones. No obstante, para los límites que proponemos, se considera que la lista de especies es confiable, ya que la metodología aplicada para su construcción es robusta (Illoldi *et al.*, 2004) y esta zona es una de las mejor colectadas en el país (Escalante *et al.*, 2002).

5.5 PATRONES DE LA MASTOFAUNA EN LA FVT

Riqueza.- Una vez que fue re-delimitado el polígono de la FVT con la cota altitudinal de los 1000m y redefinida la lista de especies de mamíferos para la FVT la riqueza de especies total fue de 152 (antes 198) con un promedio de especies por cuadro fue de 80.9 (antes 94.5), siendo los cuadros con identificadores 30885 y 31367, los que mostraron valores máximos de riqueza (116 especies), mientras que los valores mínimos (18 especies) se presentaron en el cuadro 30394, como ya se había mencionado, este cuadro sólo abarca una pequeña porción de la FVT (Figura 14).

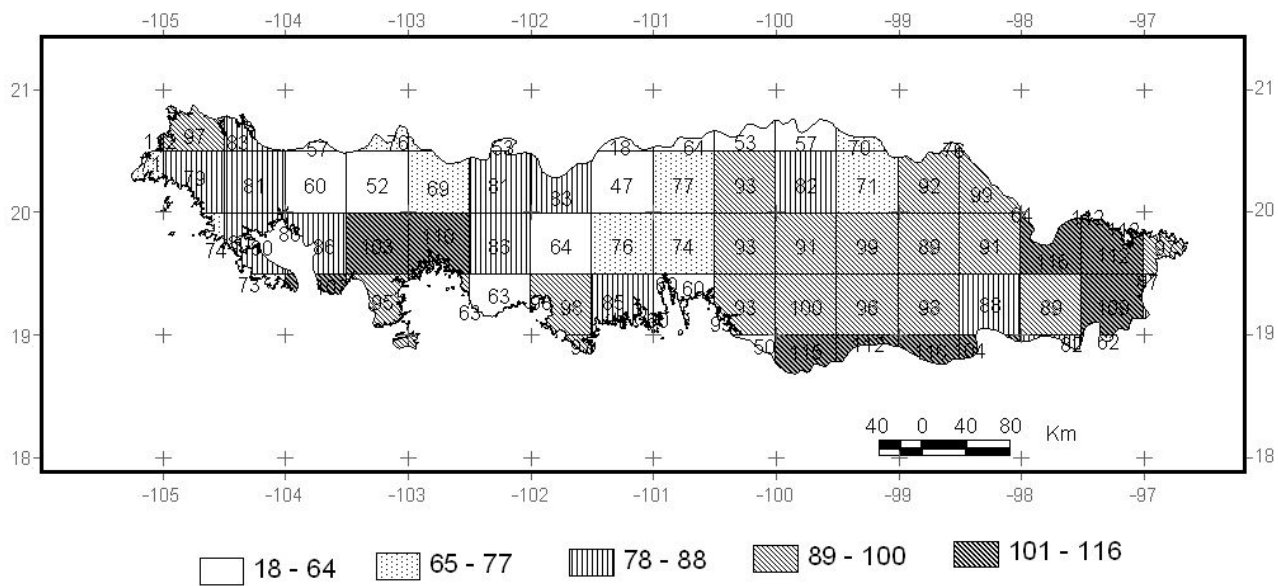


Figura 14. Número de especies por cuadro en la FVT, con límites redefinidos. La riqueza de especies fue clasificada en cinco clases iguales.

Aún después de la re-delimitación de la FVT, la distribución espacial de la riqueza se mantuvo en las tres zonas ya identificadas: (1) centro-suroeste, (2) sur, y (3) extremo este. Estas zonas limitan hacia el sur y el este del país, donde la integración de los elementos neotropicales es mayor (región Neotropical según Escalante *et al.*, 2004). Las zonas con menor riqueza de especies se localizan hacia el norte de la provincia, donde predominan los elementos neárticos. Lo anterior coincide de manera general, con el patrón latitudinal de la riqueza de especies que ya ha sido documentado para los mamíferos de México (Fa y Morales, 1991).

El valor de la diversidad gama (número de especies en toda la región) que mostró el grupo de los mamíferos dentro de la provincia (154 especies) es relativamente alto respecto a valores reportados para otras porciones del país (Arita *et al.*, 2002). Arita *et al.* (2002) analizaron cuatro cuadrantes del país, reportando valores máximos de diversidad gama (124 especies) en el cuadrante “Neártico-Transicional” que ocupa

porciones de las provincias Cuenca del Balsas y la FVT; sin embargo, las dimensiones de las áreas analizadas por estos autores son mucho menores a las manejadas en este trabajo.

En cuanto a la diversidad alfa (número de especies en las localidades de una región) se encontraron valores promedio para la FVT de 80.9 especies por cuadro, valor relativamente alto si lo comparamos con el trabajo de Arita y colaboradores. (2002), en el que encuentran valores máximos de diversidad alfa de 58.7, correspondiente al cuadrante que ocupan la Cuenca del Balsas y la FVT.

La diversidad beta se define como el reemplazo de especies entre un sitio y otro o cambio biótico de gradientes ambientales (Whittaker, 1972). Arita y colaboradores (2002) reportan valores altos de diversidad beta (2.52) en el mismo cuadrante -Cuenca del Balsas-FVT-, por lo que se esperaría que los valores calculados para este tipo de diversidad de esta diversidad, especies endémicas de la FVT, mantengan la misma relación con lo reportado.

Los valores de diversidad alfa y gama de mamíferos en la FVT reportadas en este trabajo, pudieran deberse a tres causas, que de manera conjunta pudieran promover valores altos de diversidad beta (Arita, 1997):

- 1) gran heterogeneidad topográfica y ambiental de la provincia;
- 2) condición biótica transicional (Neártica-Neotropical) del área; y
- 3) elevado número de especies con distribución restringida.

Afinidad geográfica- De acuerdo con los modelos de distribución de las 152 especies, el 78.3% (120) presentan parte de su distribución con afinidad Transicional, es decir, afinidades compartidas en distintos grados de Transición: exclusivas de la Zona de Transición (18 especies), Neártica-Transicional (23 especies), Neotropical-Transicional (36 especies) y de amplia distribución (Neártica, Transicional y Neotropical (43 especies). El 21% de las especies (33), son de afinidad preferentemente Neotropical, mientras que solo dos presentan filiación exclusiva Neártica (Anexo III).

El elevado número de especies con afinidad exclusiva Neotropical (33 especies) es debida a la distribución de los quirópteros (Arita, 1993), pues representan casi el 32% de la mastofauna de la provincia. Dicha afinidad es producto de la estrecha relación que muestra la distribución de las especies de murciélagos, con la temperatura y la precipitación media anual (Arita, 1993). Tanto temperatura como precipitación, son variables que, ligadas a un marcado gradiente altitudinal -como es el caso de la FVT- se ven modificadas

sensiblemente, posiblemente fungiendo en la provincia como barrera distribucional para las especies de murciélagos. Por su parte la exclusividad Transicional (18 especies), mayoritariamente de roedores, pudiera estar ligada a procesos de especiación ocurridos en las porciones altas de la provincia durante el Pleistoceno (Cevallos y Navarro, 1991; Fa y Morales, 1991), lo cual se ve reforzado por la condición de neoendemismos con área de distribución restringida que presentan algunos de estas especies. Por otro lado, la baja presencia de elementos de afinidad exclusiva Neártica pudiera estar ligada a la tolerancia a variaciones altitudinales y de temperatura que muestran los roedores (Fa y Morales, 1991; Villa y Cervantes, 1993), elementos dominantes en la mastofauna de la provincia, permitiendo que logren penetrar en la misma.

Gradiente Latitudinal. Ya que las distintas franjas latitudinales exhiben áreas muy distintas, para eliminar el efecto del tamaño del área sobre el número de especies contabilizadas en una zona, la riqueza de especies correspondiente a cada franja latitudinal se calculó en términos de porcentaje de área, en donde 1 359 km² corresponden al 1% del área de la provincia. Siendo el 1% del área la unidad análisis utilizada.

Las bandas latitudinales del polígono que limitan tanto al norte como al sur con otras provincias fueron las más ricas en número de especies, con 34 y 21 especies por unidad de área, respectivamente, mientras que las tres bandas centrales presentan valores mucho menores que van de 5.8 a 4.5 especies por unidad de área (figura 15).

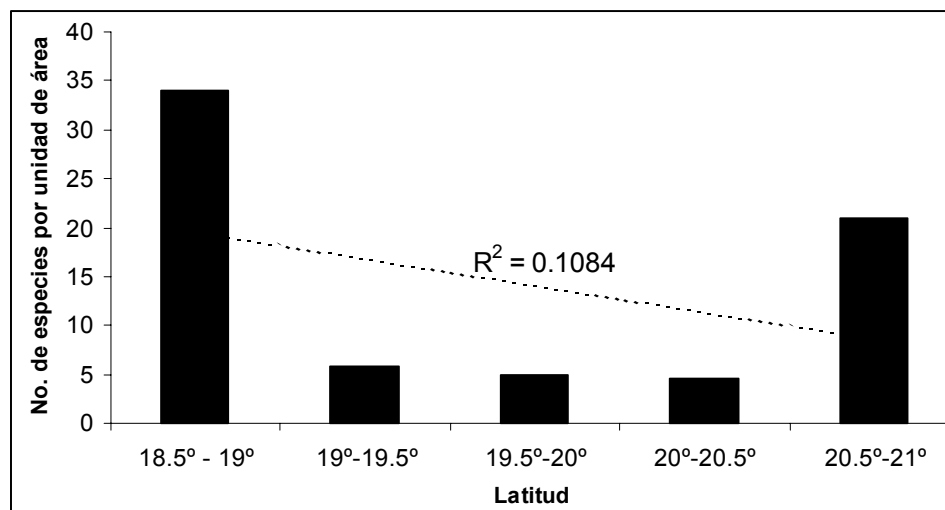


Figura 15. Riqueza de especies por unidad de área (1% del área de la FVT) correspondiente a cada una de las bandas latitudinales dentro de la provincia.

En estudios previos realizados tanto a nivel continente (Wilson, 1974; McCoy y Connor, 1980), país (Arita, 1993) provincia de la FVT (Fa y Morales, 1991) se ha observado una clara influencia de la latitud sobre la riqueza específica de los mamíferos, en la que la riqueza de especies disminuye gradualmente conforme aumenta la latitud. En nuestros resultados se observa que la correlación latitud-riqueza de especies es débil, mostrando un coeficiente de correlación bajo ($R^2=0.1084$). Esto pudiera estar relacionado al hecho de que en latitudes medias, el número de especies disminuye abruptamente para luego volver a aumentar hacia la latitud norte (Figura 15).

La disminución en el número de especies en latitudes medias en la FVT, pudiera ser debida a la modificación de los patrones altitudinales, tanto climáticos como de vegetación (Fa, 1993) generados por la cadena montañosa ubicada precisamente en estas latitudes medias, lo que restringe la distribución de la biota neotropical y en menor grado la neártica. Un claro ejemplo de ello es la distribución que presentaron las especies de quirópteros, evitando la cadena montañosa. Arita (1993) menciona que esto se debe a la susceptibilidad de este grupo a los cambios de temperatura y humedad en el ambiente, ambos estrechamente ligados al gradiente altitudinal. Sería recomendable realizar análisis estadísticos, que incluyan datos altitudinales, para poder confirmar lo anterior.

Vegetación.- Al redefinir los límites de la provincia, se modificaron los porcentajes de área ocupados por los distintos tipos de vegetación, sin embargo la tendencia general se mantuvo en la mayoría de los casos. El bosque de coníferas y encinos continuó siendo el tipo dominante con un 56% del área, seguido del bosque tropical caducifolio quien redujo su porcentaje de 26% a 23% (Figura 16). Lo anterior se debe principalmente a que este tipo de vegetación prospera en altitudes menores a los 1500 m, por lo que al modificarse la cota altitudinal de los límites para la provincia redujo su presencia dentro de la FVT; lo mismo ocurrió con el bosque tropical perennifolio y el bosque tropical sub-caducifolio, ya que ambos tipos de vegetación no prosperan sobre los 1200 m de altitud (Rzedowski, 1994).

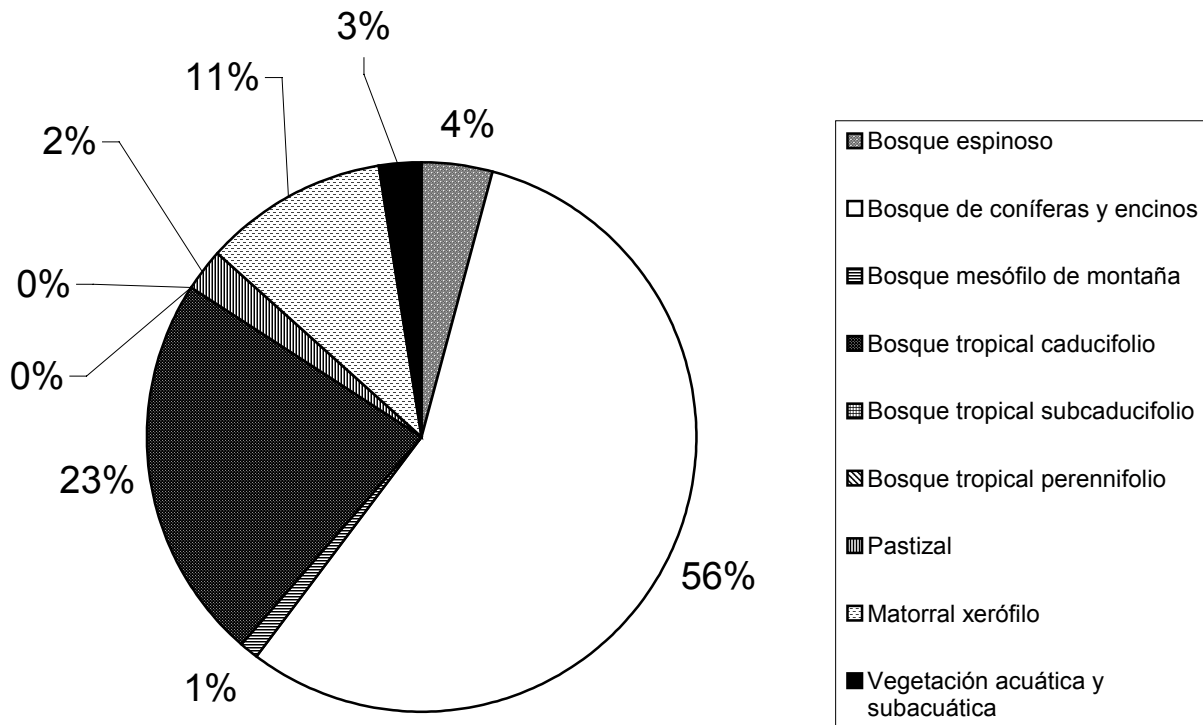


Figura 16. Porcentajes de área ocupados por los distintos tipos de vegetación en la FVT. Datos obtenidos a partir de Rzedowzki (1997) y los límites de la FVT propuestos en este trabajo.

En cuanto a la presencia de la mastofauna en cada tipo de vegetación, se observaron diferencias en el número de especies: más del 99% de las especies presentaron áreas de distribución que coinciden con el bosque de coníferas y encinos (150/152 especies) y/o con el bosque tropical caducifolio (146/152 especies), seguidas de bosque mesófilo de montaña (121 especies), vegetación acuática (114 especies), pastizal (112 especies), matorral xerófilo (110 especies), bosque espinoso (100 especies), bosque tropical sub-caducifolio (94 especies), y bosque tropical perenifolio (65 especies) (Figura 17).

Los valores de riqueza, relacionados a cada tipo de vegetación, son muy similares a los reportados por Fa (1993), para todo el grupo y para los distintos órdenes.

