



# **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)**

**PATRONES DE DIVERSIDAD DE MAMÍFEROS TERRESTRES DEL  
MUNICIPIO SANTIAGO COMALTEPEC, OAXACA, MÉXICO.**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
PRESENTA:**

**ANA MARÍA ALFARO ESPINOSA**

Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, Marzo de 2006.

## CARTA DE CESION DE DERECHOS

En la ciudad de Oaxaca de Juárez el día 03 de marzo de 2006, la que suscribe Ana Ma. Alfaro Espinosa alumna del programa de Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales con numero de registro B030938 adscrito al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral y Regional, manifiesta que es autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del M. C. José Antonio Santos Moreno y cede los derechos del trabajo intitulado "Patrones de diversidad de mamíferos terrestres del municipio Santiago Comaltepec, 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 No. 1003, Sta. Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, C. P. 71230. [ciidirox@ipn.mx](mailto:ciidirox@ipn.mx) ó [alfaro@bioshabitat.zzn.com](mailto:alfaro@bioshabitat.zzn.com). Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.



---

Ana María Alfaro Espinosa

**INSTITUTO PÓLITECNICO NACIONAL**  
**COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION**

**ACTA DE REGISTRO DE TEMA DE TESIS  
 Y DESIGNACION DE DIRECTOR DE TESIS**

México, D.F. a 19 de Octubre del 2004

El Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR-OAXACA en su sesión ordinaria No. 10 celebrada el día 18 del mes de Octubre conoció la solicitud presentada por el(la) alumno(a):

<u>ALFARO</u>	<u>ESPINOSA</u>	<u>ANA MARIA</u>
Apellido paterno	materno	nombre

Con registro: 

0	3	0	9	3	8
---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de: **MAESTRO EN CIENCIAS**

1.- Se designa al aspirante el tema de tesis titulado:  
PATRONES DE DIVERSIDAD DE MAMIFEROS TERRESTRES DEL MUNICIPIO SANTIAGO COMALTEPEC, OAXACA, MEXICO

De manera general el tema abarcará los siguientes aspectos:  
DISTRIBUCION DE MAMIFEROS SILVESTRES TERRESTRES EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO COMALTEPEC, SIERRA NORTE DE OAXACA Y SU RELACION CON VARIABLES AMBIENTALES

2.- Se designa como Director de Tesis al C. Profesor:  
JOSE ANTONIO SANTOS MORENO

3.- El trabajo de investigación base para el desarrollo de la tesis será elaborado por el alumno en:  
Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca  
 que cuenta con los recursos e infraestructura necesarios.

4.- El interesado deberá asistir a los seminarios desarrollados en el área de adscripción del trabajo desde la fecha en que se suscribe la presente hasta la aceptación de la tesis por la Comisión Revisora correspondiente:



El Aspirante

[Signature]

El Director de Tesis

[Signature]



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
 CIIDIR-UNIDAD OAXACA

El Presidente del Colegio

[Signature]



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

*ACTA DE REVISIÓN DE TESIS*

En la Ciudad de Oaxaca, Oax siendo las 10:00 horas del día 28 del mes de FEBRERO de 2006 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 (CIIDIR), Unidad Oaxaca**, para examinar la tesis de grado titulada:

**"Patrones de diversidad de mamíferos terrestres del municipio Santiago Comaltepec, Oaxaca, México"**

Presentada por el alumno:

<b>Alfaro</b> Apellido paterno	<b>Espinosa</b> materno	<b>Ana María</b> nombre(s)	Con registro:						
			B	0	3	0	9	3	8

aspirante al grado de:

**MAESTRO 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.

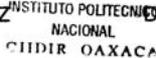
LA COMISIÓN REVISORA

Director de tesis  
M. en C. JOSÉ ANTONIO SANTOS MORENO

DR. ENRIQUE MARTÍNEZ MEYER

DR. OCTAVIO RAFAEL ROJAS SOTO

DR. GABRIEL RAMOS FERNÁNDEZ



DR. JORGE IGNACIO SERVÍN MARTÍNEZ

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO  
DRA. MARÍA DEL ROSARIO ARNAUD VIÑAS

*A MI MADRE POR DEDICARME PARTE DE SU VIDA*

*A TOÑO POR FORMAR PARTE DE MI MUNDO*

## **AGRADECIMIENTOS**

**A Antonio Santos por la amistad, paciencia y apoyo brindado para la realización del proyecto, así como las aportaciones realizadas al documento.**

**A Octavio Rojas por las observaciones y comentarios realizados en todas las etapas del trabajo.**

**A todo mi comité tutorial por su comprensión y revisiones realizadas al escrito.**

**A las autoridades y comuneros del Municipio de Santiago Comaltepec por brindarme la oportunidad de conocer parte de su riqueza biológica.**

**A las familias que me abrieron las puertas de su hogar y brindarme su apoyo incondicional (Sr. Silverio y familia, Sr. Salvador, en Comaltepec; Sr. Rosendo en La Esperanza; Sr. Ricardo y Sra. Maura en Vista Hermosa; Sr. Mario y familia en Soyolapan).**

**A las personas que compartieron conmigo las salidas a campo: José Luis, José Antonio, Maria Delfina, Adal, Mario, Marco.**

**A la Coordinación General de Posgrado e Investigación del Instituto Politécnico Nacional, por el financiamiento por medio del proyecto CGPI20050200.**

## CONTENIDO

	Pág.
Índice de Figuras y Cuadros	1
Resumen	3
Abstract	4
<b>I. INTRODUCCION</b>	<b>5</b>
<b>II. OBJETIVOS</b>	<b>8</b>
2.1 Objetivo general	8
2.2 Objetivos particulares	8
<b>III. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO</b>	<b>8</b>
<b>IV. METODOS</b>	<b>10</b>
4. 1 Registro por métodos directos e indirectos	10
4. 2 Esfuerzo de colecta y éxito de captura	11
4. 3 Curva de acumulación de especies	11
4. 4 Modelo de acumulación de especies	12
4. 5 Riqueza	12
4. 6 Diversidad alfa	13
4. 6. 1 Abundancia	13
4. 6. 2 Dominancia	14
4. 7 Diversidad beta	14
4. 8 Variables ambientales	15
4. 8. 1 Correlación entre índices de diversidad, variables ambientales y cobertura vegetal horizontal	15
<b>V. RESULTADOS</b>	<b>16</b>
5. 1 Esfuerzo de colecta y éxito de captura	15
5. 2 Curva y modelo de acumulación de especies	17
5. 3 Riqueza	18
5. 4 Diversidad alfa	19
5. 4. 1 Abundancia	19
5. 4. 2 Dominancia	21
5. 5 Diversidad beta	21
5. 6 Variables ambientales	21
5. 6. 1 Correlación entre índices de diversidad, variables ambientales y cobertura vegetal horizontal	22
<b>VI. DISCUSION</b>	<b>22</b>
<b>VII. CONCLUSION</b>	<b>24</b>
<b>VIII. LITERATURA CITADA</b>	<b>26</b>
<b>IX FIGURAS Y CUADROS</b>	<b>32</b>

## INDICE DE FIGURAS Y CUADROS

**Figura 1.** Ubicación geográfica y mapa de vegetación del Municipio, Santiago Comaltepec, Sierra Norte, Oaxaca, México.

**Figura 2.** Modelo de dependencia lineal y curva de acumulación de especies, para mamíferos de talla pequeña en bosque mesófilo.

**Figura 3.** Modelo de dependencia lineal y curva de acumulación de especies, para mamíferos de talla pequeña en selva mediana.

**Figura 4.** Modelo de dependencia lineal y curva de acumulación de especies, para mamíferos de talla mediana y grande en bosque mesófilo de montaña.

**Figura 5.** Modelo de dependencia lineal y curvas de acumulación de especies para mamíferos de talla mediana y grande en selva mediana.

**Figura 6.** Modelo de dependencia lineal y curva de acumulación de especies, para mamíferos de talla pequeña, mediana y grande en bosque mesófilo de montaña.

**Figura 7.** Modelo de dependencia lineal y curva de acumulación de especies, para Mamíferos de talla pequeña, mediana y grande en selva mediana.

**Figura 8.** Precipitación pluvial media mensual para el Municipio de Santiago Comaltepec.

**Figura 9.** Promedio mensual de temperatura y humedad relativa en bosque mesófilo de montaña.

**Figura 10.** Promedio mensual de temperatura y humedad relativa en selva mediana

**Cuadro 1.** Listado taxonómico de mamíferos terrestres presentes en bosque mesófilo de montaña en el Municipio de Santiago Comaltepec.

**Cuadro 2.** Listado taxonómico de mamíferos terrestres presentes en selva mediana en el Municipio de Santiago Comaltepec.

**Cuadro 3.** Numero de individuos por especie de mamíferos pequeños en bosque mesófilo de montaña.

**Cuadro 4.** Numero de individuos por especie de mamíferos pequeños en selva mediana.

**Cuadro 5.** Numero de individuos por especie de mamíferos medianos en bosque mesófilo de montaña.

**Cuadro 6.** Numero de individuos por especie de mamíferos medianos en selva mediana

**Cuadro 7.** Coeficiente de correlación de Spearman entre el índice de diversidad de Shannon Wiener, variables ambientales y cobertura vegetal para mamíferos pequeños en bosque mesófilo de montaña.

**Cuadro 8.** Coeficiente de correlación de Spearman entre el índice de diversidad de Shannon Wiener, variables ambientales y cobertura vegetal para mamíferos medianos en bosque mesófilo de montaña.

**Cuadro 9.** Coeficiente de correlación de Spearman entre el índice de diversidad de Shannon Wiener, variables ambientales y cobertura vegetal para mamíferos medianos en selva mediana.

