



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**PATRONES DE DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DE
LA MASTOFAUNA DE OAXACA, MÉXICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

ALINA NASHIELY RENDÓN LUGO

DIRECTOR DE TESIS:

M. EN C. CESAR ANTONIO RÍOS MUÑOZ

CODIRECTORA:

DRA. LIVIA SOCORRO LEÓN PANIAGUA



2010



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
Secretaría General
División de Estudios Profesionales

Votos Aprobatorios

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ
Jefe de la División de Estudios Profesionales
Facultad de Ciencias
Presente

Por este medio hacemos de su conocimiento que hemos revisado el trabajo escrito titulado:

Patrones de distribución altitudinal de la mastofauna de Oaxaca, México

realizado por Rendón Lugo Alina Nashiely con número de cuenta 0-9528649-3 quien ha decidido titularse mediante la opción de tesis en la licenciatura en Biología. Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Propietario Dr. Fernando Alfredo Cervantes Reza

Propietario M. en C. Yolanda Hortelano Moncada

Propietario M. en C. César Antonio Ríos Muñoz
Tutor

Suplente M. en C. Luis Canseco Márquez

Suplente Dra. Livia Socorro León Paniagua
Co-Tutora

Atentamente,

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU "

Ciudad Universitaria, D. F., a 15 de junio de 2010

EL COORDINADOR DEL COMITÉ ACADÉMICO DE LA LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

DR. PEDRO GARCÍA BARRERA

Señor sinodal: antes de firmar este documento, solicite al estudiante que le muestre la versión digital de su trabajo y verifique que la misma incluya todas las observaciones y correcciones que usted hizo sobre el mismo.

A mis padres

Por todo su cariño y apoyo.

AGRADECIMIENTOS:

Este trabajo fue realizado como parte del taller: “Faunística, sistemática y biogeografía de los vertebrados terrestres de México”, dirigido por el Dr. Adolfo Navarro Sigüenza e impartido por los integrantes del Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera” de la Facultad de Ciencias, UNAM.

A los miembros del comité evaluador: M. en C. César A. Ríos Muñoz, a la Dra. Livia León P., al Dr. Fernando A. Cervantes, a la M. en C. Yolanda Hortelano, al M. en C. Luis Canseco, por su tiempo para revisar y corregir este trabajo.

Al Dr. Raúl Contreras, por su tiempo y sus valiosos comentarios.

A todas las personas que me brindaron su ayuda durante el desarrollo de este trabajo:

Al Biol. Alejandro Gordillo, a la M. en C. Roxana Acosta, a la M. en B. Anahí Ávila, y al M. en C. Ubaldo Guzmán.

A César Ríos y a Livia León por su amistad, por toda su paciencia, su tiempo y apoyo.

Al Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera” por brindarme todo lo necesario para la realización de este trabajo.

A mis amigos de la Facultad por su ayuda para poder concluir este trabajo: Armando, Omar, Zelmy y Zulema.

Índice

Introducción	4
Antecedentes	6
Objetivos	12
Objetivo general:.....	12
Objetivos particulares:	12
Métodos.....	12
Correlación de especies con tamaño de área	13
Estudio de áreas	14
Recambio y similitud mastofaunística	16
Resultados	19
Base de datos.....	19
Regresión lineal y correlación.....	19
Relación entre el porcentaje del área y el intervalo altitudinal.....	19
Distribución de la mastofauna por región	22
Región Centro	22
Vertiente Atlántica	23
Vertiente Pacífica	26
Riqueza de especies encontrada en cada piso altitudinal	28
Análisis de Atenuación de Terborgh	30
Vertiente Atlántica	30
Índice de similitud (Recambio de especies y afinidades mastofaunísticas).....	32
Vertiente Atlántica	32
Vertiente Pacífica	34
Discusión.....	36
Centro	36
Vertiente Atlántica.....	39
Análisis de similitud	41
Vertiente Pacífica.....	42
Análisis de similitud	44

Observaciones generales de la distribución altitudinal en Oaxaca.....	46
Literatura Citada.....	49
Anexo 1: Colecciones científicas con datos utilizados para este trabajo (las colecciones nacionales aparecen sombreadas).....	58
Anexo 2: Lista de especies encontradas para Oaxaca y los intervalos altitudinales en que se distribuyen (Los números indican la cantidad de registros encontrados para cada intervalo).....	60

ABSTRACT

The geographical variation of the biological diversity is one of the most distinguished patterns in biology. Among this variation, the one available through altitudinal gradients is the less studied. In this work, an analysis of the altitudinal distribution patterns of the mammal fauna in the state of Oaxaca, Mexico was made. The state was divided in three regions: Atlantic slope, Pacific slope, and center, and there were subdivided in altitudinal floors every 500 m. The analysis of data bases of national and foreign scientific collections shows that mastofauna is mainly distributed in heights from 0 to 2000 msnm. The middle zones of the gradient are important in mammal fauna richness, showing that the reduction of fauna through the altitudinal gradient is not progressive in all cases, as many authors have argued. The slopes influenced by the oceanic systems with typically tropical zones, had alike patterns with a little peak of species richness in middle altitudes. In the case of these two zones, it is used a similarity index to establish the fauna affinities between the floors. The values of similarity found were very low between both slopes, showing a great altitudinal turnover rate. The center zone, composed by a mosaic of environments, had less similar distribution patterns, with a higher richness in the middle zones (1000-2000 m).

RESUMEN

La variación geográfica de la diversidad biológica es uno de los patrones más conspicuos en biología. Entre esta variación, la que se da a través de gradientes altitudinales ha sido la menos estudiada. En el presente trabajo se llevó a cabo el análisis de los patrones de distribución altitudinal de la mastofauna del estado de Oaxaca, que para tal fin fue dividido en tres regiones: vertiente Atlántica, vertiente Pacífica y centro, y se establecieron para cada una, pisos altitudinales de 500 m. Los análisis realizados a partir de bases de datos de colecciones científicas nacionales y extranjeras muestran que la mastofauna se distribuye principalmente en elevaciones desde 0 hasta los 2000 msnm. Las zonas intermedias del gradiente son importantes centros de riqueza mastofaunística, que muestran que la disminución de la fauna a través del gradiente altitudinal no es en todos los casos progresiva, como han mencionado diversos autores. Las vertientes influenciadas por los sistemas oceánicos con zonas típicamente tropicales, presentan patrones muy similares con un ligero pico de riqueza de especies a elevaciones intermedias. En el caso de estas dos zonas, se utilizó un índice de similitud para establecer las afinidades faunísticas que existen entre los pisos establecidos. Los valores de similitud encontrados fueron muy bajos entre los pisos de ambas vertientes, lo que muestra una gran tasa de recambio altitudinal. La zona centro, compuesta por un mosaico de ambientes, presentó los patrones de distribución menos semejantes, con la mayor riqueza en las zonas medias (1000-2000 m).

Introducción

El estado de Oaxaca posee la mayor diversidad mastofaunística del país (Flores y Gerez, 1994; Briones-Salas y Sánchez-Cordero, 2004). Alberga entre 190 especies de mamíferos (Briones y Sánchez-Cordero, 2004) y 200 (Illoldi, 2005) aproximadamente, además de conformar junto con Guerrero y Chiapas, la zona del país con mayor número de endemismos (Briones y Sánchez-Cordero, 2004). Esta gran riqueza de especies se debe en gran parte a que su territorio queda conformado por una compleja topografía, ya que en su territorio se sitúan tres cadenas montañosas: Sierra Madre de Oaxaca, Sierra Madre del Sur y Sierra Atravesada (Álvarez, 1994; Ortiz-Pérez y Hernández-Santana, 2004). De esta manera, el estado cuenta con una compleja red de ambientes, que le permiten albergar una gran diversidad florística y faunística como uno de los estados de mayor riqueza biológica (Briones-Salas y Sánchez-Cordero, 2004). Este hecho, pone al estado como un importante foco de atención en el estudio de la biodiversidad mexicana, por lo que existe una gran cantidad de trabajos faunísticos (González-Pérez *et al.*, 2004; Briones-Salas y Sánchez-Cordero, 2004). Sin embargo, hace falta generar conocimiento sobre la distribución de las faunas a lo largo de gradientes altitudinales y la importancia de las zonas montañas, ya que el entendimiento de estos patrones encierra un enorme potencial para el conocimiento de la biodiversidad (McCain, 2007; Sánchez-Cordero, 2001; Monteagudo y León, 2002).

Uno de los puntos abordados por diversos autores que han realizado análisis globales de distribución es el “efecto Rapoport” (Rapoport, 1975), que se describe como una disminución progresiva de la biodiversidad con relación a la latitud. Este efecto se ha equiparado a lo sucedido con la distribución de la fauna a nivel altitudinal, de manera que la biodiversidad disminuye conforme aumenta la altitud (Monteagudo y León, 2002). Sin embargo, al realizar trabajos más detallados se ha podido corroborar la existencia de diferentes patrones de distribución, como es la presencia del “efecto del dominio medio” (mid-domain effect) descrito como un incremento en la biodiversidad en altitudes intermedias

(McCain, 2007). Cabe mencionar, que además de la falta de estudios acerca de estos patrones de distribución, el componente beta (recambio de especies entre gradientes ambientales) de la biodiversidad ha sido el menos estudiado a pesar de que forma parte fundamental del conocimiento de la composición faunística de cada nivel de altitud (Sánchez-Cordero, 2001; Rodríguez, *et al.*, 2003). Por lo tanto, dadas las condiciones orográficas del estado de Oaxaca, la distribución altitudinal de las faunas representa un elemento clave para entender las diferencias en la composición de especies. Por todo lo anterior, en este trabajo se pretende establecer los patrones de distribución altitudinal de la mastofauna de Oaxaca.

Antecedentes

El estado de Oaxaca se encuentra situado al sureste de México, ubicándose geográficamente entre los paralelos $15^{\circ} 39'$ y $18^{\circ} 42'$ de latitud norte y $93^{\circ} 38'$ y $98^{\circ} 32'$ de longitud oeste (Figura 1). En la zona norte, colinda con los estados de Puebla y Veracruz, al sur con el Océano Pacífico, mientras que al este limita con Chiapas y al oeste con Guerrero (Álvarez, 1994).



Figura 1. Localización geográfica del estado de Oaxaca

En el estado se han conjuntado diversos factores que han originado una gran complejidad topográfica, climática, florística y faunística, que lo hacen uno de los estados más biodiversos del país (Flores y Gerez, 1994). Esta condición está estrechamente relacionada con su situación geográfica, ya que tres grandes cadenas montañosas se encuentran dentro de su territorio: la Sierra Madre de Oaxaca; Sierra Madre del Sur y Sierra Atravesada. Esto ha ocasionado que exista influencia por los sistemas del Golfo de México, y por los sistemas del Pacífico, además de que los grandes macizos montañosos forman barreras que aíslan otras zonas del estado de la influencia de ambas vertientes (Trejo, 2004). Las máximas

elevaciones llegan hasta los 3750 msnm, que pertenecen al monte Quiexobra, situado en la Sierra Madre del Sur, en el distrito de Miahuatlán, seguido del Cerro de los Chontales o Nube Flan, de 3720 m, ubicado en el distrito de Yautepec (Flores y Gerez, 1994; Álvarez, 1994; Trejo, 2004; Briones y Sánchez-Cordero, 2004; Illoldi, 2005).

Se caracteriza por tener una gran variedad climática, desde zonas muy húmedas, hasta sitios muy áridos (Álvarez, 1994; Trejo, 2004). Estas condiciones climáticas ocasionan a su vez, una gran riqueza de comunidades vegetales, por lo que se han identificado un mínimo de 18 tipos de vegetación diferentes que albergan una gran variedad florística, colocando al estado en segundo lugar nacional en riqueza de especies de plantas después de Chiapas (Torres, 2004; García-Mendoza, 2004). Varios autores han mencionado que la flora de Oaxaca se compone por un número entre 8000 y 9000 especies de plantas vasculares, además de albergar 702 especies endémicas de plantas (Rzedowski, 1978; Trejo, 2004; Torres, 2004 y García-Mendoza, 2004). Con relación a la fauna, diversos autores han considerado al estado como uno de los más biodiversos (Canseco-Márquez, 1996; Briones-Salas y Sánchez-Cordero, 2004), llegando a considerarlo el primer lugar en riqueza mastofaunística (Flores y Gerez, 1994). Por esta razón, el estado ha sido un importante foco de atención para diversos estudios mastozoológicos, que se han llevado a cabo de manera constante desde la década de los 60s. En estos trabajos preliminares se encontraron 190 especies nativas (Goodwin, 1969). Estudios posteriores han confirmado que la riqueza mastofaunística del estado es variable y que la conforman entre 149 y 200 especies de mamíferos terrestres, número que difiere principalmente por cambios en el estado nomenclatural de las especies (Baca-Ibarra y Sánchez-Cordero, 2004; Briones-Salas y Sánchez-Cordero, 2004; Illoldi, 2005)

Los estudios realizados a partir de la década de los noventa han corroborado la existencia de una gran diversidad mastofaunística ubicada en determinadas zonas del estado, como es el caso de Salina Cruz y sus alrededores, que albergan 65 especies nativas de mamíferos terrestres (Cervantes

y Yépez, 1995), la región de los Chimalapas, compuesta por 114 especies (Olguín, 2006; Olguín, *et al.*, 2008). Los trabajos más recientes del inventario mastofaunístico del estado incluyen cuatro nuevos registros, documentando la presencia de *Cuniculus paca* (tepezcuintle) en el norte del estado, de *Leopardus wiedii* (tigrillo) y *Lynx rufus* (gato montés) en la reserva de la biósfera de Tehuacán-Cuicatlán por medio de fototampas (Botello, *et al.*, 2006); *Conepatus semistriatus* en la Fortaleza, municipio de Santa María Chimalapa, que solo había sido registrada en el sur de Veracruz, norte de Chiapas, Campeche, Quintana Roo y Yucatán (Lira-Torres y Sánchez-Cordero, 2006). Todos estos estudios han arrojado información valiosa acerca de la riqueza de la fauna del estado (Briones-Salas y Sánchez-Cordero, 2004).

Los estudios biogeográficos proporcionan información sobre los patrones tanto a gran escala, como a nivel local, y sus causas tanto históricas como ecológicas. Para el entendimiento de estos patrones y sus causas es fundamental el análisis de la distribución de los organismos a través de gradientes ambientales (Escalante, 2003; McCain, 2007).

El conocimiento del comportamiento de la biota a través de un gradiente altitudinal, aunque encierra un enorme potencial, ha sido pobremente explotado, y en el caso de la República Mexicana es un tema muy incipiente (Monteagudo y León, 2002). Además, los estudios de patrones de distribución altitudinal se han llevado a cabo en pocas zonas montañosas del mundo y tomando en cuenta zonas relativamente pequeñas (Rickart, 2001; McCain, 2007).

Con los primeros estudios de patrones altitudinales de las faunas se observó la existencia de una relación entre el incremento de la altitud con el decremento progresivo de la riqueza de especies. Estos estudios se han llevado a cabo en zonas montañosas de Nueva Guinea, Filipinas y los Andes (Patterson, *et al.*, 1996; Brown, 2001; Heaney, 2001; McCain, 2007), obteniendo resultados similares en invertebrados (insectos, Sánchez-Ramos, *et al.*, 1993) y en vertebrados como aves (Navarro y Benítez, 1993), anfibios y reptiles (Canseco-Márquez, 1996) y mamíferos (Navarro y León, 1995; Monteagudo y León, 2002).

De manera particular se ha comparado la distribución altitudinal de las aves con la de mamíferos, quienes muestran pequeños decrementos en la riqueza de especies con el incremento altitudinal, por lo que las especies restringidas a grandes altitudes se encuentran pobremente representadas. Sin embargo, el número de especies registrado dentro de un determinado nivel altitudinal podría incrementarse en función de un mayor esfuerzo de colecta, o por efecto de la disminución del área con la altitud (Illoldi, 2005; Briones y Sánchez-Cordero, 2004; Ceballos y Oliva, 2005; Monteagudo y León, 2002; Rickart, 2001). Los resultados arrojados por estos estudios han hecho que se retome la regla de Rapoport (Rapoport, 1975), que habla de una menor biodiversidad conforme se aumenta la latitud, que aplicada a los patrones de distribución altitudinal se conoce como regla de Stevens (Stevens, 1992) la cual establece que la biodiversidad decrece con la altitud (Rickart, 2001; McCain, 2007).

Con el paso del tiempo, el estudio de los patrones de distribución conforme a la altitud, se hicieron más detallados, por lo que se pudo constatar la existencia de patrones más complejos que una simple relación entre el decremento de la riqueza de especies con el aumento de la altitud (Rickart, 2001; McCain, 2007). Estudios recientes han mostrado que la distribución de las especies a lo largo de la altitud varía de acuerdo a los grupos taxonómicos y a las interacciones entre procesos ecológicos e históricos que operan en una región. Uno de estos ejemplos se encontró al analizar la fauna de salamandras del sur de México y Guatemala, cuya riqueza mayor fue encontrada en bosques mesófilos de montaña, y no en zonas bajas (McCain, 2004; 2005; 2007).