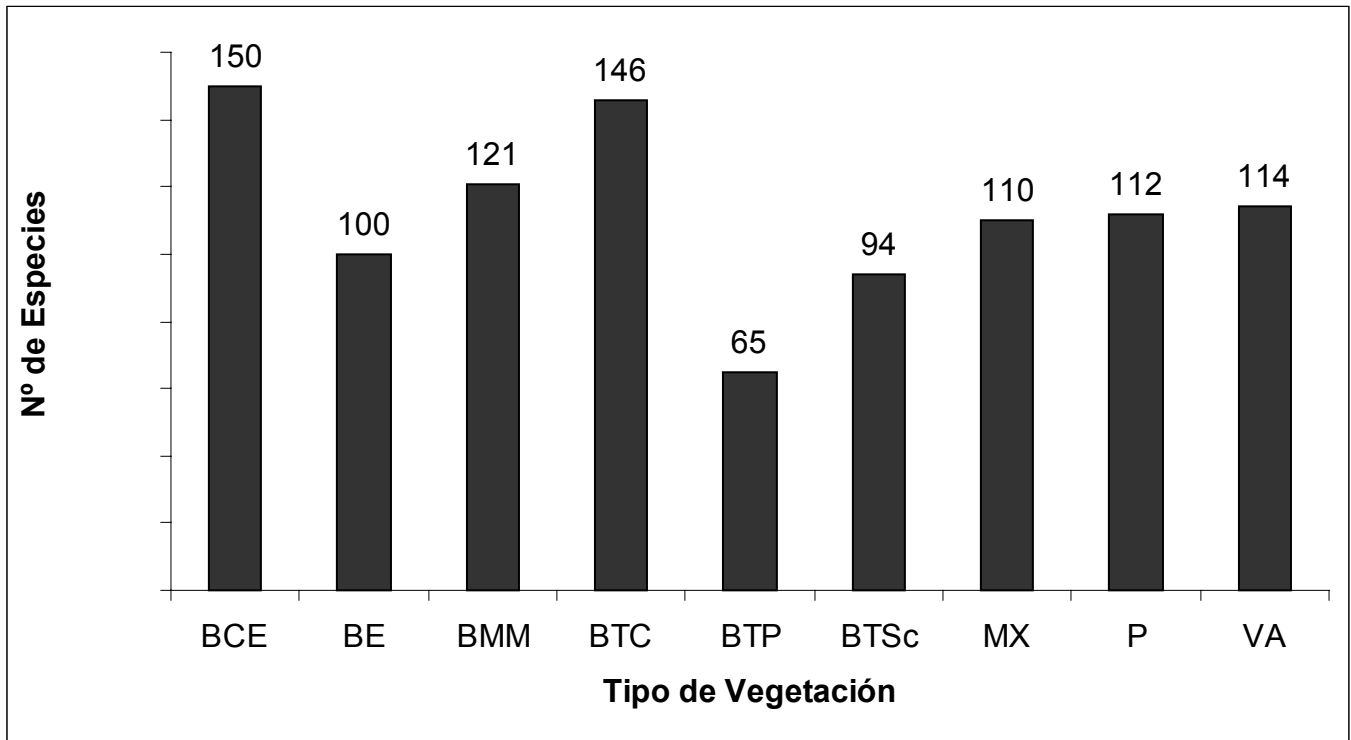


Figura 17. Número de especies en los distintos tipos de vegetación dentro de la FVT. BCE = bosque de coníferas y encinos; BE = bosque espinoso; BMM = bosque mesófilo de montaña; BTC = bosque tropical caducifolio; BTP = bosque tropical perenifolio; BTSc = bosque tropical sub-caducifolio; MX = matorral xerófilo; P = pastizal; VA = vegetación acuática. Los valores corresponden a la intersección de las áreas potenciales de distribución de las especies con cada tipo de vegetación, en donde una especie puede coincidir con más de un tipo de vegetación.

Al analizar la proporción de área que ocupan los taxones en los distintos tipos de vegetación, el bosque de pino y encino representó, en promedio, el 53% de las áreas de distribución potencial de los mamíferos de la provincia: para 95 especies este tipo de bosque significó más del 50% del área potencial de su distribución, 35 de estas con más del 70%, de las cuales cinco restringen su distribución únicamente a esta vegetación.

En segundo lugar de relevancia se encuentra el bosque tropical caducifolio, que representa el 30% del área de distribución potencial para los mamíferos de la FVT. En este hábitat, 22 especies presentan más del 50% de sus áreas de distribución potencial, en siete de las cuales más del 70% de su área y solo una se restringe a este hábitat. (Figura 18).

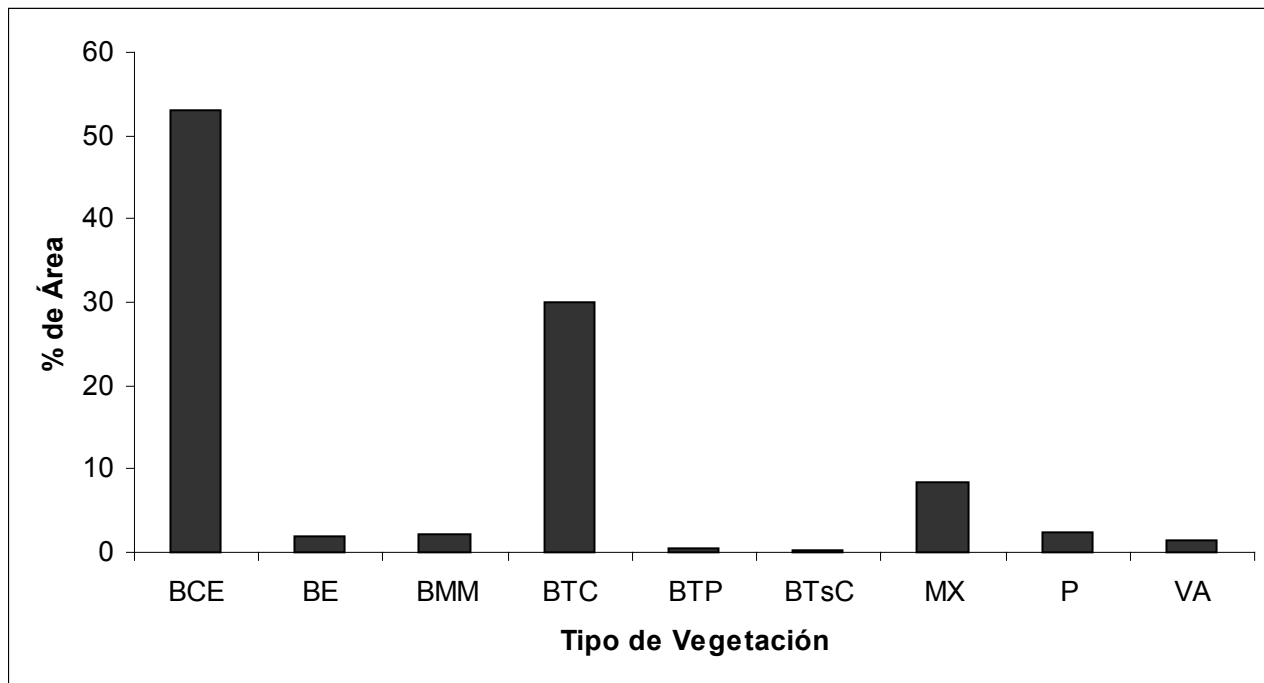


Figura 18. Proporción de área que ocupan las especies de mamíferos terrestres en los distintos tipos de vegetación dentro de la FVT. BCE= bosque de coníferas y encinos; BE = bosque espinoso; BMM = bosque mesófilo de montaña; BTC = bosque tropical caducifolio; BTP = bosque tropical perenifolio; BTsC = bosque tropical sub-caducifolio; MX = matorral xerófilo; P = pastizal; VA = vegetación acuática.

La marcada afinidad de las especies por el bosque de coníferas y encinos, así como por el bosque tropical caducifolio, puede ser explicada a través del planteamiento de Fa (1993), quien dice que la distribución de muchas especies de mamíferos esta correlacionada con la variación y abundancia de la vegetación, la cual a su vez depende en gran medida de factores fisiográficos y climáticos. Estas comunidades vegetales, al distribuirse a lo largo de la provincia y al ocupar el mayor porcentaje de área dentro de esta (78%), son los dos tipos de vegetación con los que coincide el mayor número de especies (Anexo IV).

La riqueza de especies registrada en el bosque de coníferas y encinos se debe por un lado a la gran proporción de área que representa dentro de la FVT y afinidad de roedores y murciélagos por este tipo de vegetación, ya que ambos grupos conforman el 78% de las especies en este ecosistema.

En el bosque de pino y encino los roedores son el grupo más abundante, al componer casi el 50% de las especies (68). Esto pudiera ser explicado con los reportes para el país y a lo largo de el eje NW-SE de la provincia, que relacionan los hábitos alimenticios y la preferencia del orden por las altitudes mayores a los 2000 m (Ramírez Pulido *et al.*, 2005; Rodríguez *et al.*, 2003; Fa y Morales, 1991). Es por esto que la distribución que

ostenta el orden en la provincia es a todo lo largo de la faja montañosa. El segundo grupo más abundante en esta comunidad vegetal lo conforman los murciélagos con el 32% de las especies (49). Sin embargo esto se encuentra relacionado con el gradiente altitudinal y no tanto con el tipo de vegetación, ya que según Schmidly (1977) y Arita (1993), la distribución de las especies de este orden mantiene una estrecha relación con el gradiente altitudinal y poca relación con los tipos de vegetación. Este grupo se distribuye, dentro de la FVT, en las porciones con altitudes no mayores a los 1500 m: bosques de coníferas y encinos y bosque tropical caducifolio, comunidades especialmente abundantes en este rango altitudinal.

La distribución potencial de la mayoría de las especies, independientemente del orden, fue coincidente con el bosque de coníferas y encinos y en bosque tropical caducifolio. El 100% de los taxones de Artiodactyla, Carnivora, Cingulata, Didelphimorpha, Lagomorpha y Soricomorpha tienen presencia tanto en el bosque de coníferas y encinos como en el bosque tropical caducifolio. En el caso de Chiroptera, la presencia de especies fue de 48 de 49 especies para bosque de pino encino y 47 de 49 para el bosque tropical caducifolio, mientras que para Rodentia la presencia de especies fue de 66 de 67 y 48 de 49 respectivamente. En contraste, el hábitat que presentó los valores más bajos en todos los órdenes fue el bosque tropical perennifolio (Anexo IV).

Al cuantificar el área que ocupan las distintas especies en los tipos de vegetación se observó la misma tendencia, independientemente del orden, ya que el bosque de pino y encino fue el hábitat dominante: Artiodactyla ocupando el 70.7%; Soricomorpha 68% Carnívora, 56.6%; Cingulata, 53.9%; Rodentia, 53.6%; Didelphimorpha, 50.2%; Chiroptera, 48.6% y Lagomorpha, 6.4%.

Para el bosque tropical caducifolio, se encontraron valores de 25.4% para Cingulata, 37.3% para Carnívora, 37% para Chiroptera, 32.4% para Didelphimorpha, 27.8% para Rodentia, 23.4% para Soricomorpha, 16.1% para Artiodactyla y 14.7% para Lagomorpha.

Aunque no de manera general, el matorral xerófilo es una comunidad relevante para el caso de las especies de Lagomorpha y Rodentia, ya que este representa respectivamente el 16.7% y 10.6% del área ocupada dentro de la provincia. El resto de las comunidades vegetales no representan áreas de gran relevancia para los distintos órdenes (Figura 19).

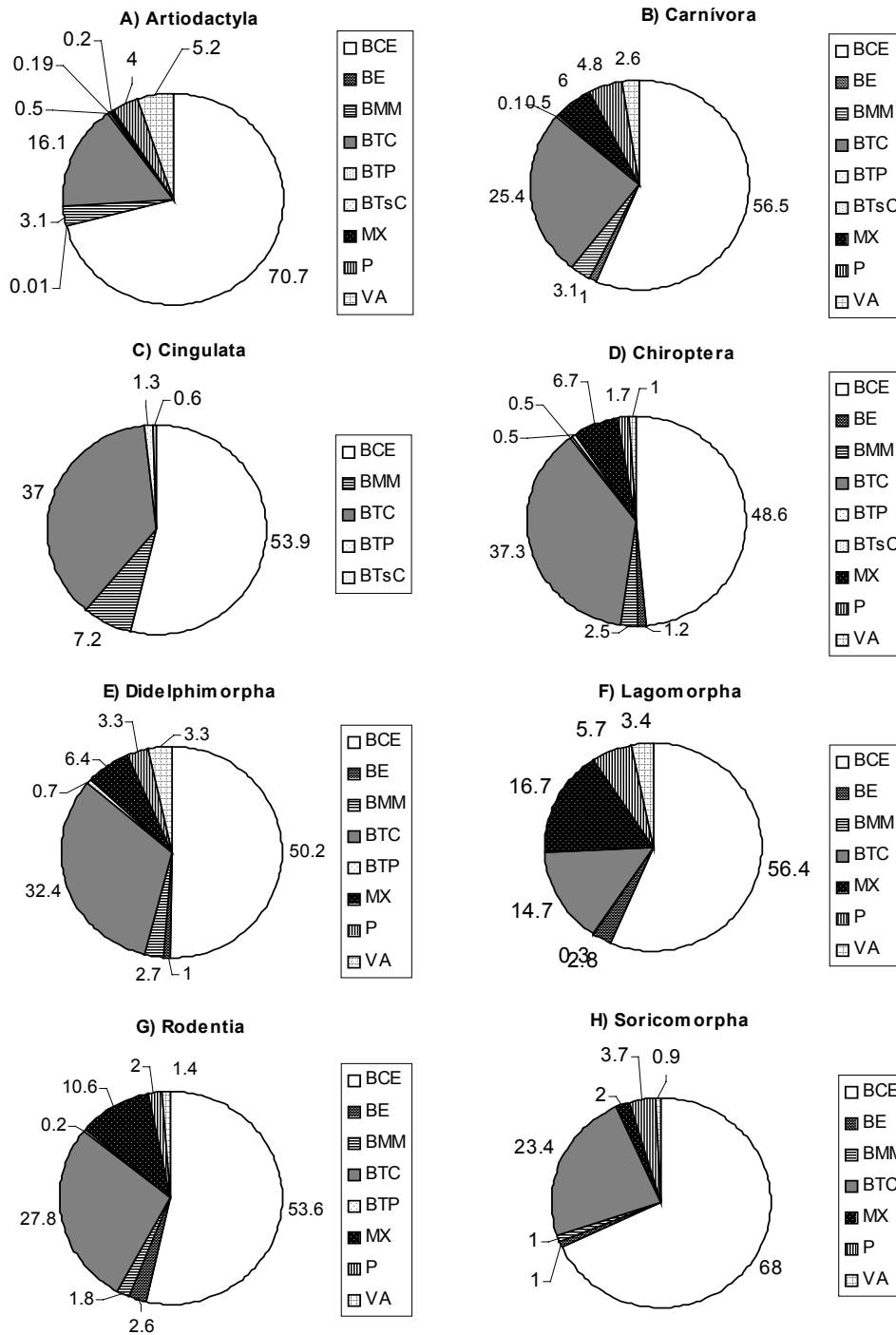


Figura 19. Porcentaje de área ocupada por las especies correspondientes a cada orden, de acuerdo a los distintos tipos de vegetación según Rzedowski (1997). BCE = bosque de coníferas y encinos; BE = bosque espinoso; BMM = bosque mesófilo de montaña; BTC = bosque tropical caducifolio; BTP = bosque tropical perennifolio; BTsC = bosque tropical sub-caducifolio; MX = matorral xerófilo; P = pastizal; VA = vegetación acuática.

5.6 PATRONES DE ENDEMISMO

Especies exclusivas de México.- De los 13 géneros exclusivos de los límites geopolíticos de México (Ramírez-Pulido, *et al.*, 2005), 12 tienen presencia en la EVT. El género *Hodomys* resultó marginal en el polígono final por lo que no se encuentra dentro de los límites de la FVT. Del total de las especies exclusivas de los límites geopolíticos de México, aproximadamente el 32 % (es decir, 54 especies pertenecientes a 6 órdenes, 9 familias y 32 géneros) presenta registros dentro de la FVT; de las cuales 15 le son exclusivas, es decir, restringen su distribución a la provincia.

En la distribución de las especies exclusivas de México con presencia en la FVT, se observa una clara afinidad por los bosques de coníferas y encinos y el tropical caducifolio, ya que la gran mayoría de éstas especies (98.1%), son elementos potencialmente presentes en estos tipos de vegetación. Este comportamiento ya había sido reportado por Fa (1993) y Fa y Morales (1991), que coinciden en que la preferencia de las especies por el bosque de coníferas y encinos y por el bosque tropical caducifolio pudiera deberse a la dominancia de estas comunidades en la zona (Figura 20).