## **PATRONES DE DIVERSIDAD DE MAMÍFEROS TERRESTRES DEL MUNICIPIO SANTIAGO COMALTEPEC, OAXACA, MÉXICO**

RESÚMEN.-La finalidad del estudio fue el de conocer los patrones de riqueza de los mamíferos terrestres no voladores en el bosque mesófilo de montaña y en selva mediana del Municipio Santiago Comaltepec, Sierra Norte, Oaxaca, así como su relación con algunas variables ambientales. Se realizaron 7 muestreos para cada tipo de vegetación, en los cuales se recorrieron transectos (de 2 km de longitud cada uno) para la búsqueda de rastros o avistamiento de mamíferos de talla medianos y grandes, así mismo en cada transecto se colocaron trampas Sherman para la captura de mamíferos de talla pequeña. En cada transecto se tomaron la altitud, temperatura, humedad relativa, inclinación del terreno y cobertura vegetal horizontal, la precipitación pluvial se obtuvo a través de la estación meteorológica del municipio de Santiago Comaltepec denominada Humo Chico. Para cada tipo de vegetación se elaboraron curva y modelo de acumulación de especies, estimación de la riqueza, de la diversidad alfa, diversidad beta y la correlación entre índices de diversidad y las variables ambientales. Para mamíferos pequeños, medianos y grandes, en el bosque mesófilo y selva mediana el esfuerzo de colecta fue suficiente ya que en los dos tipos de vegetación se alcanza la asíntota de acuerdo al modelo de dependencia lineal. En cuanto a la riqueza, en el bosque mesófilo se identificaron un total de 15 especies y en la selva mediana 16. Respecto a diversidad alfa el bosque mesófilo arroja un valor de 1.8033 y para la selva mediana 2.3094 la diferencia de valores fue significativa. Para la diversidad beta se utilizó el índice de Whittaker encontrándose un recambio de especies cercano al 50 %. No se observó correlación significativa entre los índices de diversidad y las variables ambientales. El valor de la zona para la conservación de la diversidad estatal es reflejada por la presencia de tigrillo (*Leopardus wiedii*), jaguar (*Panthera onca*) y nutria de río (*Lontra longicaudis*), especies que están incluidas en el convenio sobre el comercio de especies amenazadas de fauna y flora silvestres (CITES) y en la norma oficial mexicana (NOM-059).

## DIVERSITY PATTERNS OF TERRESTRIAL MAMMALS OF THE MUNICIPIO SANTIAGO COMALTEPEC, OAXACA, MÉXICO

ABSTRACT.-The objective of this study was to know the diversity patterns of non-flying terrestrial mammals in the rain forest and tropical rainforest of the Municipio Santiago Comaltepec, Sierra Norte, Oaxaca, as well as your relationship between environmental variables. I make seven samplings trips for each vegetation type, and travel lineal transects (each one of 2 km of length) for the search of track or sight of medium and large size mammals, in each transect were placed Sherman live traps for the capture of small mammals. For each transect I recorded altitude, temperature, relative humidity, land inclination, and horizontal cover plant, the rainfall data was obtain in the meteorological station Humo Chico of the municipio Santiago Comaltepec. For each vegetation type were elaborate an curve and acumulation model of species, calculate the species richness, , the alpha diversity index, beta diversity index, and the correlation between diversity index and the environmental variables. For small, medium and large mammals, in the rain forest and tropical rainforest the collected effort was enough, because in the two vegetation type were to reach the asymptote with the linear depedence model. Respect to the species richness, in the rainforest were recorded 15 species and in the tropical rainforest 16. The rainforest show a alpha diversity value of 1.8033, whereas in the tropical rainforest were 2.3094, this differences were significant. Respect to the beta diversity, I use the Whittaker index and there is a rechange near to 50 %. There is not significant correlation between alpha diversity index and the environmental variables. The importance of the area for the conservation of the biological diversity of the state is represented by the presence of tigrillo (*Leopardus wiedii*), jaguar (*Panthera onca*), and perro de agua (*Lontra longicaudis*), all this species there are included in both, international (CITES) and mexican lists (NOM-059) of endangered species.

## I. INTRODUCCIÓN

Existen diferentes formas de conocer la diversidad biológica, la más común es inventariarla, es decir, catalogar los elementos que la componen en un tiempo y área específicos (Halffter *et al.* 2001) para obtener lo que se conoce como riqueza específica (número de especies presentes en un sitio). De acuerdo con Halffter y Ezcurra (1992) la biodiversidad no depende solamente de la riqueza de especies, sino también de la dominancia de cada una de ellas (se refiere a la superioridad numérica de una especie en función de toda la comunidad), por lo tanto la diversidad también puede ser analizada tomando en cuenta la abundancia de las especies (Arita, 1993; Fa y Morales, 1998). La abundancia se puede estimar de dos maneras, como abundancia absoluta, que se refiere al número de individuos de una especie en una área determinada (Aranda, 2000; Galindo-Leal y Weber, 1998) y la abundancia relativa que se refiere al número de individuos por unidad de esfuerzo (Galindo-Leal y Weber, 1998).

Desde el punto de vista geográfico, la diversidad se puede medir en tres escalas: la diversidad alfa, que mide la riqueza o variedad de especies dentro de un determinado hábitat; la diversidad beta que mide el recambio de especies (cambio en la composición de especies) entre un hábitat y otro y la diversidad gama, que es una escala mayor que la alfa y la beta y mide la riqueza de especies de todo un conjunto de hábitat (Halffter y Ezcurra, 1992; Arita, 1993; Fa y Morales, 1998).

En México se han desarrollado trabajos sobre la riqueza y diversidad de mamíferos, entre los que se puede mencionar el de Leopold (1959), que hace mención de la presencia de 36 especies de mamíferos de talla mediana y grande para el estado de Oaxaca; Arita (1993) analiza la riqueza de especies de mamíferos de México, encontrando que el número de especies de mamíferos voladores está determinado principalmente por la temperatura, precipitación y altitud, a diferencia de los no voladores que responden a la heterogeneidad de hábitat; Arita y León (1993) analizan la diversidad de mamíferos terrestres reportando 108 especies de mamíferos no voladores para Oaxaca; Chávez y Ceballos (1998) realizan un listado de especies para el estado de México,

encontrando un mayor número de especies en el bosque de encino y en altitudes intermedias (1901 a 3500 m), así como un alto grado de endemismos (de 65 especies en total, 17 son endémicas); Villa R. y Cervantes (2003) señalan la presencia de 33 especies de mamíferos, en su mayoría pequeños, que se distribuyen en dos provincias bióticas del estado de Oaxaca, la Sierra Madre del Sur y la de Tehuantepec; Rodríguez *et al.* (2003) estudiaron la diversidad beta de mamíferos de México y encuentran que existe una correlación lineal simple entre la diversidad beta y la latitud, además recalcan que existen diferencias en los patrones de diversidad entre mamíferos voladores y no voladores.

En cuanto a los estudios de diversidad de mamíferos realizados en la parte sur del país, se conocen los trabajos de Cruz-Lara, *et al.* (2004), quienes estudian la diversidad de mamíferos en el estado de Chiapas, México, con el objetivo de estimar la diversidad de mamíferos en cafetales con sombra y selva mediana perennifolia, en estación seca y lluviosa, encontrando un total de 54 especies de mamíferos, en selva mediana la especie más abundante fue *Peromyscus mexicanus*, no encontraron diferencias significativas entre hábitat y estaciones del año en la diversidad.

Dentro de los estudios hechos en Oaxaca con énfasis en la riqueza y diversidad de mamíferos se encuentran los estudios de Goodwin (1969), que incluye el listado de especies de mamíferos que se distribuyen en el estado; Cervantes y Yépez (1995) enlistan las especies presentes en la zona de Salina Cruz; Sánchez-Cordero (2001) estudió la diversidad de roedores y murciélagos de las Sierras Mazateca y Mixteca, encontrando que la riqueza en roedores es mayor en altitudes bajas y la riqueza de especies se incrementa conforme se incrementa la diversidad de hábitat; Briones *et al.* (2004) estudian la diversidad de murciélagos en la Sierra Mazateca a lo largo de gradientes altitudinales, encontrando que la mayor riqueza de especies se distribuye en altitudes bajas comprendidas entre los 1100 y 1400 msnm y conforme aumenta el gradiente altitudinal (2000 - 2400 msnm) dicha riqueza disminuye; Briones-Salas y Sánchez-Cordero (2004) mencionan para Oaxaca la presencia confirmada de 190 especies de mamíferos, 108 de ellas terrestres no voladores, de los cuales 85 se localizan

en el distrito de Ixtlán, así mismo señala que existe una disminución de especies conforme se incrementa la altitud. Hasta el momento se reconoce para el estado una riqueza de 192 especies de mamíferos, ya que en el 2005 se registran dos especies más para el estado: *Vampyrum spectrum* (Alfaro *et al.* 2005) y *Eptesicus brasiliensis* (García-García y Santos-Moreno, sometido). Este número total de especies representa el 42.66 % de mamíferos terrestres existentes en el país (450), de los cuales 108 (34.50 %) son especies terrestres no voladoras.

Para la región de Sierra Norte de Oaxaca se tiene conocimiento de un trabajo (Santos-Moreno, enviado) en el que se analiza los patrones de distribución de mamíferos terrestres pequeños en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, encontrando un total de 17 especies, una mayor riqueza en climas templados y una mayor diversidad en climas cálidos. Cabe aclarar que para esta región se han desarrollado varias tesis profesionales sobre riqueza y diversidad de mamíferos: Velásquez (2001) estima la diversidad de mamíferos no voladores para el Distrito de Ixtlán; Cruz (2003) calcula la abundancia relativa de carnívoros de Ixtepeji, Ixtlán y Luna (2005) elabora el listado de especies de presentes en el Municipio de Santiago Comaltepec, Ixtlán.