Otro de los aspectos observados, es la existencia de un ligero incremento en la biodiversidad en altitudes intermedias, llamado efecto de dominio medio (Mid-domain effect, McCain, 2004; 2005; 2007). Este patrón, ha sido encontrado principalmente en zonas tropicales, sin embargo, no ha sido tan evidente, ya que en muchos casos el pico de diversidad en altitudes intermedias es muy pequeño (Patterson, *et al.*, 1996; Brown, 2001). Este efecto del dominio medio se ha visto principalmente en mamíferos pequeños no voladores, como en el caso de estudios

realizados en Nueva Guinea y Filipinas, que aunque mostraron declives en la riqueza de quirópteros con la altitud, encontraron picos de riqueza en altitudes intermedias para roedores (Brown, 2001; McCain, 2005).

De manera general, se puede resumir que los patrones altitudinales de riqueza y distribución de las especies se deben principalmente a tres factores: históricos, ecológicos y espaciales (Brown, 2001; Rickart, 2001; McCain, 2004, 2007). Para el análisis de dichos factores y la manera en que determinan la riqueza y la distribución de las especies, la biogeografía se apoya en un conjunto de métodos que son utilizados para cuantificar la diversidad biológica, para establecer patrones de distribución geográfica, distribución potencial de especies, además de establecer afinidades entre áreas o biotas (Escalante, 2003; Morrone y Márquez, 2003)

Es importante señalar que para el análisis óptimo de los patrones de distribución de una región, resulta indispensable la cuantificación y el conocimiento de la riqueza de especies que la componen (Briones-Salas y Sánchez-Cordero, 2004; Ceballos y Oliva, 2005). Con respecto a la cuantificación de la biodiversidad, se ha clasificado a ésta de acuerdo con el área de la unidad geográfica que se ocupe. Así, la biodiversidad se clasifica como diversidad alfa, que es el número de especies en un área relativamente pequeña, es decir, en un área biológicamente homogénea; diversidad beta, que se trata del remplazo o diferencia de especies entre unidades geográficas y diversidad gama, que es la diversidad que existe en una región relativamente amplia, es decir, la diversidad a nivel regional (Koleff, 2005).

La diversidad beta puede se relaciona con la diversidad que existe a través de pisos altitudinales, ya que se trata del cambio de especies a lo largo de un gradiente (Koleff, 2005). Como la diversidad beta es el cambio de la diversidad entre hábitats, su medición se basa en las diferencias existentes entre éstos. Se analiza con base en índices de similitud, de disimilitud, o de diversidad beta. Estos métodos pueden utilizarse a partir de datos cualitativos, es decir, presencias y

ausencias de especies, o bien, a partir de datos cuantitativos como son el número de individuos, biomasa, cobertura, entre otros (Moreno, 2001; Koleff, 2005).

Los índices de similitud indican las semejanzas entre dos biotas con base en el número de especies compartidas entre ellas, por lo que resultan una buena herramienta para describir y comparar la riqueza de especies a través del gradiente altitudinal (Moreno, 2001; Escalante, 2003; Koleff, 2005).

Uno de los índices de similitud utilizados para evaluar la diversidad beta, es el índice de Jaccard, que se emplea en el caso de tener datos cualitativos. Con la aplicación de este índice se obtiene un intervalo de valores de 0 a 1, donde 0 indica que no hay especies compartidas, y 1, indica que las dos áreas o biotas comparadas contienen las mismas especies (Moreno, 2001)

Los valores de recambio de especies, también se pueden evaluar por medio de curvas de atenuación faunística (Terborgh, 1971), que muestran los porcentajes de especies compartidas entre dos áreas. Las zonas con los menores porcentajes de especies compartidas, tendrán la mayor tasa de recambio de especies, es decir, una mayor diversidad beta. Esto es similar a los resultados que se obtienen a partir de la aplicación del índice de Jaccard, sin embargo difieren en la forma de presentarse gráficamente dichos resultados. (Terborgh, 1971; García, 2002; García y Navarro, 2004).

Objetivos

Objetivo general:

- Analizar los patrones de distribución altitudinal de la mastofauna de Oaxaca, determinando las afinidades mastofaunísticas por intervalos de altitud y vertiente.

Objetivos particulares:

- Elaborar una base de datos georreferenciada y actualizada con la información de los mamíferos oaxaqueños.
- Analizar y describir los patrones altitudinales de la mastofauna de Oaxaca considerando las vertientes del estado.
- Comparar la riqueza y composición de especies entre los intervalos altitudinales en las vertientes del estado.
- Determinar el grado de similitud de los mamíferos oaxaqueños, entre los intervalos altitudinales, así como el recambio de especies existente entre éstos, para cada vertiente.

Métodos

La autoridad taxonómica utilizada en este trabajo es la de Wilson y Reeder (2005) por ser el último listado revisado y actualizado para los mamíferos.

Para la base de datos se utilizó el programa Access 2003 (Microsoft Office 2003), en el que se recopiló y se depuró información que fue proporcionada por el Museo “Alfonso L. Herrera” de la Facultad de Ciencias, UNAM y por CONABIO, proveniente de 38 colecciones científicas, (6 nacionales y 32 extranjeras, Anexo

1), además de información publicada recientemente para el estado (Briones-Salas y Sánchez-Cordero 2004; Botello *et al.*, y 2006; Lira y Sánchez, 2006).

Para la georreferenciación de las localidades se utilizaron trabajos publicados que incluyen gaceteros para el estado de Oaxaca (Ej. Binford 1989), cartas topográficas y atlas (INEGI 2004, SCT 1995), y gaceteros en línea (p. ej. <http://www.fallingrain.com>). Para obtener las altitudes de las localidades se utilizó un modelo digital de elevación (MDE) con una resolución de 1 km por píxel obtenido del proyecto Hydro1k (<http://edc.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/hydro/index.html>) mediante un sistema de información geográfica (ArcView 3.2, ESRI 1999), esto fue necesario ya que gran parte de los registros no contaban con valores de altitud.

Correlación de especies con tamaño de área

El tamaño del área ha sido considerada por varios autores como un factor importante en la disminución de especies con la altitud (Rahbek, 2005; McCain, 2004, 2007) por lo que para poder analizar la influencia de este factor en la distribución y riqueza de especies se analizó el porcentaje de área que presenta cada piso altitudinal y se llevó a cabo una regresión lineal y un análisis de correlación en el programa Mathematica, y así poder establecer si el número de especies aumenta en función del área. Navidi (2006) menciona que un análisis de regresión sirve para conocer la relación entre dos variables, es decir, si los cambios en una de ellas influyen en los valores de la otra. Esto se establece a partir de los valores de las dos variables para obtener la ecuación de una recta que se denomina recta de regresión. Sin embargo, este autor también menciona que la apreciación visual de la existencia de relación o dependencia entre las variables no es suficiente, por lo que se usa un parámetro llamado coeficiente de correlación (R), que toma valores entre -1 y 1, y que permite medir si la relación es fuerte o débil, positiva (si la relación es directamente proporcional) o negativa (si la

relación es inversamente proporcional). Los valores de R posibles se consideran de la siguiente manera:

R=1.....Perfecta

R=0.8<=R<0.9.....Buena

R=0.5<=R<0.8.....Regular

R<0.5.....Mala

Estudio de áreas

Debido a la complejidad faunística y biogeográfica del estado, se dividió a este en tres zonas: vertiente Atlántica, vertiente Pacífica y Centro. Esto permitió que no se homogeneizaran datos que distorsionaran los resultados, ya que autores como Toledo (1982) han mencionado que desde un punto geográfico, las tierras tropicales de México se dividen en subregiones que incluyen a la Planicie costera del Golfo (del lado del Atlántico y que incluye a la franja norte de Oaxaca) y a la Planicie costera del Pacífico (que incluye a la franja sur de Oaxaca). Por otra parte, la zona Centro a diferencia de las vertientes, está constituida como cuenca, seguida de los valles y montañas centrales.

La vertiente Atlántica quedó conformada por una parte de la Sierra Madre de Oaxaca, la planicie costera y ejes Plegados del Golfo, la Fosa de Tehuacán, la depresión ístmica de Tehuantepec y la Sierra Madre del sur de Oaxaca y Chiapas. La vertiente Pacífica comprende tres subprovincias fisiográficas: la Planicie Costera del Pacífico, las Sierra Madre del Sur y la Planicie Costera de Tehuantepec. Por último, la zona centro quedó conformada por las Montañas y Valles del occidente, la Depresión del Balsas y las Montañas y Valles del Centro (Figuras 2, 3 y 4).

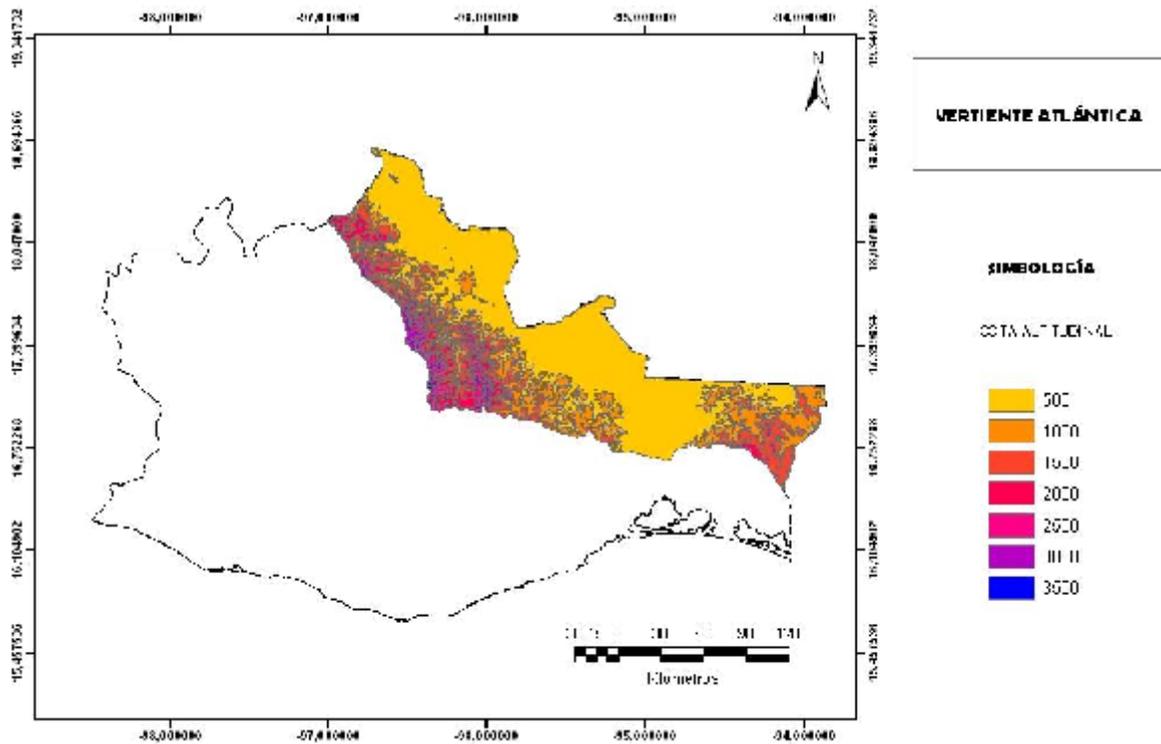


Figura 2. División de Oaxaca: Vertiente Atlántica (situada al norte de la Zona Centro)

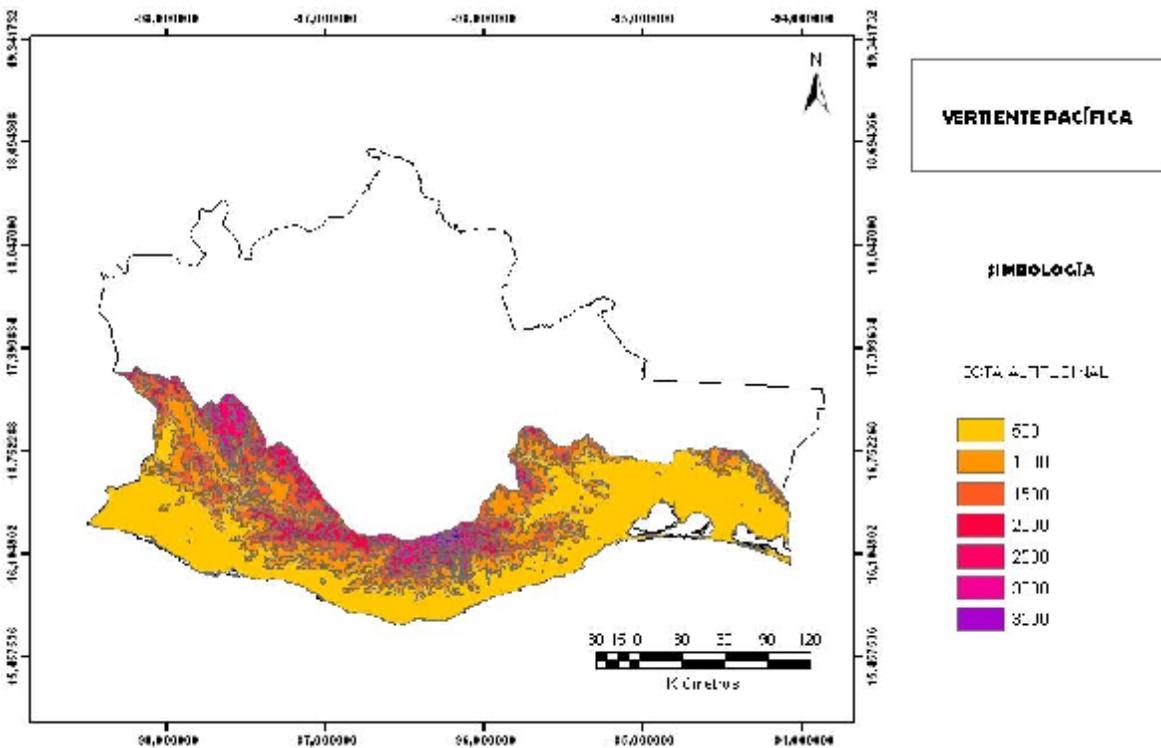


Figura 3. División de Oaxaca: Vertiente Pacífica (situada al sur de la Zona Centro)

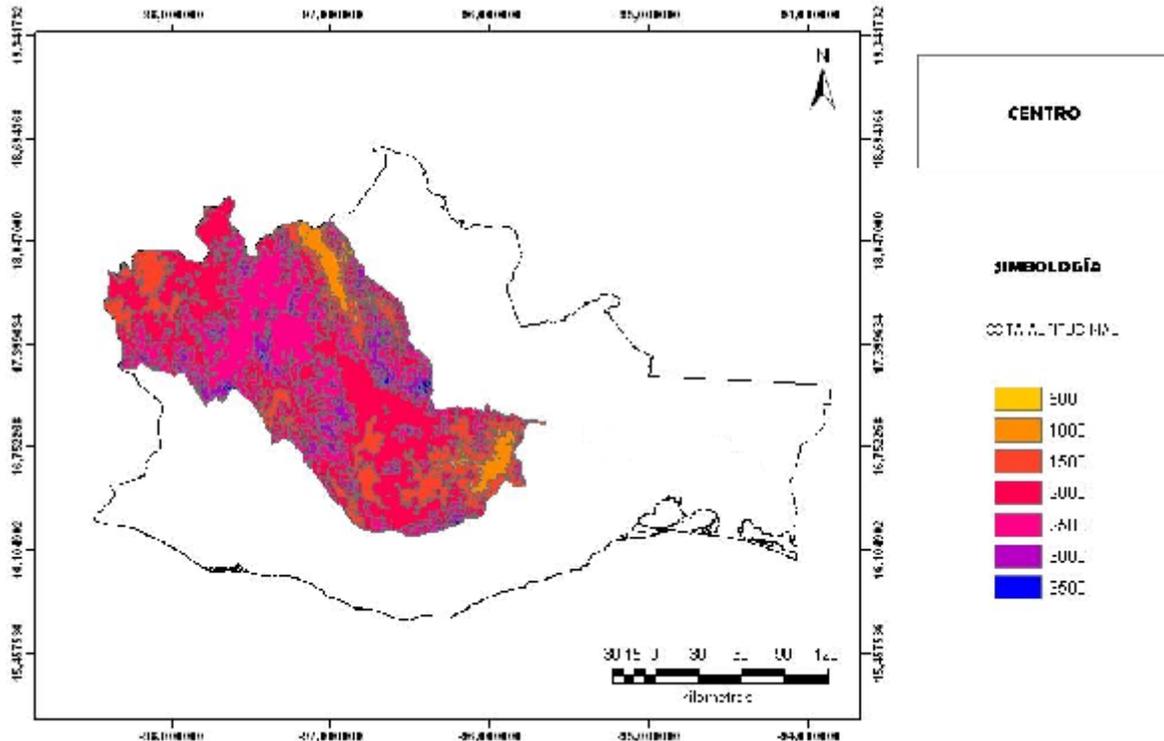


Figura 4. División de Oaxaca: Zona Centro (situada entre las dos Vertientes)

Para determinar los patrones altitudinales se establecieron seis intervalos de 500 m de acuerdo con Mena y Vázquez-Domínguez (2005), quienes mencionan que este tamaño de intervalo provee suficiente sensibilidad para detectar los ensamblajes faunísticos existentes. Dichos intervalos comienzan desde el nivel del mar y llegan hasta los 3000 msnm en ambas vertientes, al no haber registros con mayor altitud, y hasta los 3500 msnm en el centro. El intervalo de 0 a 500 es el primer piso, el de 500 a 1000 el segundo, y así sucesivamente. A partir de la base de datos se hicieron consultas en el programa Acces 2003 (Microsoft Office, 2003) para determinar la composición mastofaunística, el número total de especies y ejemplares por intervalo altitudinal.

