



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN  
PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
UNIDAD-OAXACA**

---

Maestría en Ciencias en Conservación  
y Aprovechamiento de Recursos Naturales  
(Biodiversidad del Neotrópico)

DIVERSIDAD BETA DE LA MASTOFAUNA  
TERRESTRE DEL ESTADO DE OAXACA,  
MÉXICO

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS**

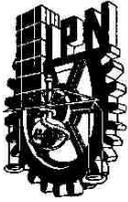
PRESENTA:

BIÓL. YAZMÍN MONROY GARCÍA

DIRECTOR DE TESIS:

**DR. JOSÉ ANTONIO SANTOS MORENO**

Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. Diciembre de 2009



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL  
SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO**

*ACTA DE REVISION DE TESIS*

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez siendo las 13:00 horas del día 04 del mes de diciembre del 2009 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAXACA)** para examinar la tesis de grado titulada: **“Diversidad beta de la mastofauna terrestre del estado de Oaxaca, México”**

Presentada por el alumno:

**Monroy**

Apellido paterno

**García**

materno

**Yazmín**

nombre(s)

Con registro: 

B	0	7	1	1	1	9
---	---	---	---	---	---	---

aspirante al grado de: **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA  
Director de tesis

Dr. José Antonio Santos Moreno

Dr. Gabriel Ramos Fernández

Dr. Alejandro Flores Martínez

M. en C. Sonia Trujillo Argueta

M. en C. Graciela Gonzalez Perez

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

Dr. Juan Rodríguez Ramirez



CENTRO INTERDISCIPLINARIO  
DE INVESTIGACION PARA EL  
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
C.I.I.D.I.R.  
UNIDAD OAXACA  
I.P.N.



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

**CARTA CESION DE DERECHOS**

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día 01 del mes de diciembre **del año 2009**, el (la) que suscribe **Monroy García Yazmín** y alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES** con número de registro **B071119**, adscrito al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. José Antonio Santos Moreno y cede los derechos del trabajo titulado: **“Diversidad beta de la mastofauna terrestre del estado de Oaxaca, México”**., al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca**, e-mail: [posgradoax@ipn.mx](mailto:posgradoax@ipn.mx) ó [biomonroy@gmail.com](mailto:biomonroy@gmail.com) permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

**Monroy García Yazmín**



CENTRO INTERDISCIPLINARIO  
DE INVESTIGACION PARA EL  
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
C.I.I.D.I.R.  
UNIDAD OAXACA  
I.P.N.

---

Al amor de mi vida, Dan Gerson  
y a la alegría de mi existir Abigail.

---

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. José Antonio Santos Moreno, por haberme dado la oportunidad de realizar este trabajo bajo su dirección, gracias por su tiempo, su interés y sus enseñanzas tan valiosas

Al CONACYT por la beca otorgada para la realización de mis estudios de Maestría.

A los miembros de la comisión revisora de tesis, Dr. Gabriel Ramos, Dr. Alejandro Flores, M. en C. Sonia Trujillo y M. en C. Graciela E. Gonzáles, por sus comentarios y sugerencias.

A Dan Gerson por todo el amor que me brinda y por que esto no hubiera sido posible sin su apoyo incondicional. Gracias a mi pequeña Abigail, que sin saberlo ha tenido que soportar mi ausencia física y moral.

Gracias a todas las personas que siempre creyeron en mí y que directa e indirectamente me apoyaron en este proceso de mi vida.

---

---

## ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE CUADROS .....	VII
RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
ANTECEDENTES .....	6
JUSTIFICACIÓN .....	9
OBJETIVOS.....	10
OBJETIVO GENERAL.....	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
HIPÓTESIS.....	11
MÉTODOS.....	14
RESULTADOS .....	18
ANÁLISIS GENERAL DE LA DIVERSIDAD BETA.....	19
REGIONES GEOGRÁFICAS .....	21
TIPOS DE VEGETACIÓN .....	23
DISCUSIÓN.....	24
DIVERSIDAD BETA ENTRE REGIONES GEOGRÁFICAS.....	25
DIVERSIDAD BETA ENTRE CUENCAS HIDROLÓGICAS.....	26
DIVERSIDAD BETA ENTRE TIPOS DE VEGETACIÓN .....	28
RECOMENDACIONES .....	31
LITERATURA CITADA.....	32

---

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> LOCALIZACIÓN DEL ESTADO DE OAXACA DENTRO DE LA REPÚBLICA MEXICANA.....	40
<b>FIGURA 2.</b> CUENCAS HIDROLÓGICAS DEL ESTADO DE OAXACA. ....	40
<b>FIGURA 3.</b> LOCALIZACIÓN DE LAS OCHO REGIONES DEL ESTADO DE OAXACA Y SU DIVISIÓN MUNICIPAL. ....	41
<b>FIGURA 4.</b> TIPOS DE VEGETACIÓN PRESENTES EN EL ESTADO DE OAXACA. ....	41
<b>FIGURA 5.</b> NÚMERO DE REGISTROS POR ESPECIE DE MAMÍFEROS NO-VOLADORES. ....	42
<b>FIGURA 6.</b> NÚMERO DE ESPECIES DE MAMÍFEROS NO-VOLADORES (A) Y VOLADORES (B) EN LAS REGIONES GEOGRÁFICAS DE OAXACA. ....	42
<b>FIGURA 7.</b> NÚMERO DE ESPECIES DE MAMÍFEROS NO-VOLADORES (A) Y VOLADORES (B) EN LAS CUENCAS HIDROLÓGICAS DE OAXACA. ....	43
<b>FIGURA 8.</b> NÚMERO DE ESPECIES DE MAMÍFEROS NO-VOLADORES (A) Y VOLADORES (B) EN LOS DIFERENTES TIPOS DE VEGETACIÓN DE OAXACA. ....	44
<b>FIGURA 9.</b> NÚMERO DE REGISTROS POR ESPECIE DE MAMÍFEROS VOLADORES.....	44

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO 1.</b> LISTA DE ESPECIES EN LA NOM 059 .....	45
<b>CUADRO 2.</b> RESULTADOS DEL ÍNDICE DE JACCARD Y DEL ÍNDICE DE MORISITA-HORN EN REFERENCIA A LOS REGISTROS COMPLETOS DE MAMÍFEROS TERRESTRES ENTRE LAS REGIONES GEOGRÁFICAS DE OAXACA. EN LA DIAGONAL CENTRAL SE MUESTRA EL NÚMERO TOTAL DE ESPECIES REGISTRADAS EN CADA REGIÓN. ....	46
<b>CUADRO 3.</b> RESULTADOS DEL ÍNDICE DE JACCARD (DIAGONAL SUPERIOR) Y EL ÍNDICE DE MORISITA-HORN (DIAGONAL INFERIOR) DE MAMÍFEROS TERRESTRES INCLUYENDO VOLADORES Y NO-VOLADORES EN REFERENCIA A LAS CUENCAS HIDROLÓGICAS DE OAXACA. EN LA DIAGONAL CENTRAL SE MUESTRA EL NÚMERO TOTAL DE ESPECIES REGISTRADAS EN CADA CUENCA HIDROLÓGICA. ....	47
<b>CUADRO 4.</b> RESULTADOS DEL ÍNDICE DE JACCARD (DIAGONAL SUPERIOR) Y EL ÍNDICE DE MORISITA-HORN (DIAGONAL INFERIOR) DE MAMÍFEROS TERRESTRES INCLUYENDO VOLADORES Y NO-VOLADORES EN REFERENCIA A LOS TIPOS DE VEGETACIÓN DE OAXACA. EN LA DIAGONAL CENTRAL SE MUESTRA EL NÚMERO TOTAL DE ESPECIES REGISTRADAS EN CADA TIPO DE VEGETACIÓN.....	47
<b>CUADRO 5.</b> RESULTADOS DEL ÍNDICE DE JACCARD (DIAGONAL SUPERIOR) Y DEL ÍNDICE DE MORISITA-HORN (DIAGONAL INFERIOR) DE MAMÍFEROS TERRESTRES NO-VOLADORES EN REFERENCIA A LAS REGIONES GEOGRÁFICAS DE OAXACA. EN LA DIAGONAL CENTRAL SE MUESTRA EL NÚMERO TOTAL DE ESPECIES REGISTRADAS EN CADA REGIÓN.....	48
<b>CUADRO 6.</b> RESULTADOS DEL ÍNDICE DE JACCARD (DIAGONAL SUPERIOR) Y DEL ÍNDICE DE MORISITA-HORN (DIAGONAL INFERIOR) DE MAMÍFEROS TERRESTRES VOLADORES EN REFERENCIA A LAS REGIONES	

---

GEOGRÁFICAS DE OAXACA. EN LA DIAGONAL CENTRAL SE MUESTRA EL NÚMERO TOTAL DE ESPECIES REGISTRADAS EN CADA REGIÓN.....	48
<b>CUADRO 7.</b> RESULTADOS DEL ÍNDICE DE JACCARD (DIAGONAL SUPERIOR) Y EL ÍNDICE DE MORISITA-HORN (DIAGONAL INFERIOR) DE MAMÍFEROS TERRESTRES NO-VOLADORES EN REFERENCIA A LAS CUENCAS HIDROLÓGICAS DE OAXACA. EN LA DIAGONAL CENTRAL SE MUESTRA EL NÚMERO TOTAL DE ESPECIES REGISTRADAS EN CADA CUENCA HIDROLÓGICA.....	49
<b>CUADRO 8.</b> RESULTADOS DEL ÍNDICE DE JACCARD (DIAGONAL SUPERIOR) Y EL ÍNDICE DE MORISITA-HORN (DIAGONAL INFERIOR) DE MAMÍFEROS TERRESTRES VOLADORES EN REFERENCIA A LAS CUENCAS HIDROLÓGICAS DE OAXACA. EN LA DIAGONAL CENTRAL SE MUESTRA EL NÚMERO TOTAL DE ESPECIES REGISTRADAS EN CADA CUENCA HIDROLÓGICA.....	49
<b>CUADRO 9.</b> RESULTADOS DEL ÍNDICE DE JACCARD (DIAGONAL SUPERIOR) Y EL ÍNDICE DE MORISITA-HORN (DIAGONAL INFERIOR) DE MAMÍFEROS TERRESTRES NO-VOLADORES EN REFERENCIA A LOS TIPOS DE VEGETACIÓN DE OAXACA. EN LA DIAGONAL CENTRAL SE MUESTRA EL NÚMERO TOTAL DE ESPECIES REGISTRADAS EN CADA TIPO DE VEGETACIÓN.....	50
<b>CUADRO 10.</b> RESULTADOS DEL ÍNDICE DE JACCARD (DIAGONAL SUPERIOR) Y EL ÍNDICE DE MORISITA-HORN (DIAGONAL INFERIOR) DE MAMÍFEROS TERRESTRES VOLADORES EN REFERENCIA A LOS TIPOS DE VEGETACIÓN DE OAXACA. EN LA DIAGONAL CENTRAL SE MUESTRA EL NÚMERO TOTAL DE ESPECIES REGISTRADAS EN CADA TIPO DE VEGETACIÓN.....	50
<b>CUADRO 11.</b> PROMEDIO, DESVIACIÓN ESTÁNDAR (D. E.) Y ERROR ESTÁNDAR (E. E.) DE LOS VALORES DEL ÍNDICE DE JACCARD Y DEL ÍNDICE DE MORITA-HORN DE CADA ANÁLISIS.....	51

---

---

## RESUMEN

En México existen muchas regiones con un alto valor de diversidad alfa. Sin embargo, la explicación más clara sobre la gran riqueza biológica en el país es la diversidad beta, la cual puede definirse como el cambio en la composición de especies entre dos o más áreas. El recambio de especies de mamíferos terrestres (voladores y no-voladores) es resultado de diferentes factores, principalmente del área de distribución de las especies y de la heterogeneidad ambiental. En este sentido el objetivo de este trabajo fue analizar la diversidad beta de los mamíferos terrestres de Oaxaca considerando diferentes niveles, tales como las regiones geográficas delimitadas para el estado, cuencas hidrológicas y un gradiente de vegetación. El estudio se realizó con un total de 17 670 registros de mamíferos terrestres, 12 373 registros de mamíferos no-voladores, los cuales corresponden a 126 especies y 5 297 registros de mamíferos voladores, pertenecientes a 96 especies. Los resultados de diversidad beta obtenidos mediante los diferentes índices para la base de datos completa, son los siguientes: regiones geográficas (índice de Jaccard: 0.57; índice de Morisita-Horn: 0.72; Complementariedad total: 57.1%), cuencas hidrológicas (índice de Jaccard: 0.27; índice de Morisita-Horn: 0.39; Complementariedad total: 76.2%) y tipos de vegetación (índice de Jaccard: 0.21; índice de Morisita-Horn: 0.30; Complementariedad total: 65.4%; índice de Cody: 54%). Dichos resultados son muestra de que en Oaxaca existe una alta diversidad beta, lo cual puede corroborarse con forme al criterio de cada medición. De forma particular, la diversidad beta de los mamíferos no voladores tiende a ser más alta que en los mamíferos voladores. Sin embargo, para poder garantizar la conservación de ambos grupos se requeriría proteger el mayor número de sitios donde estos grupos se distribuyen.

---

---

## ABSTRACT

In Mexico exists a variety of regions with a high value of alpha diversity. However, a more suitable approach to the great biological diversity in the country is by assessing the beta diversity, which can be defined as turnover in the composition of the species between two or more areas. The transition of species among terrestrial mammals (flying and non-flying) is the result of various factors, particularly was privileged the species distribution and the environmental heterogeneity. In this sense, the aim of this study was to analyze the beta diversity of terrestrial mammals in Oaxaca considering different factors, such as the geographic regions of the state, watershed and a vegetation gradient. The study was conducted with a total of 17 670 records of terrestrial mammals, from which 12 373 were records of non-flying mammals, belonging to 126 species and 5 297 records of flying mammals, corresponding to 96 species. Beta diversity results obtained by the different rates for the entire database are following: geographic regions (Jaccard index: 0.57; Morisita-Horn index: 0.72; Complementarity total: 57.1%), watershed (Jaccard index 0.27; Morisita-Horn index: 0.39; Complementarity total: 76.2%) and vegetation types (Jaccard index: 0.21; index of Morisita - Horn: 0.27; Complementarity total: 65.4%; Cody index: 54%). These results demonstrate a high beta diversity in Oaxaca, which can be supported by the teorical criteria of each analysis. In particular, the beta diversity of non-flying mammals tends to be higher than the flying mammals. However, in order to ensure conservation of both groups would be required to protect the greatest number of sites where these groups are distributed.

---

---

## INTRODUCCIÓN

México, junto con Brasil e Indonesia son los países más diversos en especies de mamíferos a nivel mundial (Ceballos & Brown 1995; Villa & Cervantes 2003). En América Latina existen alrededor de 1,500 especies de mamíferos lo que representa el 30% del planeta (Ceballos & Simonetti 2002). A pesar de que su territorio comprende cerca del 1.6% de la superficie continental del planeta, en México habitan alrededor del 11% de todas las especies de mamíferos actualmente conocidas. El orden más diverso es el Rodentia (ardillas, ratas y ratones, agoutís, puerco espines) con 235 especies, seguido del Quiróptera (murciélagos), Carnívora (lobos, pumas, jaguares, yaguaroundis, tigrillos, gatos montés, zorrillos, zorros, hurones, comadreas, nutrias, tejones, martuchas, mapaches) (Ceballos *et al.* 2005).

La riqueza de especies de una región o país puede ser explicada mediante la estrecha relación positiva de la riqueza de especies con el área, es decir, a mayor área mayor número de especies (Brown & Lomolino 1999). Regularmente los países más extensos son los más ricos en especies, aunque existen excepciones notables, en especial cuando se comparan países templados y tropicales, ya que los primeros mantienen menos especies, a veces sin contar la extensión geográfica (Ceballos *et al.* 2002).

La distribución de los mamíferos, excluyendo a las especies marinas, muestra un patrón latitudinal típico, en donde las mayores concentraciones de especies por unidad de área se localizan en las latitudes más ecuatoriales (Ceballos & Navarro 1991; Ceballos *et al.* 1998). En lo que respecta al país, Ceballos *et al.* (2005) mencionan que las regiones con mayor riqueza de mamíferos se localizan en el este y sureste, en donde se encuentran estados como Veracruz que cuenta con 170 especies (Gaona *et al.* 2003), Chiapas con 166 (Álvarez del Toro 1977) y Oaxaca, que según Alfaro *et al.* (2005) esta representado por 192 especies de mamíferos.