La necesidad de continuar inventariando el estado de Oaxaca se refleja en el registro reciente del murciélago *Tonatia brasiliense* que se ha documentado por primera vez (Briones-Salas y Santos-Moreno, 2002), así como una nueva localidad para la rata acuática *Rheomys mexicanus* (Santos-Moreno *et al.*, 2003), especie muy rara y también endémica de este estado.

Analizando la lista de trabajos antes mencionados sobre riqueza y diversidad de mamíferos, se observa una mayor tendencia por la realización de trabajos sobre la riqueza de especies y en proporción muy baja estudios en que se estudia la relación de la diversidad y variables ambientales o posición geográfica, por lo que se plantea la realización de este estudio.

Una vez que se conoce la diversidad de zonas, a cualquier nivel (alfa, beta o gama), los datos pueden contribuir como una medida que se toma de base para algunos modelos ecológicos y permitirá establecer prioridades para la selección de

futuras áreas de conservación (Gotelli y Colwell, 2001; Williams-Linera *et al*, 1992).

## **II. OBJETIVOS**

### **2. 1 Objetivo general**

Conocer los patrones de riqueza de los mamíferos terrestres no voladores en el bosque mesófilo de montaña y en la selva mediana, del Municipio de Santiago Comaltepec, Sierra Norte, Oaxaca, así como su relación con factores abióticos y alguna característica de la vegetación.

### **2. 2 Objetivos particulares**

1. Calcular y comparar la diversidad alfa de los mamíferos terrestres no voladores en el bosque mesófilo de montaña y en la selva mediana.
2. Calcular la diversidad beta de los mamíferos terrestres no voladores en bosque mesófilo de montaña y en selva mediana.
3. Comparar los patrones de diversidad de mamíferos terrestres no voladores de tallas mediana y grande y los de talla pequeña en bosque mesófilo de montaña y en selva mediana.
4. Conocer la relación entre la diversidad de mamíferos terrestres no voladores con factores abióticos (altitud, precipitación pluvial, humedad relativa, temperatura e inclinación del terreno) y con algunas características de la vegetación (cobertura horizontal) en bosque mesófilo de montaña y en selva mediana.

## **III. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

Oaxaca está ubicado en el sureste de la Republica Mexicana, entre los paralelos 15° 38' y 98° 42' de latitud norte y los meridianos 93° 38' y 98° 32' de longitud oeste y se caracteriza por poseer una gran complejidad topográfica, figura dentro de los nueve estados con los más altos grados de endemismo (CONABIO,

1998), además de poseer los bosques mesófilos más grandes y mejor conservados del país. El estado está dividido en ocho regiones (Cañada, Costa, Istmo, Mixteca, Sierra Norte, Sierra Sur, Papaloapam y Valles centrales) (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI, 2002). La Sierra Norte es considerada como una de las regiones terrestres prioritarias de México junto con porciones de selva alta perennifolia, región con una alta riqueza de plantas, mamíferos y aves (Arriaga *et al.*, 2000).

La región denominada Chinantla Alta forma parte de la Sierra Norte y es una zona importante en cuanto a endemismos se refiere, ya que se ha documentado la presencia en esta región de dos especies microendémicas: la musaraña *Cryptotis magna* (Robertson y Rickart, 1975) y el roedor *Habromys chinanteco* (Robertson y Musser, 1976), sin que hasta la fecha existan trabajos sobre aspectos ecológicos con especies de la zona.

La zona de interés para este estudio es el Municipio de Santiago Comaltepec que pertenece al Distrito de Ixtlán de Juárez, dentro del sistema montañoso de la Sierra Norte (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI, 2002).

El Municipio de Santiago Comaltepec está ubicado en los 17° 34' de latitud norte y 96° 33' de longitud oeste; en él se encuentran presentes 12 asentamientos humanos, cuenta con una superficie territorial de 18,179 hectáreas y existe poco aprovechamiento forestal comparado con otros municipios de la región, siendo el pino el que se aprovecha principalmente (INEGI, 2002; Estudios Rurales y Asesoría, A. C., ERA, 1995).

De los siete tipos de vegetación que se distribuyen en la Sierra Norte, cuatro están presentes en el Municipio de Santiago Comaltepec (ERA, 1997): el bosque mesófilo que ocupa el 50 % del territorio, bosque templado y bosque de altura que ocupa un 20 %, finalmente la selva mediana que ocupa un 30 %, y son la selva mediana y el bosque mesófilo los que son de interés para el estudio (Figura 1).

## IV. MÉTODOS

La clasificación en las categorías de especies de talla media y grande y pequeña fue el siguiente: aquellas especies cuyos individuos fueron atrapados en las trampas Sherman se consideraron como pequeños y el resto como medianos y grandes.

Se realizaron diez visitas para cada tipo de vegetación, con duración de una semana por mes, estos datos fueron utilizados para elaborar el listado de especies, aunque para el cálculo de la abundancia y otros parámetros de diversidad se utilizaron solamente los datos de siete salidas en los que se realizaron muestreos de una manera estandarizada, es decir en donde ya se definió el número de transectos y el número de trampas por tipo de vegetación. De las tres visitas restantes en una se midió la cobertura vegetal horizontal en los dos tipos de vegetación estudiados. Las otras dos fueron prospectivas.

Para el registro de mamíferos se aplicaron dos métodos: los directos (captura de ejemplares y avistamientos) y los indirectos (localización de huellas, pelos, excretas, echaderos y madrigueras) (Aranda, 2000; Ojasti, 2000). Se hicieron recorridos sobre transectos fijos, cada uno de los cuales era una banda longitudinal con una extensión de 2 km y un ancho que variaba entre 1 y 1.5 m. El número de transectos establecidos se definió en forma proporcional de acuerdo a la extensión que ocupa cada tipo de vegetación, considerando que el número mínimo de transectos recomendado es de dos, este fue el caso de la Selva Mediana, que ocupa un 30% de territorio, por lo que para Bosque Mesófilo que ocupa un 50 % de territorio se establecieron y recorrieron tres transectos, la distancia existente entre un transecto y otro fue variada, ya que iba de los 2 km a los 16 km de distancia entre uno y otro.

### 4.1 Registro por métodos directos e indirectos

En lo referente a métodos directos se utilizaron trampas tipo Sherman, para mamíferos terrestres de talla pequeña, cebadas con avena y vainilla, los cuales funcionan como atrayente (Monadjem, 1999). Se activaron 300 trampas para bosque mesófilo y 200 trampas para selva mediana por muestreo (100 trampas

por transecto) y se ubicaron en suelo, partes rocosas y árboles, revisándolas por las mañanas. Para el resto de especies se tomaron en cuenta los avistamientos. Todo el material colectado será depositado en la colección de mamíferos del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral y Regional, Unidad Oaxaca.

Para el caso de los métodos indirectos, los recorridos se realizaron sobre los transectos establecidos. Para la localización de rastros que indicaran la presencia de alguna especie, se tomaron moldes en yeso (en el caso de las huellas) o se colectaron (en el caso de las excretas y pelos), todo esto con la finalidad de tener un acervo de material colectado en la zona que pueda servir para implementar otros estudios con este tipo de material, como el análisis de excretas para conocer los hábitos alimentarios de alguna especie.

#### **4.2 Esfuerzo de colecta y éxito de captura**

El esfuerzo de colecta se obtuvo multiplicando el número de trampas por noche por el total de períodos muestreados. El éxito de captura se obtuvo dividiendo el total de capturas entre el número total de trampas colocadas, multiplicado por 100 para obtener el porcentaje.

#### **4.3 Curva de acumulación de especies**

Se construyó una curva de acumulación de especies, que es una gráfica del número acumulado de especies en función de alguna medida del esfuerzo de colecta aplicado, esto para saber si el esfuerzo de colecta es suficiente para que la estimación de la riqueza de especies sea aceptable en cada tipo de vegetación (Halffter, *et al*, 2001).

Como la forma de la curva (y por lo tanto la interpretación de esta) depende del orden específico en que ingresan las unidades de esfuerzo con sus respectivas especies registradas, las unidades de esfuerzo de colecta se aleatorizaron (reacomodaron) 100 veces usando el programa *EstimateS* versión 7.5.0, y con los promedios aleatorizados por unidad de esfuerzo se elaboró dicha

curva de acumulación, eliminando así la posibilidad de que algún orden específico de los datos tuviera un efecto significativo en la forma final de la curva.

#### **4. 4 Modelo de acumulación de especies**

Aunque la curva de acumulación de especies con datos aleatorizados permite una interpretación más objetiva que la de los datos sin este rearrreglo, su interpretación, sobre todo si con el esfuerzo de colecta realizado la curva ha alcanzado o no un crecimiento asintótico, sigue siendo subjetiva, por lo que se empleó una aproximación analítica: el modelo de dependencia lineal, el cual es adecuado para describir la acumulación de taxa o grupos bien conocidos, o bien cuando el área a estudiar es pequeña (Soberon y Llorente, 1993), como ocurre en este estudio. La aplicación de modelos de este tipo permite conocer el número teórico esperado de especies presentes en el área (asíntota de la curva), mediante la siguiente fórmula:

$$S(t) = (a/b) (1-\exp(-bt))$$

En donde  $a$  es la tasa de incremento de la lista al inicio de la colecta y  $b$  es la acumulación de especies,  $t$  es el esfuerzo de colecta y la relación  $a/b$  es la asíntota de la curva. La estimación de los parámetros del modelo se efectuó con el programa *CurveExpert* versión 1.3.

#### **4. 5 Riqueza**

La estimación de la riqueza de mamíferos pequeños se realizó exclusivamente mediante la captura de individuos, y para la estimación de la riqueza de mamíferos medianos y grandes se tomaron en cuenta tanto las huellas como los avistamientos realizados a lo largo de los transectos. Cabe aclarar que para la obtención de estos datos se tomaron en cuenta los diez muestreos realizados. La clasificación seguida es la propuesta por Ceballos *et al.* (2002).