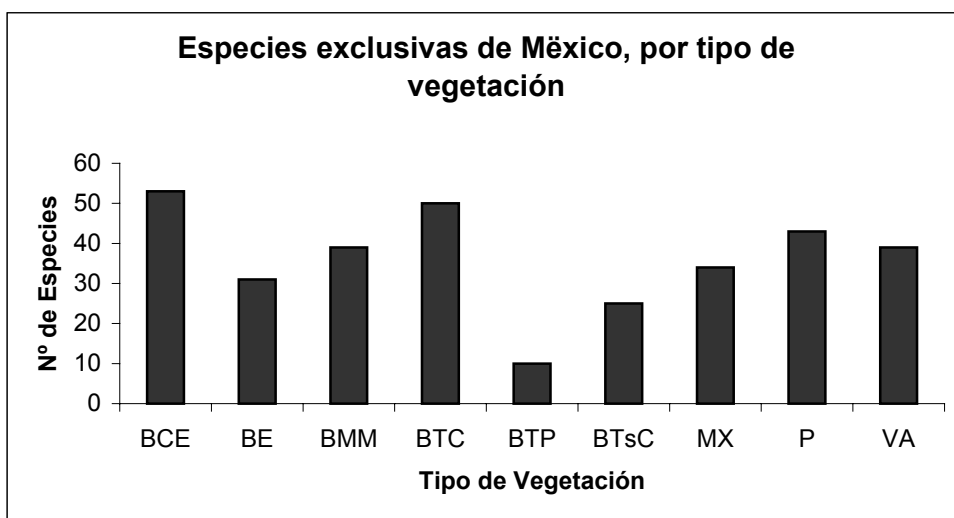


Figura 20. Número de especies exclusivas de México, encontradas en cada tipo de vegetación dentro de la FVT: BCE= bosque de coníferas y encinos; BE = bosque espinoso; BMM = bosque mesófilo de montaña; BTC = bosque tropical caducifolio; BTP = bosque tropical perennifolio; BTsC = bosque tropical sub-caducifolio; MX = matorral xerófilo; P = pastizal; VA = vegetación acuática. Los valores corresponden a la intersección de las áreas de distribución de las especies, con las áreas reportadas para cada tipo de vegetación, en donde una especie puede coincidir con más de un tipo de vegetación.

Especies endémicas de la FVT.- En este trabajo se identificaron 15 especies endémicas de la provincia, las cuales corresponden a tres órdenes, seis familias y 10 géneros. El grupo con mayor número de elementos fue el de los roedores con 12 especies, seguido de Soricomorpha con dos y Sciuridae con uno.

De las especies previamente identificadas por otros trabajos como especies endémicas de la FVT (Escalante *et al.*, 2003, 2005; Morrone, 2001; Munguía, 2004) excluimos cinco: *Microtus quasiater*, ya que según nuestros modelos su distribución está principalmente hacia Oaxaca; *Neotoma nelsoni*, que se eliminó en los cuadros marginales de la tercera corrida del PCE; *Orthogeomys lanius* y *Pappogeomys alcorni*, cuyos modelos desde un inicio no coincidieron con el mapa base y *Peromyscus mekisturus*, que de acuerdo con nuestros modelos desde un inicio mostró una distribución marginal dentro del mapa base por lo que fue eliminada en la segunda corrida del PCE.

Consideramos necesario confirmar la presencia de *Peromyscus bullatus* en el distrito Este (FVT-DE), ya que el modelo de distribución potencial predice la mayor parte de su distribución en la Sierra Madre Oriental y solo marginal dentro de la FVT.

Con excepción del bosque tropical perennifolio y el bosque tropical sub-caducifolio, la mayoría de las especies endémicas de la FVT presentaron intersecciones de sus áreas de distribución con los principales tipos de vegetación (Figura 21), lo que coincide parcialmente con lo reportado para la provincia (Fa, 1989; Fa y Morales, 1991). Sin embargo, al comparar la representatividad de cada una de estas comunidades sobre el área total ocupada por las especies endémicas, observamos una clara dominancia del bosque de coníferas y encinos al representar más del 73% del área ocupada por las especies dentro de la FVT. Según los modelos de nicho ecológico, tres de ellas restringen su distribución a esta vegetación (*Nelsonia goldmani*, *Neotomodon alstoni* y *Zygoeomys trichopus*).

En segundo caso, y muy por debajo del bosque de coníferas y encinos, se encuentra el bosque tropical caducifolio representando el 16% del área total ocupada por las especies endémicas de la FVT. Esta vegetación resulta de gran importancia para *Reithrodontomys hirsutus* ya que conforma el 79 % del área de distribución potencial. Aunque con un porcentaje total bajo (4.6%), el matorral xerófilo resultó de gran importancia para la especie *Peromyscus bullatus* ya que conforma casi el 60% del área de distribución potencial (Figura 22).

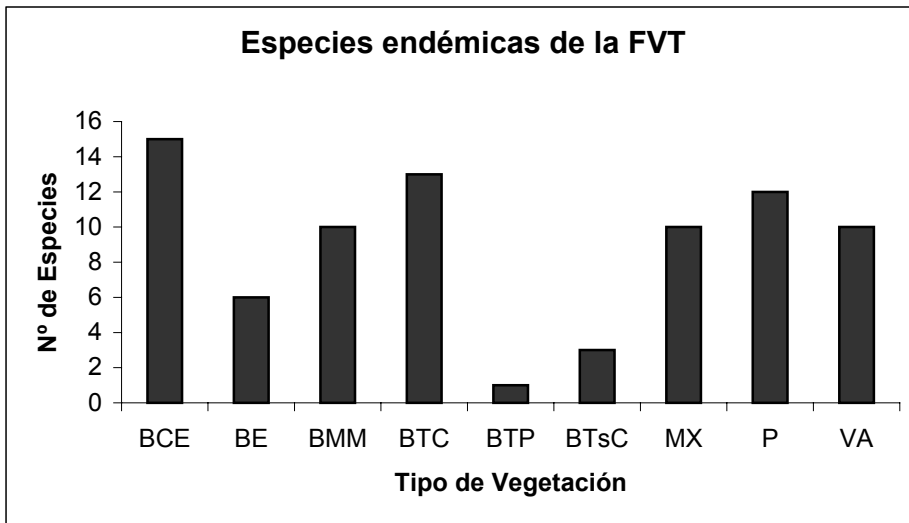


Figura 21. Número de especies endémicas de la FVT que se intersectan con cada tipo de vegetación: BCE= bosque de coníferas y encinos; BE = bosque espinoso; BMM = bosque mesófilo de montaña; BTC = bosque tropical caducifolio; BTP = bosque tropical perennifolio; BTsC = bosque tropical sub-caducifolio; MX = matorral xerófilo; P = pastizal; VA = vegetación acuática. Los valores corresponden a la intersección de las áreas de distribución de las especies, con las áreas reportadas para cada tipo de vegetación. Una especie puede coincidir con más de un tipo de vegetación.

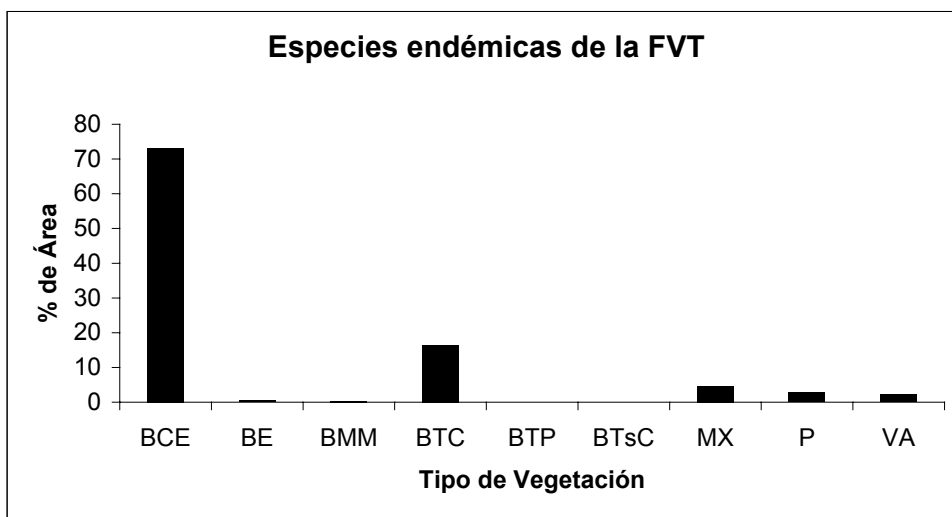


Figura 22. Porcentaje de área que representan los distintos tipos de vegetación, en la distribución de las especies endémicas de la FVT. BCE= bosque de coníferas y encinos; BE = bosque espinoso; BMM = bosque mesófilo de montaña; BTC = bosque tropical caducifolio; BTP = bosque tropical perennifolio; BTsC = bosque tropical sub-caducifolio; MX = matorral xerófilo; P = pastizal; VA = vegetación acuática.

En cuanto al patrón altitudinal de las especies endémicas de la FVT se observó una dominancia del intervalo de 2000 m. a 3000 m., el cual conforma casi el 70% del área total ocupada por estas especies (Figura 23). Este intervalo compone más del 75% del área de distribución de ocho de las 15 especies endémicas (*Cratogeomys merriami*, *Neotomodon alstoni*, *Reithrodontomys chrysopsis*, *Reithrodontomys microdon*, *Romerolagus diazi*, *Sorex macrodon*, *Spermophilus perotensis* y *Zygozomys trichopus*) y el 100% en dos de ellas (*Nelsonia goldmani* y *Peromyscus bullatus*). En cuanto al intervalo altitudinal que va de 1000 a 2000 m, representa el 25% del área total de la distribución de las especies endémicas de la FVT (Figura 23), porcentaje que equivale a más del 70% sus áreas de distribución en tres de éstas (*Cratogeomys gymnurus*, *Liomys spectabilis*, y *Reithrodontomys hirsutus*); mientras que en las dos restantes (*Cratogeomys tylorhinus* y *Sorex ventralis*), sus distribuciones se extienden de manera intermedia los intervalos altitudinales 2000 - 3000 m. y 1000 - 2000 m. Lo anterior sugiere que la porción de territorio con altitudes de 2000 a 3000 y dominada por el bosque de pino y encino, es la que define los patrones de distribución que presentan los mamíferos dentro de la provincia.

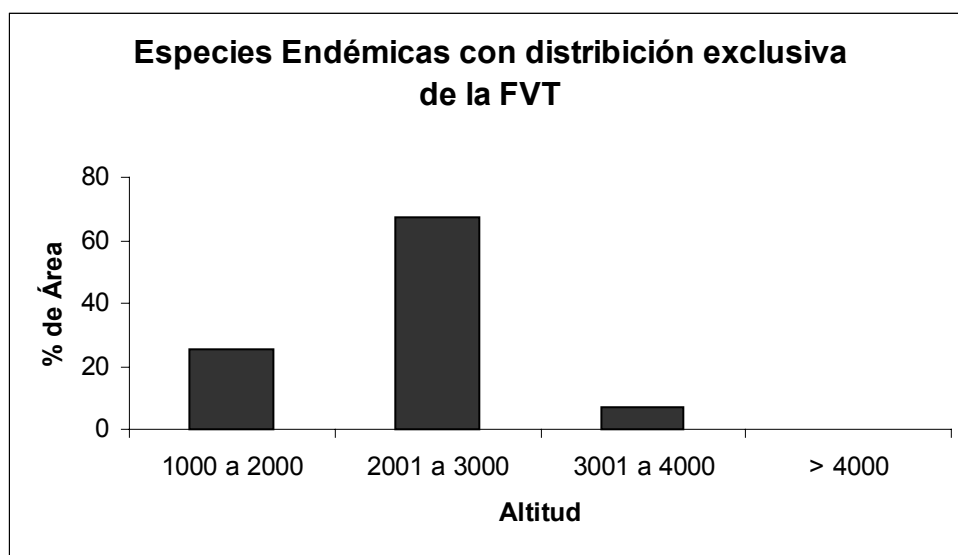


Figura 23. Porcentaje de área que representan los distintos intervalos altitudinales en el área de distribución total de las especies endémicas de la FVT.

Áreas de endemismo.- Uno de los criterios más utilizados en la delimitación de provincias biogeográficas son las áreas de endemismo, puesto que la sobreposición de las áreas de distribución de dos o más especies endémicas es lo que le da identidad a una zona como provincia biogeográfica (Platnick, 1991; Espinosa *et al.*, 2001).

Al sobreponer las distribuciones individuales de las especies informativas del cladograma final se observó que la FVT no es una unidad homogénea en términos de mamíferos endémicos, ya que del total de especies endémicas exclusivas de la FVT (15), únicamente existen tres cuyas distribuciones abarcan casi todo el polígono (*Cratogeomys tylorhinus*, *Neotomodon alstoni* y *Reithrodontomys chrysopsis*), y el área de sobreposición entre éstas, ubicada hacia el centro y el extremo este, solo abarca una porción de la provincia (Figura 24). Es importante mencionar que tanto *Neotomodon alstoni* como *Reithrodontomys chrysopsis* se distribuyen mayoritariamente en el bosque de coníferas y encinos que sobrepasa los 2000 m de altitud mientras que *Cratogeomys tylorhinus* se distribuye de manera más o menos homogénea en bosque de coníferas y encinos así como en bosque tropical caducifolio, en un gradiente altitudinal que va de los 1000 m a los 3000 m.

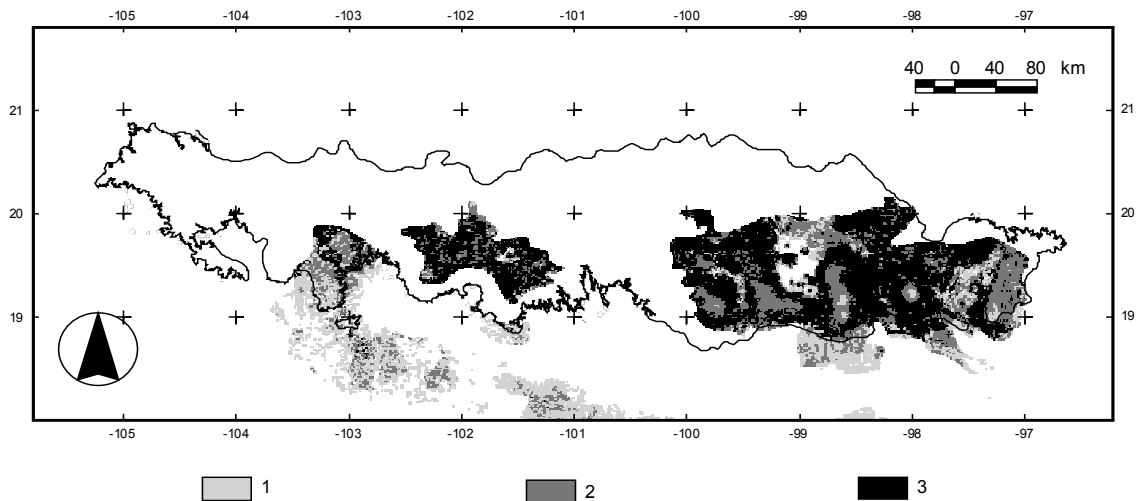


Figura 24. Área de sobreposición de tres especies endémicas de la FVT, con amplia distribución. Los valores indican el número de especies que sobreponen su áreas de distribución.

La distribución que exhiben las especies endémicas de la FVT permitió la identificación de dos patrones biogeográficos, que junto con los ya identificados (riqueza de especies, vegetación, clima, geología y PCE) sustentan la propuesta elevar a la categoría de distrito a las porciones este y oeste de la provincia.

El distrito Este (FVT-DE) se encuentra definido por siete especies endémicas de la FVT: *Cratogeomys merriami*, *Peromyscus bullatus*, *Reithrodontomys microdon*, *Romerolagus diazi*, *Sorex macrodon*, *S. ventralis* y *Spermophilus perotensis*. Sus modelos de distribución potencial mostraron una amplia sobreposición, permitiendo delimitar un área de endemismo que al parecer se extiende hacia el sureste de Puebla y el norte de Oaxaca (Figura 25). Dada las características de las especies que la conforman, ésta área de endemismo presenta como condiciones dominantes el bosque de coníferas y encinos y altitudes por encima de los 2000 m.