En México existen muchas regiones con un alto valor de diversidad alfa, que se refiere a la diversidad biológica en sitios puntuales o locales. Sin embargo, la explicación más

---

---

clara sobre la gran riqueza biológica en el país es el recambio de especies, llamada diversidad beta (Halffter & Moreno 2005).

Existen evidencias sólidas de que las elevadas tasas de recambio de especies entre regiones o estados dependen directamente del nivel de heterogeneidad ambiental (Arita 1993; Arita & Ceballos 1997) ya que entre la complejidad y la interacción de diferentes factores tales como la posición geográfica, la topografía, el área, los diferentes climas y tipos de vegetación determinan la estructura del hábitat de los organismos (August 1983; Ceballos & Navarro 1991; Fa & Morales 1998; Rodríguez *et al.* 2003).

La contribución de las diversidades alfa y beta a la riqueza mastofaunística de México varía geográficamente y se correlaciona con diferentes variables ambientales (Rodríguez *et al.* 2003), lo cual es derivado del hecho geográfico de la superposición de dos grandes regiones biogeográficas en el territorio mexicano: la Neártica y la Neotropical, un fenómeno que con esta magnitud no se presenta en ninguna otra parte del mundo (Halffter & Moreno 2005).

El estudio de la diversidad beta de los mamíferos es importante ya que son considerando dos factores determinantes para esta fauna; en primer lugar el área de distribución de las especies. En relación a este punto Flores-Villela *et al.* (2005) explica que un número alto de especies con distribución restringida generan una alta diversidad beta. Si por el contrario, varias especies se distribuyen en una gran parte de la superficie de alguna región, es decir tienen un área de distribución amplia, los sitios se parecen entre sí en términos de la composición de especies y como resultado la diversidad beta es baja (Arita & León-Paniagua 1993).

Por otra parte, Kareiva (1994) menciona que es fundamental entender que este espacio o paisaje donde el ensamble de especies se distribuye no es homogéneo, sino más bien heterogéneo (Forman & Godron 1986, Forman 1995, Farina 1998). En este sentido la heterogeneidad ambiental, es otro factor determinante de la diversidad beta (Whittaker 1960), tal como se ha mencionado previamente, ya que la distribución

---

---

diferencial de los organismos dentro del espacio esta relacionada con las diferencias en condiciones y recursos disponibles para los organismos entre sitios (Balvanera 1999).

La diversidad beta ha sido usada, en un sentido más amplio, para expresar la similitud-disimilitud, la complementariedad en la composición y el reemplazo espacial de las especies entre dos o más áreas o a través de gradientes (Koleff 2005). Los índices de similitud expresan el grado en el que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas, por lo que son una medida inversa de la diversidad beta (Magurran 1988). De igual manera, el concepto de complementariedad se refiere al grado de disimilitud en la composición de especies entre pares de biotas, por lo tanto mientras el valor de complementariedad sea cercano o igual a uno, los sitios son idénticos y la diversidad beta es baja (Colwell & Coddington 1994). Por último, cuando se obtiene un alto valor de reemplazo de especies, la diversidad beta también es alta, en términos de que más especies son ganadas y perdidas a través de un gradiente ambiental (Cody 1993).

Para el estudio de la diversidad de especies, un primer paso es evaluar la cantidad de datos con las que se cuenta. La manera más directa de conocer la diversidad biológica que hay en un lugar es inventariarla para crear bases de datos, donde se catalogan los elementos existentes en un tiempo dado, en un área geográficamente delimitada (Dennis & Ruggiero 1996). Registrar y seguir los cambios en el tiempo constituye lo que ampliamente se conoce como monitoreo (Stork 1996). El monitoreo de la diversidad biológica es la base para predecir el comportamiento de algunas variables clave para mejorar y aumentar las opciones de manejo, así como para prever cambios en la riqueza de los sistemas.

Se han puesto en marcha varios esfuerzos globales para inventariar y monitorear los componentes de la biodiversidad, de hecho varios países están desarrollando planes de acción sobre biodiversidad que incluyen la conformación de bases de datos de vida silvestre. Dos de ellos son Costa Rica y México, siendo el Instituto Nacional de Biodiversidad de Costa Rica el encargado del inventario nacional de especies en este

---

---

país. En México, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) se encarga de coordinar, apoyar y promover el conocimiento y uso de la diversidad biológica, así como organizar la información resultante (Halffter *et al.* 2001), que finalmente puede ser utilizada para analizar y conocer más acerca de la diversidad biológica del país.

Es entonces que el conocimiento de los componentes de la diversidad de un área, a cualquier escala, alfa que se refiere a la diversidad local, beta que es el grado de diferenciación entre comunidades o gama, diversidad regional, es el principio para examinar algunos patrones ecológicos de la vida silvestre (Whittaker 1960, Williams-Linera *et al.* 1992) lo que permitirá establecer prioridades para la conservación y el aprovechamiento de la diversidad biológica.

## **ANTECEDENTES**

En México, particularmente en Oaxaca, la investigación sobre aspectos de la mastofauna ha sido constante desde siglos atrás, aunque a un principio era resultado de colectas de grandes expediciones (Ceballos & Simonetti 2002). Se han desarrollado trabajos sobre la riqueza y diversidad de mamíferos alrededor de todo el estado, entre los que se puede mencionar el de Leopold (1959); Goodwin (1969); Arita & León-Paniagua (1993); Briones-Salas & Sánchez-Cordero (2004) y Ceballos *et al.* (2005).

Algunos otros trabajos que se ubican en sitios más puntuales dentro del estado, demostrando el alto número de estudios de diversidad alfa, son por ejemplo, el de Cervantes & Yépez (1995) que enlistaron las especies presentes en la zona de Salina Cruz. Sánchez-Cordero (2001) estudió la diversidad de roedores y murciélagos en la Sierra Mazateca y la Mixteca. Botello (2004) determinó la diversidad de carnívoros en Santa Catarina Ixtepeji. Alfaro (2005) analizó los patrones de diversidad de mamíferos terrestres del Municipio de Santiago Comaltepec.

---

La necesidad de un estudio constante sobre los cambios y las tendencias de la vida silvestre se puede ver reflejada en los nuevos registros de mamíferos que en los últimos años se han obtenido en Oaxaca (Santos-Moreno *et al.* 2003, Alfaro *et al.* 2005, García-García *et al.* 2006, Briones-Salas *et al.* 2006, Botello *et al.* 2006, Botello *et al.* 2007, García-García *et al.* 2007).

El estudio de la diversidad beta ha recibido una limitada atención empírica, particularmente cuando se contrasta con el vasto número de estudios sobre diversidad alfa o local (Koleff 2005). Sin embargo, se pueden mencionar algunos estudios en donde los resultados sobre diversidad beta se han enfocado a cambios en la composición de especies, principalmente vertebrados, tales como aves, anfibios o reptiles, a través de gradientes ambientales, espaciales o entre fragmentos de hábitat similares (Cody 1993, Harrison *et al.* 1992; Williams *et al.* 1999, Koleff & Gaston 2002, Gaston *et al.* 2002, Arellano y Halffter 2003, Urbina-Cardona y Reynoso 2005, Flores-Villela *et al.* 2005, Mcknight *et al.* 2007).

En cuanto a estudios de diversidad beta de mastofauna o estudios donde se aborda algún aspecto de esta diversidad, se puede mencionar el trabajo de Fleming (1973), quien demostró que los mamíferos voladores son responsables del gradiente latitudinal de la riqueza de especies en América del Norte. Arita *et al.* (1996) estudiaron los tamaños de los rangos geográficos de 423 mamíferos de México, encontrando que de los mamíferos (voladores y no-voladores) con áreas de distribución restringida y que además son endémicas, pocas se encuentran enlistadas con alguna categoría de amenaza, por lo tanto llegaron a la conclusión de que la rareza, medida por medio del tamaño del área de distribución de las especies, debería ser considerada en la toma de decisiones referente a la conservación de la mastofauna.

De igual manera, Ruggiero *et al.* (1998) estudiaron los rangos geográficos de 536 especies de mamíferos del Sur de América, pertenecientes a los siguientes órdenes: Artiodactyla, Carnivora, Didelphimorphia, Lagomorpha, Perissodactyla, Primates y Rodentia. Estos autores comprobaron la Regla de Rapoport, que se refiere a la

---

---

tendencia de las especies tropicales a tener áreas de distribución más pequeñas que las de las zonas templadas. Mientras que Willig y Selcer (1989) y Kauffman y Willig (1998) estudiaron el patrón latitudinal de la riqueza de mamíferos en todo el continente americano.

En el mismo sentido, Brown (2001) encontró que en diferentes partes del mundo, dentro de las cuales se encuentra el sur de México, los patrones de la riqueza de especies de mamíferos en referencia a la elevación dependen de las características del clima, de los océanos y del continente en cuestión pues estos factores influyen en la distribución de energía, agua y nutrientes. De manera particular, demostró que los picos de la diversidad de los mamíferos no-voladores se presentan en las elevaciones intermedias.

En relación a este trabajo, se puede mencionar a Sánchez-Cordero (2001) que realizó un estudio sobre la diversidad de murciélagos y roedores en la parte noreste de Oaxaca, a través de un gradiente de elevación, encontrando que la riqueza de especies de roedores generalmente alcanza el punto máximo en elevaciones intermedias mientras que la riqueza de especies de murciélagos es más alta en elevaciones bajas y gradualmente declina con la elevación.

En otro sentido, Moreno y Halffter (2001) compararon las especies de murciélagos en siete diferentes tipos de hábitats en Veracruz, México, y observaron una baja diversidad beta, concluyendo que este resultado se debe principalmente a características propias de este grupo. Rodríguez *et al.* (2003), analizaron el componente beta de la diversidad de mamíferos de México, demostrando que la hipótesis del México betadiverso es esencialmente correcta. De manera específica, estos autores mencionan que el recambio de especies de mamíferos existente en el país, es un componente que está asociado en mayor medida a los patrones de diversidad de los mamíferos no-voladores.

Por su parte Mena y Vázquez-Domínguez (2005) estudiaron el recambio de especies de mamíferos pequeños (múridos), encontrando que el recambio de especies aumenta en

---

---

las elevaciones intermedias y que este recambio es más alto también, en montañas grandes. Pineda *et al.* (2005) aunque no estudiaron solo a mamíferos, realizaron una comparación de diversidad alfa y beta entre ranas, escarabajos coponecrógafos y murciélagos del bosque de niebla y cafetales con sombra en un paisaje del centro de Veracruz. Estos autores observaron que la diversidad beta de los murciélagos fue muy baja en comparación con los otros grupos de organismos.

En el 2006, Rodríguez presentó su tesis doctoral referente a las escalas, diversidad beta y áreas de distribución de los mamíferos de América del Norte. Rodríguez (2006) pudo observar que la diversidad beta para los mamíferos no-voladores de México resultó mayor hacia las latitudes tropicales, al mismo tiempo que el promedio del área de distribución regional disminuyó; además encontró que a diferentes escalas el número de especies de este grupo, igualmente aumentó hacia latitudes tropicales.

Por último Qian (2009) realizó recientemente un estudio comparativo de diversidad beta entre diferentes taxones (mamíferos, aves, reptiles y anfibios) a una escala de regiones biogeográficas del mundo, encontrando que la diversidad beta es más alta entre los reptiles y los anfibios en comparación a los otros grupos.

## **JUSTIFICACIÓN**

En las últimas décadas, los impactos antropogénicos son la causa principal por la cual se han extinguido muchas especies en México y el mundo y su desaparición es parte de lo que se considera uno de los problemas ambientales más severos: la pérdida de la diversidad biológica (Ceballos *et al.* 2005).

Por lo tanto, el conocimiento de la biodiversidad es fundamental y es posible conocerla por medio de los elementos que la componen, como es la riqueza de especies. Además, al saber de las características principales de las especies, en dónde se encuentran y cómo se encuentran en relación a otros componentes, es posible

---

---

reconocer patrones y procesos asociados a la vida silvestre, lo cual provee de información esencial sobre la condición de las especies con respecto a el medio físico que ocupan, lo cual se visualiza en un cúmulo de información que puede ser útil en la toma de decisiones en cuanto a conservación se refiere.

Actualmente el conocimiento de los mamíferos, a cualquier escala, ha permitido tener una mejor apreciación de la mastofauna del país. En este sentido, cabe resaltar la importancia de este trabajo, ya que el conocimiento de la diversidad beta de los mamíferos de Oaxaca capturará aspectos fundamentales sobre los patrones de diversidad de este grupo, tales como la distribución de las especies y la complementariedad de los sitios que conforman el estado, lo cual pretende servir de apoyo en las acciones de conservación de este grupo, como por ejemplo en el contexto de diseño de reservas para el estado.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Calcular a distintos niveles la diversidad beta de los mamíferos terrestres del estado de Oaxaca, diferenciando entre mamíferos terrestres voladores y no-voladores.

### **Objetivos específicos**

- Determinar la diversidad beta de los mamíferos no-voladores y voladores, a nivel de división de regiones geográficas de Oaxaca.
- Analizar la diversidad beta de los mamíferos no-voladores y voladores a nivel de cuencas hidrológicas del estado.

- 
- Analizar la diversidad beta de los mamíferos no-voladores y voladores en un gradiente de tipos de vegetación del estado de Oaxaca.
  - Comparar la tendencia de variación de la diversidad beta entre las especies de mamíferos no-voladores y voladores del estado, en los diferentes niveles de análisis.

## **HIPÓTESIS**

Oaxaca se distingue por ser un estado de alta complejidad ambiental, resultado principalmente de su posición geográfica y en particular a su extensión y sus diferentes tipos de vegetación, por lo tanto, se espera que la diversidad beta de mamíferos terrestres (no-voladores y voladores) sea igualmente alta en relación a las ocho regiones geográficas, las cuencas hidrológicas del estado y en un gradiente de vegetación, ya que estos factores determinan la estructura del hábitat y por ende la distribución de estos organismos.

## **ÁREA DE ESTUDIO**

El estado de Oaxaca se localiza en la porción sureste de la República Mexicana, entre los 15°39' y 18°42' de latitud norte y los 93°52' y 98°32' de longitud oeste (Fig. 1). Se encuentra a una altitud que varía del nivel del mar hasta los 3 750 msnm Oaxaca tiene una extensión de 95 364 Km<sup>2</sup>, por ello ocupa el quinto lugar a nivel nacional. En el estado, se asienta una población que rebasa los tres millones de habitantes (INEGI 2004).

A Oaxaca se le ha dividido en varias maneras, una de ellas es la división político-administrativa que utiliza para su organización el gobierno estatal y considera 30 distritos y 570 municipios; otra es la geográfico-económica, que permite conocer cómo

---

---

es el estado para aprovechar adecuadamente sus recursos naturales. Una región geográfica es un espacio de territorio compuesto de elementos similares como el clima, el tipo de relieve, la vegetación, la fauna que la habitan y por supuesto, su población (etnias) (Dalton 1994).

Hasta ahora geógrafos y especialistas en distintas áreas han estudiado las regionalizaciones de Oaxaca y han llegado a la conclusión de que el estado se puede dividir en ocho regiones geográficas (Fig. 2): Cañada, Costa, Istmo, Mixteca, Papaloapan, Sierra Norte, Sierra Sur y Valles Centrales (Dalton 1994; García-Mendoza *et al.* 2004).

En este contexto, se puede distinguir a Oaxaca por su gran complejidad ambiental, la cual incluye una gran diversidad climática. Esta variedad en los climas se debe a la combinación de elementos como la temperatura, la cantidad de lluvia que se deposita en un área, así como su distribución a lo largo del año, además, de la contribución de factores como la posición geográfica, el intrincado relieve, las corrientes marinas, entre otros.

Por lo anterior, en el territorio oaxaqueño es posible encontrar climas cálidos, desde húmedos y subhúmedos hasta áridos y muy áridos, así como templados con un alto grado de humedad. La temperatura media anual que se puede encontrar en el estado es de 22°C y la precipitación media estatal es de 1,550 mm anuales, las lluvias se presentan en verano en los meses de junio a octubre (Trejo 2004).

La geografía oaxaqueña es una de las más accidentadas del país, aquí se combinan intrincadas serranías, planicies, playas, grutas, cañadas. Es uno de los estados más montañosos del país; se cruzan la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre del Sur y la Sierra Atravesada (Dalton 1994).