#### 4. 6 Diversidad alfa

Se estimó por medio del índice de Shannon-Wiener, para los dos grupos de mamíferos (pequeños y medianos a grandes) en cada tipo de vegetación. En este índice se asume que los individuos provienen de una comunidad de tamaño infinito, que todas las especies están muestreadas al azar y permite comparaciones directas (Magurran, 1988). Se calcula de la siguiente manera:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log p_i$$

Donde:

$H'$  = Índice de diversidad de Shannon-Wiener

$S$  = Número de especies en la comunidad

$p_i$  = Proporción de individuos del total de la muestra que corresponde a la *i-ésima* especie en la comunidad.

Una vez que se calculó el índice de diversidad, se utilizó la prueba de *t* modificada de Hutchenson para comparar estadísticamente la diferencia entre los índices de Shannon-Wiener de dos comunidades (Zar, 1999):

$$T = (H'_1 - H'_2) / (S_{H'_1} - S_{H'_2})$$

Donde:

$H'_1$  = Índice de diversidad de Shannon-Wiener de Selva Mediana

$H'_2$  = Índice de diversidad de Shannon-Wiener de Bosque Mesófilo

$S_{H'_1}$  = Desviación estándar de l índice de Shannon-Wiener de la Selva Mediana

$S_{H'_1}$  = Desviación estándar de l índice de Shannon-Wiener del Bosque Mesófilo

##### 4.6.1 Abundancia

Para calcular abundancia se tomaron en cuenta los datos de siete periodos de muestreo (muestreo estandarizado) en ambos tipos de vegetación, en mamíferos de talla pequeña solamente se procedió a contabilizar el número total de individuos que se capturaron de la misma especie. Para calcular la abundancia de mamíferos medianos y grandes para cada especie a partir de las huellas, se

construyó un índice de tamaño dividiendo el ancho entre el largo de la huella, posteriormente se construyeron intervalos con una amplitud del 10 % a partir del valor del índice más pequeño, clasificando cada una de las huellas a partir de los valores de su índice en cada una de las clases, se asumió que cada clase representa un individuo.

#### 4. 6. 2 Dominancia

La dominancia muestra valores inversos al concepto de uniformidad o equitatividad de la comunidad, cuantifica el predominio numérico de la especie más abundante sin tomar en cuenta a las especies restantes. Esta propiedad se expresó por medio del índice de Berger-Parker, Moreno (2001):

$$D = N_{max}/N$$

Donde:

$D$  = Índice de dominancia de Berger-Parker

$N_{max}$  = Número de individuos en la especie más abundante

$N$  = Número de individuos en la muestra ó comunidad

#### 4. 7 Diversidad beta

El cambio en la constitución de especies de la comunidad entre los dos tipos de vegetación estudiadas se estimó mediante el índice de Whittaker (Magurran, 1988):

$$\beta_w = \frac{S}{\alpha} - 1$$

Donde:

$B_w$  = Índice de diversidad beta de Whittaker

$S$  = Número total de especies registradas

$\alpha$  = El promedio de diversidad de la muestra (número promedio de especies)

## **4.8 Variables ambientales**

Los valores de precipitación pluvial se obtuvieron a través del programa Erick2, un sistema de consulta de datos de las estaciones climáticas del país desarrollado por el Sistema Meteorológico Nacional. Aunque existe una estación meteorológica en el municipio, esta no funciona desde 1995, por lo que se calculó el promedio de los últimos diez años para los que sí se tiene información (1979-1984, 1991-1993 y 1995), los cuales fueron considerados como representativos de los valores normales en la zona. Así mismo, al inicio y al final de cada transecto se registró la altitud (con ayuda de GPS), la temperatura y la humedad relativa (utilizando un higrómetro) y con ayuda de un clinómetro se tomó la lectura de la inclinación del terreno.

Para estimar la cantidad (porcentaje) de cobertura vegetal horizontal, se tomaron los datos al inicio y al final de cada transecto usando el método que sugiere Griffith y Youtie (1988), que consiste en utilizar una regla de 2 m x 5 cm, la cual es dividida en 10 cuadros de 20 x 5 cm cada uno y pintados de forma alterna en blanco y negro, dicha regla se coloca a un costado del transecto y para tomar la lectura el observador se aleja 15 m del punto a muestrear sobre el costado del transecto y cuenta los cuadros visibles que equivalen a un 10 % de visibilidad cada uno y la diferencia entre los cuadros totales y los observados se expresa como el porcentaje de cobertura, que se interpreta como el porcentaje de protección que la vegetación proporciona a los animales. Cabe aclarar que para este trabajo se utilizaron dos reglas, por lo que participaron dos observadores, cada uno contaba los cuadros de la regla que sostenía el observador contrario, realizando esta actividad por ambos lados del transecto (izquierda y derecha) con la finalidad de que los datos fueran mas confiables.

### **4.8.1 Correlación entre índices de diversidad, variables ambientales y cobertura vegetal horizontal**

Para conocer el tipo y grado de relación entre las variables ambientales y el índice de diversidad se calculó el coeficiente no-paramétrico de correlación de Spearman (Daniel, 2005). Los índices de diversidad alfa se calcularon por

transecto y por tipo de vegetación y de la misma manera se obtuvo la media de cada variable, el coeficiente se calculó a través del programa NCSS (Hintze, 2004).

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

Donde:

$r_s$  = erre de Spearman

$d_i$  = es una diferencia entre los rangos X y Y

$n$  = tamaño de la muestra

## V. RESULTADOS

### 5.1 Esfuerzo de colecta y éxito de captura

El esfuerzo de colecta total para los dos tipos de vegetación en los siete períodos de muestreo fue de 3500 trampas tipo Sherman (500 trampas X 7 periodos de muestreo), logrando un total de 120 capturas de mamíferos de talla pequeña, lo cual representa el 3.42 % de éxito de captura. Para mamíferos de talla mediana se recorrieron un total de 70 km logrando un total de 115 registros (avistamientos, excretas, huellas y madrigueras) lo que se convierte en 1.64 rastros por km recorrido, aunque algunas huellas no fueron incluidas para el análisis de abundancia, ya que no era posible obtener medidas exactas para la implementación del índice.

#### Mamíferos pequeños

En bosque mesófilo se colocaron 300 trampas tipo Sherman (100 trampas por noche) para mamíferos terrestres de talla pequeña, lo que da un total de 2100 trampas para las siete salidas, logrando una captura de 93 ejemplares (4.42 % éxito de captura). En selva mediana se colocaron 200 trampas Sherman (100 trampas por noche), lo que da un total de 1400 trampas para las siete salidas, logrando la captura de 27 ejemplares (1.92 % éxito de captura).

### Mamíferos medianos y grandes

En el bosque mesófilo se recorrieron un total de 42 kilómetros en los siete períodos de muestreo (tres transectos de 2 km por salida) para el registro de especies a través de huellas, excretas y avistamientos, logrando 18 registros (0.42 rastros por km recorrido). En selva mediana se recorrieron 28 kilómetros en total (dos transectos por período de muestreo) registrando un total de 97 rastros (3.46 rastros por km recorrido).

## **5.2 Curva y modelo de acumulación de especies**

### Mamíferos pequeños

En bosque mesófilo el esfuerzo de colecta fue suficiente con siete períodos de muestreo de acuerdo al modelo de dependencia lineal, ya que la asíntota está dada con nueve especies, mismo número que fueron identificadas en el estudio (Fig. 2). En selva mediana el modelo indicó que la asíntota se encuentra en seis especies, mismas que se registraron, lo que indica que el esfuerzo de colecta también fue suficiente en este tipo de vegetación (Fig. 3).

### Mamíferos medianos y grandes

Para bosque mesófilo el modelo de dependencia lineal muestra que la asíntota está dada con tres especies, mientras que en campo se registraron seis, por lo tanto el esfuerzo de colecta puede ser considerado más que suficiente (Fig. 4). Para selva mediana el modelo de acumulación ubica la asíntota con seis especies y las registradas son 10, por lo que también aquí puede afirmarse que el esfuerzo de colecta aplicado fue suficiente (Fig. 5).

### Mamíferos pequeños, medianos y grandes

Analizando simultáneamente tanto especies de talla pequeña como de mediana y grande, en el bosque mesófilo con el modelo de dependencia lineal se observa que el esfuerzo de colecta no fue el suficiente, ya que la asíntota se ubica en 17 especies, mientras que las que se registraron fueron 15 (Fig. 6). En selva mediana el modelo de dependencia lineal arroja una estimación 18 especies en la

asíntota y solamente se registraron 16, por lo tanto el esfuerzo de colecta no fue suficiente (Fig. 7) y es probable que con una cantidad adicional de esfuerzo de colecta se registren hasta cuatro especies más: dos en cada tipo de vegetación.

### **5. 3 Riqueza**

Como ya se mencionó, los datos de los diez muestreos se emplearon para integrar el listado de especies de mamíferos terrestres del Municipio. En total se registraron 6 órdenes, 13 familias, 23 géneros y 23 especies de mamíferos pequeños, medianos y grandes (Cuadros 1 y 2).

#### Mamíferos pequeños

En el bosque mesófilo se identificaron nueve especies distribuidas en nueve géneros, cuatro familias y tres órdenes (Cuadro 1). En selva mediana se identificaron seis especies, distribuidas en seis géneros, tres familias y dos órdenes (Cuadro 2).

#### Mamíferos medianos y grandes

En el bosque mesófilo se identificaron seis especies distribuidas en seis géneros, cinco familias y tres órdenes (Cuadro 1). Se obtuvieron moldes de huellas en yeso de dos especies (*Panthera onca* y *Mazama americana*), se colectaron excretas de una (*Panthera onca*) y se registraron tres especies por avistamiento (*Eira barbara*, *Nasua narica* y *Sciurus aureogaster*). El registro de *Leopardus wiedii* fue por medio de un ejemplar por gente de la comunidad en uno de los transectos.