Recambio y similitud mastofaunística

Con el fin de analizar el recambio de especies en cada una de las zonas del estado, se realizaron curvas de atenuación de Terborgh (1971), que se obtuvieron sacando los porcentajes de especies compartidas entre cada piso altitudinal y graficando después los resultados de dichos porcentajes. Las tasas de recambio que se obtienen mediante el uso de dichas curvas, ha sido utilizado como herramienta en el análisis del reemplazo de especies a través de gradientes ambientales o geográficos (García, 2002).

Inicialmente, se cuantificó el total de especies presentes en cada intervalo altitudinal, para posteriormente calcular el porcentaje de especies compartidas entre cada uno de los pisos. En cada piso la cantidad total de especies existentes equivale al 100%, lo que significa que las especies compartidas tienen porcentajes diferentes de acuerdo con el piso que se utilice como referencia. Estos datos se registran en una matriz donde se observan todos los porcentajes de especies compartidas entre todos y cada uno de los pisos, para finalmente graficar los porcentajes de especies compartidas contra los pisos altitudinales (Terborgh, 1971).

Se utilizó el índice de similitud de Jaccard (I_j) para describir y analizar las afinidades mastofaunísticas entre los pisos altitudinales, que de acuerdo con Sánchez y López (1988), Patterson, *et al*, (1996), Boyce y Ellison (2001), Moreno (2001), Rodríguez-Salazar, *et al*, (2001) y Koleff (2005), se trata de uno de los índices más apropiados para el análisis de la diversidad beta y de afinidad faunística a partir de datos cualitativos, a través de gradientes ambientales como es la altitud. Este índice agrupa los pisos altitudinales de acuerdo al número de especies compartidas, otorgando valores entre 0 y 1, en donde 0 representa ninguna especie compartida y 1 representa el 100% de especies compartidas entre los pisos. Matemáticamente se expresa así:

$$I_j = c/a + b - c$$

Donde a= número de especies presentes en el sitio a
 b= número de especies presentes en el sitio b
 c= número de especies presentes en ambos sitios a y b

Para poder aplicarlo, fue necesario hacer una matriz de presencia-ausencia de las especies por piso altitudinal, codificando 0 como ausencia y 1 como presencia. Posteriormente utilizando el programa NTSYS, se calculó la matriz de similitud con la cual se elaboró un fenograma por medio del método UPGMA (ligamiento promedio no ponderado, por sus siglas en inglés), que consiste en formar un árbol a partir de agrupamientos sucesivos bajo el criterio del promedio de la distancia de cada par (Scrocchi y Domínguez, 1992). En este caso, el par de pisos altitudinales que tuvieron el menor número de cambios forman un núcleo, que parte del mismo nodo al cual son unidos por una rama. Una vez encontrado este primer grupo, el valor de similitud entre el piso candidato a incorporarse y el grupo o núcleo es igual a una similitud entre el candidato y cada uno de los integrantes del grupo, y así se van incorporando sucesivamente los pisos hasta que todos están incluidos en el árbol.

Cada vez que se forma un núcleo, se obtiene una nueva matriz de similitud para este, cuyos valores serán el promedio de la similitud entre cada piso y los integrantes del núcleo. Sin embargo, los valores de estas matrices derivadas no son usados en el UPGMA, que siempre utiliza los valores de la primera matriz de similitud, a diferencia del ligamiento promedio ponderado (WPGMA, por sus siglas en inglés) que utiliza los valores que brindan las matrices derivadas sucesivas, ya que los grupos o núcleos ya formados, actúan como unidades y su valor de similitud es el que será usado. (Scrocchi y Domínguez, 1992).

Resultados

Base de datos

Se obtuvo una base de datos de 15468 registros para el estado de Oaxaca. Esta base de datos contiene 201 especies de mamíferos terrestres que ocurren en 1195 localidades únicas. Las especies encontradas pertenecen a nueve órdenes que contienen a 28 familias. Los órdenes mejor representados fueron Chiroptera y Rodentia, con 87 y 59 especies respectivamente, seguidos por Carnivora con 24 especies.

Por otro lado, se encontraron dos especies que no habían sido registradas previamente para el estado: *Sorex macrodon*: dos ejemplares colectados el 15 y 16 de febrero respectivamente, de 1975 por el Museo de Historia Natural de la Universidad de Kansas, Estados Unidos, con números de catálogo 136573 y 121657 y que fueron corroborados por Carraway (2007); y *Reithrodontomys gracilis*, colectado en 1858 por el Museo Nacional de Historia Natural de Estados Unidos (USNM/FWS), con número de catálogo y colector sin determinar.

Regresión lineal y correlación

Relación entre el porcentaje del área y el intervalo altitudinal

La gráfica realizada para observar el porcentaje de área presente en cada intervalo altitudinal, muestra en primera instancia la relación de disminución del tamaño del área con la altitud (Figura 5).

La mayor área del estado de Oaxaca se encuentra concentrada en el primer intervalo altitudinal (0-500 m), y aunque el decremento del área es notable en los intervalos siguientes, el intervalo de 1500-2000 presenta un área mayor que los

dos intervalos anteriores, y a partir de aquí comienza a decrecer nuevamente hasta caer abruptamente en las zonas más altas.

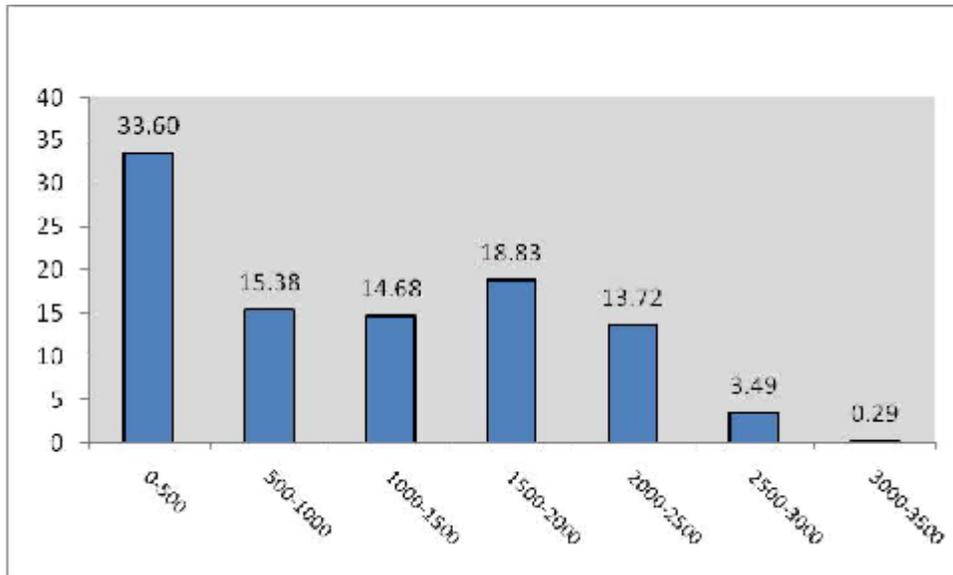


Figura 5. Porcentaje de área presente en cada intervalo altitudinal de Oaxaca, México.

Con el análisis de regresión lineal se pudo corroborar la existencia de una relación entre el número de localidades y el tamaño del intervalo (piso) altitudinal (Figura 6), así como la relación entre el número de localidades y el área (Figura 7), con lo que se pudo determinar que dentro de un área mayor existe un mayor número de localidades, y entonces dentro de un intervalo con mayor área se tendrá un mayor número de especies. Con los resultados del análisis de correlación (R) se corroboró la existencia de una fuerte dependencia entre las variables analizadas, al haberse encontrado para cada recta un valor de correlación R de más de 0.9, que se considera como una correlación muy fuerte (Navidi, 2006).

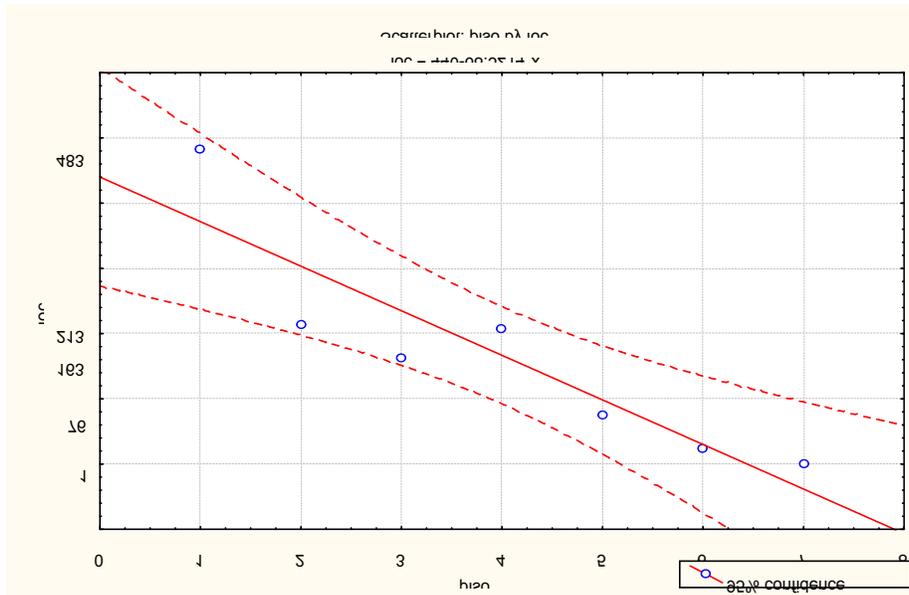


Figura 6. Recta de regresión del número de localidades por intervalo altitudinal.

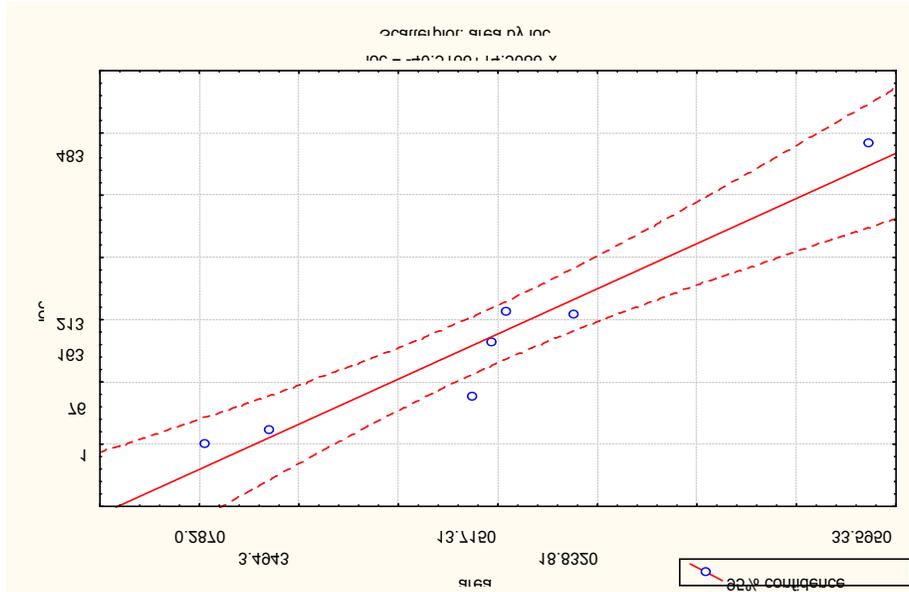


Figura 7. Recta de regresión del número de localidades por área de cada piso altitudinal.

Distribución de la mastofauna por región

Las especies encontradas en las tres vertientes fueron 125, que componen el 62.5% de la mastofauna del estado. El número de especies totales resultantes de cada vertiente, así como el número de especies compartidas entre cada una de éstas, puede observarse en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Especies compartidas entre cada vertiente.

	CENTRO	PACÍFICO	ATLÁNTICO
CENTRO	162		
PACÍFICO	132	167	
ATLÁNTICO	144	153	180

Región Centro

Esta zona alberga el 81% de la riqueza total del estado, siendo la zona con el menor número de especies (162), concentradas en su mayoría en el piso intermedio (1500-2000), y representadas en 10 órdenes al no contar con Perissodactyla. Esta región cuenta con el registro más completo y menos fragmentado del estado a lo largo del gradiente altitudinal. Por otra parte el centro resultó con el mayor número de especies exclusivas, aunque éstas solo pertenecen a tres órdenes: Soricomorpha (*Sorex macrodon* y *Megasorex gigas*), Chiroptera (*Idionycteris phylotis*, *Rhogeessa tumida*, *Molossops greenhalli*, *Eumops auripendulus* y *Nyctinomops macrotis*) y Rodentia (*Dipodomys phillipsii*, *Habromys ixtlani*, *Hodomys alleni* y *Peromyscus gratus*).

El comportamiento a través del gradiente altitudinal, fue totalmente diferente al de las otras vertientes, ya que las especies se concentran desde los 500 m

hasta los 2500 sin una disminución gradual como en los otros dos casos. Además, presenta un pico muy evidente en la riqueza de especies entre los 1500 y 2000 m. (figura 8). Aunado a esto, es la única zona que presenta especies registradas en el piso más alto: *Cryptotis mexicana*, *Microtus mexicanus*, *Myotis californicus* y *Sorex ventralis*, todas estas encontrados a 3100 m. Cabe mencionar que en esta zona no existen extensiones con una altitud por debajo de los 500 m.

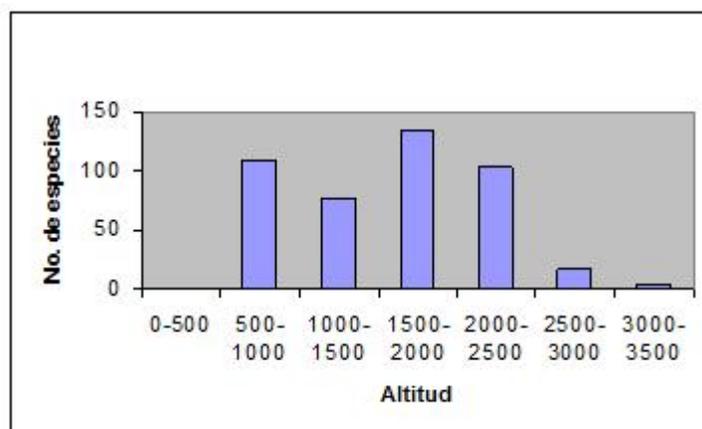


Figura 8. No. de especies presentes en cada piso altitudinal en la región centro.

Vertiente Atlántica

La más alta ocurrencia de especies se encontró en la vertiente Atlántica, contando con 180 especies, que representan el 90% de la mastofauna del estado.

Con respecto a la altitud, la distribución de las especies se registró predominantemente en el primer piso (0-500 m), concentrándose 141 especies. El segundo piso con mayor número de especies fue el de 1000-1500 m, que cuenta con 89 especies. A partir de este piso comienza un decremento claro en la riqueza de especies hasta llegar a su ausencia total en el último piso (3000-3500 m, Figura 9).