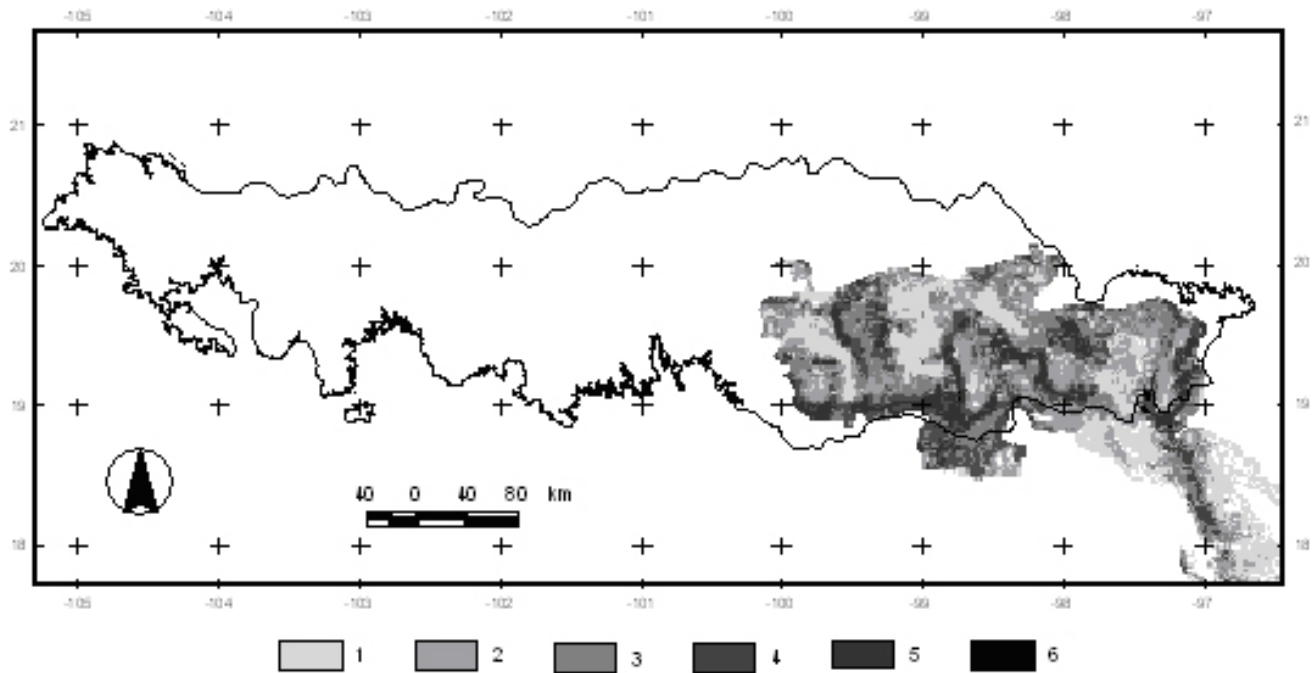


Figura 25. Número de especies homopátridas en el distrito Este de la FVT (FVT- DE). Los valores indican el número de especies que sobreponen su distribución.

El distrito Oeste (FVT-DW) se define por cinco especies: *Cratogeomys gymnurus*, *Liomys spectabilis*, *Nelsonia goldmani*, *Reithrodontomys hirsutus* y *Zygoeomys trichopus*. Al contrario del distrito Este, las especies endémicas exclusivas no presentaron un patrón altitudinal y de vegetación homogéneo, distribuyéndose en tres bloques: 1) *Cratogeomys gymnurus* y *Liomys spectabilis*, presentes tanto en bosque de coníferas y encinos como en bosque tropical caducifolio y sobrepasando rara vez los 2000 m de altitud; 2) *Nelsonia goldmani* y *Zygoeomys trichopus*, presentes en el bosque de coníferas y encinos de altitudes mayores a los 2000

m; y 3) *Reithrodontomys hirsutus*, distribuida principalmente en el bosque tropical caducifolio y a no más de 2000 m de altitud.

En esta porción de la FVT las áreas de distribución de las especies endémicas mostraron muy poca sobreposición entre sí, por lo que no se pudo delimitar apropiadamente un área de endemismo (Figura 26). Lo anterior se debe a que la mayoría de las especies presentaron distribuciones alopátridas muy pequeñas; solo en dos pequeñas porciones del distrito se superpusieron las distribuciones de tres especies: 1) *Cratogeomys gymnurus*- *Liomys spectabilis*-*Reithrodontomys hirsutus*, ubicada al NE del distrito, con altitudes que no sobrepasan los 1500 m y bosque tropical caducifolio como vegetación; 2) *Cratogeomys gymnurus*-*Nelsonia goldmani*- *Zygoeomys trichopus*, ubicada en la porción centro-este del distrito, con rango altitudinal de 2000 m a 2500 m y bosque de coníferas y encinos como vegetación predominante.

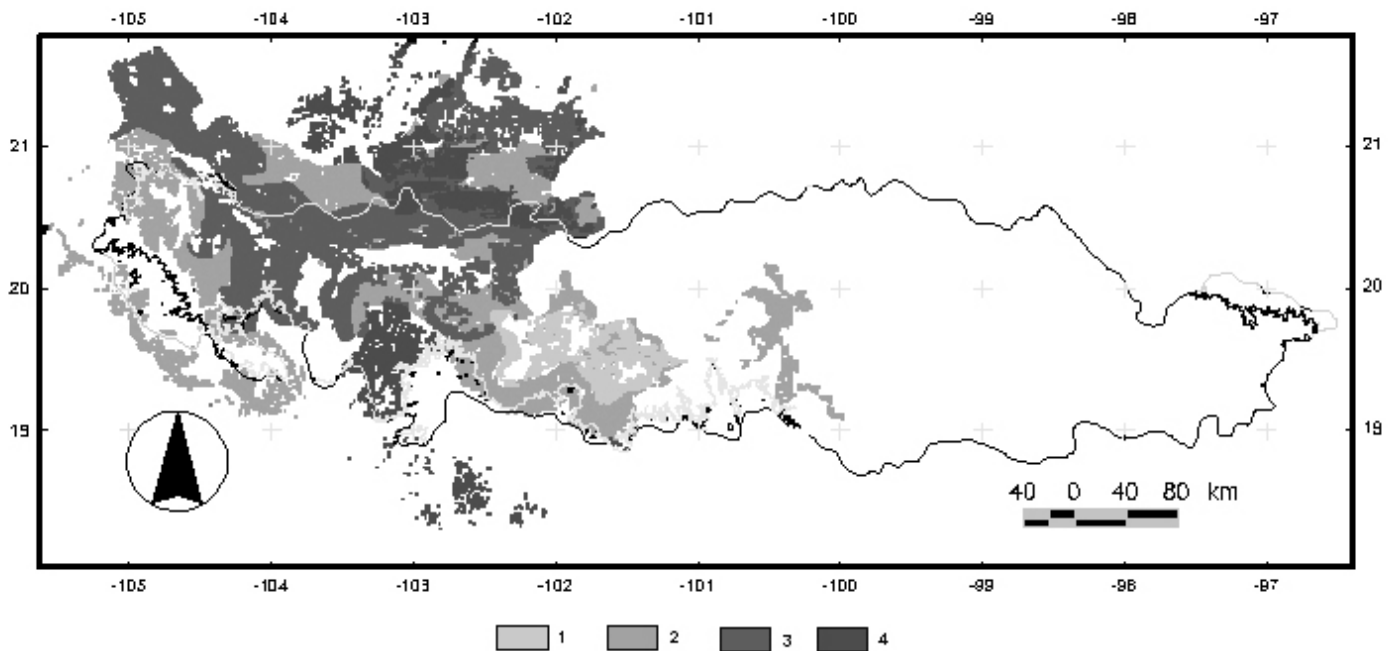


Figura 26. Distribución alopátrida de cuatro especies endémicas en el distrito Oeste (FVT-DW). Los valores distinguen a cada una de las distribuciones potenciales de las especies endémicas.

Con base en el criterio de áreas de endemismo y en las distribuciones que presentan las especies endémicas de la provincia, se propone que la FVT es un unidad biogeográfica compleja que no se identifica

mediante un área de endemismo, para mamíferos, que le de sustento robusto como unidad biogeográfica homogénea. Este planteamiento es resultado de las distribuciones que presentan la mayoría de las especies endémicas de la provincia: en superficies muy pequeñas y alopátridas entre sí.

5.7 CONSERVACIÓN DE LA MASTOFAUNA DE LA FVT

De acuerdo con Ramírez-Pulido *et al.* (2005) y con la Norma Ecológica Mexicana (NOM-059-ECOL-2002), de las 152 especies de mamíferos presentes en la FVT, 54 son exclusivas a lo límites geopolíticos de México, 14 se encuentran amenazadas, cuatro en peligro de extinción, 14 son especies raras sujetas a protección especial y una se encuentra sujeta a protección especial. Es decir, el 35.5% de las especies de mamíferos de la FVT son especies exclusivas de México y el 21% se encuentra en alguna categoría de riesgo (NOM-059-ECOL-2002).

De las especies endémicas de la FVT, el 53% se encuentra en alguna categoría de riesgo: *Reithrodontomys microdon* y *Spermophilus perotensis* son especies amenazadas; *Romerolagus diazi* y *Zygoeomys trichopus* están en peligro de extinción, mientras que *Liomys spectabilis*, *Nelsonia goldmani*, *Peromyscus bullatus* y *Sorex macrodon* son especies raras sujetas a protección especial.

En cuanto a las áreas de conservación, la FVT se intercepta con 29 Áreas Naturales Protegidas (INESEMARNAT 2001) y 19 Regiones Terrestres Prioritarias (RTP, Conabio, 2000), que en conjunto conforman, aproximadamente el 16 % del área de la provincia; sin embargo, estas áreas prácticamente se encuentran incluidas en las RTP, ya que el 93.7 % del área que representan las ANP se encuentra incluida en los polígonos de las RTP (Figura 27).

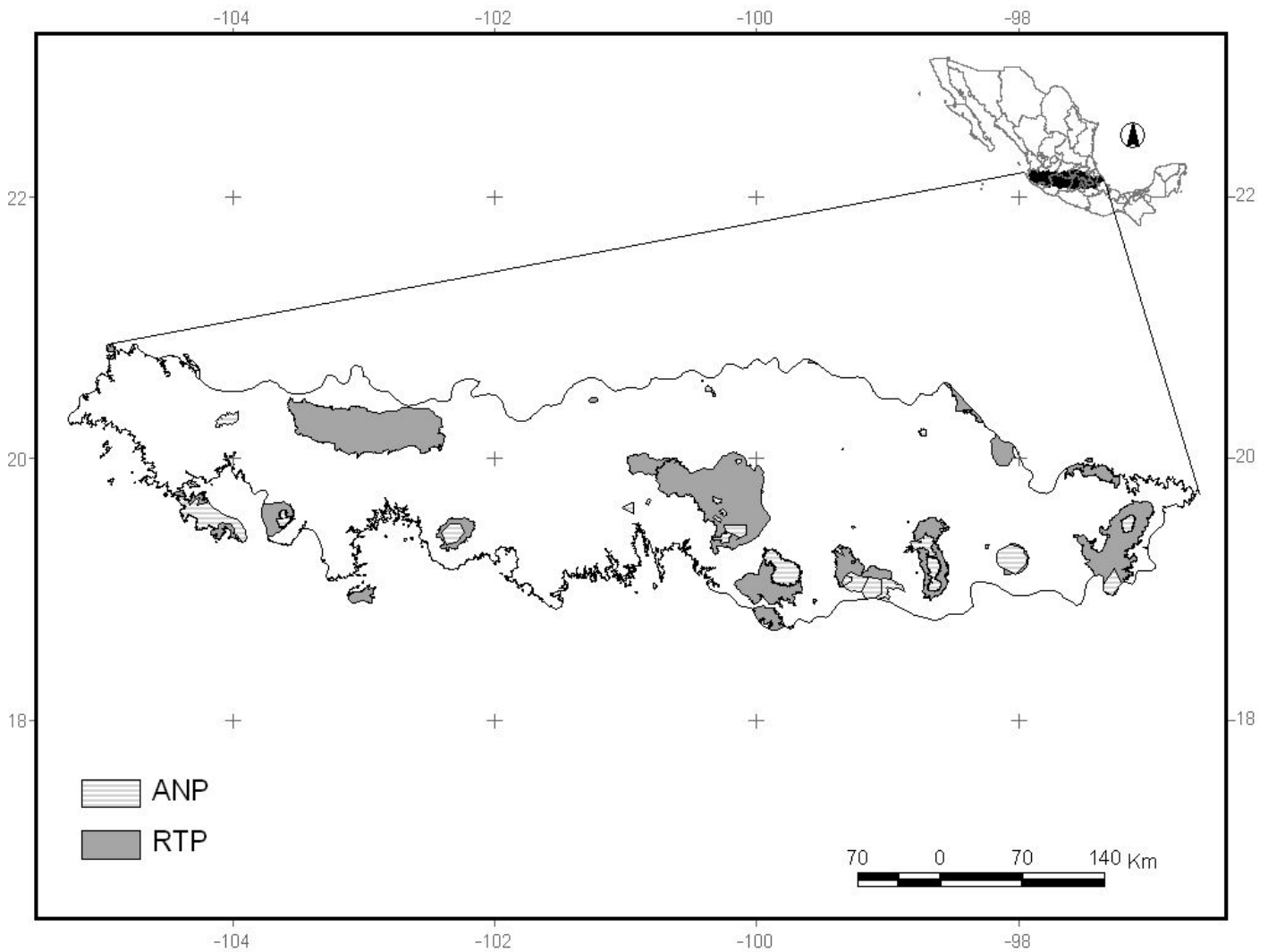


Figura 27. Áreas Naturales Protegidas (ANP) (INE-SEMARNAT, 2001) y Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) (CONABIO, 2000) presentes en la FVT.

Es importante mencionar que casi toda el área identificada como ANP (98%) está representada por bosque de coníferas y encinos y altitudes por encima de los 2000 m. El mismo patrón se observa para las RTP, exceptuando la región “Cerro Viejo-Sierras de Chapala”, ubicada en el límite norte de los Estados de Jalisco y Michoacán y caracterizada por bosque tropical caducifolio y altitudes de 1500 m a 2000 m.

En lo referente a las condiciones de conservación y fragmentación, Munguía (2004) menciona que tanto las RTP como las ANP se encuentran en alto grado de deterioro, existiendo casos de ANP sin vegetación natural remanente.

Al sobreponer los polígonos de las ANP y RTP al mapa general de riqueza de especies y al de áreas de distribución potencial de las 15 especies endémicas de la provincia y observamos que:

1) los cuadrantes de la provincia que poseen mayor número de especies de mamíferos – sitios que en su mayoría no superan los 2000 m de altitud– con excepción de los localizados en la porción este de la provincia, no coinciden con las ANP ni las RTP.

2) de las 15 especies endémicas con distribución exclusiva de la FVT, únicamente nueve (60%) coincidieron con las ANP y 12 (80%) con las RTP.

Sin embargo, la sobreposición de las áreas de distribución de las especies endémicas de la FVT, con los polígonos de ANP y RTP, no garantiza su protección, debido a que esto representa un porcentaje muy bajo del área de distribución de las especies (12 % del área total), siendo los casos más críticos *Liomys spectabilis*, *Nelsonia goldmani*, *Sorex ventralis* y *Zygoeomys trichopus* (Tabla 4). Así mismo, es importante mencionar que las RTP únicamente son una propuesta teórica no implementada, reduciendo el área efectiva de conservación. Finalmente, aunado a lo anterior es importante recordar que tanto ANP como TRP presentan un alto grado de deterioro.

Especie	%
<i>Romerolagus diazi</i>	32.1
<i>Reithrodontomys microdon</i>	25.9
<i>Peromyscus bullatus</i>	23.4
<i>Neotomodon alstoni</i>	20.5
<i>Cratogeomys merriami</i>	16.5
<i>Reithrodontomys chrysopsis</i>	15.2
<i>Spermophilus perotensis</i>	11.2
<i>Reithrodontomys hirsutus</i>	8.5
<i>Sorex macrodon</i>	8.0
<i>Cratogeomys tylorhinus</i>	7.3
<i>Cratogeomys gymnurus</i>	7.1
<i>Sorex ventralis</i>	4.8
<i>Zygoeomys trichopus</i>	0.6

<i>Liomys spectabilis</i>	0.0
<i>Nelsonia goldmani</i>	0.0

Tabla 4. Porcentaje de área incluido en las RTP y/o ANP de especies endémicas de la FVT.