En selva mediana se encontraron 10 especies, distribuidas en 10 géneros, nueve familias y cinco órdenes (Cuadro 2). Se identificaron huellas de ocho especies (*Lontra longicaudis*, *Panthera onca*, *Mazama americana*, *Procyon lotor*, *Didelphis marsupialis*, *Dasybus novemcinctus*, *Cuniculus paca* y *Dasyprocta punctata*), se colectaron excretas de una (*Lontra longicaudis*), finalmente se registraron tres especies por avistamiento (*Lontra longicaudis*, *Nasua narica* y *Sciurus aureogaster*).

### Mamíferos pequeños, medianos y grandes

Para bosque mesófilo en los siete muestreos se obtuvo el registro de 15 especies, que representan 15 géneros, nueve familias y cinco órdenes (Cuadro 1). En la selva mediana se han registrado 16 géneros, 16 especies de mamíferos terrestres, distribuidos en 11 familias y cinco órdenes (Cuadro 2).

## **5.4 Diversidad alfa**

### Mamíferos pequeños

Para el bosque mesófilo el valor de diversidad alfa es de  $H' = 1.53$  y para la selva mediana fue de 1.21, la diferencia entre estos valores fue significativa (prueba de Hutchenson:  $t = 1.71$ , 99.8 grados de libertad).

### Mamíferos medianos y grandes

Para el bosque mesófilo el valor de índice de Shannon-Wiener fue de 1.75 y para la selva mediana el valor 2.15, al comparar la diferencia de valores con la prueba de T de Hutchenson se concluye que no existen diferencias estadísticamente significativas ( $t = 1.13$ , grados de libertad=5.69).

### Mamíferos pequeños, medianos y grandes

Para el bosque mesófilo el valor de  $H'$  fue de 1.8033 y para la selva mediana 2.3094. La diferencia entre ambos valores fue significativa ( $t = 2.47$  y 45 grados de libertad).

## **5. 4. 1 Abundancia**

### Mamíferos pequeños

De las nueve especies registradas en el bosque mesófilo *Peromyscus mexicanus* fue la especie más abundante con 36 ejemplares, siguiéndole *Oryzomys chapmani* con 31, y la especie menos abundante fue *Sorex sp.* ya que sólo se capturó un ejemplar (Cuadro 3).

En selva mediana se registró un total de seis especies, siendo también *Peromyscus mexicanus* la especie más abundante con 13 ejemplares, seguida por

*Oryzomys chapmani* con ocho ejemplares. Las especies menos abundantes fueron *Philander opossum*, *Heteromys desmarestianus* y *Liomys irroratus*, cuyo registro consistió solamente de un ejemplar por especie (Cuadro 4).

### Mamíferos medianos

En el bosque mesófilo se registró un total de seis especies, cada una representada por un ejemplar, con excepción de *Sciurus aureogaster*, de la que se estimó una abundancia de dos ejemplares. Estos valores fueron calculados a partir de los intervalos para el índice de tamaño de huellas.

En el caso del jaguar se encontraron dos tipos de rastros (excretas y huellas) en dos transectos diferentes (separados por ocho kilómetros aproximadamente) en la misma fecha, pero cabe aclarar que la abundancia se consideró como un sólo individuo, ya que esta especie tiene un ámbito hogareño amplio.

Para el caso de los tejones y las ardillas el registro fue por avistamiento. Los registros de ardillas ocurrieron en transectos y fechas diferentes, pero como esta especie tiene un ámbito hogareño pequeño su abundancia se contempló como dos individuos (Cuadro 5).

De las 10 especies encontradas en selva mediana, *Didelphis marsupialis* fue la más abundante con cuatro ejemplares, seguida de *Dasyprocta punctata* con tres ejemplares. Las especies menos abundantes fueron *Dasypus novemcinctus*, *Lontra longicaudis*, *Nasua narica*, *Procyon lotor*, *Mazama americana* y *Sciurus aureogaster* que solamente se contabilizaron con sólo un ejemplar por especie.

Para algunas especies se obtuvieron moldes de huellas de patas y manos, por lo que se calcularon índices para patas y manos, al construir los intervalos y cuantificar la abundancia, se tomó en cuenta el dato más conservador (i.e., el valor más pequeño). Para *Lontra longicaudis* se consideró una abundancia de un individuo, valor obtenido con los índices de pata, aunque con los derivados de la mano se obtuvo un valor de cinco individuos. Para *Didelphis marsupialis* las estimaciones de abundancia fueron cuatro con el índice de pata y cinco con el de mano. Finalmente de *Cuniculus paca* las estimaciones obtenidas fueron de dos con el índice de mano y cuatro con el de pata (Cuadro 5 y 6).

Al comparar las abundancias entre tipos de vegetación con la prueba de Wilcoxon se observó que las diferencias entre las abundancias de los mamíferos no eran significativas. Por lo que se puede concluir que las abundancias promedio entre los dos tipos de vegetación no son significativamente distintas.

#### **5. 4. 2 Dominancia**

##### Mamíferos pequeños

Para el bosque mesófilo *Peromyscus mexicanus* fue la especie dominante con 36 ejemplares capturados, que representan un 38.70%. En la selva mediana de las seis especies registradas también fue la especie dominante con 13 ejemplares capturados que representan el 48.14 %.

##### Mamíferos medianos y grandes

Para el bosque mesófilo *Sciurus aureogaster* fue la especie dominante con dos ejemplares que representan el 28.57%. De las 10 especies registradas en la selva mediana *Didelphis marsupialis* fue la más abundante con cuatro ejemplares que representan el 23.52 % de dominancia

#### **5. 5 Diversidad beta**

Al emplear el índice de diversidad beta de Whittaker ( $S = 23$  y  $\alpha = 15.5$ ), el valor que se obtiene es de  $\beta_w = 0.4838$ , este valor indica que existe un recambio de especies cercano a un 50 % de las especies totales registradas entre tipos de vegetación.

#### **5. 6. Variables ambientales**

El promedio mensual de lluvia en Santiago Comaltepec (estación meteorológica Humo Chico) en diez años fue 9.77 cm, en la Figura 8 se muestran los valores promedio por mes.

##### Bosque mesófilo

De los 21 transectos muestreados se registró una altitud promedio de 1139

mnsn, 40° de inclinación del terreno, 83 % de humedad relativa y 22°C de temperatura. Como ya se mencionó, estos valores son los promedios de los valores tomados al principio y al final de cada transecto, se presenta una grafica con el promedio mensual de temperatura y humedad relativa mensual (Fig. 9). La cobertura vegetal horizontal promedio fue 46.75%.

Selva mediana.

De los 14 transectos muestreados se obtuvieron los siguientes promedios: altitud 542 msnm, 8° inclinación del terreno, humedad relativa 79 % y temperatura 26° C (figura 10). La cobertura vegetal horizontal promedio fue de 63.75%.

Para las variables (Temperatura, humedad relativa y cobertura vegetal horizontal) se aplicaron las pruebas de T Student, para saber si había diferencias significativas entre los dos tipos de vegetación. Estas pruebas demostraron que para cobertura vegetal horizontal y humedad relativa la diferencia no es significativa, caso contrario de la temperatura, cuyos valores muestran una diferencia significativa entre los dos tipos de vegetación, estas pruebas se realizaron con un 95% de confiabilidad.

### **5. 6. 1. Correlación entre índices de diversidad, variables ambientales y cobertura vegetal horizontal**

#### Mamíferos pequeños

Bosque mesófilo.

El análisis de correlación entre los índices de diversidad de Shannon Wiener de mamíferos pequeños no muestra valores significativos con la temperatura; con la humedad relativa hay una correlación negativa pero no es significativa; respecto a la cobertura existe una correlación negativa y con una alta significancia, para precipitación no existe correlación con la precipitación (Cuadro 7).

Selva mediana

Respecto a mamíferos pequeños no fue posible aplicar el índice de correlación de Spearman, debido a que en este tipo de vegetación, por cuestiones logísticas no fue posible muestrear los dos transectos, solamente a uno, y los datos no son suficientes para aplicar dicho índice.

### Mamíferos medianos

Bosque mesófilo.

El análisis de correlación entre los índices de diversidad de Shannon Wiener muestra que no existen relaciones significativas con ninguna de las variables ambientales (Cuadro 8).

Selva mediana.

Al igual que en el caso anterior, no existe correlación significativa entre la diversidad expresada con el índice de Shannon-Wiener y las variables ambientales (Cuadro 9).

## **VI. DISCUSIÓN**

En este estudio se tomó como criterio de clasificación de la talla el que los ejemplares fueran capturados en trampas Sherman para clasificarlos como de talla pequeña, a diferencia de Nor (2001) que incluyó en esta categoría a aquellas especies cuyos individuos no sobrepasaran los 5 kg de peso. De aplicar el mismo criterio en este estudio es probable que los patrones obtenidos fueran distintos, sin embargo también es importante que el criterio o límite de 5 kg no tiene justificación biológica o metodológica aparente y por lo tanto es arbitrario. El criterio aquí aplicado si bien tampoco tiene justificación biológica, si representa una aproximación práctica, porque los dispositivos de captura por sí mismos representan un criterio constante de selección.

En éxito de captura (y por lo tanto abundancia) de mamíferos obtenidos en Santiago Comaltepec puede ser considerado como elevado, al menos para mamíferos pequeños (3.42%). Por ejemplo Cruz-Lara *et al.* (2004) obtuvo un éxito de captura de (2.54%) en una selva mediana y cafetales del estado de Chiapas,

muestreando en época seca y de lluvias. Además, el valor obtenido en Oaxaca derivó de muestrear únicamente en la estación seca, mientras que en el estudio realizado en Chiapas se incluyeron ambas temporadas.