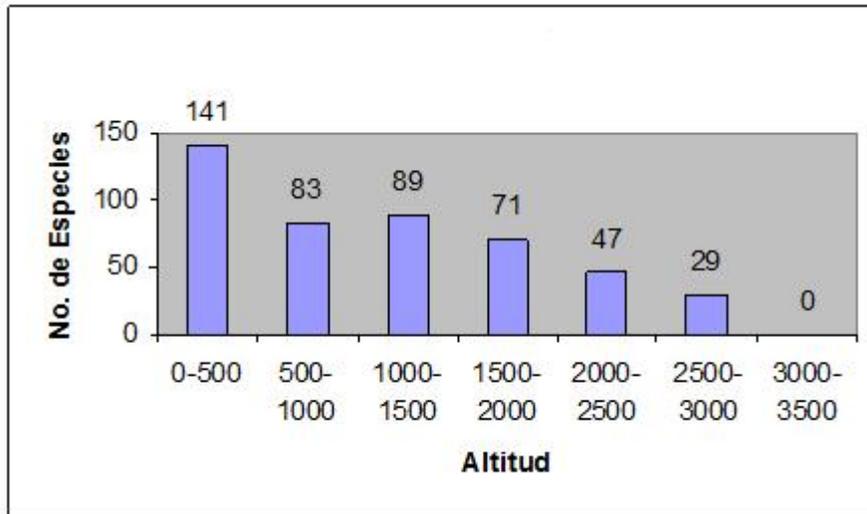


Figura 9. Número de especies presentes en cada piso altitudinal de la Vertiente Atlántica en Oaxaca, México.

Las especies exclusivas de esta vertiente fueron ocho, todas distribuidas únicamente en el primer piso (0-500 m), con excepción de *Dasyprocta mexicana*.

Especies exclusivas de la vertiente Atlántica:

- *Alouatta palliata*. Esta especie se encuentra distribuida en las selvas altas perennifolias y selvas medianas subperennifolias ubicadas en la planicie costera del Golfo (Silva, 2005) y se encontró registrada en el primer piso.
- *Conepatus semistriatus*. Mendoza (2005) menciona que esta especie habita en bosques tropicales, perennifolios y caducifolios, así como en bosques espinosos y mesófilos de montaña, desde el nivel del mar hasta los 300 m, de manera que solo se encontró un registro localizado en el primer piso altitudinal. Lira-Torres y Sánchez-Cordero (2006) documentaron la presencia de la especie en el primer intervalo altitudinal, en la zona de los Chimalapas.
- *Diclidurus albus*. A pesar de que Ceballos (2005) menciona que esta especie se distribuye en ambas vertientes y hasta los 1500 m, no contamos con registros que corroboraran su presencia en la vertiente Pacífica.

- *Peropteryx kappleri*. Se encuentra desde el nivel del mar hasta los 750 m (Hall, 1981; Castro-Arellano y Marcé, 2005), principalmente en selva tropical perennifolia (Ceballos, 2005) y que cuenta con sólo un registro para el estado en la zona de los Chimalapas (Olguín, 2006)
- *Perimyotis subflavus*. Según Briones-Salas y Sánchez-Cordero (2004) y Gaona y Medellín (2005), en el intervalo de distribución de la especie, no queda incluido el estado de Oaxaca; sin embargo, se encontró registrada en la localidad de San José Chiltepec (MZFC; Número de catálogo 5206). La altitud coincide con Gaona y Medellín (2005), quienes mencionan que puede encontrarse desde los 400 hasta los 1200 m, además de mencionar que habita ambientes tropicales.
- *Reithrodontomys gracilis*. Esta, al igual que la anterior, no se menciona en los trabajos de Briones-Salas y Sánchez-Cordero (2004). Según este último, la especie puede encontrarse desde el nivel del mar hasta los 1370 m, y en una gran variedad de ambientes, principalmente en bosques tropicales, además ha sido registrado en la región de Chiapas que colinda con el estado de Oaxaca, y en Costa Rica fue encontrada por McCain (2004) entre los 800 y los 1600 m.
- *Rhynchonycteris naso*. Se encontró únicamente en el primer piso, coincidiendo así con lo que se tiene reportado para el estado en los trabajos de Briones-Salas (2004) y Zarza y Ceballos (2005), que mencionan su intervalo de distribución dentro de los primeros 500 m.
- *Dasyprocta mexicana*. Los trabajos más recientes mencionan que se trata de una especie endémica con un área de distribución restringida del bosque tropical perennifolio, y hasta una altitud de 500 m según Briones-Salas y Sánchez-Cordero (2004), y hasta los 600 m según Arita (2005), mientras que en este trabajo se encontró en el primer piso y en el piso que va de los 1000 a los 1500 m, este último registrado por el Natural History Museum of Los Angeles County (LACM), Estados Unidos.

Vertiente Pacífica

En esta zona, el número de especies registradas fue de 167. Esta concurrencia faunística no es muy diferente a la encontrada en la vertiente Atlántica, ya que compone el 85% de las especies del estado y se encuentran representadas en 11 órdenes.

El comportamiento altitudinal que se observó, resultó de igual manera, muy similar al de la vertiente Atlántica, ya que en el primer piso se observa el mayor número de especies (164), así como un leve incremento en el número de especies en el piso de 1000-1500 m y la ausencia de especies en el piso más alto (3000-3500 m, Figura 10).

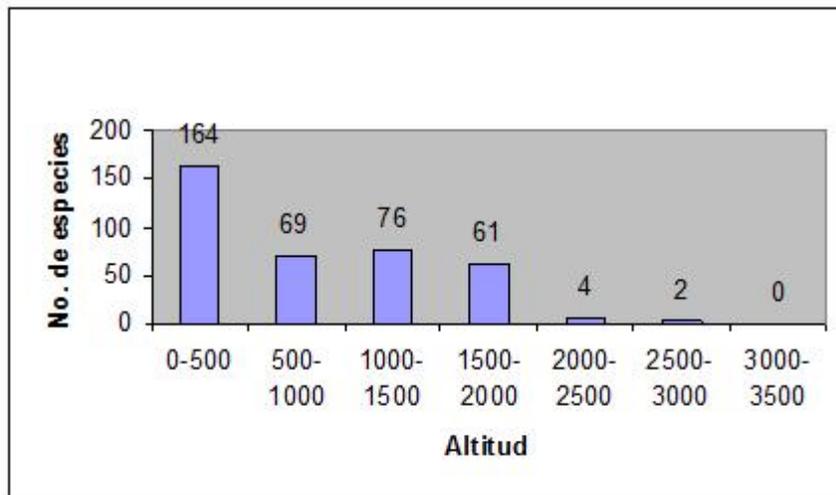


Figura 10. Número de especies presentes en cada piso altitudinal en la vertiente Pacífica de Oaxaca, México.

En esta vertiente se encontraron sólo seis especies exclusivas que se encontraron distribuidas en varios pisos altitudinales, pero principalmente en el primero:

- *Liomys salvini*. Se encontró registrada en el primer intervalo altitudinal, pero se le ha encontrado hasta los 1500 msnm en selva baja caducifolia (Peña y Hernández, 2005).
- *Orthogeomys cuniculus*. Villa y Espinoza (2005) mencionan que se trata de una especie con una distribución restringida y hasta los 30 msnm, además de ser una especie amenazada. El intervalo de altitudes en que se encontró fue de 0 a 500 msnm. Sin embargo, Briones-Salas y Sánchez-Cordero (2004), señalan que se distribuye también en el intervalo de 501 a 1000 msnm, aunque para este trabajo no se encontraron registros por arriba de los 500 m.
- *Tayassu pecari*. Esta especie se encontró localizada en el primer piso. Esto coincide con lo reportado por Briones-Salas y Sánchez-Cordero (2004) y March (2005), que señalan que su intervalo de altitudes va desde el nivel del mar hasta los 1000 msnm, pero que la mayoría de sus localidades se encuentran por debajo de los 325 msnm. Además, mencionan también que la especie habita en bosques tropicales, perennifolios, subperennifolios y espinosos.
- *Scotinomys teguina*. De acuerdo con lo reportado por Engstrom (2005), esta especie puede encontrarse en bosques de coníferas y bosques mesófilos a altitudes intermedias, desde los 1000 hasta los 2940 m. McCain (2004) la encontró entre los 1000 y los 1800 en Costa Rica, sin embargo, en este trabajo solo se encontró registrada en el primer piso altitudinal.
- *Conepatus leuconotus*. Se encontró distribuida desde el nivel del mar hasta los 2000 m. Hall (1981) menciona a la especie por todo el estado igual que Mendoza y Ceballos (2005) que mencionan que la especie es de amplia distribución y se encuentra en casi toda la República, pero en este estudio se encontró como especie exclusiva de la vertiente Pacífica.

Riqueza de especies encontrada en cada piso altitudinal

En general, se puede ver un patrón de decremento en el número de especies conforme aumenta la altitud. Sin embargo, no es muy evidente si se observa solamente el número de especies de los pisos intermedios (entre 500 y 2500), e incluso puede verse justo en el piso central (de 1500 a 2000) un ligero incremento en el número de especies. Por otro lado, se puede observar una clara disminución en la riqueza de especies en los dos últimos pisos 2500 a 3000 con 37 especies y de 3000 a 3500 con tan solo 4 especies. Cabe mencionar que no se encontró ningún registro por arriba de los 3500 msnm (Figura 11).

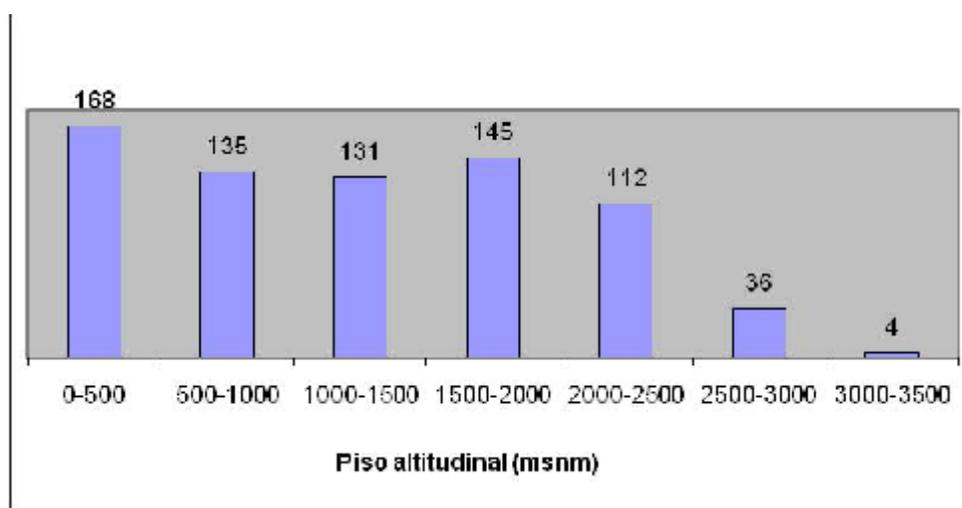


Figura 11. Número de especies presentes en cada piso altitudinal

Con relación al número de ejemplares encontrados en cada piso (Apéndice 2) se pudo corroborar la disminución de éstos conforme aumenta la altitud, de manera que de cada especie se pueden ver mas ejemplares dentro de los primeros pisos altitudinales. Sin embargo, se encontraron algunas especies cuyo número de ejemplares aumentó en los pisos intermedios: *Peromyscus*

melanocarpus, *Reithrodontomys megalotis*, *R. sumichrasti*, *Microtus mexicanus*, *Sorex saussurei*, *S. veraepacis*, y *Cryptotis mexicana*.

El primer piso altitudinal se encontró como el más rico en especies, contando con 168 de un total de 200 para todo el estado. Además, se encontraron 27 especies distribuidas únicamente en este piso: *Perissodactyla* (*Tapirus bairdii*), *Artiodactyla* (*Tayassu pecari*), *Primates* (*Alouata palliata*), *Carnivora* (*Conepatus leuconotus*, *C. semistriatus*, *Galictis vittata*, *Panthera onca*, *Puma concolor*, y *Canis lupus*) *Didelphimorphia* (*Chironectes minimus* y *Caluromys derbianus*), *Pilosa* (*Cyclopes didactylus*), *Chiroptera* (*Dermanura watsoni*, *Diclidurus albus*, *Lasiurus ega*, *Liomys salvini*, *Lonchorhina aurita*, *Micronycteris brachyotis*, *Molossus molossus*, *Noctilio leporinus*, *Nyctinomops laticaudatus*, *Peropteryx kappleri*, *Perimyotis subflavus*, *Rhynchonycteris naso* y *Uroderma magnirostrum*), *Rodentia* (*Reithrodontomys gracilis* y *Scotinomys teguina*).

Entre los 500 y los 1000 m se encontraron 135 especies, de las cuales 7 de ellas se comparten únicamente con el primer piso altitudinal: *Balantiopteryx io*, *Diphylla ecaudata*, *Lepus flavigularis*, *Mimon cozumelae*, *Nyctinomops aurispinosus*, *Rhogeessa tumida* y *Uroderma bilobatum*.

Las especies encontradas en los pisos altitudinales intermedios están presentes en su mayoría a lo largo de todo el gradiente altitudinal, desde los 0 hasta los 2500 m, con excepción de 7 especies: *Megasorex gigas* y *Molossops greenhalli* de 1000-1500 y 1500-2000; *Peromyscus difficilis* 1500-2000 y 2000-2500; *Vampyressa pusilla* solo en el piso de 1000-1500; *Sigmodon leucotis* y *Sorex macrodon* exclusivamente de 1500-2000.

Entre los 2500 y 3000 m se hallaron solo 36 especies pertenecientes a los órdenes *Chiroptera*, *Rodentia*, *Soricomorpha* y *Carnivora*.

De los 3000 a 3500 solo se encuentran cuatro especies: *Microtus mexicanus*, *Myotis californicus*, *Sorex ventralis* y *Cryptotis mexicana* (de los órdenes *Chiroptera*; *Rodentia* y *Soricomorpha*). Finalmente, no se encontraron especies que se distribuyan exclusivamente en los pisos más altos y en general

puede verse que las especies encontradas, son de amplia distribución a lo largo del gradiente altitudinal.

Los órdenes presentes en todo el gradiente altitudinal fueron Soricomorpha, Rodentia y Chiroptera. El orden Carnivora se encontró ausente solo en el último piso.

Análisis de Atenuación de Terborgh

En las curvas de atenuación faunística, no se pudieron observar las zonas de recambio de especies. Las zonas de menor porcentaje de especies compartidas se identifican al unirse y caer abruptamente en la gráfica. Los Cuadros 2 y 3, así como las Figuras 12 y 13, muestran los resultados del análisis de atenuación para ambas vertientes, en los que no se observa un recambio evidente entre los pisos altitudinales.

Vertiente Atlántica

Cuadro 2. Porcentaje de especies compartidas entre cada piso – Vertiente Atlántica, Oaxaca, México.

Pisos	500	1000	1500	2000	2500	3000
500	100	95.18	89.88	78.87	91.48	93.1
1000	50.96	100	68.53	63.38	70.21	82.75
1500	51.61	73.49	100	73.23	78.72	89.65
2000	36.12	54.21	58.42	100	70.21	72.41
2500	27.64	39.75	41.57	46.47	100	93.1
3000	17.41	28.91	29.21	29.57	57.44	100
Promedio	47.29	65.2566667	64.6016667	65.2533333	78.01	88.5016667

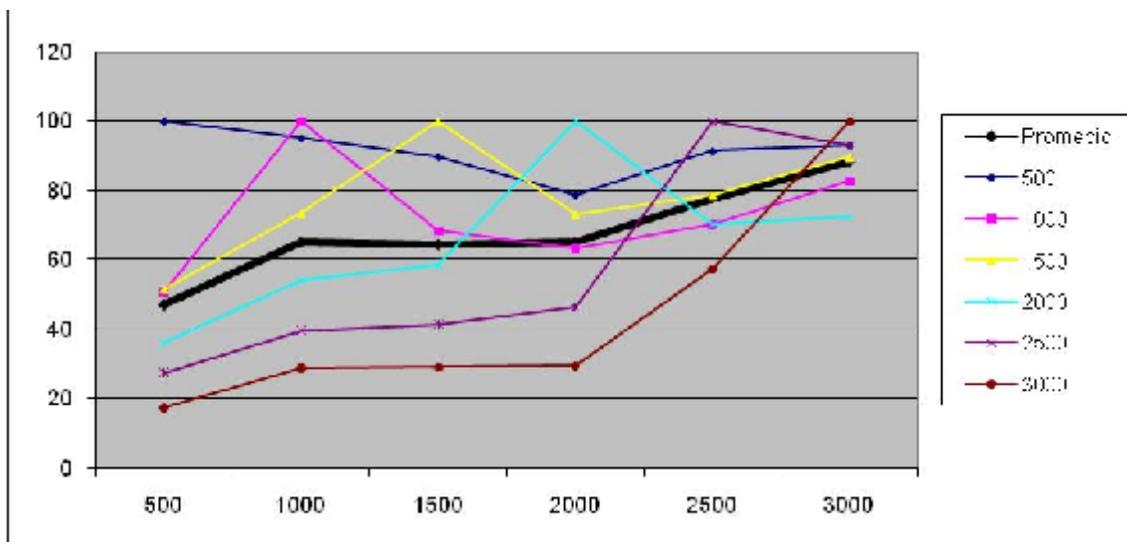


Figura 12. Curvas de atenuación – Vertiente Atlántica, Oaxaca, México.