Por otra parte, el país está dividido en regiones hidrológicas que se dividen a su vez en cuencas y subcuencas hidrológicas (De la Lanza & García 1995). Las cuencas son

---

definidas como una porción de la superficie terrestre bordeada por una topografía alta, con laderas que las unen a sus partes bajas a través de corrientes de agua superficiales y/o ríos de órdenes relativamente bajos (Tóth 1999). La exposición y la inclinación de las pendientes y el relieve son características extremadamente ventajosas para la creación de una enorme diversidad de microclimas, que en combinación con el sustrato y los flujos de agua, permiten la formación de una amplia gama de microhábitat (Toledo 2006).

El sistema hidrológico oaxaqueño es tan complicado y extenso como el orográfico, con el cual está muy interrelacionado porque los sistemas montañosos del estado dan origen a una intrincada red de ríos. Los principales ríos del estado son el Atoyac, algunos afluentes del Papaloapan y el Coatzacoalcos (Dalton 1994). En general, los diferentes sistemas hidrológicos corren tanto hacia el Golfo de México (vertiente del Golfo) como al océano Pacífico (vertiente del Pacífico). En estas vertientes encontramos la división de 12 cuencas hidrológicas (Fig. 3): Arena y Otros, Atoyac-Verde, Balsas, Coatzacoalcos, Costa, Grijalva, Laguna Superior e Inferior, Mar Muerto, Omitepec, Papaloapan, Tehuantepec y Tlapaneco (Martínez *et al.* 2004).

En cuanto a vegetación se refiere, en el estado se han clasificado de diferente manera los tipos de vegetación (Leopold 1950; Flores *et al.* 1972; Flores & Manzanero 1999). Por otra parte el Inventario Forestal Nacional cuenta con un mapa de vegetación de Oaxaca que contiene 10 tipos de vegetación (Fig. 4): Mesófilo de montaña, Coníferas, Coníferas-Latifoliadas, Latifoliadas, Perennifolia y Subperennifolia, Caducifolia y Subcaducifolia, Mezquital, Matorral xerófilo, Pastizal y Vegetación hidrófila, los cuales coinciden con lo reportado por Torres (2004) quien agrupa a la vegetación de Oaxaca de acuerdo a un criterio fisonómico-florístico. Estos tipos de vegetación se distribuyen en distintas comunidades vegetales tales como bosques, selvas, matorrales, pastizal, vegetación hidrófila.

---

---

## MÉTODOS

El trabajo se realizó con los datos depurados de los registros de mamíferos terrestres (voladores y no-voladores) del estado de Oaxaca, pertenecientes a la base de datos de la Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO). Los registros corresponden al periodo de años 1849-2001. Los datos provienen de 47 colecciones de mamíferos de diferentes instituciones.

De manera preliminar se llevó a cabo una revisión de dicha base de datos para depurar las anomalías más evidentes y precisar el número de registros con los que finalmente se trabajaron, para lo cual se sobrepusieron los registros en referencia a sus coordenadas geográficas sobre un mapa base de Oaxaca y se reubicaron o eliminaron aquellos registros incongruentes e incompletos, precisando la reubicación con apoyo de la información contenida en la base completa de registros y/o con información consultada para la especie en cuestión. Por otra parte, se verificó y corrigió la nomenclatura de las especies de la base de datos, siguiendo la lista actualizada de los mamíferos de México (Ceballos *et al.* 2005). En este sentido, no se tomaron en cuenta aquellos registros que carecían de especie.

Para la realización del posterior análisis, se asignó a cada registro el distrito y la región geográfica establecida esto con base al municipio de cada registro en la base; además se realizó la asignación de la cuenca hidrológica que le corresponde a cada registro, lo cual se llevo a cabo a partir de la superposición de los registros de cada especie a un mapa base de cuencas hidrológicas. Por último, se calculó la riqueza de especies para los distintos niveles de análisis. Para la visualización y análisis de datos geográficos se empleó el sistema de información geográfica Arc View 3.2 (ESRI 1999).

La medición de la diversidad beta está basada en proporciones (Magurran 1988). Estas proporciones pueden evaluarse con base en índices de complementariedad, similitud, disimilitud, de distancia entre las muestras y por el reemplazo de especies, a partir de

---

---

datos cualitativos (presencia y ausencia de especies) o bien con datos cuantitativos (abundancia, biomasa, densidad, cobertura) (Wilson y Shmida 1984, Magurran 1988).

Para estimar la diversidad beta con respecto a los tres niveles propuestos en este trabajo (regiones geográficas, cuencas hidrológicas y tipos de vegetación), se utilizó el índice de Jaccard, el índice de Morisita-Horn, el índice de complementariedad total y el índice de Cody, ya que si bien es cierto que todos son medidas de diversidad beta, cada uno aborda aspectos diferentes de la diversidad beta como se explica a continuación.

De manera prioritaria, se utilizó el índice de Jaccard, índice de similitud que expresa el grado en el que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas (Moreno 2001):

$$I_J = \frac{c}{a + b - c}$$

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

El intervalo de valores para este índice va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies (Magurran 1988). Este índice es sensible a la diferencia en tamaños muestrales. Si las muestras difieren en tamaño, la similitud dependerá principalmente de la riqueza de la muestra más grande, es así que la riqueza de especies de un área pequeña dependerá de las especies que comparte con el otro sitio (Sánchez & López 1988).

Para conocer las especies compartidas entre las unidades de los diferentes niveles de estudio se creó un cuadro de presencia y ausencia de especies por cuencas, regiones y tipos de vegetación, para posteriormente comparar su composición de forma pareada. Una vez hecho lo anterior, se procedió a aplicar la fórmula del índice de Jaccard, como

---

---

resultado se obtuvo una matriz con el valor del índice correspondiente a la combinación en pares de cada nivel de estudio.

En segundo término se calculó la diversidad beta con los datos de abundancia (abundancia medida como el número de individuos para cada especie) recurriendo al índice de Morisita-Horn, el cual no está influenciado por la riqueza de especies o el tamaño de las muestras, sin embargo es sensible a la abundancia de la especie más común (Hulbert 1978; Wolda 1981; Williams-Linera 2002):

$$I_{M-H} = \frac{2\sum(an_i \times bn_j)}{(da + db) aN \times bN}$$

Donde:

$an_i$  = número de individuos de la  $i$ -ésima especie en el sitio A  
 $bn_j$  = número de individuos de la  $j$ -ésima especie en el sitio B  
 $da = an_i^2 / aN^2$   
 $db = bn_j^2 / bN^2$   
 $N$  = número total de individuos

Su rango de medición es de 0 cuando los sitios son distintos en cuanto a la abundancia de especies presentes en ellos y 1 cuando los sitios son completamente similares (Williams-Linera 2002).

Se calculó la complementariedad total ( $C_t$ ) de cada nivel de estudio. Dicha complementariedad total se deriva del índice sin modificaciones de Colwell y Coddington (1994), que se utiliza para calcular el valor de la diferencia respecto a la composición mantenida entre cada par de sitios de estudio, por lo tanto la complementariedad total equivale a la comparación del conjunto de todos los sitios y puede ser expresada en porcentaje, ya que  $C_t$  alcanza un valor máximo de  $nSt/4$ , para una  $n$  suficientemente grande:

$$C_t = \frac{\sum U_{jk}}{n}$$

---

---

Donde:

$U_{jk} = S_j + S_k - 2 V_{jk}$  para lo cual  $S_j$  es la riqueza de especies en el sitio 1,

$S_k$  = riqueza de especies en el sitio 2

$V_{jk}$  = especies en común en ambos sitios. La sumatoria pertenece a todos los pares de muestras

$n$  = número total de muestras

$St$  = Riqueza total de especies

Para el análisis de la diversidad beta basado en el reemplazo de especies se utilizó el índice de Cody, en referencia a los tipos de vegetación, ya que las características propias de cada uno y los factores ambientales que los rigen, permiten conformar un gradiente natural (Trejo 2004):

$$\beta = \frac{g(H) + p(H)}{2}$$

Donde:

$g(H)$  = número de especies ganadas a través de un gradiente de comunidades

$p(H)$  = número de especies perdidas a través del mismo gradiente

Un valor menor del índice de Cody indica que menos especies son ganadas y perdidas a lo largo del gradiente, por lo tanto, más parecidas son los hábitats dentro del paisaje en cuanto a su composición de especies y viceversa. Los resultados son una función de la diferencia de hábitat, su extensión territorial y su contigüidad (Cody 1993).

Por último, cabe señalar que para minimizar sesgos en cuanto a anacronías entre los tipos de vegetación presentes en las fechas de colecta registrados en la base de datos y cartografía contemporánea, se utilizó un mapa de cambios de vegetación, generado por el INEGI para el periodo de 1980-2001, coincidiendo con el periodo de años de los registros de la base de datos de mamíferos. De éste mapa, se utilizaron sólo aquellas zonas del territorio estatal que esta institución delimitó y describió como áreas de vegetación sin cambios, para después sobreponerle mediante el uso de Arc View 3.2 (ESRI 1999), un mapa del Inventario Nacional Forestal para el año 2000 creado por la CONAFOR y así se pudo realizar el análisis de diversidad beta de los mamíferos

---

---

terrestres del estado que se ubicaron en los diferentes tipos de vegetación de ésta delimitación.

## RESULTADOS

Después de la depuración de la base de datos original (17,913 registros), el resultado fue un conjunto de 17 670 registros de mamíferos terrestres (voladores y no-voladores). Dentro de la base de datos se cuenta con 12 373 registros de mamíferos no-voladores, los cuales corresponden a 10 órdenes, 22 familias, 66 géneros y 126 especies, siendo el orden más representativo el de los roedores. El número de individuos por especies es altamente heterogéneo (Fig. 5), siendo la especie más representativa *Peromyscus melanocarpus* con 1 721 registros, especie endémica de las montañas de Oaxaca, la cual ocupa el Bosque Mesófilo de montaña y Bosque de pino-encino (Cervantes *et al.* 1993). Otras especies con un alto número de individuos son dos ratones, *Peromyscus mexicanus* (821 registros) y *Oryzomys chapmani* (797 registros) el cual se encuentra sujeto a protección especial.

Los mamíferos terrestres de Oaxaca se distribuyen en referencia a la división de las ocho grandes regiones geográficas del estado (Fig. 6a), siendo Sierra Norte la región con el mayor número de especies de mamíferos no-voladores y la región Costa que cuenta con menos especies (93 y 67 especies respectivamente). En cuanto a la distribución de las especies en las cuencas hidrográficas del estado (Fig. 7a), la del Papaloapan es la que presenta el mayor número de especies (107).

En referencia al análisis de los mamíferos terrestres a nivel de tipos de vegetación, se tiene que al hacer la delimitación de los mapas, el total de especies que ocupa el área sin cambios de vegetación, se reduce de 222 a 190 especies de mamíferos terrestres en total, de las cuales 110 son especies de mamíferos no-voladores y 80 de mamíferos voladores. La riqueza de especies en cuanto a los mamíferos no-voladores, es mayor (80 especies) en el área de Coníferas-Latifoliadas, mientras que para los voladores la

---

---

riqueza más alta es en el área de Latifoliadas (48 especies) y las áreas con la riqueza más baja son el Mezquital y Matorral xerófilo para ambos grupos (Fig. 8 a y b).

Por otra parte se cuenta con 5 297 registros de mamíferos voladores, los cuales corresponden a 7 familias, 52 géneros y 96 especies. El número de registros por especie es más uniforme en comparación con los mamíferos no-voladores (Fig. 9). Sin embargo, se pueden resaltar algunas especies representativas como *Glossophaga soricina* con 487 registros, después *Sturnira Ludovici* y *Carollia perspicillata* con 442 y 333 registros, respectivamente.

En cuanto a la diferenciación de número de especies de mamíferos voladores de acuerdo a las regiones (Fig. 6b), se tiene que el Istmo es la región con el mayor número de especies (80) y la Mixteca cuenta con solo 36. En cuanto a la distribución de estos mamíferos en las cuencas hidrográficas, se encuentra que la cuenca del Papaloapan es la que presenta el mayor número de especies (82). En este mismo sentido, cabe señalar que de las 12 cuencas hidrológicas del estado, la cuenca del Tlapaneco no cuenta con registros, para este tipo de mamíferos (Fig. 7b).

Por último cabe señalar que del total de mamíferos terrestres encontradas en la base de datos (222 especies), 13 especies de mamíferos voladores y 37 de mamíferos no-voladores se encuentran enlistadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001 (SEMARNAT 2008) bajo una categoría de riesgo; además, de estas últimas, 15 son especies endémicas (Cuadro 1).

### **Análisis general de la diversidad beta**

Antes de presentar los resultados de diversidad beta de los mamíferos voladores y no-voladores por separado, se presenta el siguiente desglose de resultados que se refiere al análisis general de la base de datos completa.

En cuanto a la diversidad beta, medida por el índice de Jaccard y el índice de Morisita-Horn se siguió el criterio de similitud de Sánchez & López (1988) los cuales mencionan

---

---

que los valores del índice de Jaccard por encima del 66.6% de similitud, pueden ser considerados como altos, es decir que los sitios se parecen en cuanto a la composición de especies. En base a este contexto en el análisis entre regiones geográficas (Cuadro 2), se encontró que las regiones más similares fueron el Istmo y la Sierra Norte (0.67 y 0.80 respectivamente), mientras que la complementariedad total fue igual a 57.1%.

En el caso del análisis entre cuencas hidrológicas (Cuadro 3), la complementariedad total fue de 76.2% y los resultados por medio de los índices de Jaccard y Morisita-Horn coinciden en cuanto a las combinaciones de cuencas de menor valor (Tlapaneco y Arena y Otros), independientemente de que para las combinaciones de Tlapaneco con las cuencas Grijalva y Omitepec, los valores para ambos índices fueron igual a cero, debido a la escasez de registros en estas cuencas.

En lo que se refiere al análisis entre los tipos de vegetación la complementariedad total fue de 76.4%. En el análisis de similitud (Cuadro 4) se observa que para la zona de Mezquital, que al igual que la cuenca Tlapaneco, carece de registros, el resultado para las combinaciones con los otros tipos de vegetación es igual a cero, mientras que las zonas de Mesófilo de montaña y Confieras-Latifoliadas son los tipos de vegetación más similares en cuanto a composición de especies y número de individuos según los índices correspondientes (0.56 y 0.72 respectivamente). Por otra parte, se midió el recambio de especies con el índice de Cody y el resultado fue de 54%.

Para tener un valor representativo de la tendencia del conjunto de datos de diversidad beta para cada combinación de sitios, se obtuvieron los promedios de los resultados de los índices de Jaccard y Morisita-Horn. En este sentido cabe señalar que en general los promedios de los diferentes grupos siguen una misma tendencia. En el Cuadro 11, se pueden observar estos valores además de la descripción estadística en base a la desviación estándar y error estándar, para la base completa de registros así como para los mamíferos voladores y no-voladores por separado, también se pueden encontrar los promedios por regiones geográficas, cuencas hidrológicas y tipos de vegetación.

---

---

## Regiones Geográficas

Los resultados de la medición de la diversidad beta en las regiones geográficas mediante el índice de Jaccard en el análisis para los mamíferos no-voladores (Cuadro 5), muestra que entre la región de Sierra Norte y la del Papaloapan existe un alto grado de similitud, ya que obtuvieron el índice más alto (0.70). Del mismo modo, entre la Sierra Norte y la región del Istmo cuentan con el segundo valor más alto (0.69). El índice más bajo, aunque dista de ser cercano a 0, está por debajo del criterio de similitud con respecto a lo mencionado por Sánchez & López (1988) y se encuentra entre la región de la Cañada y el Istmo (0.50).

Al igual que en el análisis de regiones de los mamíferos no-voladores el índice de Jaccard más alto para los mamíferos, en este caso voladores, se encontró también entre la región de Sierra Norte y el Istmo (0.64; Cuadro 6), por lo que tomando en cuenta estos resultados se puede decir que estas regiones, forman una franja de territorio donde las especies de ambos grupos de mamíferos se distribuyen ampliamente, mientras que 0.34 fue el valor del índice más bajo presentado en la matriz para el par de regiones, Valles Centrales y Papaloapan.