Goodwin (1969) menciona una riqueza de cuatro órdenes, seis familias, 12 géneros y 16 especies para el Municipio de Santiago Comaltepec, Ixtlán, Oaxaca. En el presente estudio se registraron dos ordenes no mencionados previamente, (Xenarthra y Artiodactyla). Al nivel de familia se registraron siete taxa adicionales (Marmosidae, Dasypodidae, Felidae, Procyonidae, Cervidae, Cuniculidae y Dasyproctidae), así mismo se encontraron 16 especies nuevas para la zona: un didelfimorfo (*Philander opossum*), un insectívoro (*Sorex sp.*), un xenarthro (*Dasypus novemcinctus*), cinco carnívoros (*Leopardus wiedii*, *Panthera onca*, *Lontra longicaudis*, *Nasua narica* y *Procyon lotor*), un artiodactilo (*Mazama americana*) y siete roedores (*Sciurus aureogaster*, *Liomys irroratus*, *Nyctomys sumichrasti*, *Oligoryzomys fulvescens*, *Sigmodon hispidus*, *Cuniculus paca* y *Dasyprocta punctata*).

Escalante *et al.* 2002 analizaron la diversidad de mamíferos terrestres de México, utilizando la base de datos de colecciones biológicas y la información disponible en literatura, encontrando que el orden Rodentia es el mejor representado, así como la familia Muridae, y a nivel de género *Peromyscus*. Esta información se confirmó con los resultados obtenidos en el presente estudio, ya que el mismo orden, familia y género fueron los mejor representados, incluso para ambos tipos de vegetación.

## VII. CONCLUSION

Respecto a mamíferos pequeños el bosque mesófilo presenta la mayor diversidad, al menos estimada con el índice de Shannon-Wiener, mientras que la selva mediana presenta una mayor diversidad de mamíferos de talla media y grande, aunque esta no es significativa.

Comparando la diversidad de ambos tipos de vegetación, es la selva mediana quien posee la mayor diversidad.

El orden de los roedores fue el más representativo en este estudio, en particular la familia Muridae y dentro de esta el género *Peromyscus*, con *P. mexicanus* como el único representante del género.

El recambio de especies entre los dos tipos de vegetación es relativamente alto, casi del 50%, lo cual es un reflejo de lo que ocurre al nivel de país: los sitios individuales no son especialmente diversos, pero en conjunto y debido a la baja similitud en la composición específica entre ellos, representan una diversidad considerable.

Aunque no se encontró correlación significativa entre la diversidad de mamíferos medianos estimada con el índice de Shannon-Wiener y las variables ambientales analizadas (temperatura, humedad relativa, cobertura vegetal horizontal y precipitación), es probable que sea un artefacto metodológico y mediciones más precisas y sincrónicas que con el muestreo puedan mostrar un patrón diferente.

El valor de conservación de la zona es reflejada por la presencia de tigrillo (*Leopardus wiedii*), jaguar (*Panthera onca*) y nutria de río (*Lontra longicaudis*), especies que están incluidas en el convenio sobre el comercio de especies amenazadas de fauna y flora silvestres (CITES por sus siglas en inglés) y en la norma oficial mexicana (NOM-059), y no está por demás mencionar la presencia del ratón endémico mexicano *Oryzomys chapmani*. Finalmente cabe mencionar que además de estas especies, el modelo de acumulación de especies señala que aún es probable registrar varias especies nuevas para la zona si se incrementa el esfuerzo de colecta en la zona.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Alfaro, Ana Ma., J. L. García-García y A. Santos-Moreno. 2005. The false vampire bat, *Vampyrum spectrum*, in Oaxaca, México. *Bat Research News* 46:145-146.
- Aranda, M. 2000. Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. Instituto de Ecología, A. C., Xalapa, México. 212 pp.
- Arita, H. T. 1993. Riqueza de especies de la mastofauna de México. Pp. 109-128. *In: Medellín R. A. y G. Ceballos (eds.). Avances en el estudio de los mamíferos de México.* Publicaciones especiales, Vol. I, Asociación Mexicana de Mastozoología, México, D. F.
- Arita, H. T. y L. León P. 1993. Diversidad de mamíferos terrestres. *Revista Ciencias* 7:13-21.
- Arriaga, L., J. M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez y L. González (Coordinadores). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Conocimiento Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México. 609 pp.
- Briones-Salas, M., V. Sánchez-Cordero y A. Santos-Moreno. 2004. Diversidad de murciélagos en el gradiente altitudinal de la Sierra Mazateca, Oaxaca, México. Pp. 65-74. *In: Sánchez-Cordero V. y R. A. Medellín (eds.). Contribuciones Mastozoológicas en homenaje a Bernardo Villa.* Instituto de Biología e Instituto de Ecología, UNAM, México, D. F. 500 pp.
- Briones-Salas, M. A. y A. Santos-Moreno. 2002. First record of *Tonatia brasiliense* (Chiroptera, Phyllostomidae) in Oaxaca, México. *The Southwestern Naturalists*, 47:137-138.

- Briones-Salas, M. A y V. Sánchez-Cordero. 2004. Mamíferos. Pp. 423-447. *In*: A. J. García-Mendoza, M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.), Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo oaxaqueño para la conservación de la naturaleza, Word Wildlife Fund. México.
- Ceballos, G., J. Arroyo-Cabrales y R. A. Medellín. 2002. The mammals of México: Composition, distribution and conservation status. *Occasional Papers of the Museum, Texas Tech University* 218:1-27.
- Cervantes, F. y L. Yépez. 1995. Species richness of mammals from the vicinity of Salina Cruz, coastal Oaxaca, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (serie zoología)* 66:113-122.
- Chávez, C. y G. Ceballos. 1998. Diversidad y estado de conservación de los mamíferos del estado de México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 3:113-134.
- CONABIO. 1998. La diversidad biológica de México: Estudio de país, 1998. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F. 341 pp.
- Cruz Espinoza A. 2003. Abundancia relativa de carnívoros en un área comunal de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca. Memoria de residencia profesional de licenciatura en biología. Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca No. 23. 40 pp.
- Cruz-Lara, L. E., C. Lorenzo, L. Soto, E. Naranjo y N. Ramírez-Marcial. 2004. Diversidad de mamíferos en cafetales y selva mediana de las cañadas de la selva lacandona, Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana* 20:63-81.

- Daniel, W. W. 2005. Bioestadística. Limusa Wiley. México, D. F.
- Escalante, T., D. Espinosa y J. J. Morrone. 2002. Patrones de distribución geográfica de los mamíferos terrestres de México. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie) 87: 47-65.
- Estudios Rurales y Asesoría, A. C. (ERA). 1995. Mapa de ordenación territorial. Centro de cartografía y calculo.
- Estudios Rurales y Asesoría, A. C. (ERA). 1997. Mapa de vegetación y uso del suelo del municipio de Santiago Comaltepec, Oaxaca, México.
- Fa, John E. y L. M. Morales. 1998. Patrones de diversidad de mamíferos de México. Pp. 315-352. *In*: T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). Diversidad Biológica de México, orígenes y distribución. Instituto de Biología de la UNAM, México, D. F.
- Galindo-Leal, C. y M. Weber. 1998. El venado de la Sierra Madre Occidental: Ecología, manejo y conservación. EDICUSA-CONABIO. México, D. F. Pp. 204-205.
- García-García, J. L. y A. Santos-Moreno. (sometido). First record of *Eptesicus brasiliensis* in Oaxaca, México. Southwestern Naturalist.
- Goodwin, G. G. 1969. Mammals from the state of Oaxaca, Mexico, in the American Museum of Natural History. Bulletin of the American Museum of Natural History 141:1-269.
- Gotelli, N. y R. Colwell. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. Ecology Letters 4:379-391.

- Griffith, B. y B. A. Youtie. 1988. Two devices for estimating foliage density and deer hiding cover. *Wildlife Society Bulletin* 16:206-211.
- Halffter, G., C. E. Moreno y E. O. Pineda. 2001. Manual para la evaluación de la biodiversidad en Reservas de la Biosfera. M & T Manuales y Tesis SEA, vol. 2. Zaragoza. 80 pp.
- Halffter, G. y E. Ezcurra. 1992. ¿Qué es la biodiversidad?. *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie), Volumen Especial 1:3-23.
- Hintze, J. 2004. NCSS and PASS. Number Cruncher Statistical Systems. Kaysville, Utah. WWW.NCSS.COM.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2002. Anuario estadístico del estado de Oaxaca. Tomo I. México, D. F.
- Leopold, A. S. 1959. Fauna silvestre de México. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México. 608 pp.
- Luna Krauletz, M. D. 2005. Distribución, abundancia y conservación de carnívoros en Santiago Comaltepec, Sierra Madre de Oaxaca, México. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca No. 23. 63 pp.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press. New Jersey. 179 pp.
- Monadjem, A. 1999. Geographic distribution patterns of small mammals in Swaziland in relation to abiotic factors and human land-use activity. *Biodiversity and Conservation* 8:223-237.

- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Manuales y Tesis SEA. Vol. 1. España. 84 pp.
- Nor, S. M. D. 2001. Elevational diversity patterns of small mammals on Mount Kinabalu, Sabah, Malaysia. *Global Ecology and Biogeography* 10:41-62.
- Ojasti, J. 2000. Manejo de fauna silvestre neotropical. SIMAB Series No. 5. Smithsonian Institution/MAB Program, Washington, D. C. p. 71-108.
- Robertson, P. B. y E. A. Rickart. 1975. *Cryptotis magna*. *Mammalian Species*, 61:1-2.
- Robertson, P. B. y G. G. Musser. 1976. A new species of *Peromyscus* (Rodentia: Cricetidae), and a new specimen of *P. simulatus* from southern Mexico, with comments of their ecology. *Occasional Papers of the Museum of Natural History, University of Kansas* 47:1-8.
- Rodríguez, P., J. Soberón y H. T. Arita. 2003. El componente beta de la diversidad de mamíferos de México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 89:241-259
- Sanchez-Cordero, V. 2001. Elevation gradients of diversity for rodents and bats in Oaxaca, México. *Global Ecology and Biogeography* 10:63-76.
- Santos-Moreno, A., M. Briones-Salas y G. González. (Enviado). Patterns of distribution of small terrestrial mammals from Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. *Mastozoología Neotropical*.
- Santos-Moreno, A., M. Briones-Salas, G. González-Pérez y T. de J. Ortiz. 2003. *Rheomys mexicanus* (Rodentia, Muridae) and *Lontra longicaudis annectens*

(Carnivora, Mustelidae) in Sierra Norte de Oaxaca, Mexico. *The Southwestern Naturalists* 48:312-313.