Vertiente Pacífica

Cuadro 3. Porcentaje de especies compartidas por cada pisos altitudinal – Vertiente Pacífica, Oaxaca, México.

Pisos	500	1000	1500	2000	2500	3000
500	100	100	96.05	93.44	100	100
1000	42.07	100	64.47	67.21	75	0
1500	44.51	71.01	100	78.68	100	50
2000	34.75	59.42	63.15	100	100	0
2500	2.43	4.34	5.26	6.55	100	0
3000	1.21	0	1.31	0	0	100
Promedio	37.495	55.795	55.04	57.6466667	79.1666667	41.6666667

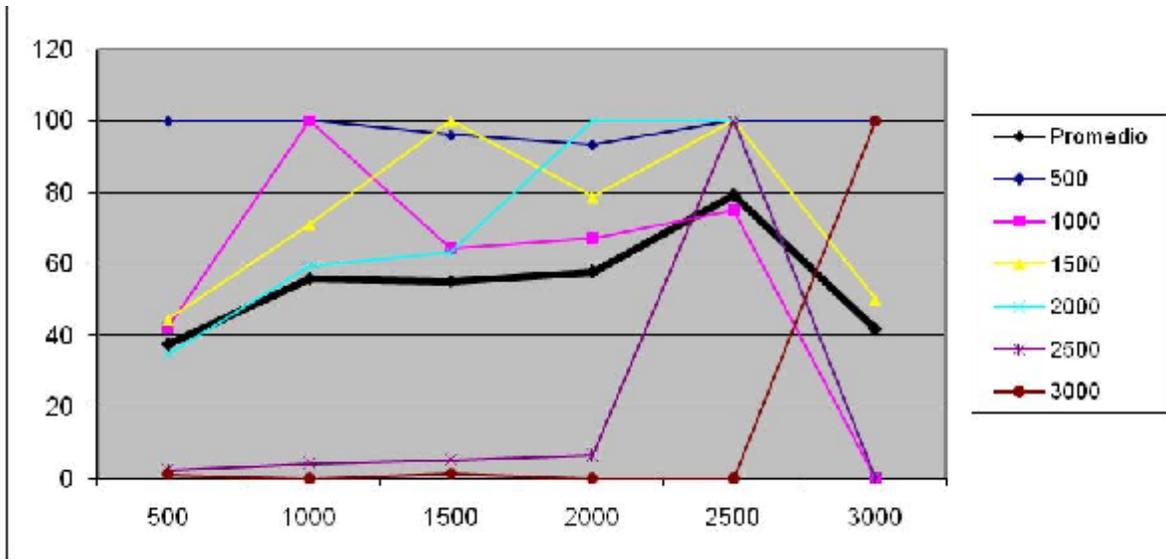


Figura 13. Curvas de atenuación – Vertiente Pacífica, Oaxaca, México.

Índice de similitud (Recambio de especies y afinidades mastofaunísticas)

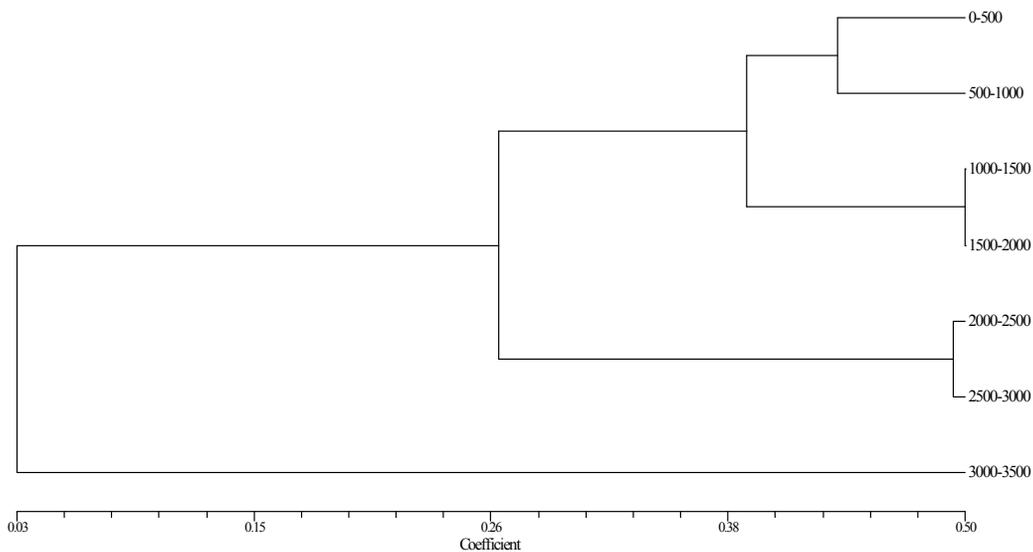
Vertiente Atlántica

En el Cuadro 4 se muestran los valores de similitud entre los pisos altitudinales obtenidos a partir del índice de Jaccard. Los porcentajes obtenidos muestran que los pisos que comparten un mayor número de especies son el de 1000-1500 con el de 1500-2000, con un porcentaje del 49.53%, mientras que los pisos con un menor porcentaje de especies compartidas fueron el de 3000-3500 y 500-1000, con solo un 1.3% de especies compartidas. Como puede observarse en dicho cuadro, ningún valor llega al 50%.

Cuadro 4. Matriz de similitud mastofaunística entre los pisos altitudinales de la vertiente Atlántica Oaxaca, México.

Pisos	0-500	500-1000	1000-1500	1500-2000	2000-2500	2500-3000	3000-3500
0-500	1						
500-1000	0.4333333	1					
1000-1500	0.4223602	0.4862385	1				
1500-2000	0.2831325	0.3644860	0.4953271	1			
2000-2500	0.2171053	0.3111111	0.3750000	0.3975904	1		
2500-3000	0.1133333	0.2195122	0.2527473	0.2564103	0.4893617	1	
3000-3500	0.0141844	0.0133333	0.0227273	0.0277778	0.0454545	0.0769231	1

Estos resultados pueden apreciarse gráficamente en el fenograma de la Figura 14, donde se ven las agrupaciones de los pisos de acuerdo a los porcentajes obtenidos. Así, puede verse un gran grupo del que quedó excluido solamente el piso más alto. Este gran grupo quedó conformado por los pisos desde los 0 msnm hasta los 3000 m. Sin embargo, los pisos con una menor similitud fueron el de 2000-2500 y 2500-3000, mientras que los más similares fueron el de 1000-1500 y 1500-2000. El índice de correlación cofenética que se obtuvo ($r=0.9017$) indica que el análisis de similitud de esta vertiente es robusto y que las agrupaciones obtenidas corresponden a una buena clasificación de acuerdo con los parámetros establecidos por Sokal y Rohlf (1962). Cabe mencionar que estos autores establecen el índice r como una medida matemática que solo habla de que tan bueno es un análisis, pero no puede usarse para explicar causas de carácter biológico.



Índice de correlación cofenética $r=0.9017$

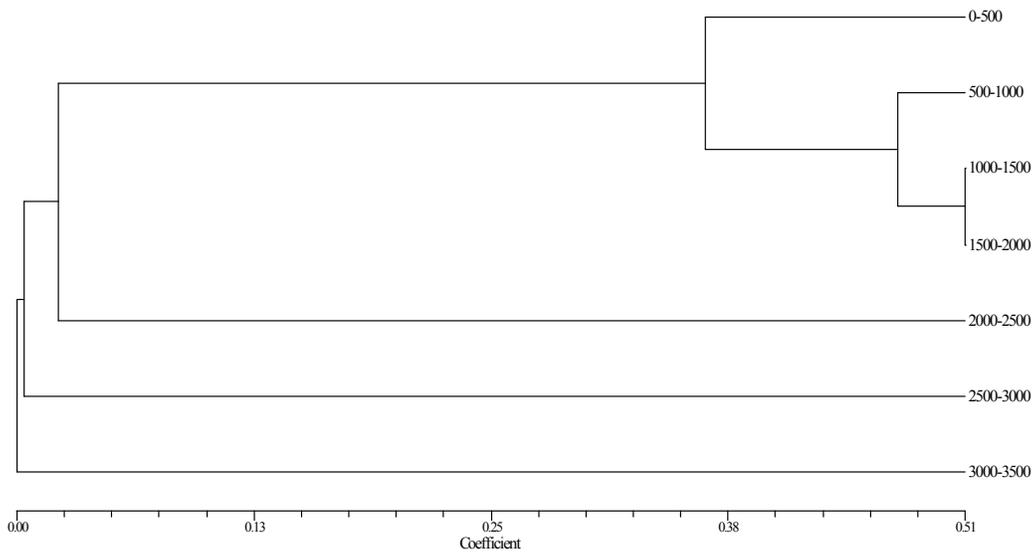
Figura 14. Fenograma de la vertiente Atlántica, Oaxaca, México.

Vertiente Pacífica

El Cuadro 5 muestra los valores de similitud obtenidos para la vertiente Pacífica, que presenta un patrón similar al de la vertiente Atlántica, ya que los pisos de 1000-1500 y 1500-2000 son los que presentan el mayor porcentaje de especies compartidas (50.56%), y de igual manera, no se alcanza el 33.3%, por lo que los pisos no resultaron estadísticamente similares. Los valores de similitud fueron más bajos para esta vertiente, siendo en varios casos de 0%, por lo que en el fenograma obtenido, puede observarse que los pisos que van desde los 2000 hasta los 3500 están muy separados, de tal forma que la única agrupación con un buen número de especies compartidas, incluye a los cuatro primeros pisos, que presentan un patrón anidado, tal y como se puede observar en el fenograma (Figura 15), construido a partir de la matriz anterior utilizando el índice de Jaccard. El índice de correlación cofenética obtenido en este caso fue de 0.8317, que de acuerdo con Sokal y Rohlf (1962) podemos interpretar al fenograma como un análisis bueno.

Cuadro 5. Matriz de similitud mastofaunística entre los pisos altitudinales de la vertiente Pacífica, Oaxaca, México.

	0-500	500-1000	1000-1500	1500-2000	2000-2500	2500-3000	3000-3500
0-500	1						
500-1000	0.4220779	1					
1000-1500	0.3827160	0.4895833	1				
1500-2000	0.2962963	0.4494382	0.5056180	1			
2000-2500	0.0133333	0.0142857	0.0270270	0.0333333	1		
2500-3000	0.0066225	0.0000000	0.0133333	0.0000000	0.0000000	1	
3000-3500	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	1



Índice de correlación cofenética $r=0.8317$

Figura 15. Fenograma de la vertiente Pacífica, Oaxaca, México.

Discusión

La compleja composición geológica, orográfica y biogeográfica del estado de Oaxaca hizo necesaria la separación del estado en tres zonas diferentes: vertiente Atlántica, influenciada por los sistemas del Golfo; vertiente Pacífica, afectada por los sistemas del Pacífico y zona centro. Dicha separación permitió destacar las diferencias en los patrones de distribución que existen en las biotas sometidas a tres sistemas diferentes, y de esta manera no homogeneizar los resultados. Gracias a esto se pudo observar que las biotas de las dos vertientes cumplen en general con los mismos patrones, mientras que la biota de la región central tiene una distribución altitudinal completamente diferente.

Centro

El Centro, al haber sido constituido como cuenca que comienza con los picos más altos de las zonas montañosas que lo rodean y que forman parte de cada vertiente, se encuentra constituido por regiones que albergan fauna tanto de la vertiente Atlántica como de la vertiente Pacífica. Por esto no se consideró adecuado el uso del índice de similitud en esta región, ya que al contener faunas de afinidad tanto atlántica como pacífica sería difícil detectar zonas reales de recambio faunístico, que representan uno de los puntos más interesantes del uso de los índices de similitud y de las curvas de atenuación, además de la dificultad de encontrar verdaderos ensambles faunísticos al comparar faunas de diferentes sistemas montañosos que presentan un recambio a nivel latitudinal y que por lo tanto, afectaría las afinidades de los pisos altitudinales (Rodríguez-Salazar *et al.*, 2001). De acuerdo con la regionalización biogeográfica de México, el Centro quedó incluido dentro de la zona de transición mexicana, en la intersección entre la región Neártica y la región Neotropical propuesta por Morrone (2004) y el patrón

tan diferente encontrado en esta región sugiere que la división en tres zonas fue correcta.

La zona centro es un claro ejemplo de que no en todos los casos el tamaño del área disminuye con la altitud (Rapoport, 1975), tal como señala McCain (2007). La situación geográfica de esta zona y sus características orográficas, hacen que la mastofauna presente patrones de distribución totalmente diferentes a las otras dos zonas en que se dividió al estado. No cuenta con extensiones con altitudes menores a los 500 m. Además la mayor concentración de especies se encuentra en intervalos de 1500-2000 m, que corresponden al 24% del área total del estado y aproximadamente al 50% de la zona centro (Álvarez, 1994). Esto demuestra que en muchas zonas montañosas la biodiversidad no se concentra necesariamente en las zonas bajas sino que existen otros factores que determinan su distribución, como es el espacial, que resultó determinante para este tipo de distribución, tal como indican los resultados de regresión y correlación que muestran que existe una fuerte asociación entre el área de cada intervalo altitudinal y el número de especies (Vázquez *et al.*, 2000; Brown, 2001; Rahbek, 2005; McCain, 2007).

Desde el primer piso (500-1000 m) hasta el cuarto (2000-2500 m) existe un número muy elevado de registros en comparación con las otras dos vertientes, lo que indica que el esfuerzo de colecta ha sido dirigido hacia la zona centro del estado. Esto lo puede apoyar la existencia de los únicos registros para el estado en las zona más alta (3000-3500 m): *Cryptotis mexicana*, *Microtus mexicanus*, *Myotis californica* y *Sorex ventralis*. Aunque es muy clara la existencia de un muestreo dirigido hacia esta zona, también podemos encontrar que los sitios más altos del estado están aquí, como es el caso del Cerro Quiexobra, con una altitud de 3750 m, que lo convierte en el más alto del estado.

Los picos de diversidad de especies, se han encontrado en zonas altitudinales con precipitación y temperaturas intermedias (Heaney, 2001; McCain, 2004), lo que explica junto con el tamaño del área, la gran riqueza que albergan los intervalos de 1000-2000 m. de esta zona, que se caracteriza por tener regiones con temperaturas de 12 a 18 °C y de 18 a 22 °C, así como precipitaciones entre

los 500 y los 2000 mm (Trejo, 2004). El solapamiento de las comunidades bióticas con estas diferentes características climáticas, soporta esta gran riqueza mastofaunística en la parte media del gradiente de altitud, lo que se ha mencionado como el equivalente altitudinal del efecto del ecotono (McCain, 2004). Heaney (2001) menciona que las zonas donde los mamíferos se distribuyen dentro de intervalos altitudinales amplios, suelen presentar la máxima riqueza en los intervalos de 1500-2000 m, lo que coincide con el patrón observado en la zona centro. Los picos de riqueza también se observan en áreas con comunidades interdigitadas, hecho que se observa no solo en el centro, sino en todo el estado debido a su gran complejidad ecológica, además, los picos de riqueza en estos pisos altitudinales se ven influenciados por especies con intervalos altitudinales aleatorios, hecho reportado también por Heaney (2001).

Otra de las causas que parecen determinar este pico de riqueza tan importante, es la presencia de zonas áridas o zonas con estaciones secas que albergan las zonas montañosas del Centro (Torres, 2004). McCain (2004, 2007) explica que la productividad en las zonas más bajas de las regiones áridas disminuye por el aumento de la evaporación por las altas temperaturas. Este efecto va disminuyendo con la altitud, mientras la precipitación va aumentando progresivamente, llegando muchas veces a su máximo en las zonas intermedias del gradiente, provocando el establecimiento de una mayor riqueza biológica en estas altitudes. Por otro lado, McCain y Grytnes (2007) señalan que las zonas húmedas presentan decrementos “monotónicos” en la riqueza de especies con la altitud. Esto sugiere que los patrones de distribución tan particulares de la mastofauna del centro se originan a partir de la conjunción de varios factores tanto climáticos y ecológicos, como espaciales, y demuestra la gran importancia de las regiones intermedias del gradiente altitudinal como poseedoras de la mayor riqueza mastofaunística de esta región.

Aquí se encontró además, la mayor riqueza de especies de roedores y la menor de carnívoros. Los mapas realizados a partir de los estudios más recientes acerca de los tipos de vegetación y uso de suelo muestran que este hecho puede

deberse a que aquí se encuentran las zonas más perturbadas del estado (Torres, 2004).