Con referencia al análisis de diversidad beta en cada región de Oaxaca tomando en cuenta el índice de Morisita-Horn, el cual depende de la abundancia relativa de cada especie, se tiene que dentro del análisis para los mamíferos no-voladores (Cuadro 5), los resultados mostraron que la combinación de las regiones Sierra Sur y Costa cuenta con el índice más alto (0.73) y para Sierra Norte y la región del Istmo se obtuvo el valor más bajo (0.16), lo que hace referencia a que a pesar de que son muy similares en cuanto a riqueza de especies, el número de individuos por especies (abundancia relativa) es diferente entre las especies de estas áreas. Para los mamíferos voladores con el uso de este mismo índice, se tiene que los valores van desde 0.71 (Sierra Norte y Mixteca), la región de Papaloapan y el Istmo con un índice de 0.70 hasta 0.19, el valor más cercano a 0, perteneciente a la combinación de las regiones de Sierra Norte y del Istmo (Cuadro 6). Los promedios de los valores de estos índices se pueden observar en el Cuadro 11.

---

---

Se decidió utilizar la medida de complementariedad total, para analizar los datos en un contexto grupal, donde la comparación se refiere al conjunto de datos y no a una forma pareada. La complementariedad total entre regiones geográficas (mamíferos no-voladores) fue de 52.6%, mientras que el porcentaje de complementariedad total en mamíferos voladores representa el 62.9%.

### **Cuencas Hidrológicas**

La medición de la diversidad beta de los mamíferos no-voladores en cuanto a las cuencas (Cuadro 7), mediante el índice de Jaccard, va desde 0 hasta 0.76, correspondientes a las combinaciones de la cuenca de Tlapaneco con la cuenca de Grijalva y de Omitepec respectivamente, sugiriendo una completa disimilitud ya que ambas combinaciones tienen valores de cero, mientras que las cuencas más similares, en cuanto a composición de especies se refiere, fueron la del Atoyac-Verde y la del Papaloapan (0.76). Cabe destacar que las cuencas de la Costa y Tehuantepec obtuvieron un índice de 0.70, el segundo más alto dentro de las combinaciones.

Con respecto a los mamíferos voladores (Cuadro 8), las cuencas Papaloapan y Coatzacoalcos cuentan con un índice de Jaccard de 0.76, mostrando de esta manera que aunque no son completamente iguales, fueron el valor más cercano a 1, siendo este el valor más alto del índice que se puede encontrar.

Con el uso del índice de Morisita-Horn se tiene que la cuenca de Tlapaneco con respecto a las cuencas de Grijalva y Omitepec, al igual que con el índice de Jaccard (mamíferos no-voladores), se muestra que son totalmente disimilares (0), ya que son las cuencas que contienen la riqueza de especies más baja así como el menor número de individuos, mientras que el par de cuencas con el mayor índice fueron la cuenca del Papaloapan y la del Balsas (0.81; Cuadro 7). En cuanto al análisis con este índice entre mamíferos voladores (Cuadro 8), a pesar de su distancia geográfica la cuenca de Coatzacoalcos en combinación con la cuenca de Arena y Otros, tuvieron el valor más alto (0.70).

---

---

La complementariedad de especies de mamíferos no-voladores entre cuencas muestra una diversidad beta alta (76.9%), lo que implica que la composición de especies entre cuencas es más variado y en general se complementan entre ellas. Contrario a este resultado, en los voladores su porcentaje de complementariedad fue menor (63.1%), tomando en cuenta solo la comparación con el resultado del otro grupo.

### **Tipos de Vegetación**

Los mamíferos terrestres del estado se distribuyen a lo largo de diferentes gradientes. La diversidad beta medida a través del gradiente natural de vegetación utilizando el índice de Jaccard (Cuadro 9) dio como resultado que las áreas de Bosque Mesófilo de montaña y Coníferas-Latifoliadas fueron las que se parecen más en cuanto a la riqueza de especies de mamíferos no-voladores que se encuentra en dichos ambientes. Con respecto a los mamíferos voladores el índice más alto se presentó entre el tipo de vegetación Latifoliadas y Selva Perennifolia y Subperennifolia (0.56) sin embargo con respecto a lo mencionado por Sánchez & López (1988), este valor está por debajo del criterio de similitud y las áreas menos parecidas en cuanto a riqueza de especies son el Bosque de Coníferas y el de Coníferas-Latifoliadas (Cuadro 10).

Igual que en los otros niveles de estudio se utilizó el índice de Morisita-Horn para capturar el aspecto de las abundancias relativas de las especies, el cual tiene como resultado que las áreas más parecidas fueron las mismas que resultaron del índice de Jaccard para ambos grupos de mamíferos (Cuadros 9 y 10). En este mismo sentido, los resultados de complementariedad total entre los diferentes tipos de vegetación muestran que la complementariedad de los mamíferos no-voladores fue un poco más alta (78.9%) en comparación con los mamíferos voladores (72.9%).

En referencia a la medición de la diversidad beta por medio del reemplazo de especies de los mamíferos terrestres en un gradiente, utilizando la vegetación, el resultado del índice de Cody para los mamíferos no-voladores fue (81.5%), lo cual indica que este porcentaje de especies es ganado y/o perdido a través de los diferentes tipos de

---

---

vegetación. Por otro lado, el porcentaje de reemplazo de especies de mamíferos voladores fue más bajo (75.5%) en comparación con el otro grupo.

## DISCUSIÓN

La gran variedad de medidas de diversidad beta y el efecto de la escala en los análisis hacen de este componente de la biodiversidad uno de los más complejos. En este sentido, Koleff (2005) realizó una revisión minuciosa de los conceptos y medidas de este elemento y encontró la existencia de al menos 25 índices diferentes. Ante esta gama de posibilidades algunos autores (Wolda 1981, Koleff 2005, Rodríguez 2006), consideran que dejando a un lado la elección de la medida perfecta, el enfoque básico es que cada uno captura diferentes aspectos de la diversidad beta de las especies, por lo tanto estas medidas son de alguna manera complementarias.

En segundo lugar, la diversidad beta puede ser sensible a la escala en que sea observada (Koleff & Gaston 2002, Rodríguez & Arita 2004). Por ejemplo, Rodríguez *et al.* (2003) encontraron que a nivel nacional la diversidad beta es el componente que explica extraordinariamente la diversidad de especies de mamíferos en el país. Por otro lado, a una escala menor, de provincias mastofaunísticas, es claro observar que cada región cuenta con diferentes valores de diversidad beta. Por ejemplo estos autores indican que el Eje Neovolcánico Transversal, es la región de mayor diversidad beta desde el punto de medición que utilizaron en dicho estudio (índice de Whittaker). La explicación de este suceso es que en esta región se concentran numerosas especies endémicas para México y por ende especies de áreas de distribución reducida que contribuyen al alto recambio de especies en la región.

Con respecto a las provincias mastofaunísticas que sobresalen por su elevada riqueza de especies, como las regiones de Oaxaca y de Chiapas, según los resultados de Rodríguez *et al.* (2003), no corresponden a aquellas en las que la diversidad beta es

---

---

mayor, por el contrario la región Zacatecana, región de gran extensión y relativamente con baja riqueza de especies presenta un alto nivel de diversidad beta.

En relación a Oaxaca, estos autores describen que la región del Istmo de Tehuantepec, presenta niveles intermedios de recambio de especies, mientras que el promedio de la diversidad beta para el estado encontrado en este estudio es considerablemente alto, tomando en cuenta las distintas mediciones utilizadas en particular en los niveles de cuencas hidrológicas y tipos de vegetación. Además de cierta manera estos resultados pueden compararse con lo encontrado por Rodríguez (2003), pues en regiones de Baja California y Yucatán, las cuales son regiones menos heterogéneas (Arita & Rodríguez 2002) se ha encontrado una diversidad beta más baja en comparación a Oaxaca.

En este sentido Whittaker *et al.* (2001) y Rodríguez & Arita 2004 explican que este patrón se debe a que la composición de especies a una escala regional es resultado de factores que operan a escalas biogeográficas, pero también de procesos que ocurren a escalas locales (interacciones bióticas, factores climáticos locales, procesos de exclusión competitiva entre especies) y de factores que operan a escalas regionales (inmigración, proceso de especiación, factores históricos).

Por otra parte, Fleming (1973) y Arita (1993) mencionan que los murciélagos son muy sensibles a las condiciones de temperatura y humedad, por lo tanto sus patrones de diversidad están determinados por la temperatura y el régimen de lluvias. Para los mamíferos no-voladores, el patrón de riqueza de especies, parece depender más de la heterogeneidad, es decir de la división de los hábitats. Por lo tanto en este caso para el análisis completo de diversidad beta de mamíferos terrestres, se decidió estudiar por separado los mamíferos voladores de los no voladores.

### **Diversidad beta entre regiones geográficas**

En general todas las regiones muestran una gran similitud en composición de especies, por lo tanto la diversidad beta fue baja en este nivel de estudio, dicho resultado es sustentado por el criterio teórico del análisis de complementariedad y de similitud que

---

---

se llevó a cabo. El hecho de que en las regiones se presenten valores bajos de complementariedad con respecto a la complementariedad en cuencas hidrológicas y tipos de vegetación, se debe probablemente a que cada región cubre una gran extensión del territorio, por ejemplo mayor en comparación a las extensiones que ocupan ciertos tipos de vegetación y por ende abarcan la distribución de más especies.

Con respecto a estas diferencias según Brown (2001), los cambios en la riqueza de especies de mamíferos no voladores y voladores están influenciados por las interacciones con otros organismos y la interacción entre los factores ecológicos tales como el clima, la productividad y la heterogeneidad del hábitat y en una manera particular la distribución de ambos grupos de mamíferos esta fuertemente relacionada con los tipos de hábitats en un rangos de elevación (Sánchez-Cordero 2001).

Si bien es cierto que las ocho regiones geográficas en las que se divide el estado de Oaxaca están delimitadas bajo aspectos socioeconómicos y políticos del estado (Dalton 1994), es claro que la delimitación ha tenido mucho que ver con la composición natural de cada sitio. En base a esta consideración y a un estudio de la riqueza de especies de la mastofauna de México que Arita (1993) realizó, se decidió abordar este nivel de estudio, ya que este autor explica que la mayoría de la información consiste en listados de especies por país o entidades federativas y en todo caso, muchas de las decisiones sobre conservación que se tomen en el futuro estarán basadas en límites políticos, por lo que el conocimiento de la riqueza de especies por unidad política será de gran utilidad.

### **Diversidad beta entre cuencas hidrológicas**

Un patrón bien estudiado es la relación que existe entre el área y la riqueza de especies, siendo esta última el parámetro más simple para cuantificar la diversidad (Halfpeter *et al.* 2001). Por ejemplo, Kaufman & Willig (1998) a una escala continental demostraron que el área además de la latitud fue importante para explicar la variación de los mamíferos no voladores, mientras que para los murciélagos solo fue importante

---

---

la latitud. Este mismo patrón fue encontrado con anterioridad en murciélagos, en un estudio sobre gradientes (Willing & Selcer 1989).

El análisis de la diversidad beta entre cuencas hidrológicas demuestra que la distribución espacial de los organismos no es uniforme, es decir, ciertas áreas poseen más especies que otras (Brown 2001, Brown & Lomolino, 1999). Una de las razones que pueden explicar estos resultados es la distribución de las especies, por ejemplo se encontró una baja riqueza de especies en cuatro de las 12 cuencas hidrológicas (Arena y Otros, Grijalva, Omitepec y Tlapaneco). De hecho la cuenca Tlapaneco carece totalmente de registros de mamíferos voladores, esto puede entenderse bajo la observación de que estas cuencas no han sido consideradas en los muestreos de mamíferos terrestres, otro punto puede ser que son comparativamente más pequeñas con respecto a las otras cuencas hidrológicas, además de estar situadas en los límites geográficos del estado.

En este sentido y entendiendo como área de distribución a la extensión geográfica que ocupa una especie (Brown *et al.* 1996), Rodríguez (2006) menciona que si las especies de una región en particular tienen áreas de distribución extensa, es decir, que ocupan una alta proporción de la región, la diversidad beta será baja entre las áreas de estudio, ya que las especies que se encuentran en un sitio y otro serían prácticamente los mismos, sin embargo, en la integración de resultados de diversidad beta de los mamíferos voladores y no voladores en las cuencas de Oaxaca se encuentra que entre estas se comparten algunas especies sin ser enteramente idénticas, por lo que se puede decir que el área de distribución de la mayoría de las especies distribuidas en el estado no es tan amplia y esto permite que se complementen entre cuencas.

De hecho comparando las áreas de distribución de los dos grupos en cuestión, se encuentra que las áreas de los murciélagos son mayores que las de los mamíferos no voladores (Arita *et al.* 1996; Sánchez-Cordero 2001; Arita & Rodríguez 2002), dando como resultado que la diversidad beta sea mayor para este grupo ya que está

---

representado significativamente por roedores, los cuales tienen un área de distribución más pequeña (Brown *et al.* 1996).

Arita *et al.* (1996), encontraron que por lo general las especies con áreas restringidas son especies endémicas. En este sentido tenemos que Oaxaca cuenta con 39 especies endémicas de mamíferos, 30 de ellas pertenecen al orden Rodentia, de las cuales doce son a nivel específico (una musaraña, *Cryptotis magna*, una tuza, *Orthogeomys cuniculus*; nueve roedores, *Microtus oaxacensis*, *M. umbrosus*, *Habromys chinanteco*, *H. ixtlani*, *H. lepturus*, *Megadonthomys cryophilus*, *Peromyscus melanocarpus*, *P. melanurus*, *Rheomys mexicanus* y un lagomorfo, *Lepus flavigularis*) (Briones-Salas & Sánchez-Cordero 2004, Sosa 2009). Así es que probablemente la diversidad beta se ve influenciada por este grupo, en específico por que estas 12 especies de roedores endémicos de Oaxaca se encuentran en la base de datos utilizada en este estudio.

Por otro lado un aspecto relacionado con los resultados de diversidad beta que se encontraron a este nivel de estudio, es el sistema natural de drenaje de cada cuenca, compuesto por terrenos con pendientes, barrancas, arroyos y ríos (Toledo 2006) pues de acuerdo a Rodríguez (2006), las pendientes poco inclinadas corresponderían a la región donde las especies ocupan una alta proporción de la región, por lo tanto la diversidad beta disminuiría; mientras que en las pendientes de mayor inclinación corresponden al caso en el que las especies ocupan en promedio áreas de distribución restringidas, entonces teniendo en cuenta que Oaxaca es uno de los estados geográficamente más accidentados, lo anterior también puede explicar la diversidad beta a través de sus cuencas, que a pesar de que no es un máximo, es un valor considerablemente elevado.

### **Diversidad beta entre tipos de vegetación**

La diversidad beta espacial se relaciona con la respuesta de los organismos a la heterogeneidad del espacio (Arellano & Halffter 2003). Usualmente los distintos tipos de vegetación se combinan para formar un paisaje heterogéneo, en paisajes heterogéneos el número de especies debería ser claramente alto (Moreno & Halffter 2001). En este

---

---

caso, como ya se ha mencionado anteriormente, el análisis se llevó a cabo con la parte proporcional de la vegetación de Oaxaca que hasta el momento se tiene registro que no ha sido perturbada.

Para este análisis se utilizaron de igual manera los índices de similitud y de complementariedad, de los cuales se puede observar que los diferentes tipos de vegetación difieren en lo que se refiere a la composición de especies de acuerdo al criterio de los índices de similitud y aproximadamente el 60% de la mastofauna se complementa en los diferentes hábitats, considerando que cuando la complementariedad total llega al 100% de complementariedad el valor de diversidad beta alcanza su máximo.

La diversidad beta ha sido ampliamente estudiada a partir de gradientes ambientales y/o latitudinales, reflejando el recambio de especies a través de ellos (Williams *et al.* 1999, Flores-Villela *et al.* 2005, Urbina-Cardona & Reynoso 2005, Mena & Velásquez-Domínguez 2005). Para este caso la vegetación nos permite tener un gradiente ambiental, en el cual se midió el recambio de especies reflejando una alta diversidad beta con respecto al criterio del índice de Cody, resultando que para los mamíferos no voladores es superior que para los voladores.

Estos resultados indican que la proporción de especies compartidas entre los tipos de vegetación es poca y que el número de especies ganadas y especies perdidas a través del gradiente es alto (Cody 1993), pues aquellas zonas donde la diversidad beta es mayor corresponde a los lugares donde existe una mezcla de especies de un hábitat o región a otro (Gaston *et al.* 2002). En este sentido, cabe mencionar de nuevo la importancia de la distribución de las especies endémicas de Oaxaca, las cuales según Briones-Salas & Sánchez-Cordero (2004) y Sosa (2009) la mayoría de estas especies se localizan principalmente en Bosque Mesófilo de montaña y Bosques de Coníferas, lo cual hace referencia al alto recambio de especies presentes en los tipos de vegetación.