VI. CONCLUSIONES

1. Los límites morfotectónicos utilizados inicialmente en este trabajo son una buena aproximación para la delimitación de la provincia biótica de la FVT, ya que describen de manera general los principales patrones de distribución de los mamíferos en la zona.
2. La cota altitudinal de los 1000 m es un criterio fundamental en la definición de los límites biogeográficos de la FVT, ya que ésta la diferencia del resto de las provincias.
3. La provincia biogeográfica reconocida como la FVT en términos de mastofauna, es una zona con alta riqueza de especies totales, exclusivas de México y endémicas de la provincia; además de contar con elementos pertenecientes a casi todos los géneros exclusivos del país.
4. La FVT no es una unidad homogénea en términos de composición de especies de mamíferos, ya que muestra patrones de distribución espacialmente distintos, complicando su definición y delimitación como unidad natural. Es por esto que deben ser revisados sus límites geográficos y su carácter de unidad natural como provincia biótica.
5. La FVT es un área compleja en la que, para mamíferos, es difícil distinguir un área única de endemismo que sustente de manera robusta a toda la zona como provincia biogeográfica.
6. Con base en la distribución geográfica de su mastofauna, existen dos porciones distintas de la FVT: una al este y otra al oeste, ambas asignadas a la categoría de distrito.
7. A partir de la metodología aplicada, la altitud y la vegetación fueron los factores que mejor explicaron la distribución de los mamíferos dentro de la FVT. Sin embargo es necesario realizar análisis cuantitativos del impacto de estos elementos sobre los patrones de distribución de las especies.
8. Las acciones de conservación de los mamíferos de la FVT deben incluir aspectos de los patrones de distribución de las especies: sitios de mayor riqueza de especies, presencia de especies exclusivas del país y de la FVT, áreas de endemismo, condición transicional de la biota y elementos del ecosistema (transformación del hábitat, evaluación de decretos para ANP y RTP, estado de conservación de las

especies) así como la incorporación de aspectos sociales y económicos de las comunidades que se encuentran en la zona.

9. Dada la complejidad de elementos involucrados en el presente trabajo, se requieren de manera prioritaria acciones dirigidas hacia la conservación y manejo de los mamíferos en las zonas con altitudes menores a los 2000 m, ya que éstas son las más ricas en número de especies y tan solo están representadas en una RTP.
10. Es necesario realizar análisis cuantitativos para ampliar el conocimiento biogeográfico y mastofaunístico de esta compleja y valiosa región del país.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, R. P., D. Lew, y A.T. Peterson. 2003. Evaluating predictive models of species distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling*. 162: 211-232.
- Aguayo J.E. y Trápaga R. 1996. *Geodinámica de México y minerales del mar*. La ciencia para todos, Fondo de Cultura Económica, México, D. F.
- Álvarez, T y F. Lachica. 1974. Zoogeografía de los vertebrados de México. En: González , T. A. ; T. Álvarez y F. Lachica (eds). El escenario geográfico, volumen II, Recursos Naturales, SEP-INAH, México.
- Arita, H. T. 1993. Riqueza de especies de la mastofauna de México. Pp. 109-128. En: Medellín, R. A. y G. Ceballos (eds.), *Avances en el estudio de los mamíferos de México*. Publicaciones Especiales, Vol. 1, Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C., México, D. F.
- Arita, H. T. y P. Rodríguez. 2002. Geographic range, turnover rate and the scaling of species diversity. *Ecography* 25: 541- 553.
- Arita, H. T. y P. Rodríguez. 2004. Local-regional relationships and the geographic distribution of species. *Global Ecology and Biogeography* 13: 15- 21.
- Arriaga, L., C. Aguilar., D. Espinosa y R. Jiménez (coord). 1997. *Regionalización ecológica y biogeográfica de México*. CONABIO. México.
- Bibby, C. J. 1992. *Putting biodiversity on the map: priority areas for global conservation*. International Council for Bird Preservation (ICBP), Washington, D.C.
- Brown, J. H. y A. C. Gibson. 1983. *Biogeography*. Mosby. St. Louis.
- Brown, J. H. y M. V. Lomolino. 1998. *Biogeography*, 2a. ed., Sinauer Associates, Inc. Pub. Sunderland.
- Brown, J. H, S. K. Morgan, J. M. Parody y J. P. Haskell. 2001. Regulation of diversity: maintenance of species richness in changing environments. *Oecología*.126 (3): 321-332.
- Bueno, H. y J. Llorente. 1991. El centro de origen en la biogeografía: Historia de un concepto. En Llorente, J. *Historia de la Biogeografía: centros de origen y vicarianza*. Ciencias Servicios Editoriales. UNAM. México.
- Bueno-Hernández, A.1997. Del centro de origen a las áreas recurrentes de endemismo : desarrollo conceptual de la biogeografía histórica. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias. UNAM.
- Bueno-Hernández, A. y J. Llorente-Bousquets. 2000. Una visión histórica de la biogeografía dispersionista con críticas a sus fundamentos. *Caldasia* 22 (2): 161-184.
- Buzas M.A, L.S. Collins y S.J. Culver. 2002. Latitudinal difference in biodiversity caused by higher tropical rate of increase. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99: 7841-7843.

- Casas-Andreu, G. y T. Reyna-Trujillo. 1990. Herpetofauna (anfibios y reptiles). Mapa IV. 8.6. En Atlas Nacional de México. Vol.III. Instituto de Geografía. UNAM. México.
- Ceballos, G. y D. Navarro. 1991. Diversity and conservation of mexican mammals. Pp. 167-198. En Mares, M. y D. J. Schmidly (eds). *Latin American Mammalogy: History, Diversity and Conservation*. University of Oklahoma Press, Norman, Oklahoma.
- Ceballos, G. y P. Rodríguez. 1993. Diversidad y conservación de los mamíferos de México: II: Patrones de endemidad. Pp. 87-108. En: Medellín, R. A. y G. Ceballos (eds.), *Avances en el estudio de los mamíferos de México*, Publicaciones Especiales, Vol. 1, Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C., México, D. F.
- Ceballos, G., J. Arroyo-Cabrales y R. A. Medellín. 2002a. The mammals of México: composition, distribution and conservation status. *Museum of Texas Tech University* 218: 1-27.
- Ceballos, G., J. Arroyo-Cabrales y R. A. Medellín. 2002b.0. Mamíferos de México. Pp. 377-413. En: Ceballos, G. y J.A. Simonetti (eds.), *Diversidad y conservación de los mamíferos neotropicales*, Conabio-UNAM, México, D. F.
- Challenger, A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro*, Conabio-Instituto de Biología, UNAM-Agrupación Sierra Madre, S. C. México, D.F.
- Chapman, A. D. y J. R. Busby. 1994. Linking plant species information to continental biodiversity inventory, climate modeling and environmental monitoring. En: R. I. Miller (ed.). *Mapping the diversity of nature*. Chapman & Hall, London, pp. 179-195.
- Charles, H., J. Godfray y J.H. Lawton. 2001. Scale and species numbers. *Trands in Ecology and Evolution*. 16(7): 400-404.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (Conabio). 1997. *Modelo Digital del Terreno*. Escala 1:250000. México.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (Conabio). 1999. *Ecorregiones de México*. Escala 1:1 000 000. México.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). 2000. *Regiones Terrestres Prioritarias*. Escala 1:1 000 000. México.
- Contreras, M., I. Luna y J.J. Morrone. 2001. Conceptos biogeográficos. *Elementos*. 41:33-37.
- Cox, C. 2001. The biogeographic regions reconsidered. *Journal of Biogeography*. 28:511-523.
- Cox, C. y P. Moore. 1993. *Biogeography: an ecological and evolutionary approach*. Blackwell Scientific Publications. Oxford. London, UK.
- Cracraft, J. 1991. Patterns of Diversification Within Continental Biotas: Hierarchical Congruence Among the Areas of Endemism of Australian Vertebrates. *Australian Systematic Botany*. 4(1): 211-227
- Craw, R. C. y P. Weston. 1984. Panbiogeography: a progressive research program? *Systematic Zoology*. 33: 1-33.
- Crawley, M. J. y J. E. Herral. 2001. Scale dependence in plant biodiversity. *Science*. 291:864-868.

- Crisci, J.V. y J.J. Morrone. 1992. Panbiogeografía y biogeografía cladística: paradigmas actuales de la biogeografía histórica. *Ciencias*. No. Especial 6:87-97.
- Crisci J.V., L. Katinas y P. Posadas. 2000. *Introducción a la teoría práctica de la biogeografía histórica*. Sociedad Argentina de Botánica, Buenos Aires.
- Darlington, P.J. 1957. *Zoogeography: The geographical distribution of animals*. John Wiley and sons, Nueva York.
- Demant, A. 1978. Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación. *Inst. Geol. Rev.UNAM*. 2 (2): 172-187.
- Dice, L. R. 1943. *The biotic provinces of North America*, University of Michigan Press, Ann Arbor.
- Dinerstein E., D. Olson, D. Graham, A. Webster, S. Primm, M. Bookbinder, G. Ledec. 1995. Una evaluación del estado de las Eco-regiones terrestres de América Latina y el Caribe. Banco Mundial, WWF. Washington D.C.. 133 p.
- Edwards, A. W. F. y L L. Cavalli-Sforza. 1965. A method for cluster analysis. *Biometrics* 21:362–375.
- Eisenberg, J.F. 1981. *The mammalian radiations*. University of Chicago Press, Chicago.
- Eldredge, N.1997. Síntesis inacabada: Jerarquías biológicas y pensamiento evolutivo moderno. Ciencia y Tecnología, Fondo de Cultura Económica, México, D.F.
- Escalante, P., A. G. Navarro y A. T. Peterson. 1998. Un análisis geográfico, ecológico e histórico de la diversidad de aves terrestres en México. En *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot, J. Fa (eds.). Instituto de Biología, UNAM, México, D. F. p. 279-304.
- Escalante, T., J. Llorente, D. Espinosa y J. Soberón. 2000. Bases de datos y sistemas de información: Aplicaciones en Biogeografía. *Revista Académica Colombiana de Ciencia*. 24 (92).
- Escalante, T., D. Espinosa y J. J. Morrone. 2002. Patrones de distribución geográfica de los mamíferos terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 87: 47-65.
- Escalante, T. 2003. Determinación de prioridades en las áreas de conservación para los mamíferos terrestres de México, empleando criterios biogeográficos. *Anales del Instituto de Biología, UNAM*.
- Escalante, T., D. Espinosa y J. J. Morrone. 2003. Using Parsimony Analysis of Endemicity to analyze the distribution of Mexican land mammals. *The Southwestern Naturalist* 48(4): 563-578.
- Escalante, T., G. Rodríguez y J. J. Morrone. 2004. The diversification of Nearctic mammals in the Mexican Transition Zone. *Biological Journal of the Linnean Society*. 83: 327-339.
- Escalante T, Rodríguez G, Morrone J.J. 2005. Las provincias biogeográficas del Componente Mexicano de Montaña desde la perspectiva de los mamíferos continentales. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 76: 199-205.
- Escalante T, G. Rodríguez . N. Gámez, L. León-Paniagua, O. Barrera y V. Sánchez-Cordero. 2008. Biogeografía y conservación de los mamíferos. En: Luna, I., J.J. Morroene y D. Espinosa (eds). *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*. Universidad Nacional Autónoma de México.

- Espinosa, D., J.J. Morrone, J., Lorente y O. Flores-Villela. 2002. *Introducción al análisis de patrones en biogeografía histórica*. Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- Espinosa, D. O., J.J. Morrone, C. Z. Aguilar y J. Lorente. 2000. Regionalización Biogeográfica de México: Provincias Bióticas, pp 61-94. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. Vol. (11)*. Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Espinosa, D., C. Aguilar y T. Escalante. 2001. Endemismo, áreas de endemismo y regionalización biogeográfica. Pp. 31-37. En: J. Lorente y J. J. Morrone (eds.), *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*, Las Prensas de Ciencias, México.
- Espinosa, D. y J. Lorente. 1993. *Fundamentos de biogeografías filogenéticas*, UNAM-CONABIO, México, D.F.
- Espinosa, D., C. Aguilar y T. Escalante. 2001. Endemismo, áreas de endemismo y regionalización biogeográfica. Pp. 31-37. En: J. Lorente y J. J. Morrone (eds.). *Conservation-motivated analysis of mammalian biogeography in the Trans-Mexican Neovolcanic Belt. Nat Geog. Res.* 5:296-315.
- Fa, J. E. y L. M. Morales. 1991. Mammals and protected areas in the Trans-Mexican Neovolcanic Belt. Pp. 199-226. En Mares, M. y D. J. Schmidly (eds). *Latin American Mammalogy: History, Diversity and Conservation*. University of Oklahoma Press: 468 pp.
- Fa, J. E. y L. M. Morales. 1998. Patrones de diversidad de mamíferos de México. Pp. 315-352. En: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.), *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM, México, D. F.
- Ferrari, L., J. Rosas, G. Carasco, M.T. Orozco y T. Norato. 2005. Digital Geologic Cartography of the Trans-Mexican Volcanic Belt and adjoining areas. *Digital Geosciences*. UNAM.
- Ferrusquía-Villafranca, I. 1990. Regionalización biogeográfica con base en rasgos morfotectónicos. Mapa IV.8.10.A. Atlas Nacional de México, volumen 2. Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Ferrusquía-Villafranca, 1998. Geología de México : Una Sinopsis. En: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.), *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*, Instituto de Biología, UNAM, México, D. F.
- Ferrusquía-Villafranca, I.(ed). 1977. Conexiones terrestres entre Norte y Sud América: *Simposio Interdisciplinario sobre Paleogeografía Mesoamericana*. Inst. Geol. UNAM. México.
- Flores-Villela, O. y P. Gerez. 1988. *Conservación en México: síntesis sobre vertebrados terrestres, vegetación y uso de suelo*. INIREV- Conservación Internacional, México.
- Flores-Villela O.A. 1991. Análisis de la distribución de la herpetofauna de México. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D. F. 269 p.
- Flores-Villela, O. y A. Navarro. 1993. Un análisis de los vertebrados terrestres de mesoamérica en México. Vol. Esp. (XLIV). *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*. 387-395 pp.
- García, E. 1988. Climas (clasificación de Köppen, modificado por García). Escala 1:1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.

- Gaston, K., Blackburn, T. M. y Lawton, J. H. 1997. Interspecific abundance-range size relationships: an appraisal of mechanisms. *Journal of Animal Ecology*. 66, 579–601.
- Gaston, K. 2000. Global patterns in biodiversity. *Nature*. 405: 220–227
- Goldman, E. A. y R. T. Moore. 1945. The Biotic provinces of Mexico. *Journal of Mammalogy*. 26: 347-360.
- Gómez-Tuena A., Orozco-Esquivel M.T. y Ferrari L. 2005. Petrogénesis ígnea de la Faja Volcánica Transmexicana. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. Volúmen conmemorativo del centenario. Temas Selectos de la Geología Mexicana. LVII (3): 227-285.
- Good, R. 1974. *The Geography of Flowering Plants*. Longmans, London.
- Graham, C. H., S. R. Ron, J. C. Santos, C. J. Schneider, and C. Moritz. 2004. Integrating phylogenetics and environmental niche models to explore speciation mechanisms in dendrobatid frogs. *Evolution* 58:1781–1793.
- Guisan, A. y N.E. Zimmermann. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135: 147-186.
- Haffer, J. 1969. Speciation in Amazonian forest birds. *Science*. 165: 131-137.
- Halfpter, G. 2003. Tribu Scarabaeini. En: M.A. Morón (ed.). Atlas de los escarabajos de México, Coleoptera: Lamellicornia Vol. II Familias Scarabaeidae, Trogidae, Passalidae y Lucanidae. Barcelona, Argania editio, 227p.
- Harold, A. S. y R. D. Mooi. 1994. Areas of endemism: definition and recognition criteria. *Systematics Biology*. 43(2): 261-266.
- Harrison, S., S.J. Ross y J.H. Lawton. 1992. Beta diversity on geographic gradients in Britain. *Journal of Animal Ecology*. 61: 151–158.
- Iñiguez, L. I. y E. Santana. 1993. Patrones de distribución y riqueza de especies de los mamíferos del occidente de México. En R. A. Medellín y G. Ceballos (eds). *Avances en el Estudios de los Mamíferos de México*. Publicaciones Especiales, Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C., México, D. F. Vol. 1. Pp. 65-86.
- Kaufman, D.M. 1995. Diversity of New World mammals: universality of latitudinal gradients of species and bauplans. *Journal of Mammalogy*. 76:322-334.
- Koleff P. y J. K. Gaston. 2002. The relationships between local and regional species richness and spatial turnover. *Global Ecology and Biogeography*. 11:363-375.
- Lacoste, A. y R. Salomon. 1973. *Biogeografía*. Oikos-tau, Barcelona. España.
- Linder, H. P. 2001. On areas of endemism, with an example from the African Restionaceae. *Systematic Biology*. 50(6): 892-912.
- Llorente B. J. y D. Espinosa. 1991. Síntesis de las controversias en la biogeografía histórica contemporánea. *Ciencia*. 42: 295-312.