Vertiente Atlántica

La existencia de picos de riqueza de especies en altitudes intermedias ha sido documentada por varios autores (Brown, 2001; Sánchez-Cordero, 2001). La vertiente Atlántica presentó un pico de 89 especies en el intervalo de 1000-1500 m, mientras que el intervalo anterior (500-1000 m) cuenta con 83. La diversidad de hábitats de los bosques encontrados a estas altitudes intermedias permiten la coexistencia de muchas especies (Sánchez-Cordero, 2001; Bejarano-Bonilla *et al.*, 2007). Además, las variables ecológicas de estas regiones, tales como precipitación y productividad (entendida como la velocidad de crecimiento de la biomasa en un periodo y un área determinados, (McCain, 2007), sostienen estos picos de riqueza, que se vuelven más comunes en estas altitudes, mientras estén más cerca del Ecuador (Brown, 2001).

Sánchez-Cordero (2001), encontró picos de riqueza en murciélagos de la Sierra Mazateca entre 700-1200 m , lo que concuerda con que se encuentre un número elevado de especies en esta zona, además de mencionar que la fauna se distribuye principalmente en las zonas de altitudes bajas a medias y con un decremento abrupto en las zonas altas, principalmente en murciélagos, que a pesar de encontrarse ampliamente distribuidos a lo largo del gradiente, tienen preferencia por la zonas tropicales cercanas al nivel del mar (Brown, 2001).

Los tipos de vegetación que alberga la vertiente Atlántica, son diferentes a los encontrados del lado del Pacífico, como son las selvas bajas caducifolias, selvas altas y medianas perennifolias. Las diferentes variables ambientales que existen del lado del Golfo, que reciben una mayor precipitación, permiten el establecimiento de determinadas especies (Sánchez-Cordero, 2001). Una de estas fue *Alouatta palliata*, distribuida en las selvas altas perennifolias y selvas medianas subperennifolias ubicadas en la Planicie Costera del Golfo (Silva, 2005) y se encontró registrada en el primer piso. La vegetación resulta en estos casos de

gran importancia, ya que se ha observado que la densidad de árboles va disminuyendo con la altitud, lo que restringe muchas veces la distribución de especies arborícolas como ésta a los niveles de altitud más bajos (Sanjay *et al.*, 2008).

Además de las variables ecológicas, que originan picos de especies en rangos intermedios de altitud, así como límites en la distribución de otras, existen factores de carácter histórico que han sido determinantes en la distribución de algunos grupos (Patterson, *et al.*, 1996; Rickart, 2001; Brown, 2001; McCain, 2007). Existe evidencia de que los ciclos climáticos del Pleistoceno provocaron extinciones locales, así como el aislamiento de taxones en refugios florísticos del sur de México (Rzedowski, 1996; Acosta, 1997). Los bosques mesófilos de montaña representan una gran evidencia de dichos refugios debido a su flora relictual y a la distribución fragmentaria en la que alberga un importante número de especies endémicas, como es el caso de *Habromys chinanteco* y *H. ixtlani* en la Sierra de Juárez, el primero de 2080 a 2650 m, y el segundo de 2500 a 3000 m, y *Habromys lepturus* exclusivamente en las zonas más altas del Cerro Zempoaltepetl, de 2500 a 3000m (Toledo, 1982; Rzedowski, 1996; Acosta, 1997).

Los patrones de endemismo y alta especialización de las especies que ocurren solo en las zonas altas, resultan por lo tanto del aislamiento y de la reducida capacidad de dispersión de estas (Brown, 2001), como ocurre con los géneros *Habromys* y *Cryptotis*. Sin embargo, a pesar de que las zonas altas albergan especies endémicas y restringidas altitudinalmente, poseen en comparación con otros rangos altitudinales, una fauna más pobre. La menor riqueza de especies de esta vertiente, se encontró en la zona más alta del gradiente (2500-3000), lo que demuestra la influencia del tamaño del área sobre la ocurrencia de las especies. Por la forma general de casi todas las zonas montañosas, se puede observar que el tamaño del área va decreciendo con la altitud, lo que origina altas tasas de extinción y baja colonización, que junto con factores ecológicos como la disponibilidad de recursos y los factores históricos

anteriormente mencionados, resulta en una menor riqueza de especies (Brown, 2001; McCain, 2007)

Análisis de similitud

Los valores de similitud encontrados, al ser relativamente bajos, muestran la existencia de importantes zonas de recambio a lo largo del gradiente altitudinal. Las afinidades faunísticas que alcanzan valores superiores al 33.3% son el criterio para considerar la existencia de similitud en el caso del índice de Jaccard (Gutiérrez y Salazar, 2006). Sin embargo, estos resultados pueden verse afectados por la falta de registros, principalmente en los últimos pisos.

El grado de similitud entre pisos fue mayor entre pisos más cercanos, ya que intervalos altitudinales más distantes albergan tipos de vegetación diferentes que a su vez sostienen faunas diferentes, por lo que los porcentajes de similitud fueron disminuyendo al comparar un piso con otro más lejano. Esto muestra que la mayor riqueza de especies se localiza en los primeros intervalos (0-2000 m), y que las áreas de distribución de cada especie se encuentran interdigitadas entre varios intervalos altitudinales. Además, la composición de la fauna cambia drásticamente a partir de los 1500-2000 m, que se identificó como una importante zona de recambio de especies. Mena y Vázquez-Domínguez (2005) usaron los índices de Whittaker y Lennon para medir el recambio mastofaunístico entre intervalos de 500 m, con lo que encontraron que existe un incremento en el recambio de especies a mayores altitudes, a pesar de la existencia de grupos de mamíferos con amplios intervalos de distribución altitudinal, lo que coincide con lo encontrado en este trabajo, a pesar de que emplearon otros índices, pues los valores de similitud de los pisos más altos son mucho menores al 33.3%, indicando que muchos de los mamíferos montanos tienen intervalos de distribución altitudinal muy pequeños.

La diversidad beta ha sido reconocida como un importante componente de la riqueza de especies, y autores como Rodríguez *et al.*, (2003), mencionan que la gran diversidad de México es originada en gran medida por el alto grado de recambio que existe entre sus comunidades. En el caso de esta vertiente, tenemos que este recambio se presenta también a nivel altitudinal, lo que contribuye enormemente a la gran riqueza biológica de Oaxaca. Esta zona de recambio se presenta a partir de los 2000 m, que ha sido identificada por Rzedowski (1988) como una región en la que cambian drásticamente las condiciones ambientales y con ello las comunidades vegetales. En esta vertiente se encontró que las zonas de recambio se encuentran justo después de los picos de riqueza. McCain (2004) encuentra estos picos en Costa Rica en intervalos altitudinales a partir de los 1000 m. y menciona que estos se observan en altitudes intermedias donde se sobrelapan dos faunas distintas, lo que se considera el equivalente altitudinal del efecto ecotono. En el caso de la vertiente Atlántica, el mayor ensamble mastofaunístico (con 49% de especies compartidas) quedó constituido por los intervalos de 1000-1500 y 1500-2000 m, que coincide con la zona dónde se encontró el pico de especies (1000-1500 m), lo que muestra que las zonas de recambio aparecen justo después de la zona de sobrelape de faunas.

Vertiente Pacífica

Esta región ha sido considerada por varios autores como de gran biodiversidad, ya que en ella se encuentran varios tipos de vegetación como son la selva baja caducifolia, selva mediana, bosque de pino-encino, entre otros (Rzedowski, 1988; Torres, 2004). Sin embargo, fue evidente la falta de puntos de colecta, ya que en esta vertiente el decremento de especies en los tres últimos pisos (2000 a 3500) fue muy notable, albergando en su totalidad tan solo seis especies. Esto nos muestra que el esfuerzo de colecta en esta región ha sido totalmente dirigido hacia las zonas bajas y dejó en evidencia la falta de registros a partir de los 2000 m principalmente. Asimismo, se encontraron 164 especies

distribuidas de manera preferencial en el primer piso, además de un ligero incremento en la riqueza de especies en el piso intermedio (1000-1500) que cuenta con 76 especies, mientras que el piso anterior cuenta con 69. Estas zonas intermedias se han identificado como las más aptas para soportar una gran biodiversidad, pues es donde se encuentran interdigitados varios tipos de vegetación, con lo que aumenta la productividad y la disponibilidad de alimento, así como condiciones climáticas más hospitalarias como temperaturas y humedad medias (Bejarano-Bonilla *et al.*, 2007; McCain, 2007). Esto muestra, al igual que en la vertiente Atlántica, que el decremento de especies no es progresivo, sino que pueden observarse picos de riqueza en el centro del gradiente (Brown, 2001). La influencia de estos factores en la distribución altitudinal de las especies, no han sido estudiados de manera particular en la vertiente Pacífica del estado. Sin embargo, Sánchez-Cordero (2001) menciona la importancia de la influencia de los sistemas del Golfo en la Sierra Mazateca y los del Pacífico en la Sierra Mixteca, en la creación de diferentes ambientes que propician el establecimiento de diferentes especies.

Así como en el caso de la vertiente Atlántica, en esta zona se encontró al piso más alto (2500-3000) como el más pobre en especies, ya que como se mencionó, las zonas altas con áreas menores a las demás zonas del gradiente altitudinal, originan altas tasas de extinción además de ser de baja productividad debido a las condiciones ambientales (Brown, 2001; Bejarano-Bonilla *et al.*, 2007). Además de estos agentes causales de la disminución de la riqueza, Trejo (2004) establece que uno de los factores limitantes en el establecimiento de las especies son las heladas, que en el caso de Oaxaca ocurren con mayor frecuencia en las zonas más altas de la Sierra Atravesada, de las Montañas de Occidente y de la Sierra Madre del Sur, que se ubican en esta vertiente, y que impactan en la distribución de especies con afinidad tropical.

Análisis de similitud

Los cuatro primeros pisos de esta vertiente quedaron agrupados en un patrón anidado en el fenograma, lo que nos muestra, igual que en la vertiente Atlántica que la mayor parte de la fauna se distribuye desde el nivel del mar hasta los 2000 m. Sin embargo, es a partir de esta altitud que se tiene un registro muy incompleto. En esta vertiente fue evidente el muestreo concentrado en las zonas bajas, mientras que para el quinto y sexto piso se encontraron cuatro y dos especies respectivamente.

Las mayores asociaciones faunísticas, al encontrarse entre los 1000-1500 y 1500-2000 m, muestran la importancia biológica de las zonas medias, ya que comprenden la mayor diversidad mastofaunística después de las zonas bajas. Aquí se encuentra una gran coincidencia en lo encontrado por Patterson *et al* (1998), en murciélagos de los Andes en Perú, y por Mena y Vázquez-Domínguez (2005) en las zonas montañosas de Kinabalu y Mindano (Sudeste Asiático), en donde los autores identificaron dos grandes ensambles mastofaunísticos: de tierras bajas y de tierras altas, cuya transición o zona de recambio identificaron en los pisos entre los 1000-2500 m. En el caso de la vertiente Pacífica también se identifica la zona de recambio a partir de los 2000 m. Todos los pisos por debajo de este intervalo conformaron un ensamble mastofaunístico que comparte arriba del 33.3% de especies. De igual manera, se encontró que la zona donde se superponen las faunas y se presentan los picos de riqueza de especies, determina la zona de recambio del gradiente altitudinal.

Los valores de similitud de Jaccard, fueron en ambas vertientes, muy bajos, lo que sugiere una marcada diferencia entre la fauna de los pisos establecidos.

Patterson *et al.*, (1996) establecen que una alta similitud entre las faunas agrupadas, indica bajo nivel de recambio en la composición de las especies, por lo tanto, en Oaxaca existe un alto grado de recambio de especies, por lo que cada piso conserva características biológicas particulares que determinan estas

diferencias en la composición de la mastofauna. Esto puede explicarse con la gran cantidad de ambientes existentes en el estado de Oaxaca, ya que alberga alrededor de 26 tipos de comunidades vegetales diferentes (Torres, 2004), que se encuentran interdigitadas a lo largo del gradiente altitudinal, creando condiciones ambientales únicas en cada zona. Esto se hace evidente, a partir de los 2000 msnm, que diversos autores han mencionado como una zona en la que cambian los tipos de vegetación (Ceballos, 2005), por lo que en los fenogramas se hicieron muy notorias las bajas afinidades faunísticas a partir de esta altitud. Sin embargo, en el caso de la vertiente Pacífica estos valores tan bajos de similitud indican un esfuerzo de colecta mucho menor del lado del Pacífico del estado, por lo que la ausencia de registros en los últimos pisos altitudinales está determinando la disimilitud, más que la presencia de especies exclusivas en cada piso. Además, cabe señalar que los resultados están siendo determinados principalmente por los roedores y los quirópteros que representan el grueso de los registros para el estado, ya que el resto de los órdenes de mamíferos son menos diversos y se encuentran pobremente representados en las colecciones consultadas. Asimismo, los mayores valores de similitud se encuentran entre los primeros pisos ya que son los más estudiados y contienen el mayor número de registros, además de que representan las zonas de distribución preferencial de los mamíferos del estado (Illoldi, 2005).

Observaciones generales de la distribución altitudinal en Oaxaca

Hasta hace unos años, diversos autores reportaban en sus estudios un patrón general de decremento en el número de especies de las cinco clases de vertebrados, conforme aumentaba la altitud (Illoldi, 1997, 2005; Canseco-Márquez, 1996; Monteagudo y León, 2002;). No obstante, autores como McCain (2007) hablan de la existencia de otros patrones que dependen de causas climáticas, espaciales e históricas, además de las características propias de cada especie, que en determinados casos ocasiona preferencias altitudinales específicas (Bejarano-Bonilla *et al.*, 2007), que llegan incluso a ser aleatorios (Heaney, 2001). En el caso de la mastofauna de Oaxaca la compleja distribución altitudinal también se ve influenciada por estos numerosos factores y aunque se puede observar que efectivamente las zonas bajas representan los hábitats preferenciales de los mamíferos, también existe una alta preferencia hacia las zonas medias. Esto se hace más notorio en el intervalo de 1500-2000 m, pues presenta un incremento en el número de especies y una baja drástica de organismos a partir de los pisos subsecuentes.

Este patrón fue muy similar en ambas vertientes (Atlántica y Pacífica), de manera que el mayor número de especies se concentra en el primer piso altitudinal, además de existir un pequeño incremento o pico de riqueza a elevaciones intermedias como reporta Brown (2001) para especies no voladoras de Oaxaca, y a pesar de que ambas vertientes albergan tipos de vegetación diferentes, las especies presentan la misma forma de distribución altitudinal en general. Escalante, *et al.* (2005) Incluyen a las vertientes Pacífica y Atlántica dentro de la provincia biogeográfica Neotropical, de acuerdo con el componente mexicano de montaña, mientras que la región central queda dentro de la Sierra Madre del Sur, lo que muestra otra de las causas de la similitud de los patrones de distribución que presentan ambas vertientes, y la gran diferencia que se observa con los patrones encontrados en el centro.

Las diferencias encontradas en los resultados de otros trabajos, también demuestran la gran cantidad de agentes causales que influyen en la distribución altitudinal. Bejarano-Bonilla, *et al* (2007) en su estudio de distribución altitudinal de la quiropterofauna de Tolima, Colombia, encontraron especies como *Glossophaga soricina* y *Anoura geoffryi* con distribuciones altitudinales restringidas, al contrario de lo encontrado en este trabajo, en el que estas especies se encontraron ampliamente distribuidas en las tres zonas en que se dividió al estado. Es importante señalar, que algunas especies que llegan a tener algunas restricciones en cuanto a sus rangos de distribución, se ven favorecidas por algunas actividades humanas, por lo que en otras regiones se pueden encontrar con rangos de distribución más amplios. Tal es el caso del murciélago *Desmodus rotundus*, que a pesar de tener poca tolerancia a las bajas temperaturas debido a su lento metabolismo, se ve beneficiado por el establecimiento de potreros, de donde obtiene una fuente constante de alimento, lo que le permite llegar a establecerse en zonas más altas y tolerar temperaturas más bajas (Ceballos, 2005; Bejarano-Bonilla, *et al.*, 2007).

Otros autores como McCain (2009) han encontrado gran similitud en las distribuciones de aves y murciélagos y han observado que las especies insectívoras de ambos grupos, disminuyen cuando aumenta la altitud por la poca presencia de insectos a altitudes mayores. En Oaxaca no se observa este patrón en musarañas, que siendo mamíferos insectívoros, tienen una distribución preferencial en las zonas altas, con lo que muestra nuevamente que los patrones altitudinales no se generan a partir de factores individuales como la disponibilidad de alimento.