---

---

La diversidad beta para los mamíferos voladores resultó ser más baja, lo que coincide con Moreno & Halffter (2001), quienes encontraron una baja diversidad beta en comunidades de murciélagos de Veracruz, diversidad beta medida mediante el uso del índice de Whittaker y complementariedad. Dichos autores confirman que algunos factores que tienen que ver para obtener este resultado es la gran proporción de especies generalistas, su alta vagilidad y la estructura espacial del paisaje. Los murciélagos no son sensibles a los cambios ambientales a una escala espacial grande, sin embargo, en general hay evidencias que la relación entre riqueza de especies y el recambio varía con la escala espacial (Kaufman & Willing 1998, Sánchez-Cordero 2001, Koleff & Gastón 2002;).

En el sentido de comparar los patrones de diversidad beta entre los mamíferos voladores y no voladores, se tiene que el patrón general de la diversidad beta de los vertebrados terrestres puede en gran medida reflejar la capacidad de diferenciación de la dispersión entre grupos, tal como han encontrado Harrison *et al.* (1992) y Qian 2009

Qian (2009) encontró que entre mamíferos, aves, reptiles y anfibios, los dos últimos grupos mostraron una diversidad beta superior a los otros dos taxones. Sin embargo al comparar solo a los mamíferos con las aves se pudo observar que el recambio de especies es mayor en los mamíferos en comparación con las aves que al igual que los murciélagos cuentan con una amplia dispersión. Otro estudio similar fue el que realizaron Pineda *et al.* (2005), donde al comparar la diversidad beta entre ranas, escarabajos copronecrófagos y murciélagos, encontraron que el índice de complementariedad de los murciélagos fue el más bajo, observando el mismo número de especies en los hábitats estudiados y por tanto la diversidad beta fue la más baja.

Se ha sugerido que la razón de encontrar valores bajos de diversidad beta entre los murciélagos con respecto a los mamíferos no-voladores tal como se encontró en el presente trabajo, es el resultado de que los taxones con capacidades de dispersión más pobres tienden a tener mayor diversidad beta que los grupos que tienen mejor capacidad de dispersión (Mcknight *et al.* 2007). De hecho, según Estrada *et al.* (1993)

---

---

existen dos características bióticas que se han propuesto para explicar la gran cantidad de diversidad beta entre comunidades: la respuesta a la variabilidad ambiental (tasa de especies especialistas y generalistas) y la capacidad de dispersión (tasa de sedentarismo y vagilidad).

## **CONCLUSIONES**

Los métodos utilizados y los diferentes niveles a los que se estudio la diversidad beta de los mamíferos terrestres (voladores y no-voladores), demostraron que los resultados pueden ser complementarios, ya que la tendencia del valor de diversidad beta es muy parecida para todos los casos, al utilizar índices de similitud (basado en valores cualitativos y cuantitativos), complementariedad y el índice de reemplazo de especies. De esta forma se puede observar que en general los diferentes análisis tienen como resultado una diversidad beta alta teniendo en cuenta el criterio teórico de cada medida, sin embargo, comparando los valores de este componente entre los mamíferos voladores y no voladores en los tres niveles de estudio, los resultados que conciernen a los mamíferos no voladores son más altos, lo cual representa que la diversidad beta es mayor en estos mamíferos considerando la separación de grupos. Por lo tanto, al analizar la diversidad beta bajo un enfoque de gradientes y de acuerdo a las áreas de distribución de las especies, se puede concluir que Oaxaca a una escala estatal cuenta con un recambio de especies, o lo que es lo mismo, una diversidad beta considerablemente alta, lo cual significa que se requeriría proteger a una red de los sitios donde se distribuyen estos organismos para poder garantizar la conservación de la mayoría de los mamíferos terrestres presentes en el estado.

### **Recomendaciones**

Los registros de mamíferos terrestres utilizados para el presente análisis pertenecen a un periodo de tiempo específico, por lo tanto, se recomienda la posibilidad de completar la base de datos con registros de años recientes y la extensión de muestreos en las zonas donde se carece de registros, tal como las cuencas Tlapaneco, Omitepec,

---

---

Grijalva, pertenecientes a las regiones geográficas de la Mixteca, Costa e Istmo respectivamente y por otra parte en las zonas que tienen asociados los tipos de vegetación de Mezquital, Matorral xerófilo y Vegetación hidrófila. También sería importante tomar en cuenta otros niveles de estudio, como pueden ser la altitud, latitud o tipos de clima; todo con la finalidad de ampliar el panorama de la importancia de la diversidad beta en el camino hacia el establecimiento de estrategias concretas para la conservación de la mastofauna en una de las regiones más diversas de México, el estado de Oaxaca.

### LITERATURA CITADA

- Álvarez del Toro, M. 1977. Los mamíferos de Chiapas. Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutierrez, Chiapas. México.
- Alfaro, A. M., J. L. García-García & A. Santos-Moreno. 2005. The false vampire bat *Vampyrum spectrum* in Oaxaca, México. *Bat Research News*, 46:145-146.
- Alfaro, A. M. 2005. Patrones de diversidad de mamíferos terrestres del Municipio de Santiago Comaltepec, Oaxaca, México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. IPN-Oaxaca. México.
- Arellano. L. & L.G. Halffter. 2003. Gamma diversity: Derived and a determinant of alpha diversity and beta diversity an analysis of three tropical landscapes. *Acta Zool. Mex.* 90: 27-76.
- Arita H. T. 1993. Riqueza de especies de la mastofauna de México. *In*: R. A. Medellín & G. Ceballos (eds). *Avances en el estudio de los mamíferos de México*. Publicaciones especiales, Vol. 1, Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C., México, D. F.
- Arita, H. T. & L. León-Paniagua. 1993. Diversidad de mamíferos terrestres. *Ciencias*, 7: 13-21.
- Arita, H. T., Figueroa, F., Frisch, A. Rodríguez, P. & Santos-Del-Prado, K. 1996. Geographical range size and the conservation mexican mammals. *Conserv. Biol.* 11: 92-100
- Arita, H. T. & Ceballos G. 1997. Los mamíferos de México: distribución y estado de conservación. *Rev. Mex. de Mastozool.* 2: 33-71.

- 
- Arita, H. T. & P. Rodríguez. 2002. Geographic range, turnover and the scaling of species diversity. *Ecography* 25: 541-550
- August, P. V. 1983. The role of habitat complexity and heterogeneity in structuring tropical mammal communities. *Ecology* 64 (6): 1495-1507.
- Balvanera, P. 1999. *Diversidad beta, heterogeneidad ambiental y relaciones espaciales en una selva baja caducifolia*. Tesis de Doctorado. Instituto de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Botello, L. F. J. 2004. Comparación de cuatro metodologías para determinar la diversidad de carnívoros en Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca. Tesis. Facultad de Ciencias. UNAM. México D. F.
- Botello, F., P. Illoldi-Rangel, M. Linaje & 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 Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca, México. *Acta Zool. Mex.* 22(1): 135-139.
- Botello, F., P. Illoldi-Rangel, M. Linaje & V. Sánchez-Cordero. 2007. New record of rock squirrel (*Spermophilus variegates*) in the State of Oaxaca, Mexico. *Southwestern Nat.* 52(2): 328-329.
- Briones-Salas, M. & V. Sánchez-Cordero. 2004. Mamíferos. Pp. 423-447. In: A. J. García-Mendoza, M. J. Ordoñez & M. Briones-Salas (eds.). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund. México. D. F.
- Briones-Salas, M., M. D. Luna, A. Marín & J. Servín. 2006. Noteworthy records of two species of mammals in the Sierra Madre de Oaxaca, Mexico. *Rev. Mex. de Biodiv.* 77 (2): 309-310.
- Brown, J. H. 2001. Mammals on mountainsides: elevational patterns of diversity. *Global Ecol. & Biogeog.* 10: 101-109.
- Brown, J. H., G. C. Stevens & D. M. Kaufman. 1996. The geographical range, size, shape, and internal structure. *Ann. Rev. Ecol. Sys.* 27:597-623.
- Brown, J. H. & M. V. Lomolino. 1999. *Biogeography*. Sinauer Associates, Sunderland, England.
- Ceballos, G. & D. Navarro. 1991. Diversity and Conservation of Mexican Mammals. Pp. 167-198. In: M. A. Mares & D. J. Schmidly (eds). *Latin American Mammalogy: history, biodiversity and conservation*. University of Oklahoma Press. Norman, Oklahoma.

- 
- Ceballos, G. & J. H. Brown. 1995. Global patterns of mammalian diversity, endemism and endangerment. *Conserv. Biol.* 9: 559-568.
- Ceballos, G., P. Rodríguez & R. A. Medellín. 1998. Assessing conservation priorities in megadiverse Mexico: mammalian diversity, endemism and endangerment. *Ecol. Appl.* 8: 8-17.
- Ceballos, G. & J. A. Simonetti. 2002. *Diversidad y Conservación de los Mamíferos Neotropicales*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad -Instituto de Ecología, UNAM. México, D. F.
- Ceballos, G., J. Arroyo-Cabrales & R. A. Medellín. 2002. Mamíferos de México. Pp. 377-413. *In: G. Ceballos & J. A. Simonetti (eds). Diversidad y Conservación de los mamíferos Neotropicales*. CONABIO-Instituto de Ecología UNAM. México D. F.
- Ceballos, G., J. Arroyo-Cabrales, R. A. Medellín, G. L. Medrano & G. Oliva. 2005. Diversidad y conservación de los mamíferos de México. Pp. 21-66. *In: G. Ceballos & G. Oliva (coords). Los mamíferos silvestres de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad - Fondo de Cultura Económica. México, D. F.
- Cervantes F. A., M. Martínez & Y. Hortelano. 1993. Variación morfométrica intrapoblacional de *Peromyscus melanocarpus* (Rodentia: Muridae) de Oaxaca, México. *An. Inst. Biol. UNAM. Ser. Zool.* 64(2): 153-168.
- Cervantes, F. & L. Yépez. 1995. Species richness of mammals from the vicinity of Salina Cruz, Coastal Oaxaca, Mexico. *An. Inst. de Biol. UNAM.* 66: 112-113.
- Cody, M. L. 1993. Bird diversity components within and between habitats in Australia. 147-158. *In: R. E. Ricklefs and D. Schlute (eds). Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives*. University of Chicago Press. Chicago
- Colwell, R. K. & J. A. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Phil. Trans. Roy. Soc.* 345: 101-118.
- Dalton, P. 1994. *Oaxaca. Monografía Estatal*. 3ª. ed. Secretaria de Educación Pública. México, D. F.
- De la Lanza, G. & J. L. García. 1995. *Lagos y Presas de México*. Centro de Ecología y Desarrollo. México, D. F.
- Dennis, J. G. & M. A. Ruggiero. 1996. Biodiversity inventory: building an inventory at scales from local to global. *In: R. C. Szaro y D. Johnston (eds). Biodiversity in managed landscapes*. Oxford University Press, Oxford.
- ESRI. 1999. Arc View 3.2 GIS. *Environmental Systems Research Institute. Inc.* New York.

- 
- Estrada, A., R. Coates-Estrada D. & Jr. Merritt. 1993. Bat species richness and abundance in tropical rain forest fragments and in agricultural habitats at Los Tuxtlas, México. *Ecography* 16: 309-318.
- Fa, J. E. & L. M. Morales. 1998. Patrones de diversidad de los mamíferos de México. Pp. 315-352. In: T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot & J. E. Fa (eds.). *Diversidad Biológica de México, orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM, México, D.F.
- Farina, A. 1998. *Principles and Methods in Landscape Ecology*. Chapman & Hall. Londres.
- Fleming, T. H. 1973. Numbers of mammal species in North and Central American forest communities. *Ecology* 54: 555-563.
- Flores, M. G., J. Jiménez, X. Madrigal, F. Moncayo & F. Takaki. 1972. Mapa y descripciones de los tipos de vegetación de la Republica Mexicana- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México, D. F.
- Flores, M. A. & G. Manzanero. 1999. Los tipos de vegetación del estado de Oaxaca. *Sociedad y Naturaleza en Oaxaca*. 3:7-45
- Flores-Villela, Ó., L. O. Ochoa & C. E. Moreno. 2005. Variación latitudinal y longitudinal de la riqueza de especies y la diversidad beta de la herpetofauna mexicana. Pp. 143-152. In: G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff & A. Melic (eds). *Sobre Diversidad Biológica: el Significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma*. m3m-Monografías 3er Milenio, vol. 4. SEA, CONABIO, Grupo DIVERSITAS & CONACYT. Zaragoza.
- Forman, R. T. & M. Godron. 1986. *Landscape Ecology*. John Wiley & Sons, New York.
- Forman R. T. 1995. *Land mosaics: The ecology of landscapes and Regions*. Cambridge University Press, Cambridge.
- García-García, J. L., A. M. Alfaro & A. Santos-Moreno. 2006. Registros notables de murciélagos en el Estado de Oaxaca, México. *Rev. Mex. de Mastozool.* 10: 88-91.
- García-García, J. L., A. Santos-Moreno, A. Alfaro & J. A. Soto-Centeno. 2007. Noteworthy records of *Eptesicus brasiliensis* (Vespertilionidae) from Oaxaca, Mexico. *Bat Research News*. 48 (1): 5-6.
- García-Mendoza, A. J., M. J. Ordoñez & M. Briones-Salas (eds). 2004. *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund. México.
- Gaona, S., A. Gonzalez-Christen & R. López-Wilchis. 2003. Síntesis del conocimiento de mamíferos silvestres del estado de Veracruz, México. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* (3era. serie), 1: 91-123.

- 
- Gaston, K. J., A. S. L. Rodrigues, V. L. van Rensburg, P. Koleff & S. L. Chown. 2002. Complementary representation and zones of ecological transition. *Ecol. Letters*, 4: 4-9
- Goodwin, G. G. 1969. Mammals from the state of Oaxaca, Mexico in the American Museum of Natural History. *Bull. Amer. Mus. Natur. Hist.* 141: 1.
- Harrison, S., S. J. Ross & J. H. Lawton. 1992. Beta diversity on geographic gradients in Britain. *J. Anim. Ecol.* 61: 151-158.
- Halffter, G., C. E. Moreno & E. O. Pineda. 2001. *Manual para la evaluación de la Biodiversidad en Reservas de la Biosfera*. Manuales y Tesis. SEA, Zaragoza.
- Halffter, G. & C. E. Moreno. 2005. Significado de las diversidades alfa, beta y gama. Pp. 5-18. In: G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff & A. Melic (eds). *Sobre Diversidad Biológica: el Significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma*. m3m-Monografías 3er Milenio, vol. 4. SEA, CONABIO, Grupo DIVERSITAS & CONACYT. Zaragoza.
- Hurlbert, S. H. 1978. The measurement of niche overlap and some relatives. *Ecology* 59 (1): 67-77.
- INEGI. 2004. Información geográfica. División por entidad federativa con base en el marco geoestadístico. In: [www.inegi.gob.mx/geo/informacióngeografica/oaxaca](http://www.inegi.gob.mx/geo/informacióngeografica/oaxaca)
- Kareiva, P. 1994. Space: the final frontier for ecological theory. *Ecology* 75:1.
- Kaufman, D. M. & P. Willig. 1998. Latitudinal patterns of mammalian species richness in the New World: the effects of sampling method and faunal group. *J. Biogeogr.* 25: 795-805.
- Koleff, P. 2005. Conceptos y medidas de la diversidad beta. Pp. 19-40. In: G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff & A. Melic (eds). *Sobre Diversidad Biológica: el Significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma*. m3m-Monografías 3er Milenio, vol. 4. SEA, CONABIO, Grupo DIVERSITAS & CONACYT. Zaragoza.
- Koleff, P. & K. J. Gaston. 2002. The relationships between local and regional species richness and spatial turnover. *Global Ecol. & Biogeogr.* 11: 363-375
- Leopold, A. S. 1959. *Fauna Silvestre de México*. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México, D. F.
- Lepold, A. S. 1950. Vegetation zones of Mexico. *Ecology* 31: 507-518.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University, Barcelona.