- López-Caballero, E. J. y G. Pérez-Suárez. 1999. Métodos de análisis en la reconstrucción filogenética. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*. 26: 45-56.
- Marín, C. S. y C. Torres-Ruata. 1990. Hidrogeología. IV. 6. 3. Atlas Nacional de México. Vol. II Escala 1: 4 000 000. Instituto de Geografía, UNAM, México.
- McArthur R. H. 1972. *Geographical ecology: Patterns in the distribution of species*. Harper and Row, New York.
- McCoy, E. D. y E. F. Connor. 1980. Latitudinal gradients in the species diversity of North American mammals. *Evolution*. 34:193-203.
- McNeely, M. K, W. Reid, R. Mittermeier, y T. Werner. 1990. *Conserving the World's Biological Diversity*. IUCN, WRI, CI, WWF-US, World Bank, 193p.
- Morán-Zenteno D.J. 2003. El debate sobre el origen del Eje Neovolcánico Mexicano. *Agencia de Noticias No. 57*. Academia Mexicana de Ciencias. México, D. F.
- Morrone, J. J. 1994. On the identification of areas of endemism. *Systematic Biology*. 43(3): 438-441.
- Morrone, J. J. y J. V. Crisci. 1995. Historical biogeography: introduction to methods. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*. 26: 373-401.
- Morrone, J. J., D. Espinosa-Organista, C. Aguilar Zúñiga y J. Llorente-Bousquets. 1999. Preliminary classification of the mexican biogeographic provinces: a parsimony analysis of endemism based on plant, insect, and bird taxa. *Southwestern Naturalist*. 44(4): 508-515.
- Morrone, J. J. 2001. Homology, biogeography and areas of endemism. *Diversity and Distributions* 7: 297-300.
- Morrone, J. J. y J. Marquez. 2001. Halffter's Mexican Transition Zone, beetle generalized tracks, and geographical homology. *Journal of Biogeography*. 28:635-650.
- Morrone, J. J. 2002. El espectro del dispersalismo: De los centros de origen a las áreas ancestrales. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*. 61(3-4): 1-14.
- Morrone, J. J. y T. Escalante. 2002. Parsimony Analysis of Endemism (PAE) of Mexican terrestrial mammals at different area units: When size matters. *Journal of Biogeography*. 29(8): 1095-1104.
- Morrone, J. J., S. Roig-Juñent y G. Flores. 2002. Delimitation of biogeographic districts in central Patagonia (South America), based on beetle distributional patterns (Coleoptera: Carabidae and Tenebrionidae). *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*. 4: 1-6.
- Morrone, J.J. 2004. La zona de transición sudamericana: caracterización y relevancia evolutiva. *Acta Entomológica Chilena*. 28(1): 41-50.
- Morrone, J. J. 2005. Hacia una Síntesis Biogeográfica de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 76 (02): 207-252.
- Morrone, J. J. 2006. Biogeographic areas and transition zones of Latin America and the Caribbeans Islands based on Panbiogeographic and Cladistics analyses of the Entomofauna. *Annual Review of Entomology*. 51: 467-494.

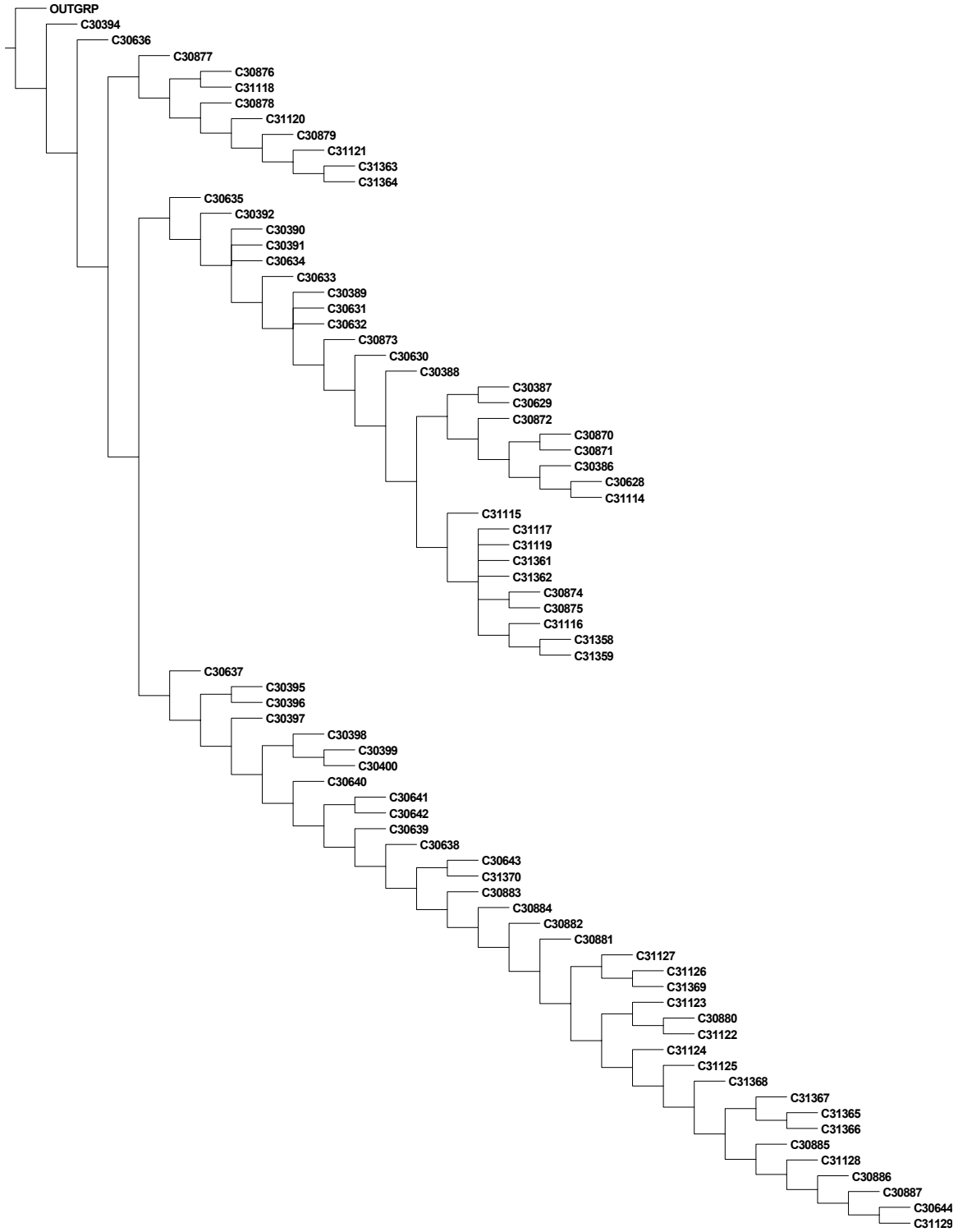
- Müller, P. 1973. The dispersal centers of terrestrial vertebrates in the neotropical realm a study of evolution of the neotropical biota and its native landscape. Junk, The Hague.
- Munguía, M. 2004. Representatividad mastofaunística en Áreas Naturales Protegidas y Regiones Terrestres Prioritarias en el Eje Neovolcanico : un modelo de conservación. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM.
- Myers, A. A. y P. S. Giller. 1988. Biogeographic patterns. Pp. 15-21. En: Myers, A. A. y P. S. Giller (eds.), *Analytical Biogeography: An integrated approach to the study of animals and plant distributions*, Chapman and Hall, Londres.
- Navarro, A. G., A. T. Peterson y A. Gordillo-Martínez. 2003. Museums working together: the atlas of the birds of Mexico. En: Why museums matter: avian archives in an age of extinction, N. Collar, C. Fisher, and C. Feare (eds.). Bulletin British Ornithologists' Club Supplement 123A. p. 207-225.
- Nelson, G. y Rosen, D.E. (eds). 1980. *Vicariance biogeography: a critique*. Columbia University Press, New York.
- Nelson, G. y N. I. Platnick. 1981. *Systematics and biogeography: cladistics and vicariance*. Columbia University Press, Nueva York.
- Ordoñez-Díaz, M. de J. y O. Flores-Villela. 1995. *Áreas Naturales Protegidas*. PRONATURA. A. C. México.
- Pagel, M. D., R. M. May y A. R. Collie. 1991. Ecological aspects of the geographical distribution and diversity of mammalian species. *American Naturalist*. 137:791-815.
- Pinna, M. C. 1991. Concepts and tests of homology in the cladistic paradigm. *Cladistics*. 7: 367-394.
- Peterson, A. T. y K. C. Cohoon. 1999. Sensitivity of distributional prediction algorithms to geographic data completeness. *Ecological Modeling*. 117: 159-164.
- Peterson, A.T. y D.M Watson. 1998. Problems with areal definitions of endemism: the effects of spatial scaling. *Diversity Distributions* 4: 189-194.
- Peterson, A. T. y D. A. Vieglais. 2001. Predicting species invasions using ecological niche modeling: new approaches from bioinformatics attack a pressing problem. *BioScience*. 51: 363-371.
- Peterson, A. T., V. Sánchez-Cordero, J. Ramsey y B. Beard. 2002. Identifying mammal reservoirs for Chagas' disease in Mexico via ecological niche modeling of primary point occurrence data of parasites and hosts. *Emerging Infectious Diseases*. 8:662-667.
- Platnick, N. I. 1991. On areas of endemism. *Australian Systematic Botany*. 4: 1-2.
- Posadas, P. y D. R. Miranda-Esquivel. 1999. El PAE (Parsimony Analysis of Endemicity) como una herramienta en la evaluación de la biodiversidad. *Revista Chilena de Historia Natural*. 72: 539-546.
- Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa. (Eds). 1998. *Diversidad Biológica de México: Orígenes y Distribución*. Instituto de Biología, UNAM. México
- Ramírez-Pulido, J. y A. Castro-Campillo. 1990. *Provincias Mastofaunísticas* Escala 1: 4,000 000, Mapa IV.8.8A, Atlas Nacional de México. Vol. 2. Instituto de Geografía, UNAM, México, D. F.

- Ramírez-Pulido, J. y A. A. Castro-Campillo. 1993. Diversidad mastozoológica en México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* Vol. Esp. (XLIV): 413-427.
- Ramírez-Pulido, J. y C. Müdespacher. 1987. Estado actual y perspectivas del conocimiento de los mamíferos de México. *Ciencia* 38:49-63.
- Ramírez-Pulido, J., A., Castro-Campillo, J. Arroyo-Cabrales y F. Cervantes. 1996. Lista taxonómica de los mamíferos terrestres de México. *Occas. Pap. Mus. Texas Tech Univ.* 158:1- 62.
- Ramírez-Pulido J., J. Arroyo-Cabrales y A Castro-Campillo. 2005. Estado actual y relación nomenclatural de los mamíferos terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.): 21-82.
- Rapoport, H. E. 1975. *Aerografía: estrategias geográficas de las especies*, Fondo de Cultura Económica, México.
- Ricklefs, R. E. 2004. A comprehensive framework for global patterns in biodiversity. *Ecology Letters*.7: 1–15
- Ridley, M. 1996. *Evolution*. 2nd edn. Blackwell Science, Cambridge, MA.
- Rodríguez, P., J. Soberón y H. T. Arita. 2003. El componente beta de la diversidad de mamíferos de México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s). 89:241-259.
- Ron, S. R. 2000. Area relationships of Neotropical lowland rainforests based on raw distributions of vertebrate groups. *The Biological Journal of the Linnean Society*. 71:379-402.
- Rosen, B. R. 1988. From fossils to earth history: applied historical biogeography. Pp. 437-481. En: Myers, A. A. y P. Giller (eds.), *Analytical biogeography: An integrated approach to the study of animal and plant distributions*, Chapman and Hall, Londres.
- Rosenzweig, M. L. 1996. Species diversity in space and time. Cambridge University Press, New York, New York, USA.
- Ruggiero, A. y C. Ezcurra. 2003. Regiones y transiciones biogeográficas: complementariedad en los análisis en biogeografía histórica y ecológica. En :Morrone, J.J. y J. Llorente (eds). Una perspectiva Latinoamericana de la Biogeografía. Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Ruiz Jiménez, A. M., J. J Górnjak, A. Kosic, P. Kiss y M. Kandulla. 2004. European and National Identities in EU's Old and New Member States: Ethnic, Civic, Instrumental and Symbolic Components. En: *European Integration online Papers* (EIoP), 8 (11).
- Rzedowski, J. 1990. *Vegetación Potencial*. IV.8.2. Atlas Nacional de México. Vol II. Escala 1:4 000 000. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México.
- Sánchez-Cordero, V., A. T. Peterson y P. Pliego-Escalante. 2001. Modelado de la distribución de especies y conservación de la diversidad biológica. En: *Enfoques contemporáneos en el Estudio de la Diversidad Biológica*. Instituto de Biología, UNAM y Academia Mexicana de Ciencias, A.C., Mexico, D.F.
- Simpson, G. G. 1964. Species density of North American recent mammals. *Systematic Zoology* 13: 57-73.
- Smith, H. 1941. Las provincias bióticas de México, según la distribución geográfica de las lagartijas del género *Sceloporus*. *Anales de la Esc. Nac. de Ciencias Biológicas*. Vol.II. México.

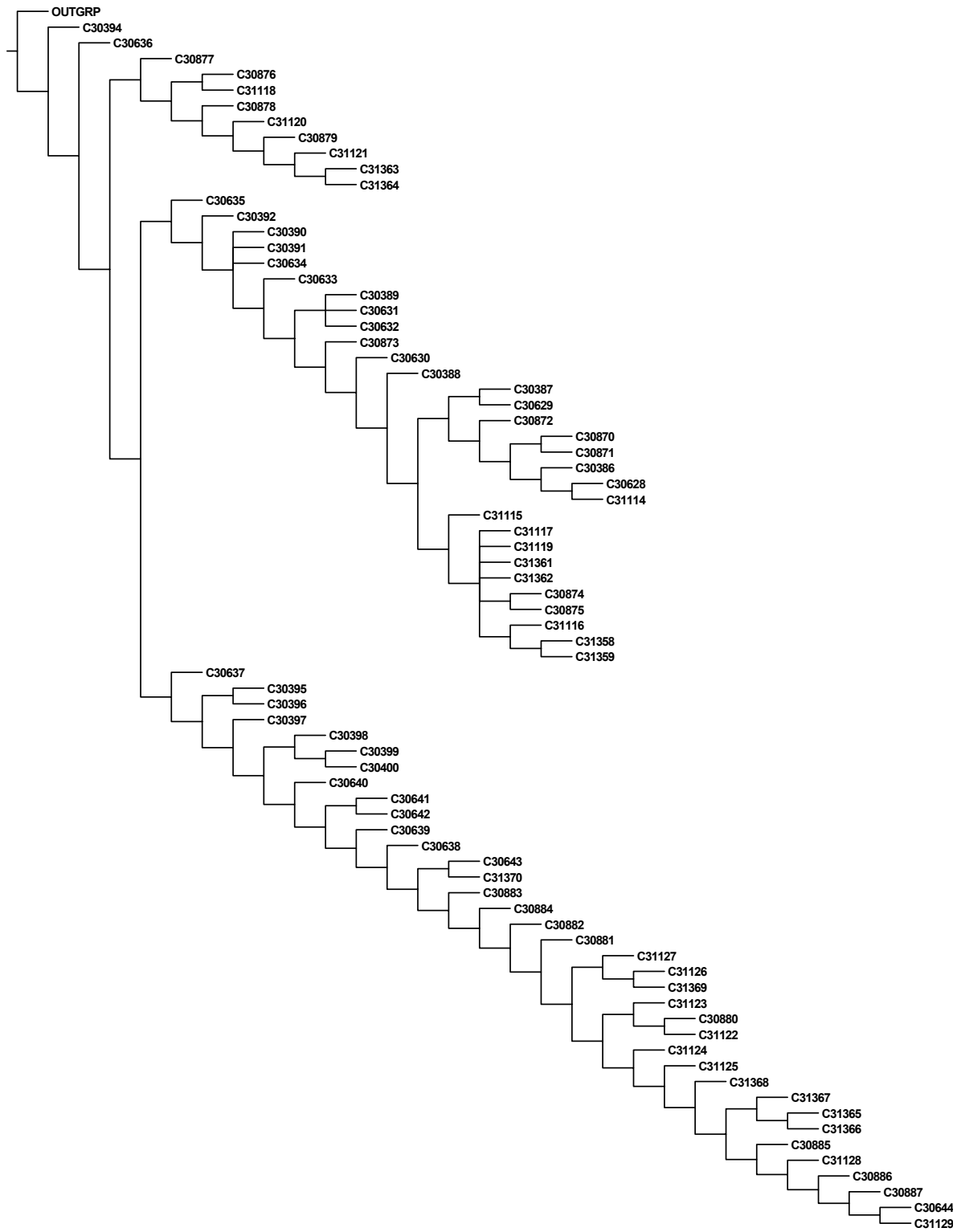
- Stevens, G. C. 1989. The latitudinal gradient in geographical range: how so many species co-exist in the tropics. *American Naturalist*. 133: 240 - 256.
- Stockwell, D.R.B. 1999. Genetic Algorithms II. Pp 123-144 in A.H. Fielding (ed) *Machine Learning Methods for Ecological Applications*. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Stockwell, D. R. B. y D. Peters. 1999. The GARP modeling system: problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographical Information Science*. 13:143-158.
- Toledo, V. M. y M. Ordóñez. 1988. La diversidad biológica de México. *Ciencia y Desarrollo*. 81: 17-30.
- Toledo, V. M. 1982. Pleistocene changes of vegetation in tropical Mexico. En: Prance, G. (ed). *Biological Diversification in the Tropics*. Columbia Univ. Press.
- Trejo-Torres, J.C. y J.D. Ackerman. 2001. Biogeography of the Antilles based on a parsimony analysis of orchid distributions. *Journal of Biogeography*. 28: 775-794.
- Villa, B. y F. A. Cervantes. 2003. *Los mamíferos de México*, Instituto de Biología, UNAM- Grupo Editorial Iberoamérica, México, D. F.
- Villaseñor, J. L. y O. Téllez-Valdéz. 2004. Distribución potencial de las especies del género *Jefea* (Asteraceae) en México. *Anales del Instituto de Biología Serie Botánica*. 75(2): 205-220.
- Whittaker, R.H. 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs*. 30: 279-338.
- Whittaker, R.J., K.J. Willis y R Field. 2001. Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity. *Journal of Biogeography*. 28: 453-470.
- Wiley, E. O. 1987. Methods in vicariance biogeography. En: P. Hovenkamp (ed.), *Systematic and evolution: A matter of diversity*, Institute of Systematic Botany, Utrecht University, pp. 283-306.
- Wilson, M. V. 1974. Analytical zoogeography of North American mammals. *Evolution*. 28:124-140.
- Zandee, M. y M. C. Ross. 1987. Component-compatibility in historical biogeography. *Cladistics* 3: 305-332.