Finalmente, los resultados mostraron que la distribución de los mamíferos a través del gradiente altitudinal responde a diferentes factores, como el solapamiento de hábitats, la disponibilidad de recursos, entre otros factores ecológicos e históricos. En definitiva, las zonas bajas son de gran importancia en cuanto a diversidad mastofaunística se refiere. Sin embargo, existe una alta ocurrencia de estos organismos a altitudes intermedias, que constituyen junto con

las zonas bajas, la mayor extensión territorial de Oaxaca. La alta ocurrencia de especies a altitudes intermedias se hace muy notoria en la zona Centro, aunque también pudo observarse, aunque en menor grado, en las vertientes Atlántica y Pacífica, por lo que no necesariamente decrece la biodiversidad de manera progresiva con la altitud, lo que nos muestra la importancia de las zonas intermedias del gradiente altitudinal. Estos picos de riqueza mastofaunística se han estudiado en varios sistemas montañosos del mundo y autores como Brown (2001), Heaney (2001), Rickart (2001), Rahbek (2005), explican con hipótesis que abarcan factores históricos (refugios pleistocénicos, colonizaciones y extinciones), espaciales (relación del tamaño de las áreas con la altitud), ecológicos (productividad y diversidad de los ecosistemas, clima, precipitación, humedad y distribuciones altitudinales aleatorias de algunas especies) y hasta factores que son producto de actividades humanas, que interactúan conjuntamente originando complejos patrones de distribución de la mastofauna del estado de Oaxaca, que derivan en zonas altas con alta especialización de especies, zonas bajas con la mayor riqueza, y zonas medias con solapamiento de las distribuciones de muchas especies, que las convierte en importantes regiones de concentración de riqueza biológica. Esto tiene importantes implicaciones en conservación, ya que las regiones que se caracterizan por poseer una gran riqueza local y además una importante diversidad beta, requieren de programas de conservación más complejos en los que se contemplen más áreas de reserva. En este trabajo se mostró que existen importantes centros de endemismo en zonas altas y centros de concentración de especies en zonas específicas del gradiente altitudinal que representan prioridades en cuanto a conservación.

Literatura Citada

- Acosta, A. C. 1997. Afinidades fitogeográficas del Bosque Mesófilo de Montaña de la zona de Pluma, Hidalgo, Oaxaca, México. *Polibotánica* 6: 25-39
- Álvarez, L. R. 1994. Geografía general del estado de Oaxaca. Carteles editores, México.
- Arita, H. 2005. Guaqueque negro (*Dasyprocta mexicana*, Saussure, 1860) Pp. 817-818. En: G. Ceballos y G. Oliva (eds.). Los Mamíferos Silvestres de México. Fondo de Cultura Económica/CONABIO. México, D.F.
- Arita, H. T y G. Ceballos. 1997 Los mamíferos de México: Distribución y estado de conservación. *Revista Mexicana de Mastozoología* 2: 33-71.
- Arita, H. T. y K. Santos del Prado. 1999. Conservation Biology of Nectar-Feeding bats in Mexico. *Journal of Mammalogy* 80:11, 31-41.
- Baca-Ibarra, I.I. y V. Sánchez-Cordero. 2004. Catálogo de pelos de guardia dorsal en mamíferos del estado de Oaxaca, México. *Anales del Instituto de Biología. Serie Zoológica* 72:383-437.
- Bejarano-Bonilla D.A., A. Yate y M.H. Bernal-Bautista. 2007. Diversidad y distribución de la fauna quiróptera en un transecto altitudinal en el departamento de Tolima, Colombia. *Caldasia* 29(2):297-308.
- Binford, L.C. 1989. A Distributional Survey of the Birds of the Mexican State of Oaxaca. *Ornithological Monographs. American Ornithologist's Union. Washington, D.C.*
- Botello, F., R. P. Illoldi, M. Linaje y V. Sánchez-Cordero. 2006. Primer registro del Tigrillo (*Leopardus wiedii*, Schinz, 1821) y del Gato Montés (*Lynx rufus*, Kerr 1792) en la reserva de la biósfera de Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana (n s)*. 22:135-139.
- Boyce, R. y P. Ellison. 2001. Choosing the best similarity index when performing fuzzy set ordination on binary data. *Journal of Vegetation Science* 12:711-720.
- Briones-Salas, M. y V. Sánchez-Cordero. 2004. Mamíferos. En: A. J. García, M. J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología-UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Found, México, pp. 423-447.

Brown, J. M. 2001. Mammals on mountainsides: elevational patterns of diversity. *Global Ecology and Biogeography* 10:101-109.

Canseco-Márquez L. 1996. Estudio preliminar de la herpetofauna en la cañada de Cuicatlán y Cerro Piedra Larga, Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología, Benemérita Universidad de Puebla, Puebla.

Castro-Arellano y E. Marcé. 2005. Murciélago (*Peropteryx kappleri*, Peters, 1867) P. 167. En: G. Ceballos y G. Oliva (eds.). *Los Mamíferos Silvestres de México*. Fondo de Cultura Económica/CONABIO. México, D.F.

Carabias, J. V. y V. Cervantes. 1994. Los recursos naturales de México y el desarrollo. En: P. Pascual Moncayo y J. Woldenberg (Coords.) *Desarrollo, desigualdad y medio ambiente.*, México, Ed. Cal y Arena, 303-345.

Carraway, L.N. 2007. Shrews (Eulypotyphla: Soricidae) of México. *American Naturalist*. 3:1-235.

Ceballos G. G. y G. Oliva. 2005. *Los Mamíferos de México*, México, Comisión nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Fondo de Cultura Económica.

Ceballos G. G. 2005. Murciélago blanco (*Diclidurus albus*, Wied-Neuwied, 1820) P165. En: G. Ceballos y G. Oliva (eds.). *Los Mamíferos Silvestres de México*. Fondo de Cultura Económica/CONABIO. México, D.F.

Cervantes, F. A. y M.L. Yépez. 1995. Species richness of mammals from the vicinity of Salina Cruz, Coastal Oaxaca, Mexico. *Anales del Instituto de Biología. UNAM, Serie Zoológica*. 66(1):113-122.

Cervantes, F. A., C.A. Castro y P.J. Ramírez. 1994. Mamíferos Terrestres nativos de México. *Anales del Instituto de Biología. UNAM, Serie Zoológica*. 65(1).

Engstrom, M. 2005. Ratón (*Scotinomys teguina*, Alston, 1877). Pp. 794-795. En: G. Ceballos y G. Oliva (eds.). *Los Mamíferos Silvestres de México*. Fondo de Cultura Económica/CONABIO. México, D.F.

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. Serie Zoológica*. 74(2): 211-237.

Escalante, T., G. Rodríguez y J.J. Morrone. 2005. Las provincias biogeográficas del Componente Mexicano de Montaña desde la perspectiva de los mamíferos continentales. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 76(2): 199-205.

- Flores, V.O. y P. Gerez. 1994. Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo. Segunda edición, UNAM, México. 439 pp.
- Gaona O. y R Medellín. 2005. Murciélago. (*Perimyotis subflavus*). Pp. 303-304. En: G. Ceballos y G. Oliva (eds.). Los Mamíferos Silvestres de México. Fondo de Cultura Económica/CONABIO. México, D.F.
- García-Mendoza, A.J. 2004. Integración de conocimiento florístico de estado. . En: A. J. García, M. J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología-UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Found, México, pp. 305-325.
- García, E.A. 2002. Análisis de los patrones del endemismo de aves en el oeste de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F.
- García, E.A. y A.G. Navarro. 2004 Patrones biogeográficos de la riqueza de especies y el endemismo de la avifauna en el oeste de México. *Acta Zoológica Mexicana (Nueva Serie)* 20(2): 167-185.
- González Pérez, G., M. Briones-Salas y A.M. Alfaro. 2004. Integración del conocimiento faunístico del estado. En: García Mendoza, A., M. de J. Ordóñez Díaz, M. A. Briones (Eds.). *Biodiversidad del Estado de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM; Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza; WWS. México, D. F. 600 p.
- Goodwin, G. G. 1961. Flyiding squirrels (*Glaucomys volans*) of Middle America. *Amer. Mus. Novitates*. 2139.
- Goodwin, G. G. 1964. A new species and a new subspecies of *Peromyscus* from Oaxaca, Mexico. *Amer. Mus. Novitates*. 2183.
- Goodwin, G. G. 1966. A new species of vole (genus *Microtus*) from Oaxaca, Mexico. *Amer. Mus. Novitates*. 2243.
- Goodwin, G. G. 1969. Mammals from the State of Oaxaca, Mexico, in the American Museum of Natural History. *Bulletin of the American Museum of Natural History*. 141: 1-269.
- Grytnes, J. A. y C. M. McCain. 2007. Elevational patterns in species richness. En: Levin S. (Ed). *Encyclopedia of Biodiversity*. Elsevier, Inc, pp. 1-8.
- Gutiérrez, M. G. y J. Salazar. 2006. Herpetofauna de los Municipios de Camocuautla, Zapotitlán de Méndez, y Huitzilán de Serdán, de la Sierra Norte de Puebla. Pp. 197-223 En: Ramírez-Bautista, A., L. Canseco-Márquez, y F.

Mendoza-Quijano. Inventarios Herpetofaunísticos de México: Avances en el Conocimiento de su Biodiversidad. Publicaciones de la Sociedad Herpetológica Mexicana, No. 3. Sociedad Herpetológica Mexicana A.C.

Hall, E.R. 1981. The mammals of North America, Wiley, New York. Hall, E.R. (1981). The mammals of North America, Wiley, New York.

Heaney, L. R. 2001. Small mammal diversity along elevational gradients in the Philippines: an assessment of patterns and hypotheses. *Global Ecology and Biogeography*. 10: 15-39.

Illoldi, P. 1997. Análisis de la distribución geográfica de los mamíferos de la región del Golfo de California. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F.

Illoldi, P. 2005. Análisis de los patrones de distribución geográfica de los mamíferos del estado de Oaxaca, México. Tesis de Doctorado. Instituto de Biología, UNAM.

Illoldi, P., V. Sánchez y A.T. Peterson. 2004. Predicting distributions of mexican mammals using ecological niche modelling. *Journal of Mammalogy*. 84(4): 658-662.

INEGI. 2004. Información geográfica. División por entidad federativa con base en el marco geoestadístico. En: www.inegi.gob.mx/geo/informaciongeografica/oaxaca.

Koleff, P. 2005. Conceptos y medidas de la diversidad beta. En: Halffter, Gonzalo, *et al.* (eds). Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma. España. CONABIO/CONACYT/SEA/ Grupo Diversitas-México, pag. 19-40

León, P. L. y V.V. Romo. 1991. Catálogo 2 de mamíferos (Vertebrata: Mammalia). Serie Catálogos del Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera". Facultad de Ciencias, UNAM.

Lira-Torres, I. y V. Sánchez-Cordero. 2006. Nuevo registro de *Conepatus semistriatus* Bodaert, 1784 (Carnívora: Mustelidae) en Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana*. (Nueva Serie) 22(1): 119-121.

López-Wilchis, R. 1996. Project P130. Base de datos de los mamíferos depositados en colecciones de Estados Unidos y Canadá, México, CONABIO.

March, I. 2005. Pecarí de labios blancos (*Tayassu pecari*, Link, 1795). Pp. 522-524. En: G. Ceballos y G. Oliva (eds.). Los Mamíferos Silvestres de México. Fondo de Cultura Económica/CONABIO. México, D.F.

McCain, C. M. 2004. The mid-domain effect applied to elevational gradients: species richness of small mammals in Costa Rica. *Journal of Biogeography* 31:19-31.

McCain, C. M. 2005. Elevational gradients in diversity of small mammals. *Ecology* 86:366-372.

McCain, C. M. 2007. Area and mammalian elevational diversity. *Ecology* 88:76-86.

McCain, C. M. 2009. Global analysis of bird elevation diversity. *Global Ecology and Biogeography*. 18: 346-360.

McCain, C. M. y J.A. Grytnes. 2007. Elevational trends in biodiversity. En: S. Levin (ed.) *Encyclopedia of Biodiversity*. Elsevier, Inc. pp. 1-8.

Medellín, R. 2005. Murciélago (*Lophostoma brasiliense*, Davis y Carter, 1978). P. 203. En: G. Ceballos y G. Oliva (eds.). Los Mamíferos Silvestres de México. Fondo de Cultura Económica/CONABIO. México, D.F.

Mejía-Domínguez, N. R., J.A. Meave y C.A. Ruiz-Jiménez. 2004. Análisis estructural de un bosque mesófilo de montaña en el extremo oriental de la Sierra Madre del Sur (Oaxaca), México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 74:13-29.

Mena, J. L. y E. Vázquez-Domínguez. 2005. Species turnover on elevational gradients in small rodents. *Global Ecology and Biogeography* 14(6): 539-547.

Mendoza, A. 2005. Zorrillo (*Conepatus semistriatus*, Boddaert, 1784). Pp. 387-388. En: G. Ceballos y G. Oliva (eds.). Los Mamíferos Silvestres de México. Fondo de Cultura Económica/CONABIO. México, D.F.

Mendoza, A. y Ceballos, G. 2005. Zorrillo (*Conepatus leuconotus*, Lichtenstein, 1832). Pp. 386-387. En: G. Ceballos y G. Oliva (eds.). Los Mamíferos Silvestres de México. Fondo de Cultura Económica/CONABIO. México, D.F.

Monteagudo, S. D. y L. León. 2002. Estudio comparativo de los patrones de riqueza altitudinal de especies en mastofaunas de áreas montañosas mexicanas. *Revista Mexicana Mastozoológica*. 6:60-82.

Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Vol. 1. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo,

Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe de UNESCO y Sociedad Entomológica Aragonesa. Serie Manuales y Tesis SEA. 84 p.

Morrone, J.J. 2004. La zona de transición sudamericana: caracterización y relevancia evolutiva. *Acta entomológica chilena* 28:41-50.

Morrone J.J. y J. Márquez. 2003. Aproximación a un Atlas Biogeográfico Mexicano: componentes bióticos principales y provincias biogeográficas. En Morrone J.J, Llorente J.B (Eds.) *Una Perspectiva Latinoamericana de la Biogeografía*. Facultad de Ciencias, UNAM. México. pp. 217-220.

Navarro S. A. G., y H. Benítez D. 1993. Patrones de Riqueza y Endemismo de las Aves. *Ciencia*, No. Especial: 45-53.

Navarro, D. y L. León. 1995. Community structure of Bats along an altitudinal gradient in tropical eastern Mexico. *Revista Mexicana de Mastozoología* 1:9–21.

Navidi, W. 2006. Estadística para ingenieros y científicos. McGraw-Hill, Madrid, España.

NOM-059-ECOL-1994. Norma Oficial Mexicana que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial y que establece especificaciones para su protección. 59 pp.

Olgúin, H.C. 2006. Mastofauna de la región de los Chimalapas, Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F.

Olgúin, H., L. León L, U. Melo y V. Sánchez-Cordero. 2008. Mastofauna de la región de los Chimalapas, Oaxaca, México. En: Lorenzo C., Espinoza E., Ortega J. (Eds.). *Avances en el estudio de los mamíferos de México II*. CIBNOR, ECOSUR, IPN, UAEM, UAM, UNICACH, Universidad Veracruzana. México, D.F. 691 p.

Ortiz Pérez, M. A. y J. R. Hernández Santana. 2004. “Reconocimiento fisiográfico y geomorfológico del Estado de Oaxaca”. Capítulo II. En: García Mendoza, A., M. de J. Ordóñez Díaz, M. A. Briones (Eds.). *Biodiversidad del Estado de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM; Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza; WWS. México, D. F. 600 p.

Ortega, J. y H.T. Arita. 1998. Neotropical-Nearctic limits in middle America as determined by distributions of bats. *Journal of Mammalogy*. 79(3).