- 
- Martínez, E., I. Doadrio & A. de Sosota. 2004. Peces continentales. Pp. 357-373. *In*: A. J. García-Mendoza, M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México, D. F.
- Mena, J. L. & E. Vázquez-Domínguez. 2005. Species turnover on elevational gradients in small rodents. *Global Ecol. & Biogeogr.* 14: 539-547
- McKnight MW, White PS, McDonald RI, Lamoreux JF, Sechrest W, Ridgely RS, Stuart SN. 2007. Putting betadiversity on the map: broad-scale congruence and coincidence in the extremes. *PLoS Biology* 5: 2424–2432.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis. SEA, Zaragoza.
- Moreno, C. E. & G. Halffter. 2001. Spatial and temporal analysis of  $\alpha$ ,  $\beta$  and  $\gamma$  diversities of bats in a fragmented landscape. *Biodiver. Conserv.* 10:367-382
- Pineda, E., G. Halffter, C. E. Moreno, & F. Escobar. 2005. Transformación del bosque de niebla en agroecosistemas cafetaleros: cambios en las diversidades alfa y beta de tres grupos faunísticos. Pp. 177-190. *In*: G. Halffter, P. Soberón, Koleff & A. Melic (eds). *Sobre Diversidad Biológica: el Significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma*. m3m-Monografías 3er Milenio, vol. 4. SEA, CONABIO, Grupo DIVERSITAS & CONACYT. Zaragoza.
- Qian, H. 2009. Global comparisons of beta diversity among mammals, birds, reptiles, and amphibians across spatial scales and taxonomic ranks. *J. System. Evol.* 47: 509-514.
- Rodríguez, P., J. Soberón y H. T. Arita. 2003. El componente beta de la diversidad de mamíferos de México. *Acta Zool. Mex.* 89: 241-259.
- Rodríguez, P. & Arita, T. H. 2004. Beta diversity and latitude in North American mammals: testing the hypothesis of covariation. *Ecography* 27: 547-556.
- Rodríguez, M. 2006. Escalas, diversidad beta y áreas de distribución de los mamíferos de América del Norte. Tesis de Doctorado. Instituto de Ecología, UNAM. México.
- Ruggiero, A., J. H. Lawton and T. M. Blackburn. 1998. The geographic ranges of mammalian species in South America: spatial patterns in environmental resistance and anisotropy. *J. Biogeog.* 25: 1093-1103.
- Sánchez-Cordero, V. 2001. Elevation gradients of diversity for rodents and bats in Oaxaca, Mexico. *Global Ecol. & Biogeogr.* 10: 63-76.
- Sánchez, O. & G. López. 1988. A theoretical analysis of some indices of similarity as applied to biogeography. *Folia Entomol. Mex.* 75: 119-145.

- 
- Santos-Moreno, A., M. Briones-Salas, G. González-Pérez & J. Ortiz. 2003. *Rheomys mexicanus* (Rodentia, Muridae) and *Lontra longicaudis annectens* (Carnívora, Mustelidae) en Sierra Norte de Oaxaca, Mexico. *Southwestern Nat.* 48: 312-313.
- SEMARNAT 2008. Proyecto de Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001. Protección ambiental- Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la federación, 5 de diciembre de 2008.
- Sosa Luría D. 2009. Modelación de la distribución geográfica potencial de los roedores endémicos de Oaxaca. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. México
- Stork, N. E. 1996. Inventories of biodiversity: more than a question of numbers. Pp. 81-100. *In:* P. L. Forey, C. J. Humphries y R. I. Vane-Wright (eds). *Systematics and Conservation Evaluation*. Oxford.
- Toledo, A. 2006. *Agua, hombre y paisaje*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología, México.
- Tóth, J. 1999- Groundwater as a geologic agent: An overview of the causes, processes and manifestations. *Hydrological Journal* 7:1-14
- Torres, R. 2004. Tipos de vegetación. Pp. 105-117. *In:* A. J. García-Mendoza, 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 Fund. México, D. F.
- Trejo, I. 2004. Clima. Pp. 67-85. *In:* A. J. García-Mendoza, 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 Fund. México, D. F.
- Urbina-Cardona, J. N. & V. H. Reynoso. 2005. Recambio de anfibios y reptiles en el gradiente potrero-borde interior en Los Tuxtlas, Veracruz, México. Pp. 209-219. *In:* G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff & A. Melic (eds). *Sobre Diversidad Biológica: el Significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma*. m3m-Monografías 3er Milenio, vol. 4. SEA, CONABIO, Grupo DIVERSITAS & CONACYT. Zaragoza.
- Villa, R. B. & F. A. Cervantes. 2003. *Los mamíferos de México*. Grupo Editorial Iberoamericana- Instituto de Biología, UNAM. México, D. F.
- Whittaker, R. H. 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecol. Monogr.* 30: 279-338

- 
- Whittaker, R. J., K.J. Willis & R. Field. 2001. Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity. *J. Biogeogr.* 28:453-470.
- Williams-Linera, G., G. Halffter y E. Ezcurra. 1992. Estado de la biodiversidad en México. Pp. 285-312. *In*: Halffter G. (comp). *La diversidad biológica de Iberoamérica. Acta Zool. Mex.* (volumen especial).
- Williams-Linera, G. 2002. Tree species richness complementarity, disturbance and fragmentation in a Mexican tropical montane cloud forest. *Biodiver. Conserv.* 11: 1825-1843.
- Willig, M. R. & K. W. Selcer. 1989. Bats species gradient in the New World: a statistical assessment. *J. Biogeogr.* 16: 189-195.
- Williams, P. H., H. M. de Klerk and T. M. Crowe. 1999. Interpreting biogeographical boundaries among Afrotropical birds: spatial patterns in richness gradients and species replacement. *J. Biogeogr.* 26:459-474.
- Wilson, M. V. y A. Shmida. 1984. Measuring beta diversity with presence-absence data. *J. Ecol.* 72: 1055-1064.
- Wolda, H. 1981. Similarity indices, sample size and diversity. *Oecología* 50: 296-302.

## FIGURAS Y CUADROS

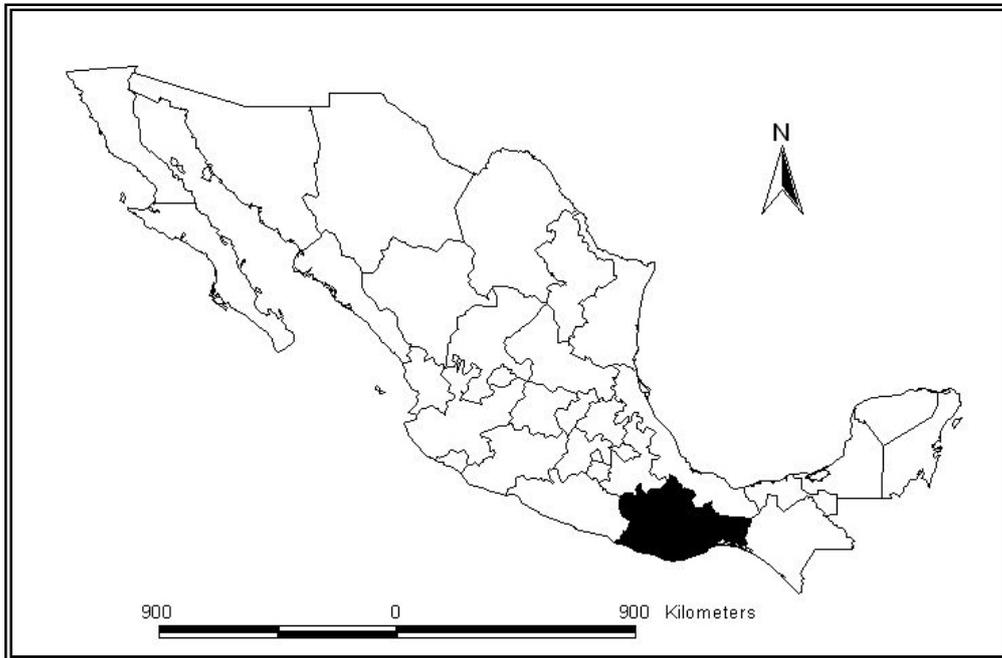


Figura 1. Localización del estado de Oaxaca dentro de la República Mexicana.

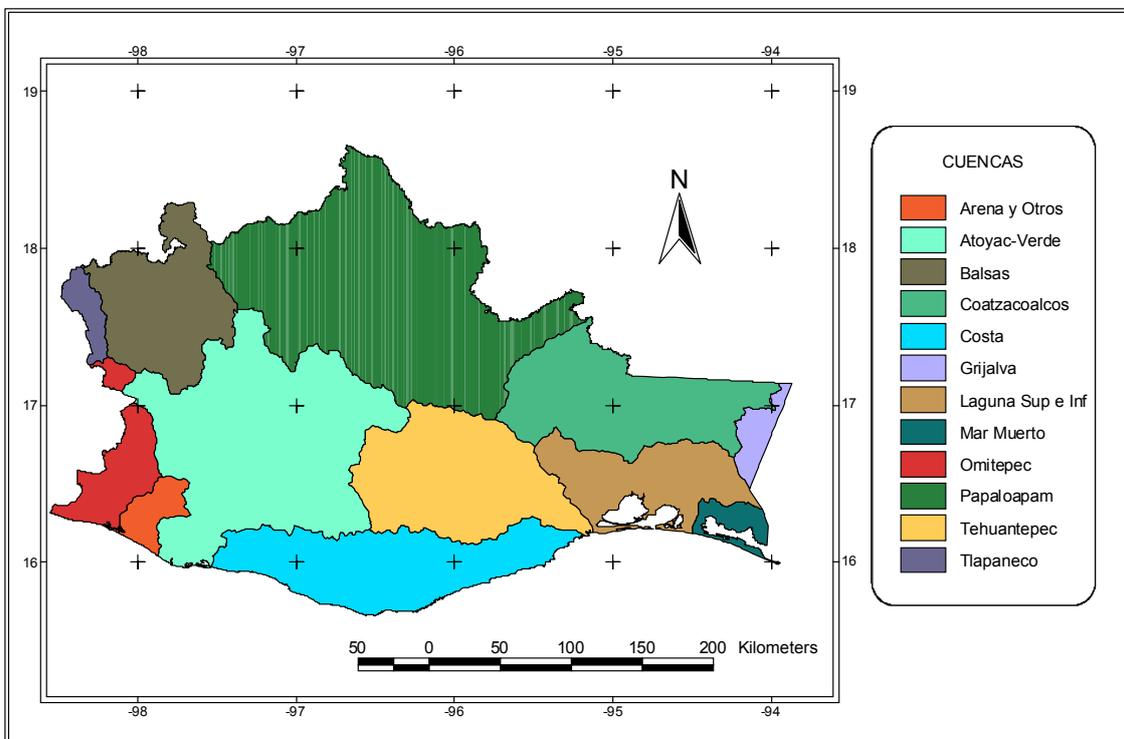


Figura 2. Cuencas hidrológicas del estado de Oaxaca.

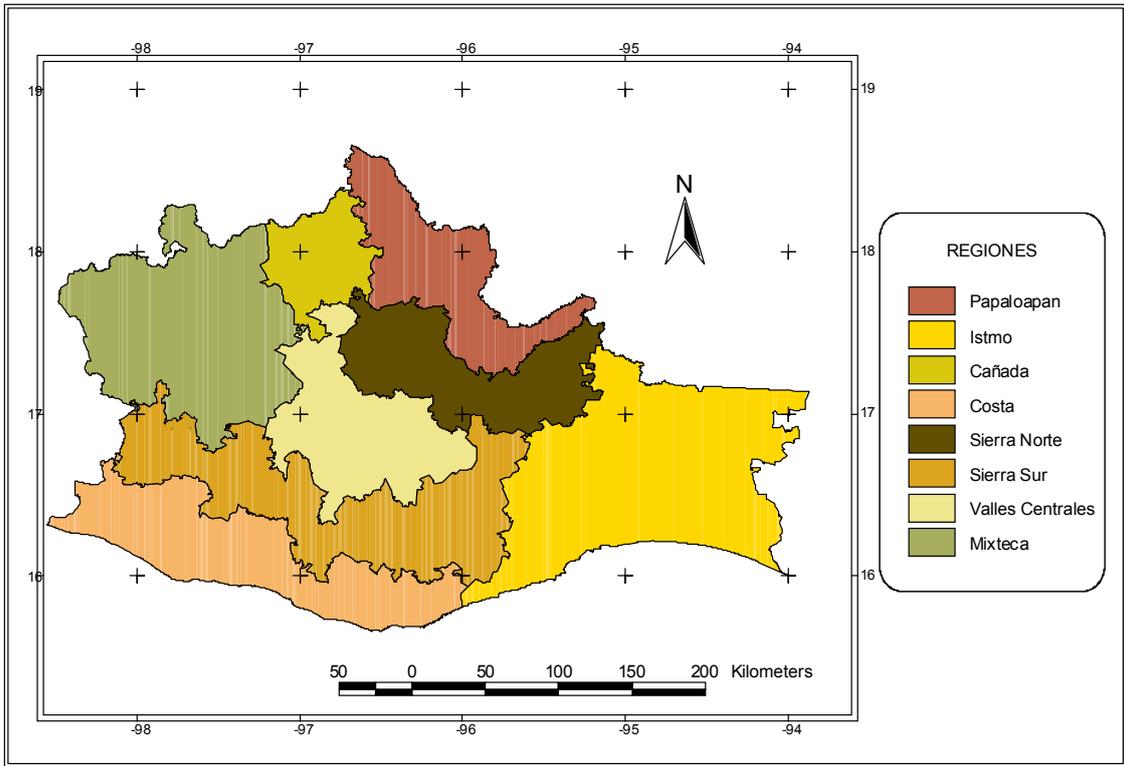


Figura 3. Localización de las ocho regiones geográficas del estado de Oaxaca.

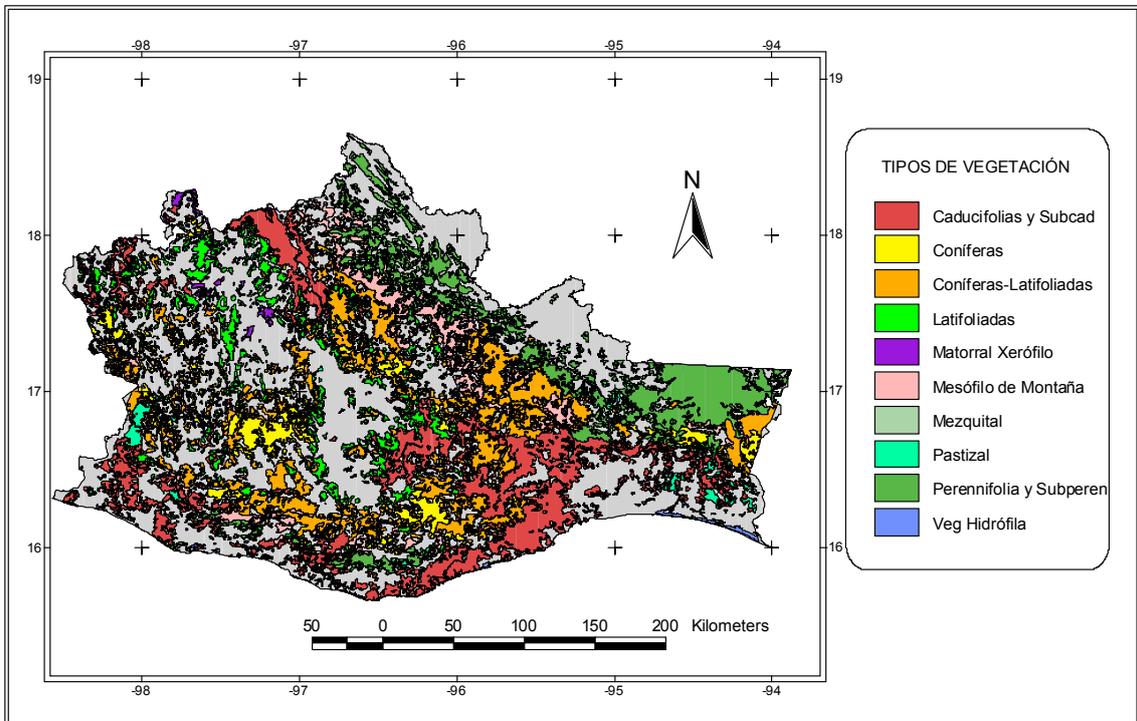
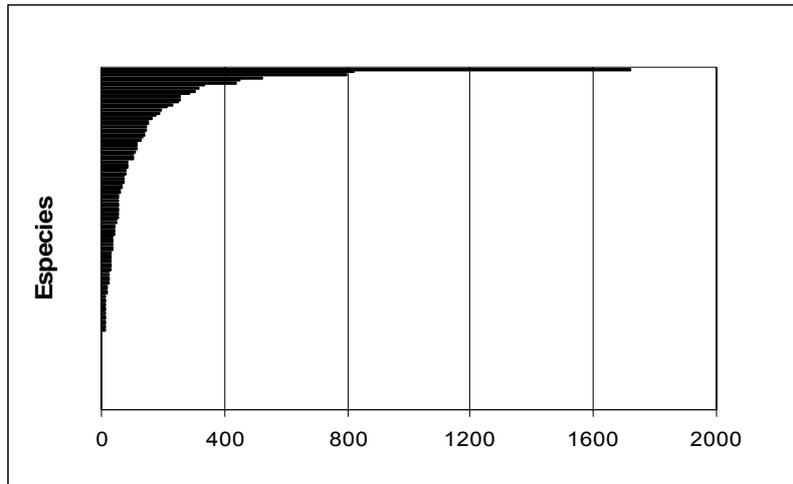
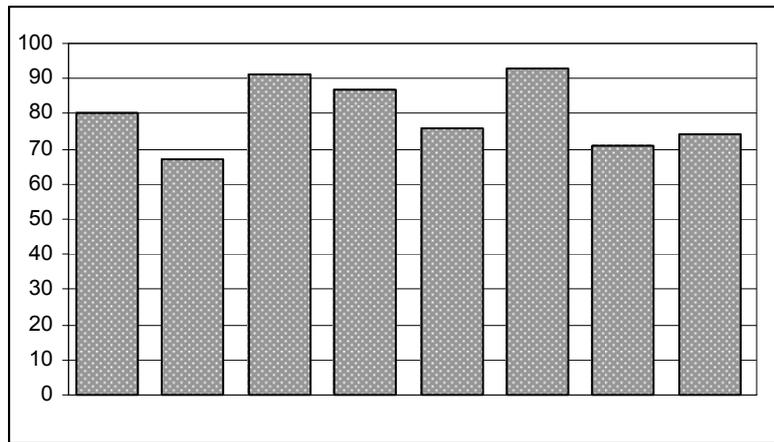