ANEXO I. CLADOGRAMAS

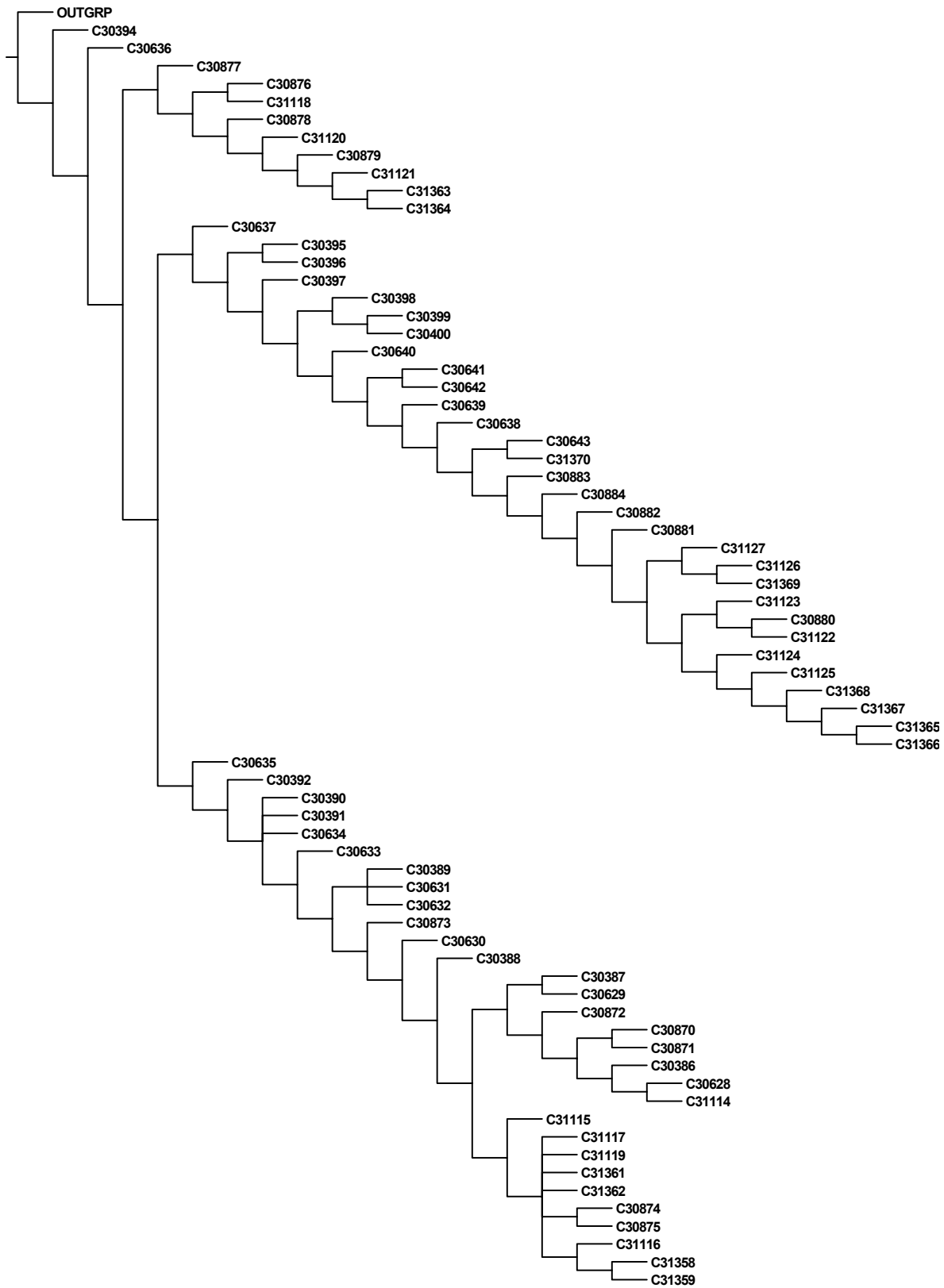
Cladograma consenso de primer análisis de PAE



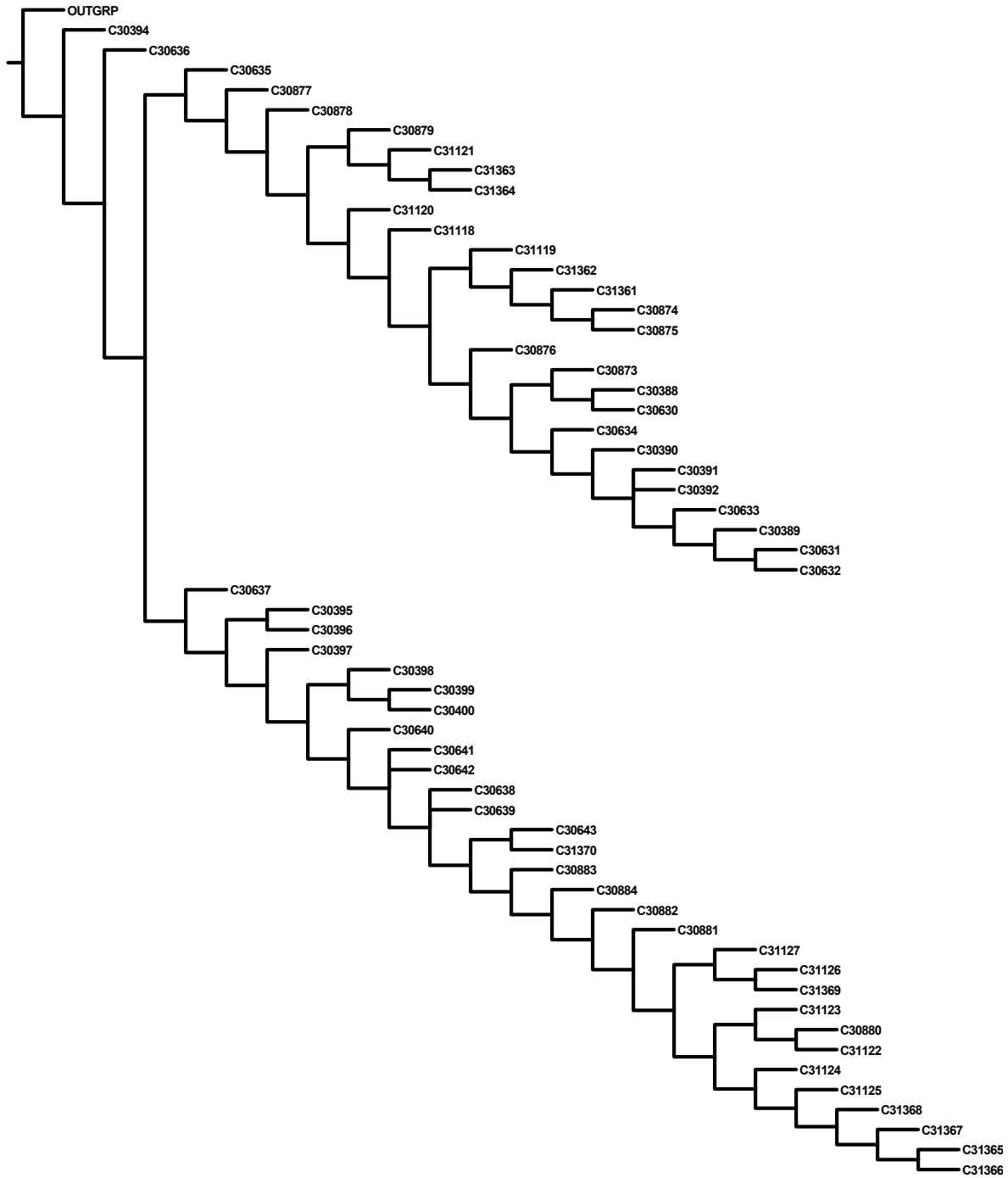
Cladograma consenso de segundo análisis de PAE



Cladograma consenso de tercer análisis de PAE



Cladograma consenso de cuarto análisis de PAE



ANEXO II. RESULTADOS DEL PAE

Resultados de PAE secuenciales elaborados a partir de una matriz de datos inicial de 78 cuadros y 198 especies de mamíferos terrestres de la FVT. L = longitud (pasos) del cladograma, CI = índice de consistencia, RI = índice de retención.

Número del análisis	Número de cladogramas	Estadísticos de los cladogramas resultantes	Estadísticos del cladograma de consenso	ESPECIES CARACTERÍSTICAS	Especies informativas (CI>0.33)	Especies desactivadas	Especies informativas marginales (CI>0.33)	Cuadros marginales desactivados
1	22	L= 1060 CI= 0.18 RI= 0.78	L= 1078 CI= 0.17 RI= 0.77	<i>Enchistenes hartii</i> <i>Galictis vitta</i> , <i>Megadontomys nelsoni</i> <i>Nelsonia golmani</i>	<i>Corynorhinus mexicanus</i> <i>Cryptotis mexicana</i> <i>Molossus sinaloae</i> <i>Myotis carteri</i> <i>M. volans</i> <i>Oryzomys alfaroi</i> <i>O. chapmani</i> <i>Pappogeomys bulleri</i> <i>Peromyscus spicilegu</i> ,	<i>Enchistenes hartii</i> <i>Galictis vittata</i> , <i>Megadontomys nelsoni</i> <i>Nelsonia golmani</i> <i>Liomys irroratus</i>	<i>Bauerus dubiaquercus</i> <i>Eptesicus furinalis</i> <i>Glyphonycteris sylvestris</i> <i>Molossus aztecus</i> Este: <i>Coendou mexicanus</i> <i>Diphilla ecaudata</i>	-

				<i>Pteronotus davyi</i> <i>Sciurus colliaei</i> , <i>S. oculatus</i> <i>Sigmodon leucotis</i> <i>Sorex macrodon</i> <i>Spermophilus annulatus</i> <i>S. perotensis</i> <i>Urocyon cinereoargenteus</i> <i>Zygogeomys trichopus</i> Oeste: <i>Baiomys musculus</i> <i>Peromyscus spicilegus</i> <i>Sciurus aureogaster</i> <i>Sylvilagus floridanus</i> <i>Choeronycteris Mexicana</i> <i>Myotis velifera</i> <i>Myotis carteri</i> <i>Pappogeomy bulleri</i>	<i>Molossus rufus</i> <i>Myotis elegans</i> <i>Orthogeomys hispidus</i> <i>Peromyscus leucopus</i> Extremos oeste y este: <i>Glossophaga soricina</i> <i>Leopardus pardalis</i> <i>Nyctinomops laticaudatus</i> <i>Panthera onca</i> <i>Cratogeomys zinseri</i> <i>Peromyscus eremicus</i> Sur: <i>Orthogeomys grandis</i> , <i>Peromyscus megalops</i> <i>P. mekisturus</i> <i>P. melanocarpus</i> <i>P. melanophrys</i>	
--	--	--	--	--	---	--

					<i>Pteronotus davyi</i> <i>Sciurus colliae</i> <i>Spermophilus annulatus</i> Este: <i>Cryptotis mexicana</i> <i>Urocyoncinereoargenteus</i> <i>Sciurus oculatus</i>		
2	24	L=1017 CI= 0.17 RI= 0.77	L=1029 CI= 0.16 RI= 0.77		<i>Baiomys musculus</i> <i>Choeronycteris mexicana</i> <i>Corynorhinus mexicanus</i> <i>Cryptotis mexicana</i> <i>Molossus sinaloae</i> <i>Myotis carteri</i> <i>M. velifer</i> <i>M. volans</i> <i>Oryzomys alfaroi</i> <i>O. chapmani</i> <i>Pappapogeomys bulleri</i> <i>Peromyscus levipes</i> <i>P. spicilegus</i>	<i>Bauerus</i> <i>dubiaquercus</i> <i>Eptesicus furinalis</i> <i>Glyphonycteris</i> <i>sylvestris</i> <i>Molossus aztecus</i> Este: <i>Coendou mexicanus</i> <i>Diphilla ecaudata</i> <i>Molossus rufus</i> <i>Myotis elegans</i> <i>Orthogeomys hispidus</i>	30644 30885 30886 30887 31128 31129

					<i>Pteronotus davyi</i> <i>Sciurus aureogaster</i> <i>S. colliaei</i> <i>S. oculatus</i> <i>Sigmodon leucotis</i> <i>Sorex macrodon</i> <i>Spermophilus annulatus</i> <i>S. perotensis</i> <i>Sylvilagus floridanus</i> <i>Urocyon cinereoargenteus</i> <i>Zygoeomys trichopus.</i>	<i>Peromyscus leucopus</i> Extremos Este y Oeste: <i>Glossophaga soricina</i> <i>Leopardus pardalis</i> <i>Nyctinomops laticaudatus</i> <i>Panthera onca</i> <i>Cratogeomys zinseri</i> <i>Peromyscus eremicus</i> Sur: <i>Orthogeomys grandis</i> <i>Peromyscus megalops</i> <i>P. mekisturus</i> <i>P. melanocarpus</i> <i>P. melanophrys</i> <i>P. winkelmanni</i>		
3	24	L=897 CI= .19 RI= .80	L=909 CI= 0.10		<i>Artibeus lituratus</i> <i>Baiomys musculus</i> <i>Centurio senex</i>		<i>Artibeus lituratus</i> <i>Centurio senex</i>	

	RI= .80	0.19		<i>Centurio senex</i> <i>Choeronycteris mexicana</i> <i>Corynorhinus mexicana</i> <i>Cratogeomys merriami</i> <i>C. tylorhinus</i> <i>Cryptotis mexicana</i> <i>Glosophaga commissarisi</i> <i>Hodomys alleni</i> <i>Lasiurus ega</i> <i>Leopardus wiedii</i> <i>Mephitis macroura</i> <i>Molossus sinaloae</i> <i>Mormoops megalophylla</i> <i>Myotis carteri</i> <i>M. lucifugus</i> <i>M. velifer</i> <i>M. volans</i> <i>Neotoma nelsoni</i> <i>Oryzomys alfaroi</i> <i>O. chapmani</i> <i>Pappogeomys bulleri</i> <i>Peromyscus bullatus</i>		<i>Glosophaga commissarisi</i> <i>Hodomys alleni</i> <i>Lasiurus ega</i> <i>Leopardus wiedii</i> <i>Mormoops megalophylla</i> <i>Oryzomys alfaroi</i> <i>O. chapmani</i> <i>Pteronotus davyi</i> <i>P. parnellii</i> <i>Spermophilus annulatus</i> <i>Tylomys nudicaudus.</i>	
--	---------	------	--	--	--	---	--