Soberón, J. y J. Llorente. 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology* 7:480-488.

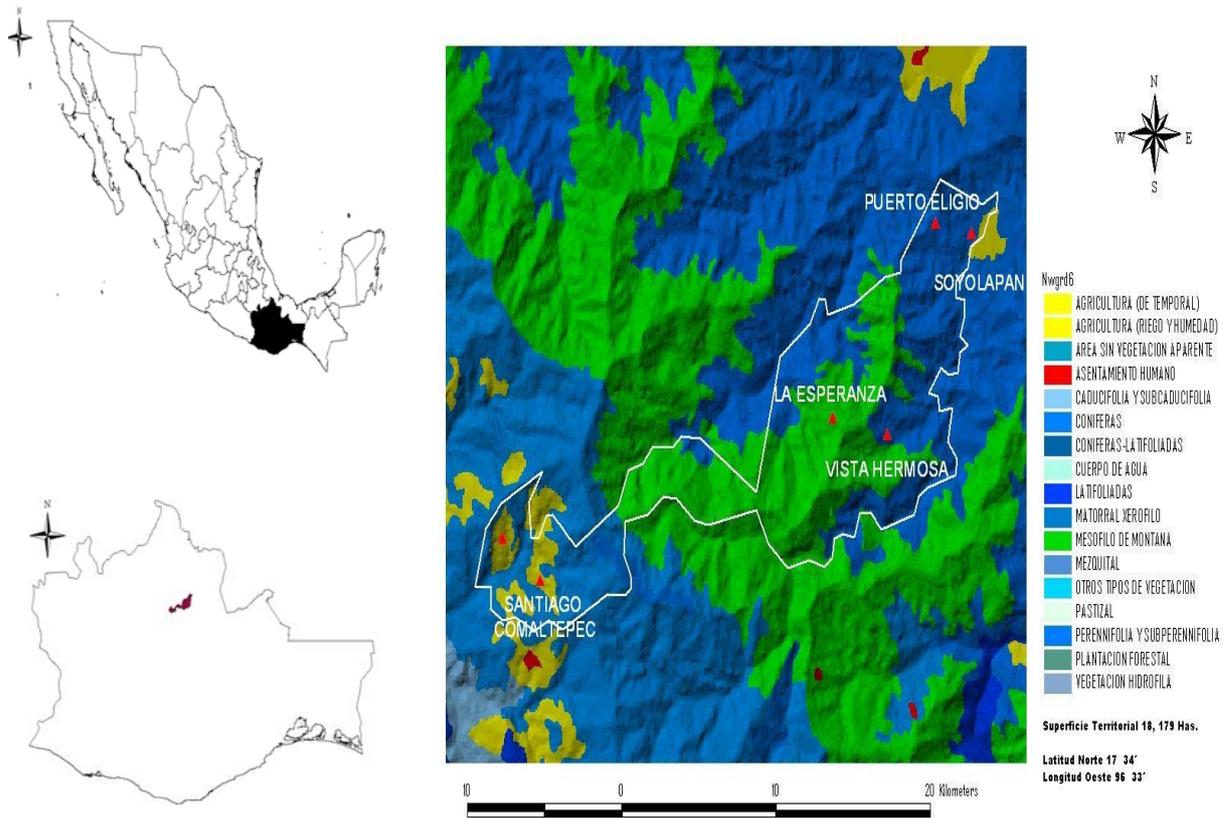
Velásquez Morales, L. 2001. Diversidad y estructura de la comunidad de mamíferos no voladores en Ixtlán de Juárez, Oaxaca. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca No. 23. 54 pp.

Villa R., B. y F. A. Cervantes. 2003. Los mamíferos de México. Iberoamerica e Instituto de biología UNAM. México. 140 pp.

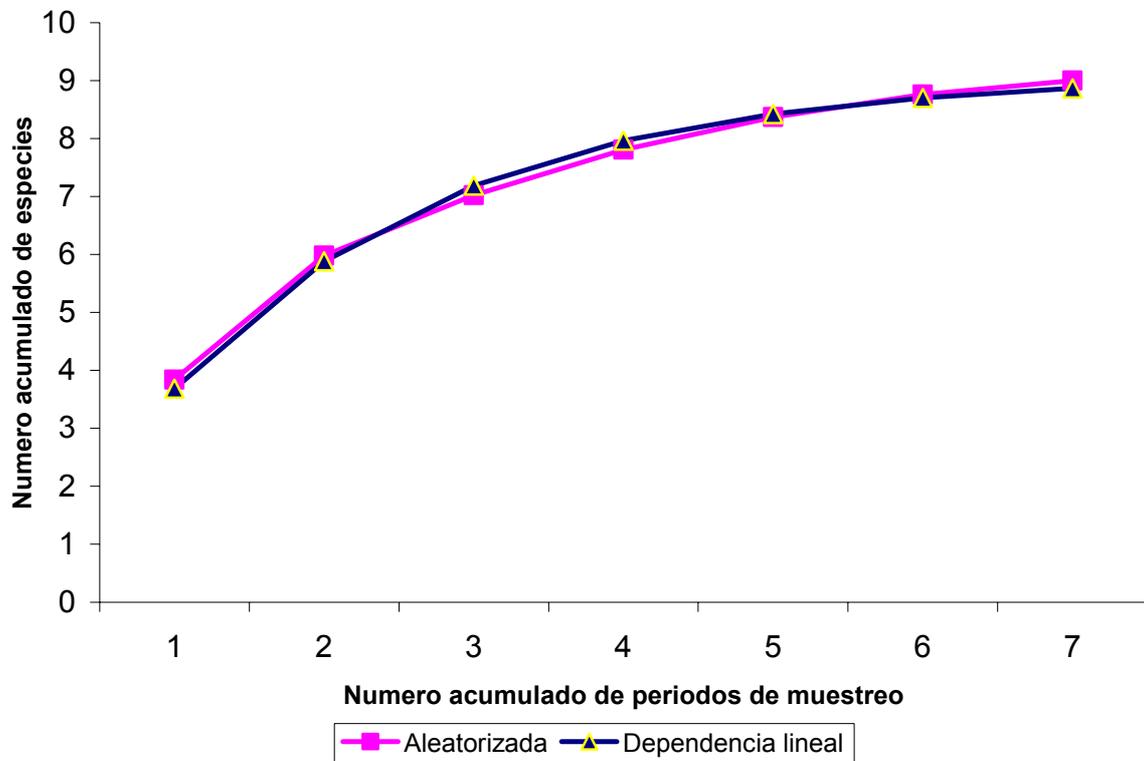
Williams-Linera, G., G. Halffter y E. Ezcurra. 1992. Estado de la biodiversidad en México. Pp. 285-312. *In*: Halffter G. (compilador). La diversidad biológica de Iberoamerica. *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie) Volumen Especial

Zar, J. H. 1999. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall. USA P. 156-157.