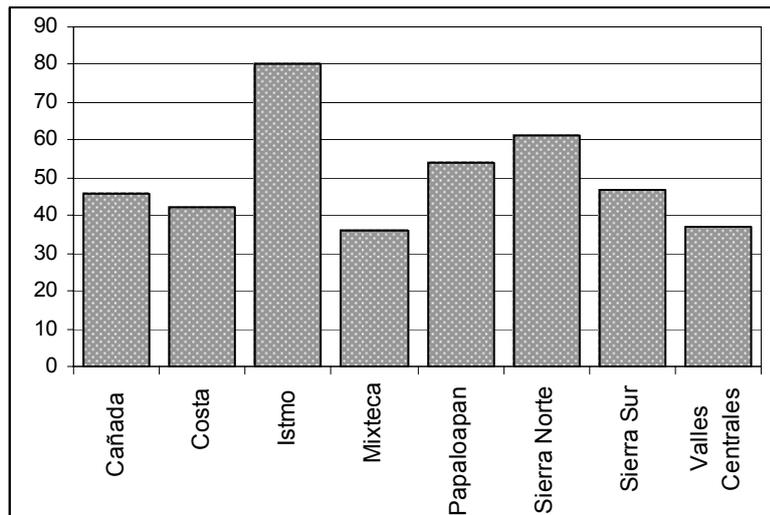
Figura 4. Tipos de vegetación presentes en el estado de Oaxaca.



**Figura 5.** Número de registros por especie de mamíferos no-voladores.

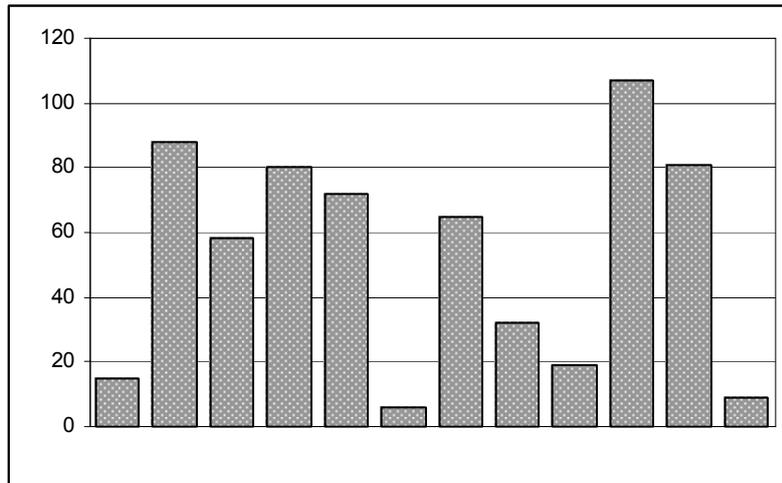


(a)

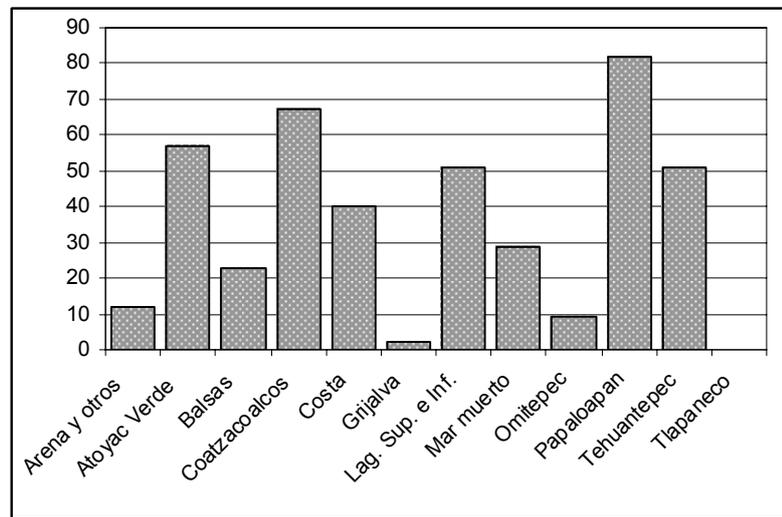


(b)

**Figura 6.** Número de especies de mamíferos no-voladores (a) y voladores (b) en las regiones geográficas de Oaxaca.

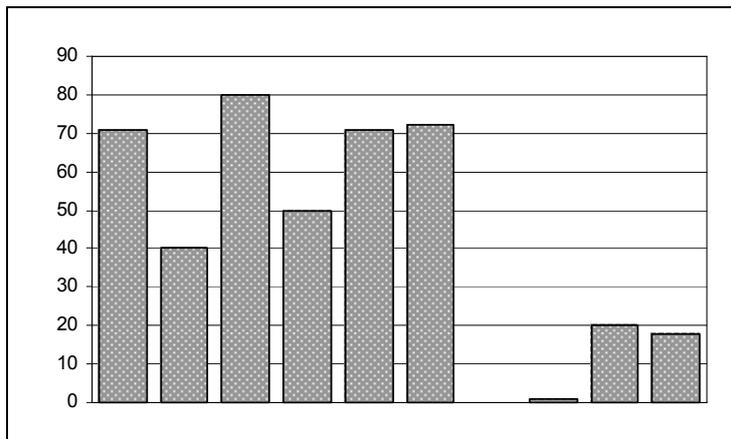


(a)

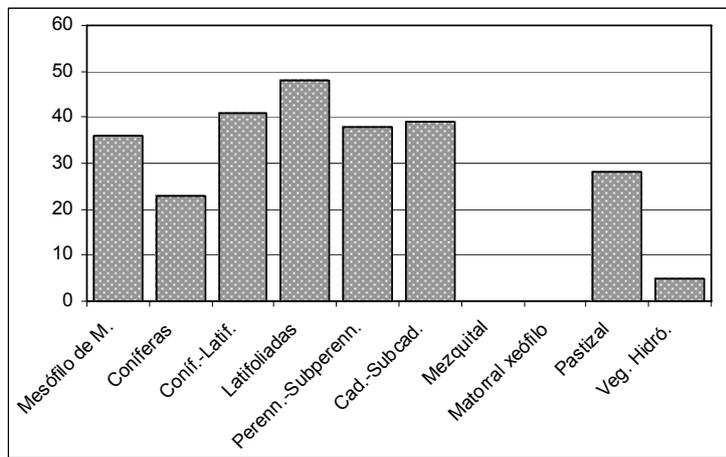


(b)

**Figura 7.** Número de especies de mamíferos no-voladores (a) y voladores (b) en las cuencas hidrológicas de Oaxaca.

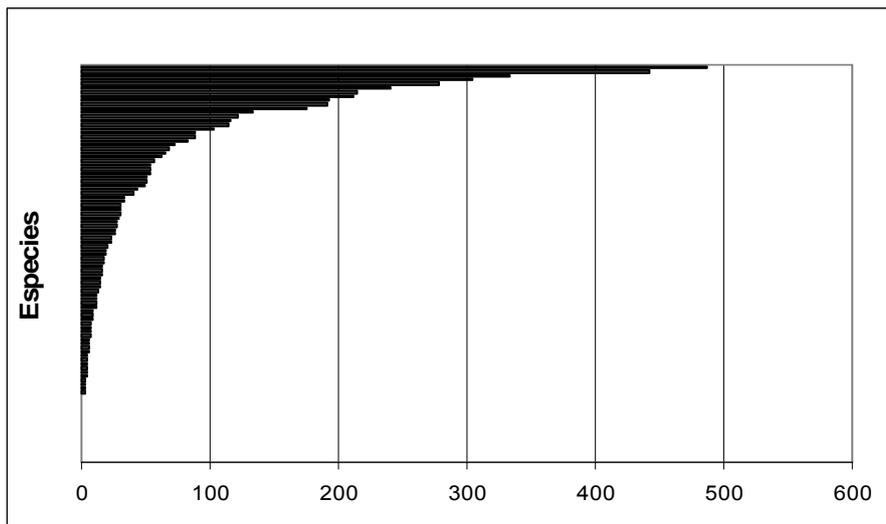


(a)



(b)

**Figura 8.** Número de especies de mamíferos no-voladores (a) y voladores (b) en los diferentes tipos de vegetación de Oaxaca.



**Figura 9.** Número de registros por especie de mamíferos voladores.

**Cuadro 1.** Listado de especies de mamíferos terrestres presentes en el Estado de Oaxaca bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-ECOL-059-2001 (SEMARNAT 2008). En peligro de extinción (P); Probablemente extinta en el medio silvestre (E); Amenazadas (A); Sujetas a protección especial (Pr).

Nombre Científico	Nombre común	Categoría de riesgo NOM-059	Endémica
<i>Alouatta palliata</i>	mono aullador, saraguato de manto	P	
<i>Ateles geoffroyi</i>	mono araña	P	
<i>Bassariscus sumichrasti</i>	cacomixtle tropical	Pr	
<i>Caluromys derbianus</i>	tlacuache arborícola	Pr	
<i>Canis lupus</i>	lobo mexicano, lobo gris	E	
<i>Chironectes minimus</i>	tlacuache de agua	P	
<i>Coendou mexicanus</i>	puerco espín tropical	A	
<i>Cryptotis goldmani</i>	musaraña orejillas de Goldman	Pr	*
<i>Cryptotis magna</i>	musaraña-orejillas mayor	Pr	
<i>Cyclopes didactylus</i>	oso hormiguero dorado	P	
<i>Dipodomys phillipsii</i>	rata-canguro de Phillip	Pr	*
<i>Eira barbara</i>	tayra	P	
<i>Galictis vittata</i>	grisón	A	
<i>Glaucomys volans</i>	ardilla voladora del sur	A	
<i>Herpalirius yagouaroundi</i>	jaguarondi	A	
<i>Leopardus pardalis</i>	tigrillo, ocelote	P	
<i>Leopardus wiedii</i>	ocelote, margay	P	
<i>Lepus flavigularis</i>	liebre de Tehuantepec	P	*
<i>Lontra longicaudis</i>	nutria de río sudamericana	A	
<i>Megadontomys cryophilus</i>	ratón de Ixtlán	A	*
<i>Megadontomys thomasi</i>	ratón de Thomas	Pr	*
<i>Megasorex gigas</i>	musaraña-desértica sureña	A	*
<i>Microtus oaxacensis</i>	meteoro de Tarabundi	A	*
<i>Microtus quasiater</i>	meteoro de Jalapa	Pr	*
<i>Microtus umbrosus</i>	meteoro de Zempoaltepec	Pr	*
<i>Orthogeomys cuniculus</i>	tuza oaxaqueña	A	*
<i>Oryzomys chapmani</i>	rata-arrocera de Ixtlán	Pr	*
<i>Panthera onca</i>	jaguar	P	
<i>Potos flavus</i>	mico de noche, kinkajou	Pr	
<i>Reithrodontomys microdon</i>	ratón-cosechero dientes pequeños	A	
<i>Rheomys mexicanus</i>	ratón-acuático mexicano	Pr	*
<i>Sorex macrodon</i>	musaraña dientuda	Pr	*
<i>Sorex saussurei</i>	musaraña de saussure	Pr	*
<i>Sorex veraepacis</i>	Musaraña de verapaz	Pr	
<i>Spilogale pygmaea</i>	zorrito pigmeo	A	*
<i>Tamandua mexicana</i>	oso hormiguero o brazo fuerte, tamandúa norteño	P	
<i>Tapirus bairdii</i>	Tapir centroamericano	P	
<i>Centronycteris centralis</i>	murciélago pelo áspero	Pr	

<b>Choeronycteris mexicana</b>	murciélago trompudo	A	
<b>Chrotopterus auritus</b>	vampiro-falso lanudo	A	
<b>Enchisthenes hartii</b>	murciélago con cola	Pr	
<b>Lampronnycteris brachyotis</b>	murciélago orejón garganta amarilla	A	
<b>Leptonycteris curasoae</b>	murciélago-hocicudo de curazao	A	
<b>Leptonycteris nivalis</b>	murciélago-hocicudo mayor	A	
<b>Lonchorhina aurita</b>	murciélago-espada de tomas	A	
<b>Lophostoma brasiliense</b>	murciélago oreja redonda brasileño	A	
<b>Micronycteris schmidtorum</b>	murciélago-orejón centroamericano	A	
<b>Peropteryx kappleri</b>	murciélago perro menor	Pr	
<b>Rhynchonycteris naso</b>	murciélago narigón	Pr	
<b>Trachops cirrhosus</b>	murciélago labio verrugoso	A	

**Cuadro 2.** Resultados del índice de Jaccard y del índice de Morisita-Horn en referencia a los registros completos de mamíferos terrestres entre las regiones geográficas de Oaxaca. En la diagonal central se muestra el número total de especies registradas en cada región.

Sitios	1	2	3	4	5	6	7	8
	<b>Índice de Jaccard</b>							
<b>1.Cañada</b>	<b>126</b>	0.53	0.49	0.58	0.48	0.59	0.53	0.52
<b>2.Costa</b>	0.69	<b>109</b>	0.51	0.63	0.60	0.56	0.63	0.57
<b>3.Istmo</b>	0.66	0.67	<b>171</b>	0.53	0.62	0.67	0.58	0.47
<b>4.Mixteca</b>	0.73	0.78	0.69	<b>123</b>	0.60	0.62	0.59	0.59
<b>5.Papaloapan</b>	0.65	0.75	0.76	0.75	<b>130</b>	0.63	0.56	0.48
<b>6.Sierra Norte</b>	0.74	0.71	0.80	0.77	0.77	<b>154</b>	0.61	0.57
<b>7.Sierra Sur</b>	0.70	0.78	0.74	0.74	0.71	0.76	<b>118</b>	0.55
<b>8.Valles Centrales</b>	0.68	0.73	0.64	0.74	0.64	0.72	0.71	<b>111</b>
	<b>Índice de Morisita-Horn</b>							

**Cuadro 3.** Resultados del índice de Jaccard y el índice de Morisita-Horn de mamíferos terrestres incluyendo voladores y no-voladores en referencia a las cuencas hidrológicas de Oaxaca. En la diagonal central se muestra el número total de especies registradas en cada cuenca hidrológica.