					<i>P. levipes</i> <i>P. spicilegus</i> <i>Pteronotus davyi</i> <i>P. parnellii</i> <i>Sciurus aureogaster</i> <i>S. colliaei</i> <i>S. oculatus</i> <i>Sigmodon leucotis</i> <i>Sorex macrodon</i> <i>S. monticolus</i> , <i>Spermophilus annulatus</i> , <i>S. perotensis</i> <i>Sylvilagus cunicularius</i> <i>S. floridanus</i> <i>Tylomys nudicaudus</i> <i>Urocyon cinereoargenteus</i> <i>Zygoeomys trichopus</i>			
4	4	L=801 CI=0.19 RI=0.81	L=807 CI= 0.19 RI=		<i>Baiomys musculus</i> <i>Choeronycteris mexicana</i> <i>Corynorhinus mexicanus</i>	<i>Artibeus lituratus</i> <i>Centurio senex</i> <i>Glossophaga</i> <i>commissarisi</i>	<i>Artibeus intermedius</i> <i>Balantiopteryx plicata</i> <i>Glossophaga morenoi</i> <i>Marmosa mexicana</i>	30386 30387 30628 30629 20070

			0.81		<i>Cratogeomys tylorhinus</i>	<i>commissarisi</i>	<i>Marmosa mexicana</i>	30870
					<i>Cryptotis mexicana</i>	<i>Hodomys alleni</i>	<i>Oryzomys melanotis</i>	30871
					<i>Eptesiscus fuscus</i>	<i>Lasiurus ega</i>	<i>Molossus sinaloae</i>	30872
					<i>Glaucomys volans</i>	<i>Leopardus wiedii</i>	<i>Platyrrhinus helleri</i>	31114
					<i>Microtus mexicanus</i>	<i>Mormoops</i>	<i>Rhogeessa parvula</i>	31115
					<i>Molossus sinaloae</i>	<i>megalophylla</i>		31116
					<i>Myotis auriculus</i>	<i>Oryzomys alfaroi</i>		31117
					<i>M. carteri</i>	<i>O. chapmani</i>		31358
					<i>M. lucifugus</i>	<i>Pteronotus davyi</i>		31359
					<i>M. velifer</i>	<i>P. parnellii</i>		
					<i>M. volans</i>	<i>Spermophilus annulatus</i>		
					<i>Pappogeomys bulleri</i>	<i>Tylomys nudicaudus</i>		
					<i>Peromyscus bullatus</i>			
					<i>P. levipes</i>			
					<i>P. spicilegus</i>			
					<i>Promops centralis</i>			
					<i>Reithrodontomys hirsutus</i>			
					<i>Sciurus aureogaster</i>			
					<i>S. colliaei</i>			
					<i>S. oculatus</i>			

					<i>Sigmodon leucotis</i> <i>Sorex macrodon</i> <i>S. monticolus</i> <i>Spermophilus perotensis</i> <i>Spilogale putorius</i> <i>Sylvilagus cunicularius</i> <i>S. floridanus</i> <i>Tadarida brasiliensis</i> <i>Urocyon cinereoargenteus</i> <i>Xenomys nelsoni</i>			
--	--	--	--	--	---	--	--	--

ANEXO III. LISTADO DE ESPECIES

Lista de las 152 especies de mamíferos potencialmente presentes en la Faja Volcánica Transmexicana.

^{a b c}: se refiere a su pertenencia como endémica alguna de las áreas de endemismo, ^a: FVT; ^b: FVT-DE; ^c: FVT-DW.

Afinidad: se refiere a la ubicación primordial de la distribución geográfica de la especie, en las regiones Neártica (NEA), Neotropical (NEO) o de la Zona de Transición Mexicana (ZTM) (los límites de las tres regiones es según Escalante *et al.* 2004).

Nodo biogeográfico: se refiere a su presencia potencial en alguno de los nodos biogeográficos (1, 2, 3 o 4) identificados por Escalante *et al.* (2004).

ESPECIE	Afinidad			Nodo
	NEA	NEO	ZTM	
<i>Anoura geoffrovi</i>		X	X	1,2,3,4
<i>Antrozous pallidus</i>	X		X	4
<i>Artibeus hirsutus</i>		X	X	3
<i>Artibeus jamaicensis</i>		X	X	1,2,3,4
<i>Baeodon alleni</i>		X	X	1,2,3,4
<i>Baiomys musculus</i>		X	X	1,2,3,4
<i>Baiomys taylori</i>	X	X	X	3,4,
<i>Bassariscus astutus</i>	X	X	X	1,2,3,4
<i>Canis latrans</i>	X	X	X	1,2,3,4
<i>Carollia perspicillata</i>		X		3
<i>Chaetodipus hispidus</i>	X		X	1,2
<i>Chiroderma salvini</i>		X	X	3,4
<i>Choeronycteris mexicana</i>	X	X	X	1,2,3,4
<i>Conepatus mesoleucus</i>		X		1,2,3,4
<i>Corynorhinus mexicanus</i>		X	X	1,2,4
<i>Cratogeomys fumosus</i>			X	-
<i>Cratogeomys gymnurus</i> ^c		X		1,2
<i>Cratogeomys merriami</i> ^b		X	X	1,2,3,4
<i>Cratogeomys tylorhinus</i> ^a			X	1,2,3,4
<i>Cryptotis goldmani</i>			X	1,2,3,4
<i>Cryptotis mexicana</i>			X	1,2,3,4
<i>Cryptotis parva</i>	X	X	X	1,2,3,4
<i>Dasyapus novemcinctus</i>	X	X	X	3,4
<i>Dermanura azteca</i>		X	X	1,2,3,4
<i>Dermanura phaeotis</i>		X	X	1,2,4

<i>Dermanura tolteca</i>		X	X	1,2,3,4
<i>Desmodus rotundus</i>	X	X	X	3,4
<i>Didelphis marsupialis</i>		X		1,2,3,4
<i>Didelphis virginiana</i>	X	X	X	1,2,3
<i>Dipodomys ordii</i>	X		X	1,2,3
<i>Dipodomys phillipsii</i>	X		X	1,2,3,4
<i>Eptesicus fuscus</i>	X	X	X	1,2,3,4
<i>Eumops underwoodi</i>	X	X	X	1,2,3
<i>Glaucomys volans</i>	X	X	X	1,2,3,4
<i>Glossophaga leachii</i>		X	X	1,2,3,4
<i>Habromys simulatus</i>			X	3,4
<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	X	X	X	1,2,4,
<i>Hylonycteris underwoodi</i>		X		-
<i>Lasiurus blossevillii</i>			X	1,2,3,4
<i>Lasiurus cinereus</i>	X	X	X	1,2,3,4
<i>Lasiurus intermedius</i>	X	X	X	1,2,3,4
<i>Lasiurus xanthinus</i>	X	X	X	1,2,3,4
<i>Leptonycteris curasoae</i>	X	X	X	1,2,3,4
<i>Leptonycteris nivalis</i>	X	X	X	1,2,3,4
<i>Lepus californicus</i>		X	X	1,2,3,4
<i>Liomys irroratus</i>	X	X	X	1,2,3,4
<i>Liomys pictus</i>	X	X	X	1,2,3,4
<i>Liomys spectabilis</i> ^c		X		-
<i>Lontra longicaudis</i>		X	X	1,2,3,4
<i>Lynx rufus</i>	X	X	X	1,2,3,4
<i>Macrotus waterhousii</i>	X	X	X	1,2,3
<i>Megadontomys thomasi</i>		X		1,2,3
<i>Megasorex gigas</i>		X	X	1,2,3
<i>Mephitis macroura</i>	X	X	X	-
<i>Microtus mexicanus</i>	X	X	X	1,2,3
<i>Musonycteris harrisoni</i>		X		3
<i>Mustela frenata</i>	X	X	X	1,2,3,4
<i>Myotis auriculus</i>	X	X	X	1,2,3,4
<i>Myotis californicus</i>	X		X	1,2,3,4
<i>Myotis carteri</i>		X		-
<i>Myotis keaysi</i>		X		1,2
<i>Myotis lucifugus</i>			X	1,2,3
<i>Myotis nigricans</i>		X		4
<i>Myotis thysanodes</i>	X	X	X	1,2,3,4
<i>Myotis velifer</i>	X	X	X	1,2,3,4
<i>Myotis volans</i>	X		X	1,2,3,4
<i>Myotis yumanensis</i>	X		X	1,2,3,4
<i>Nasua narica</i>	X	X	X	1,2,3,4
<i>Natalus stramineus</i>		X	X	3,4
<i>Nelsonia goldmani</i> ^a			X	-
<i>Neotoma albigula</i>	X		X	1,2
<i>Neotoma mexicana</i>	X	X	X	1,2,3,4
<i>Neotoma micropus</i>	X			1,2
<i>Neotoma nelsoni</i>		X		4

<i>Neotomodon alstoni</i> ^a		X		1,2,3,4
<i>Notiosorex crawfordi</i>	X	X		-
<i>Nyctinomops femorosaccus</i>	X	X	X	3
<i>Nyctinomops macrotis</i>	X	X	X	1,2,3
<i>Nyctomys sumichrasti</i>		X		1,2,3,4
<i>Odocoileus virginianus</i>	X	X	X	1,2,3,4
<i>Oligoryzomys fulvescens</i>		X	X	1,2,3,4
<i>Oryzomys couesi</i>		X		1,2,3,4
<i>Osgoodomys banderanus</i>		X	X	1,2,3
<i>Pappogeomys bulleri</i>		X		-
<i>Parastrellus hesperus</i>		X	X	4,
<i>Perognathus flavescens</i>	X			1,2,3,4
<i>Perognathus flavus</i>	X		X	1,2,4
<i>Peromyscus aztecus</i>		X		1,2,3,4
<i>Peromyscus beatae</i>		X		1,2,3,4
<i>Peromyscus boylii</i>	X	X	X	-
<i>Peromyscus bullatus</i> ^b		X		1,2,3,4
<i>Peromyscus difficilis</i>	X	X	X	1,2,3,4
<i>Peromyscus furvus</i>			X	1,2,3,4
<i>Peromyscus gratus</i>			X	1,2,3,4
<i>Peromyscus levipes</i>	X		X	1,2,3,4
<i>Peromyscus maniculatus</i>	X	X	X	1,2,3,4
<i>Peromyscus melanotis</i>	X		X	1,2,3,4
<i>Peromyscus mexicanus</i>		X	X	3,4
<i>Peromyscus pectoralis</i>	X		X	-
<i>Peromyscus perfulvus</i>		X	X	1,2,3
<i>Peromyscus spicilegus</i>		X	X	1,2
<i>Peromyscus truei</i>	X		X	1,2,3,4
<i>Peropteryx macrotis</i>				-
<i>Philander opossum</i>		X	X	1,2,4
<i>Potos flavus</i>		X		4
<i>Procyon lotor</i>	X	X	X	1,2,3,4
<i>Promops centralis</i>		X		3
<i>Pteronotus personatus</i>		X		3,4
<i>Puma concolor</i>	X	X	X	3
<i>Reithrodontomys chrysopsis</i> ^a			X	1,2,3,4
<i>Reithrodontomys fulvescens</i>	X	X	X	1,2,3,4
<i>Reithrodontomys hirsutus</i> ^c		X		-
<i>Reithrodontomys megalotis</i>	X	X	X	1,2,3,4
<i>Reithrodontomys mexicanus</i>		X	X	1,2,3,4
<i>Reithrodontomys microdon</i> ^b		X		1,2,3,4
<i>Reithrodontomys sumichrasti</i>		X	X	1,2,3,4
<i>Rhogeessa gracilis</i>		X		1,2,3
<i>Rhogeessa tumida</i>		X		1,2,3,4
<i>Romerolagus diazi</i> ^b			X	1,2,3,4
<i>Saccopteryx bilineata</i>		X		1,2,3,4
<i>Sciurus aureogaster</i>		X	X	1,2,3,4
<i>Sciurus colliaei</i>		X		-
<i>Sciurus deppei</i>		X	X	1,2,3,4

<i>Sciurus nayaritensis</i>	X		X	-
<i>Sciurus oculatus</i>		X		1,2,3,4
<i>Sigmodon alleni</i>		X	X	1,2
<i>Sigmodon fulviventer</i>	X		X	1,2
<i>Sigmodon hispidus</i>	X	X	X	1,2,3,4
<i>Sigmodon leucotis</i>	X		X	1,2,3,4
<i>Sigmodon mascotensis</i>		X	X	1,2,3
<i>Sorex macrodon</i> ^b		X		1,2,3,4
<i>Sorex monticolus</i>	X		X	1,2,3,4
<i>Sorex oreopolus</i>			X	1,2,3,4
<i>Sorex saussurei</i>			X	1,2,3,4
<i>Sorex ventralis</i> ^b			X	4
<i>Spermophilus adocetus</i>			X	1,2,3
<i>Spermophilus mexicanus</i>	X		X	1,2,3
<i>Spermophilus perotensis</i> ^b			X	1,2,3,4
<i>Spermophilus variegatus</i>	X		X	1,2,3,4
<i>Spilogale putorius</i>	X	X	X	1,2,3,4
<i>Sturnira lilium</i>		X	X	1,2,3,4
<i>Sturnira ludovici</i>		X	X	1,2,3,4
<i>Sylvilagus audubonii</i>	X		X	1,2,3
<i>Sylvilagus cunicularius</i>		X	X	1,2,3,4
<i>Sylvilagus floridanus</i>	X	X	X	1,2,3,4
<i>Tadarida brasiliensis</i>	X	X	X	1,2,3,4
<i>Taxidea taxus</i>	X		X	3
<i>Thomomys umbrinus</i>	X		X	1,2,3,4
<i>Tlacuatzin canescens</i>		X	X	1,2,3,4
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>		X	X	1,2,3
<i>Xenomys nelsoni</i>		X		-
<i>Zygogeomys trichopus</i> ^c			X	-

ANEXO IV ESPECIES POR TIPO DE VEGETACIÓN

Especies de mamíferos coincidentes con cada tipo de vegetación presente en la FVT. Una especie puede ser coincidente con más de un tipo de vegetación. () = total de especies que presenta el orden.

Orden	Tipo de vegetación	Nº de especies
Artiodactyla (1)	B. de Coníferas y Encinos	1
	B. Bosque Espinoso	1
	B. Mesófilo de Montaña	1
	B. Tropical Caducifolio	1
	B. Tropical Perennifolio	1
	B. Tropical Subcaducifolio	1
	Matorral Xerófilo	1
	Pastizal	1
Veg. Acuática	1	
Carnivora (15)	B. de Coníferas y Encinos	15
	B. Bosque Espinoso	10
	B. Mesófilo de Montaña	12
	B. Tropical Caducifolio	15
	B. Tropical Perennifolio	8
	B. Tropical Subcaducifolio	13
	Matorral Xerófilo	14
	Pastizal	12
Veg. Acuática	12	
Cingulata (1)	B. de Coníferas y Encinos	1
	B. Mesófilo de Montaña	1
	B. Tropical Caducifolio	1
	B. Tropical Perennifolio	1

	B. Tropical Subcaducifolio	1
	Matorral Xerófilo	1
	Pastizal	1
Chiroptera (48)	B. de Coníferas y Encinos	48
	B. Bosque Espinoso	30
	B. Mesófilo de Montaña	41
	B. Tropical Caducifolio	47
	B. Tropical Perennifolio	24
	B. Tropical Subcaducifolio	37
	Matorral Xerófilo	29
	Pastizal	29
	Veg. Acuática	32
Didelphimorphia (4)	B. de Coníferas y Encinos	4
	B. Bosque Espinoso	3
	B. Mesófilo de Montaña	4
	B. Tropical Caducifolio	4
	B. Tropical Perennifolio	2
	B. Tropical Subcaducifolio	3
	Matorral Xerófilo	4
	Pastizal	3
	Veg. Acuática	3
Lagomorpha (5)	B. de Coníferas y Encinos	5
	B. Bosque Espinoso	3
	B. Mesófilo de Montaña	3
	B. Tropical Caducifolio	5
	B. Tropical Perennifolio	1
	B. Tropical Subcaducifolio	2
	Matorral Xerófilo	5

	Pastizal	5
	Veg. Acuática	5
Rodentia (67)	B. de Coníferas y Encinos	66
	B. Bosque Espinoso	47
	B. Mesófilo de Montaña	51
	B. Tropical Caducifolio	63
	B. Tropical Perennifolio	25
	B. Tropical Subcaducifolio	33
	Matorral Xerófilo	47
	Pastizal	54
	Veg. Acuática	52
Soricomorpha (10)	B. de Coníferas y Encinos	10
	B. Bosque Espinoso	6
	B. Mesófilo de Montaña	8
	B. Tropical Caducifolio	10
	B. Tropical Perennifolio	3
	B. Tropical Subcaducifolio	4
	Matorral Xerófilo	9
	Pastizal	7
	Veg. Acuática	9