- Patterson, B.D., V. Pacheco, y S. Solari. 1996. Distributions of bats along an elevational gradient in the Andes of south-eastern Peru. *Journal of Zoology*. 240: 637-658.
- Patterson, B.D., F.D. Stotz, F. D., S. Solari., J.W. Fitzpatrick y V. Pacheco. 1998. Contrasting patterns of elevation zonation for birds and mammals in the Andes of Southeastern Peru. *Journal of Biogeography*. 25: 593-607.
- Peña, L. y Hernández, B. 2005. Ratón espinoso (*Liomys salvini*, Thomas, 1893). P.631. En: G. Ceballos y G. Oliva (eds.). *Los Mamíferos Silvestres de México*. Fondo de Cultura Económica/CONABIO. México, D.F.
- Rahbek C. 2005. The role of spatial scale and perception of large-scale species-richness patterns. *Ecology letters*. 8:224-239.
- Ramírez-Pulido, J., A. Castro-Campillo, J. Arroyo-Cabrales y F.A. Cervantes. 1986. Lista taxonómica de los mamíferos terrestres de México.
- Rapoport, E. H. 1975. *Areografía. Estrategias Geográficas de las Especies*. Fondo de Cultura Económica, México
- Rickart, E. A. 2001. Elevational diversity gradients, biogeography and the structure of montane mammal communities in the intermountain region of North America. *Global Ecology and biogeography*. 10: 77-100
- Rodríguez, P., J. Soberón y T.H. Arita. 2003. El componente beta de la diversidad de mamíferos de México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 89:241-259. Instituto de Ecología, UNAM.
- Rodríguez-Salazar, M., Álvarez, S. y E. Bravo. 2001. *Coeficientes de Asociación*. UAM/Plaza y Valdés. México, D.F.
- Romero Almaraz, M. L., C. Sánchez-Hernández, C. García-Estrada y R. D. Owen. 2000. *Mamíferos pequeños. Manual de técnicas de captura, preparación, preservación y estudio*. Facultad de Ciencias, UNAM, Instituto de Biología, UNAM, y Centro de Investigaciones Biológicas, UAEM, México, D. F. 151 pp.
- Ruiz-Jiménez, C. A., J. Meave y J.L. Contreras-Jiménez. 2000. El bosque mesófilo de la región de Puerto Soledad (Oaxaca), México: Análisis estructural. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 65:23-37
- Rzedowski, J. 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los Bosques Mesófilos de Montaña de México. *Acta Botánica Mexicana*. 35:25-44.
- Rzedowski, J. y M.L. Huerta. 1988. *Vegetación de México*. LIMUSA, México. 432pp.

- Sánchez-Cordero, V. 2001. Elevation gradients of diversity for rodents and bats in Oaxaca, Mexico. *Global Ecology and Biogeography*. 10, 63-76
- Sánchez, O. y G. López. 1988. A theoretical analysis of some indices of similarity as applied to biogeography. *Folia Entomológica Mexicana*. 75: 119-145.
- Sánchez-Ramos, G., J. Lobo, M. Lara-Villalón M. y P. Reyes-Castillo. 1993. Distribución altitudinal y estacional de la entomofauna necrófila en la Reserva de la Biósfera "El Cielo", Tamaulipas, México. *BIOTAM*. 5(1): 13-24.
- Sanjay, G., R.S Rawal y P. Todaria 2008. Forest vegetation patterns along an altitudinal gradient in sub-alpine zone of West Himalaya, India. *African Journal of Plant Science*. 2(6): 042-048.
- Scrocchi, G. y E. Domínguez. 1992. Introducción a las Escuelas de Sistemática Y Biogeografía. *Opera Lilloana* No. 40. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina. 120 pp.
- S.C.T. 1995. Mapa de carreteras del estado de Oaxaca. Subdirección de Cartografía, México.
- Silva, G. 2005. Mono aullador (*Alouatta palliata*, Gray, 1849). Pp. 340-342. En: G. Ceballos y G. Oliva (eds.). *Los Mamíferos Silvestres de México*. Fondo de Cultura Económica/CONABIO. México, D.F.
- Sokal, R. R. y F. J. Rohlf .1962. The comparison of dendrograms by objective methods. *Taxon*. 11:33-40.
- Stevens, G. C. 1992. The elevational gradient in Altitudinal Range: An extension of Rapoport's Latitudinal Rule to Altitude. *The American Naturalist* 140(6): 893-911.
- Terborgh, J. 1971. Distribution on environmental gradients: theory and preliminary interpretation of distributional patterns in the avifauna of the Cordillera Vilcabamba, Peru. *Ecology*. 58:23-40.
- Toledo, V.M. 1982. Pleistocenic changes of vegetation in Tropical Mexico. En: G. Prance (ed). *Biological diversification in the tropics*. Columbia University Press, Nueva York, pp. 93-111.
- Torres C. R. 2004. Tipos de vegetación. En: A. J. García, M. J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología-UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Found, México, pp. 105-117.

Trejo, I. 2004. Clima. En: A. J. García, M. J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología-UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Found, México, pp. 67-85.

Vázquez, L. B., R.A. Medellín y G. N. Cameron. 2000. Population and community ecology of small rodents in montane forest of western Mexico. *Journal of Mammalogy*. 81(1): 77-85.

Villa, B. y E. Espinoza. 2005. (*Orthogeomys cuniculus*, Elliot, 1905). P. 600. En: G. Ceballos y G. Oliva (eds.). *Los Mamíferos Silvestres de México*. Fondo de Cultura Económica/CONABIO. México, D.F.

Wilson, D.E. y D.M. Reeder (Eds). 2005. *Mammal species of the world: A Taxonomic and Geographic Reference*. (3^{ra} Ed). Johns Hopkins University Press, Baltimore. 2142 pp.

Zarza, H. y G. Ceballos. 2005. Murciélago (*Rhynchonycteris naso*, Wied- Neuwied, 1820). Pp. 169-170. En: G. Ceballos y G. Oliva (eds.). *Los Mamíferos Silvestres de México*. Fondo de Cultura Económica/CONABIO. México, D.F.

Espece	0-500	500-1000	1000-1500	1500-2000	2000-2500	2500-3000	3000-3500
<i>Mormoops megalophylla</i>	9	4	2	4	1	1	
<i>Pteronotus davyi</i>	23	5	1	2			
<i>Pteronotus parnellii</i>	36	8	4	2	4		
<i>Pteronotus personatus</i>	10	2	1				
Familia Phyllostomidae							
<i>Macrotus waterhousii</i>	12	5	2	3			
<i>Lampronycteris brachyotis</i>	6						
<i>Micronycteris megalotis</i>	18	2	3	5	1		
<i>Desmodus rotundus</i>	49	21	10	16	6		
<i>Diphylla ecaudata</i>	5	1					
<i>Chrotopterus auritus</i>	1	1			1		
<i>Trachops cirrhosus</i>	19	1	1		1		
<i>Lonchorhina aurita</i>	7						
<i>Mimon benettii</i>	7	1					
<i>Phyllostomus discolor</i>	12		1				
<i>Lophostoma brasiliense</i>	1		0		0		
<i>Anoura geoffroyi</i>	8	8	6	3	10	1	
<i>Choeroniscus godmani</i>	5		1	2	2		
<i>Choeronycteris mexicana</i>	1	4	1	12			
<i>Glossophaga commissarisi</i>	17		2	1			
<i>Glossophaga leachii</i>	23	6	7	2	2		
<i>Glossophaga morenoi</i>	29	9	3		2		
<i>Glossophaga soricina</i>	64	11	6	7	2		
<i>Hylonycteris underwoodi</i>	7	6	2	2	4		
<i>Leptonycteris curasoae</i>	10	5	4	13			
<i>Leptonycteris nivalis</i>	1	3		2			
<i>Artibeus hirsutus</i>		1					
<i>Artibeus jamaicensis</i>	50	25	9	9	4		
<i>Artibeus lituratus</i>	49	18	19	9	4		
<i>Carollia brevicauda</i>	20	6	14	5	5		
<i>Carollia perspicillata</i>	41	5	6				
<i>Carollia subrufa</i>	26	6	2	2	1		
<i>Centurio senex</i>	17	3	4	1	3		
<i>Chiroderma salvini</i>	1	1	2	1			
<i>Chiroderma villosum</i>	4	1	1				
<i>Artibeus aztecus</i>	3	4	5	2	3		
<i>Artibeus phaeotis</i>	31	8	3		2		
<i>Artibeus toltecus</i>	17	15	14	6	2		
<i>Artibeus watsoni</i>	5						
<i>Enchisthenes hartii</i>	4	1		2			
<i>Platyrrhinus helleri</i>	12	1	3	1	1		
<i>Sturnira lilium</i>	41	24	13	9	2		
<i>Sturnira ludovici</i>	13	14	21	20	7	3	
<i>Uroderma bilobatum</i>	7	1					
<i>Uroderma magnirostrum</i>	4						
<i>Vampyressa pusilla</i>			1				
<i>Vampyrodes caraccioli</i>	5		1				

Espece	0-500	500-1000	1000-1500	1500-2000	2000-2500	2500-3000	3000-3500
Familia Natalidae							
<i>Natalus stramineus</i>	16	2		1			
Familia Vespertilionidae							
<i>Bauerus dubiaquercus</i>		1	1				
<i>Corynorhinus mexicanus</i>	1			1			
<i>Corynorhinus townsendii</i>	3			5		1	
<i>Eptesicus brasiliensis</i>	1						
<i>Eptesicus furinalis</i>	4		2				
<i>Eptesicus fuscus</i>		2	3	9	2	1	
<i>Idionycteris phyllotis</i>		2		1			
<i>Lasiurus blossevillii</i>	5	1		1		1	
<i>Lasiurus cinereus</i>	1	1	1	8	5		
<i>Lasiurus ega</i>	2						
<i>Lasiurus intermedius</i>	6	1		2	2		
<i>Myotis californicus</i>		3		9	1		1
<i>Myotis fortidens</i>	10	3	1		0		
<i>Myotis keaysi</i>	3	5	2	2	4	1	
<i>Myotis nigricans</i>	0		4	2	1		
<i>Myotis thysanodes</i>	0		1	3	1		
<i>Myotis velifer</i>	3	4	2	3	4		
<i>Pipistrellus subflavus</i>	1						
<i>Rhogeessa alleni</i>		4	2	3	3		
<i>Rhogeessa gracilis</i>	3	3	1	7			
<i>Rhogeessa p�arvula</i>	11	7	1	1	0		
<i>Rhogeessa tumida</i>	2	2					
Familia Molossidae							
<i>Eumops auripendulus</i>		2					
<i>Eumops underwoodi</i>	2		1	1	1		
<i>Cynomops mexicanus</i>			1	1			
<i>Molossus aztecus</i>	7		4		1		
<i>Molossus molossus</i>	2						
<i>Molossus rufus</i>	29	2		1	1		
<i>Promops centralis</i>	5			3			
<i>Nyctinomops aurispinosus</i>	2	2					
<i>Nyctinomops femorosaccus</i>	1						
<i>Nyctinomops laticaudatus</i>	9						
<i>Nyctinomops macrotis</i>		2					
<i>Tadarida brasiliensis</i>	10	9	6	7	3	1	
ORDEN PRIMATES							
Familia Atelidae							
<i>Alouatta palliata</i>	3						
<i>Ateles geoffroyi</i>	11	3		1			
ORDEN CARNIVORA							
Familia Canidae							
<i>Canis latrans</i>	3			10			
<i>Canis lupus</i>	4						
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	22	6	2	8	3		

Espece	0-500	500-1000	1000-1500	1500-2000	2000-2500	2500-3000	3000-3500
Familia Felidae							
<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	18		3	3	1		
<i>Leopardus pardalis</i>	11						
<i>Leopardus wiedii</i>	7	2	1	6	2		
<i>Lynx rufus</i>	6	4		4	2		
<i>Puma concolor</i>	3						
<i>Panthera onca</i>	9						
Familia Mustelidae							
<i>Lontra longicaudis</i>	14	4	1	2			
<i>Eira barbara</i>	10	1	2	1	2		
<i>Galictis vittata</i>	2						
<i>Mustela frenata</i>	5	1	1	8	1		
Familia Mephitidae							
<i>Conepatus leuconotus</i>	1						
<i>Conepatus mesoleucus</i>	15	2	1	8			
<i>Conepatus semistriatus</i>	1						
<i>Mephitis macroura</i>	12	2		4			
<i>Spilogale putorius</i>	28	6	1	7	1		
<i>Spilogale pygmaea</i>	5		1				
Familia Procyonidae							
<i>Potos flavus</i>	27	8	3	3	1		
<i>Bassariscus astutus</i>	7	5	4	4	1	3	
<i>Bassariscus sumichrasti</i>	15	3	4	1	2		
<i>Nasua narica</i>	23	5	3	2	5		
<i>Procyon lotor</i>	21	7	3	3			
ORDEN PERISSODACTYLA							
Familia Tapiridae							
<i>Tapirus bairdii</i>	5						
ORDEN ARTIODACTYLA							
Familia Tayassuidae							
<i>Pecari tajacu</i>	9	1	3	2			
<i>Tayassu pecari</i>	5						
Familia Cervidae							
<i>Mazama americana</i>	10	3	4	1	1		
<i>Odocoileus virginianus</i>	16	7		8	4		
ORDEN RODENTIA							
Familia Sciuridae							
<i>Sciurus aureogaster</i>	65	4	6	16	3	2	
<i>Sciurus deppei</i>	12	4	6	3	1		
<i>Glaucomys volans</i>	0	3	1	5	2		
<i>Spermophilus variegatus</i>	1			1			
Familia Geomyidae							
<i>Orthogeomys cuniculus</i>	5				0		
<i>Orthogeomys grandis</i>	22	2	5	15	4	0	
<i>Orthogeomys hispidus</i>	5	1	3				
Familia Heteromyidae							
<i>Dipodomys phillipsii</i>		2					

Espece	0-500	500-1000	1000-1500	1500-2000	2000-2500	2500-3000	3000-3500
Familia Heteromyidae							
<i>Heteromys desmarestianus</i>	22	12	22	16	5		
<i>Liomys irroratus</i>	15	52	35	28	8	6	
<i>Liomys pictus</i>	96	26	13	18	3		
<i>Liomys salvini</i>	1						
Familia Cricetidae							
<i>Microtus mexicanus</i>	3	1	3	18	5	9	1
<i>Microtus oaxacensis</i>	2	1	3	6	6	1	
<i>Microtus quasiater</i>		1	5				
<i>Microtus umbrosus</i>	0			3	4	6	
<i>Baiomys musculus</i>	38	20	11	22	4		
<i>Habromys chinanteco</i>	1		1	4	1		
<i>Habromys ixtlani</i>				1	1		
<i>Habromys lepturus</i>	3	1	1	7	6	9	
<i>Hodomys alleni</i>		1	1	1			
<i>Megadontomys cryophilus</i>	0	6	5	8	8	1	
<i>Neotoma mexicana</i>	27	3	4	10	5		
<i>Nyctomys sumichrasti</i>	11	2	7	6	4	1	
<i>Oligoryzomys fulvescens</i>	18	11	10	7	1		
<i>Oryzomys alfaroi</i>	0	6	8	10	5		
<i>Oryzomys couesi</i>	39	24	18	7	4	1	
<i>Oryzomys chapmani</i>	0	13	33	25	17	4	
<i>Oryzomys melanotis</i>	6			1			
<i>Oryzomys rostratus</i>	1	2	3	2	1		
<i>Peromyscus aztecus</i>	0	6	13	22	7	2	
<i>Peromyscus beatae</i>	0	0	2	2	1		
<i>Peromyscus difficilis</i>				10	5		
<i>Peromyscus furvus</i>	1	1	8	5	3	1	
<i>Peromyscus gratus</i>		1		9	3		
<i>Peromyscus leucopus</i>	16	10	3	8	1		
<i>Peromyscus levipes</i>	0	7	6	15	8	10	
<i>Peromyscus maniculatus</i>	0	1	10	2			
<i>Peromyscus megalops</i>	0	0	5	14	4	1	
<i>Peromyscus melanocarpus</i>	21	15	25	27	15	14	
<i>Peromyscus melanophrys</i>	18	12	7	10	5		
<i>Peromyscus melanotis</i>				2			
<i>Peromyscus melanurus</i>	4		5	2	1		
<i>Peromyscus mexicanus</i>	69	25	35	25	8	2	
<i>Reithrodontomys fulvescens</i>	15	8	7	23	5		
<i>Reithrodontomys gracilis</i>	1						
<i>Reithrodontomys megalotis</i>	3	4	3	18	6	3	
<i>Reithrodontomys mexicanus</i>	6	10	15	13	9	2	
<i>Reithrodontomys microdon</i>	0	0	4	9	1	1	
<i>Reithrodontomys sumichrasti</i>	6	6	8	20	8	1	
<i>Rheomys mexicanus</i>	3	1	1	5			
<i>Scotinomys teguina</i>	3						

Especie	0-500	500-1000	1000-1500	1500-2000	2000-2500	2500-3000	3000-3500
<i>Sigmodon alleni</i>	9	5	4	4	2		
<i>Sigmodon hispidus</i>	36	14	10	13	5		
<i>Sigmodon leucotis</i>				5			
<i>Sigmodon mascotensis</i>	13	3	3	9	1		
<i>Tylomys nudicaudus</i>	15	5	6	3	4		
Familia Erethizontidae							
<i>Sphiggurus mexicanus</i>	14		1	1			
Familia Dasyproctidae							
<i>Dasyprocta mexicana</i>	9		1				
Familia Cuniculidae							
<i>Cuniculus paca</i>	4	3	1	1			
ORDEN LAGOMORPHA							
Familia Leporidae							
<i>Lepus callotis</i>	0			7	1		
<i>Lepus flavigularis</i>	18	2					
<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	1	2			1		
<i>Sylvilagus cunicularius</i>	3			10		4	
<i>Sylvilagus floridanus</i>	29	3	1	10		3	