Sitio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	<b>Índice de Jaccard</b>											
<b>1.Arena y otros</b>	<b>27</b>	0.16	0.21	0.17	0.21	0.06	0.16	0.26	0.28	0.14	0.20	0.03
<b>2.Atoyac-verde</b>	0.28	<b>145</b>	0.45	0.55	0.61	0.03	0.53	0.30	0.19	0.69	0.66	0.05
<b>3.Balsas</b>	0.35	0.62	<b>81</b>	0.39	0.50	0.05	0.34	0.26	0.18	0.42	0.45	0.08
<b>4.Coatzacoalcos</b>	0.29	0.71	0.56	<b>147</b>	0.52	0.04	0.54	0.37	0.16	0.62	0.59	0.03
<b>5.Costa</b>	0.35	0.75	0.66	0.69	<b>112</b>	0.05	0.51	0.40	0.23	0.56	0.67	0.06
<b>6.Grijalva</b>	0.11	0.07	0.09	0.08	0.10	<b>8</b>	0.05	0.05	0.06	0.04	0.04	0.00
<b>7.Lag. Sup. e Inf.</b>	0.28	0.69	0.51	0.70	0.68	0.10	<b>116</b>	0.46	0.21	0.53	0.55	0.04
<b>8.Mar muerto</b>	0.41	0.46	0.41	0.54	0.57	0.09	0.63	<b>61</b>	0.26	0.28	0.36	0.05
<b>9.Omitepec</b>	0.44	0.32	0.31	0.27	0.37	0.11	0.35	0.41	<b>28</b>	0.14	0.18	0.00
<b>10.Papaloapan</b>	0.24	0.81	0.59	0.76	0.72	0.07	0.69	0.44	0.25	<b>189</b>	0.62	0.04
<b>11.Tehuantepec</b>	0.33	0.79	0.62	0.75	0.80	0.07	0.71	0.53	0.30	0.77	<b>132</b>	0.05
<b>12.Tlapaneco</b>	0.06	0.10	0.16	0.06	0.12	0.00	0.08	0.09	0.00	0.08	0.10	<b>0</b>
	<b>Índice de Morisita-Horn</b>											

**Cuadro 4.** Resultados del índice de Jaccard y el índice de Morisita-Horn de mamíferos terrestres incluyendo voladores y no-voladores en referencia a los tipos de vegetación de Oaxaca. En la diagonal central se muestra el número total de especies registradas en cada tipo de vegetación.

Sitio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	<b>Índice de Jaccard</b>									
<b>1.Mesófilo de montaña</b>	<b>107</b>	0.48	0.56	0.50	0.50	0.45	0.00	0.01	0.23	0.13
<b>2.Coníferas</b>	0.65	<b>63</b>	0.36	0.36	0.37	0.30	0.00	0.02	0.25	0.10
<b>3.Coníferas-Latifoliadas</b>	0.72	0.53	<b>121</b>	0.47	0.49	0.51	0.00	0.01	0.22	0.12
<b>4.Latifoliadas</b>	0.66	0.53	0.64	<b>98</b>	0.49	0.39	0.00	0.01	0.32	0.15
<b>5.Perennifolia-Subper.</b>	0.67	0.53	0.66	0.66	<b>109</b>	0.54	0.00	0.01	0.31	0.18
<b>6.Caducifolia-Subcad.</b>	0.62	0.46	0.67	0.56	0.70	<b>111</b>	0.00	0.01	0.28	0.20
<b>7.Mezquital</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0</b>	0.00	0.00	0.00
<b>8.Matorral xerófilo</b>	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	<b>1</b>	0.02	0.00
<b>9.Pastizal</b>	0.37	0.40	0.36	0.48	0.47	0.44	0.00	0.04	<b>48</b>	0.13
<b>10.Veg. Hidrófila</b>	0.23	0.19	0.21	0.26	0.30	0.33	0.00	0.00	0.23	<b>23</b>
	<b>Índice de Morisita-Horn</b>									

**Cuadro 5.** Resultados del índice de Jaccard y del índice de Morisita-Horn de mamíferos terrestres no-voladores en referencia a las regiones geográficas de Oaxaca. En la diagonal central se muestra el número total de especies registradas en cada región.

Sitio	1	2	3	4	5	6	7	8
	<b>Índice de Jaccard</b>							
<b>1.Cañada</b>	<b>80</b>	0.56	0.50	0.61	0.55	0.63	0.61	0.54
<b>2.Costa</b>	0.49	<b>67</b>	0.55	0.67	0.67	0.58	0.68	0.66
<b>3.Istmo</b>	0.27	0.72	<b>91</b>	0.59	0.60	0.69	0.60	0.56
<b>4.Mixteca</b>	0.60	0.60	0.50	<b>87</b>	0.67	0.67	0.66	0.66
<b>5.Papaloapan</b>	0.42	0.32	0.28	0.69	<b>76</b>	0.70	0.57	0.57
<b>6.Sierra Norte</b>	0.38	0.21	0.16	0.59	0.88	<b>93</b>	0.62	0.64
<b>7.Sierra Sur</b>	0.52	0.73	0.57	0.64	0.35	0.27	<b>71</b>	0.63
<b>8.Valles Centrales</b>	0.58	0.49	0.40	0.52	0.22	0.21	0.61	<b>74</b>
	<b>Índice de Morisita-Horn</b>							

**Cuadro 6.** Resultados del índice de Jaccard y del índice de Morisita-Horn de mamíferos terrestres voladores en referencia a las regiones geográficas de Oaxaca. En la diagonal central se muestra el número total de especies registradas en cada región.

Sitio	1	2	3	4	5	6	7	8
	<b>Índice de Jaccard</b>							
<b>1.Cañada</b>	<b>46</b>	0.47	0.45	0.49	0.37	0.53	0.43	0.48
<b>2.Costa</b>	0.46	<b>42</b>	0.45	0.56	0.50	0.51	0.56	0.46
<b>3.Istmo</b>	0.41	0.63	<b>80</b>	0.43	0.63	0.64	0.55	0.36
<b>4.Mixteca</b>	0.67	0.61	0.34	<b>36</b>	0.48	0.54	0.46	0.46
<b>5.Papaloapan</b>	0.39	0.65	0.70	0.47	<b>54</b>	0.53	0.53	0.34
<b>6.Sierra Norte</b>	0.49	0.40	0.19	0.71	0.46	<b>61</b>	0.59	0.46
<b>7.Sierra Sur</b>	0.67	0.62	0.53	0.65	0.55	0.41	<b>47</b>	0.42
<b>8.Valles Centrales</b>	0.41	0.46	0.36	0.38	0.45	0.20	0.49	<b>37</b>
	<b>Índice de Morisita-Horn</b>							

**Cuadro 7.** Resultados del índice de Jaccard y el índice de Morisita-Horn de mamíferos terrestres no-voladores en referencia a las cuencas hidrológicas de Oaxaca. En la diagonal central se muestra el número total de especies registradas en cada cuenca hidrológica.

Sitio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	<b>Índice de Jaccard</b>											
<b>1.Arena y otros</b>	<b>15</b>	0.16	0.24	0.17	0.18	0.05	0.16	0.27	0.31	0.14	0.19	0.04
<b>2.Atoyac-verde</b>	0.44	<b>88</b>	0.54	0.58	0.68	0.03	0.56	0.30	0.22	0.76	0.66	0.09
<b>3.Balsas</b>	0.26	0.35	<b>58</b>	0.47	0.55	0.05	0.37	0.25	0.18	0.53	0.51	0.12
<b>4.Coatzacoalcos</b>	0.62	0.59	0.43	<b>80</b>	0.60	0.05	0.56	0.37	0.18	0.58	0.66	0.06
<b>5.Costa</b>	0.53	0.71	0.36	0.71	<b>72</b>	0.05	0.54	0.39	0.25	0.66	0.70	0.09
<b>6.Grijalva</b>	0.15	0.08	0.26	0.18	0.11	<b>6</b>	0.06	0.03	0.04	0.05	0.04	0.00
<b>7.Lag. Sup. e Inf.</b>	0.35	0.30	0.18	0.60	0.34	0.10	<b>65</b>	0.41	0.24	0.52	0.55	0.07
<b>8.Mar muerto</b>	0.50	0.35	0.14	0.59	0.41	0.02	0.51	<b>32</b>	0.24	0.29	0.35	0.08
<b>9.Omitepec</b>	0.33	0.25	0.09	0.28	0.35	0.04	0.18	0.17	<b>19</b>	0.17	0.19	0.00
<b>10.Papaloapan</b>	0.16	0.34	0.81	0.27	0.29	0.14	0.11	0.08	0.06	<b>107</b>	0.66	0.07
<b>11.Tehuantepec</b>	0.62	0.68	0.27	0.79	0.68	0.07	0.52	0.50	0.33	0.22	<b>81</b>	0.08
<b>12.Tlapaneco</b>	0.04	0.31	0.10	0.12	0.15	0.00	0.07	0.10	0.00	0.12	0.16	<b>9</b>
	<b>Índice de Morisita-Horn</b>											

**Cuadro 8.** Resultados del índice de Jaccard y el índice de Morisita-Horn de mamíferos terrestres voladores en referencia a las cuencas hidrológicas de Oaxaca. En la diagonal central se muestra el número total de especies registradas en cada cuenca hidrológica.

Sitio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	<b>Índice de Jaccard</b>											
<b>1.Arena y otros</b>	<b>12</b>	0.17	0.17	0.16	0.27	0.08	0.17	0.24	0.24	0.13	0.21	0.00
<b>2.Atoyac-verde</b>	0.41	<b>57</b>	0.31	0.51	0.47	0.04	0.48	0.28	0.16	0.60	0.61	0.00
<b>3.Balsas</b>	0.13	0.33	<b>23</b>	0.29	0.40	0.04	0.30	0.27	0.19	0.28	0.32	0.00
<b>4.Coatzacoalcos</b>	0.70	0.43	0.12	<b>67</b>	0.43	0.03	0.51	0.37	0.13	0.66	0.49	0.00
<b>5.Costa</b>	0.27	0.51	0.53	0.35	<b>40</b>	0.05	0.47	0.41	0.20	0.42	0.60	0.00
<b>6.Grijalva</b>	0.07	0.17	0.06	0.07	0.12	<b>2</b>	0.04	0.07	0.10	0.02	0.04	0.00
<b>7.Lag. Sup. e Inf.</b>	0.34	0.33	0.15	0.35	0.38	0.06	<b>51</b>	0.54	0.18	0.53	0.52	0.00
<b>8.Mar muerto</b>	0.50	0.55	0.21	0.49	0.65	0.05	0.61	<b>29</b>	0.27	0.28	0.36	0.00
<b>9.Omitepec</b>	0.25	0.41	0.13	0.26	0.30	0.06	0.27	0.49	<b>9</b>	0.11	0.15	0.00
<b>10.Papaloapan</b>	0.30	0.50	0.76	0.36	0.56	0.16	0.20	0.33	0.23	<b>82</b>	0.55	0.00
<b>11.Tehuantepec</b>	0.11	0.31	0.31	0.19	0.64	0.06	0.46	0.55	0.23	0.27	<b>51</b>	0.00
<b>12.Tlapaneco</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0</b>
	<b>Índice de Morisita-Horn</b>											

**Cuadro 9.** Resultados del índice de Jaccard y el índice de Morisita-Horn de mamíferos terrestres no-voladores en referencia a los tipos de vegetación de Oaxaca. En la diagonal central se muestra el número total de especies registradas en cada tipo de vegetación.

Sitio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	<b>Índice de Jaccard</b>									
<b>1.Mesófilo de montaña</b>	<b>71</b>	0.50	0.70	0.49	0.53	0.57	0.00	0.01	0.14	0.17
<b>2.Coníferas</b>	0.13	<b>40</b>	0.43	0.38	0.35	0.33	0.00	0.03	0.20	0.14
<b>3.Coníferas-Latifoliadas</b>	0.81	0.23	<b>80</b>	0.53	0.57	0.60	0.00	0.01	0.19	0.14
<b>4.Latifoliadas</b>	0.14	0.52	0.33	<b>50</b>	0.44	0.40	0.00	0.02	0.25	0.19
<b>5.Perennifolia-Subper.</b>	0.72	0.40	0.58	0.31	<b>71</b>	0.61	0.00	0.01	0.23	0.24
<b>6.Caducifolia-Subcad.</b>	0.34	0.42	0.36	0.35	0.42	<b>72</b>	0.00	0.01	0.24	0.25
<b>7.Mezquital</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0</b>	0.00	0.00	0.00
<b>8.Matorral xerófilo</b>	0.02	0.08	0.04	0.06	0.02	0.37	0.00	<b>1</b>	0.05	0.00
<b>9.Pastizal</b>	0.11	0.35	0.11	0.36	0.35	0.40	0.00	0.10	<b>20</b>	0.19
<b>10.Veg. Hidrófila</b>	0.33	0.31	0.32	0.26	0.46	0.36	0.00	0.00	0.35	<b>18</b>
	<b>Índice de Morisita-Horn</b>									

**Cuadro 10.** Resultados del índice de Jaccard y el índice de Morisita-Horn de mamíferos terrestres voladores en referencia a los tipos de vegetación de Oaxaca. En la diagonal central se muestra el número total de especies registradas en cada tipo de vegetación.

Sitio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	<b>Índice de Jaccard</b>									
<b>1.Mesófilo de montaña</b>	<b>36</b>	0.44	0.35	0.5	0.45	0.27	0.00	0.00	0.39	0.05
<b>2.Coníferas</b>	0.33	<b>23</b>	0.25	0.34	0.39	0.24	0.00	0.00	0.31	0.04
<b>3.Coníferas-Latifoliadas</b>	0.74	0.42	<b>41</b>	0.39	0.36	0.36	0.00	0.00	0.25	0.07
<b>4.Latifoliadas</b>	0.33	0.57	0.29	<b>48</b>	0.56	0.38	0.00	0.00	0.38	0.1
<b>5.Perennifolia-Subper.</b>	0.42	0.49	0.28	0.84	<b>38</b>	0.43	0.00	0.00	0.43	0.08
<b>6.Caducifolia-Subcad.</b>	0.09	0.32	0.17	0.20	0.23	<b>39</b>	0.00	0.00	0.34	0.1
<b>7.Mezquital</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0</b>	0.00	0.00	0.00
<b>8.Matorral xerófilo</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0</b>	0.00	0.00
<b>9.Pastizal</b>	0.08	0.16	0.05	0.25	0.46	0.18	0.00	0.00	<b>28</b>	0.06
<b>10.Veg. Hidrófila</b>	0.03	0.07	0.04	0.13	0.08	0.38	0.00	0.00	0.03	<b>5</b>
	<b>Índice de Morisita-Horn</b>									

**Cuadro 11.** Datos estadísticos (Promedio, desviación estándar (D. E.) y error estándar (E. E.)) de los valores del Índice de Jaccard y del Índice de Morita-Horn de cada análisis.

	Regiones geográficas			Cuencas hidrológicas			Tipos de vegetación		
	Índice de Jaccard			Índice de Jaccard			Índice de Jaccard		
Base Completa	Promedio	D. E.	E. E.	Promedio	D. E.	E. E.	Promedio	D. E.	E. E.
		0.57	0.05	0.01	0.27	0.21	0.03	0.21	0.20
Base Completa	Índice de Morisita-Horn			Índice de Morisita-Horn			Índice de Morisita-Horn		
	Promedio	D. E.	E. E.	Promedio	D. E.	E. E.	Promedio	D. E.	E. E.
	0.72	0.04	0.01	0.39	0.26	0.03	0.30	0.27	0.04
No-voladores	Índice de Jaccard			Índice de Jaccard			Índice de Jaccard		
	Promedio	D. E.	E. E.	Promedio	D. E.	E. E.	Promedio	D. E.	E. E.
	0.62	0.05	0.01	0.29	0.23	0.03	0.23	0.22	0.03
No-voladores	Índice de Morisita-Horn			Índice de Morisita-Horn			Índice de Morisita-Horn		
	Promedio	D. E.	E. E.	Promedio	D. E.	E. E.	Promedio	D. E.	E. E.
	0.47	0.19	0.04	0.30	0.22	0.03	0.24	0.21	0.03
Voladores	Índice de Jaccard			Índice de Jaccard			Índice de Jaccard		
	Promedio	D. E.	E. E.	Promedio	D. E.	E. E.	Promedio	D. E.	E. E.
	0.49	0.07	0.01	0.24	0.20	0.02	0.18	0.19	0.03
Voladores	Índice de Morisita-Horn			Índice de Morisita-Horn			Índice de Morisita-Horn		
	Promedio	D. E.	E. E.	Promedio	D. E.	E. E.	Promedio	D. E.	E. E.
	0.49	0.14	0.03	0.27	0.21	0.03	0.17	0.21	0.03