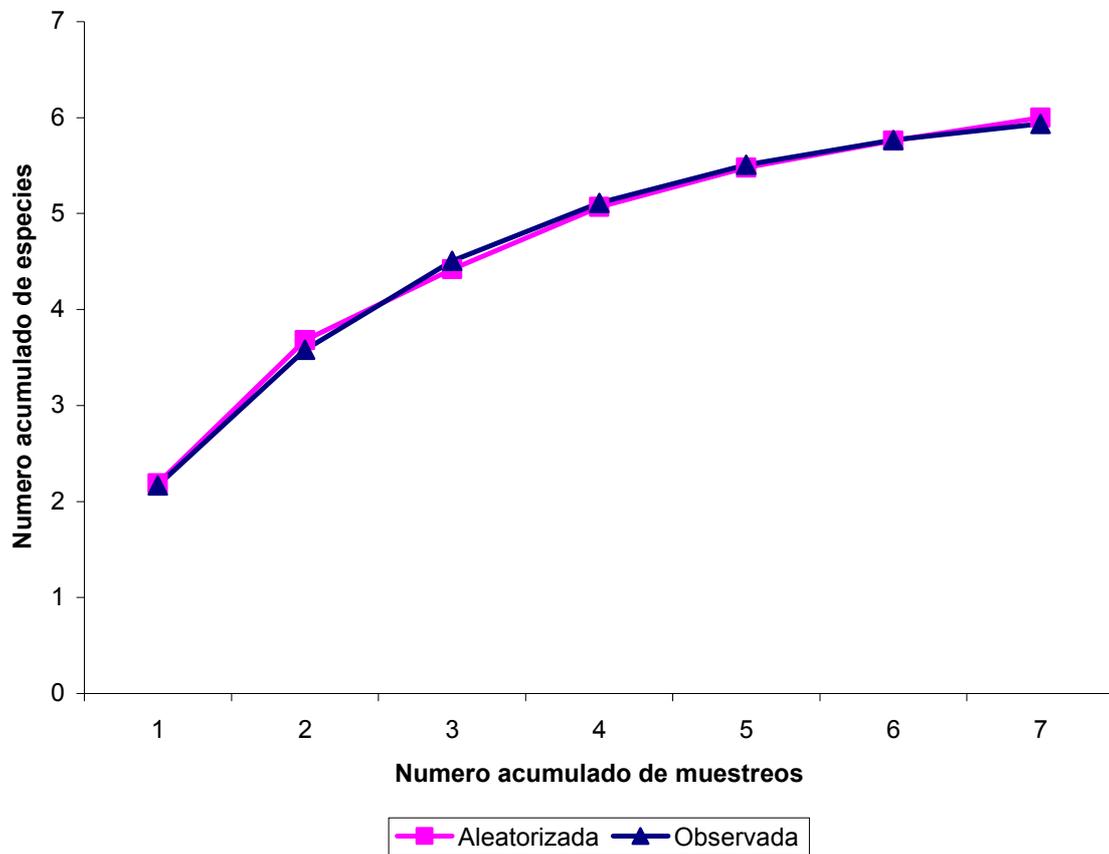
## IX. FIGURAS Y CUADROS



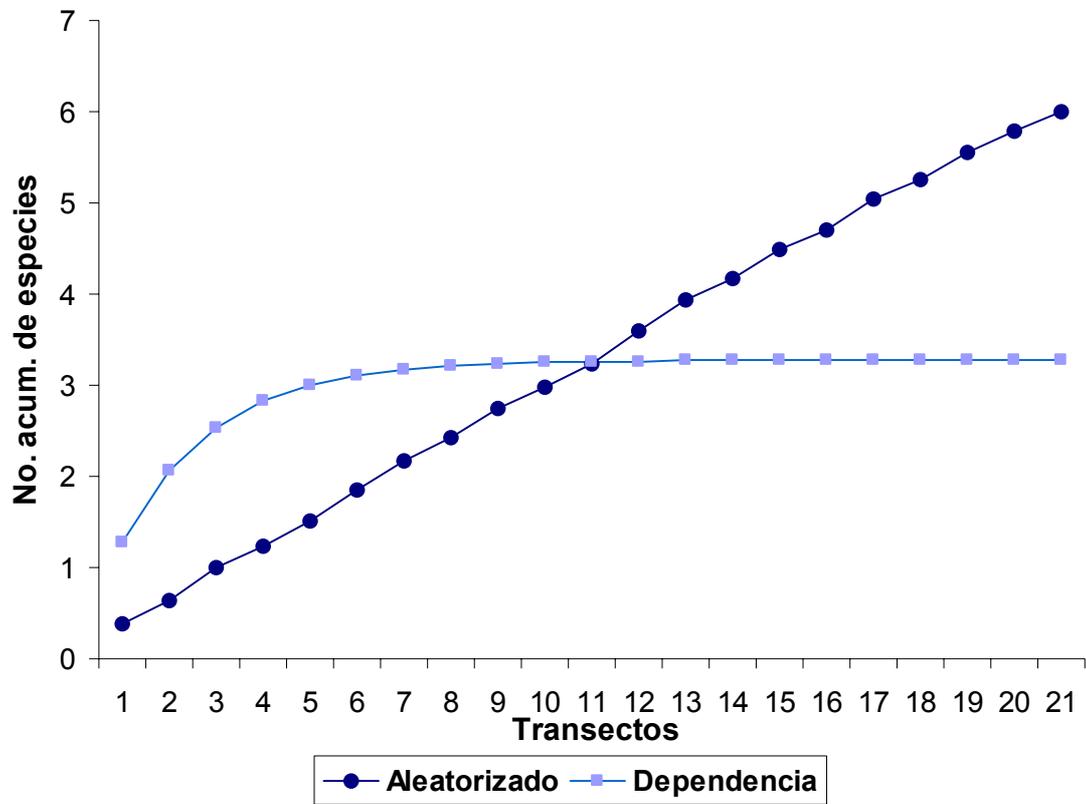
**Figura 1.** Ubicación geográfica y mapa de vegetación del Municipio, Santiago Comaltepec, Sierra Norte, Oaxaca, México.



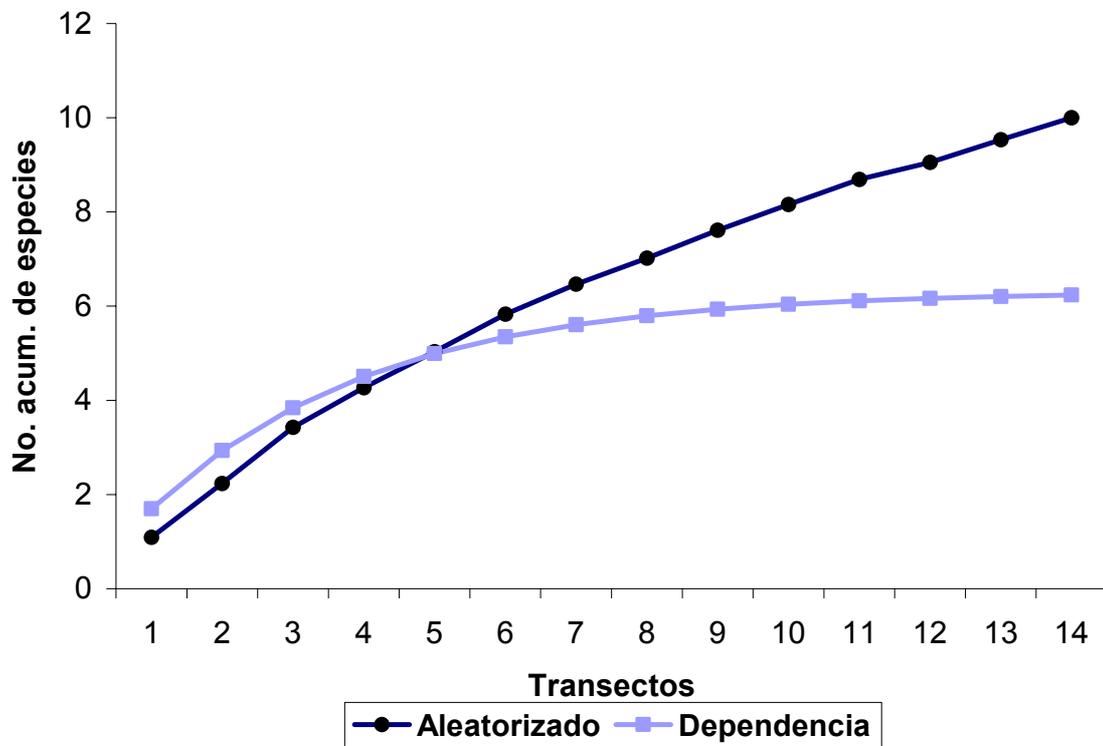
**Figura 2.** Modelo de dependencia lineal y curva de acumulación de especies, para mamíferos de talla pequeña en bosque mesófilo.



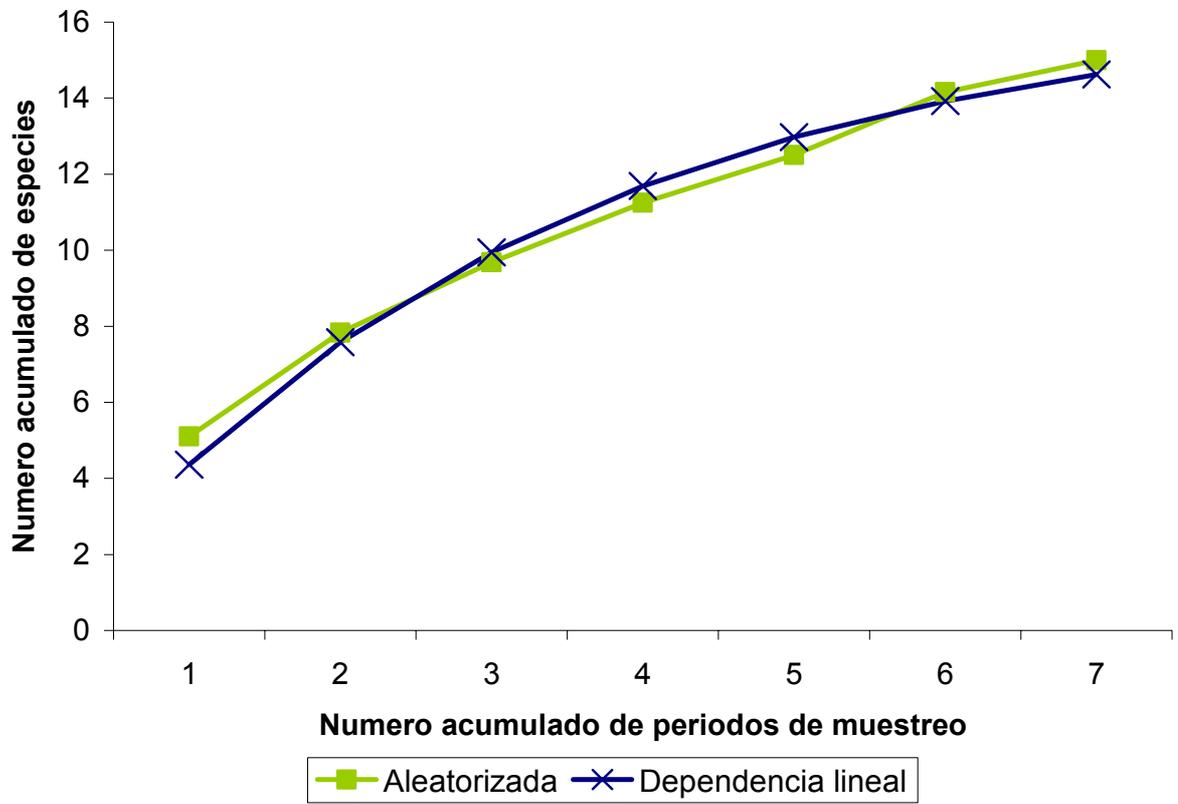
**Figura 3.** Modelo de dependencia lineal y curva de acumulación de especies, para mamíferos de talla pequeña en selva mediana.



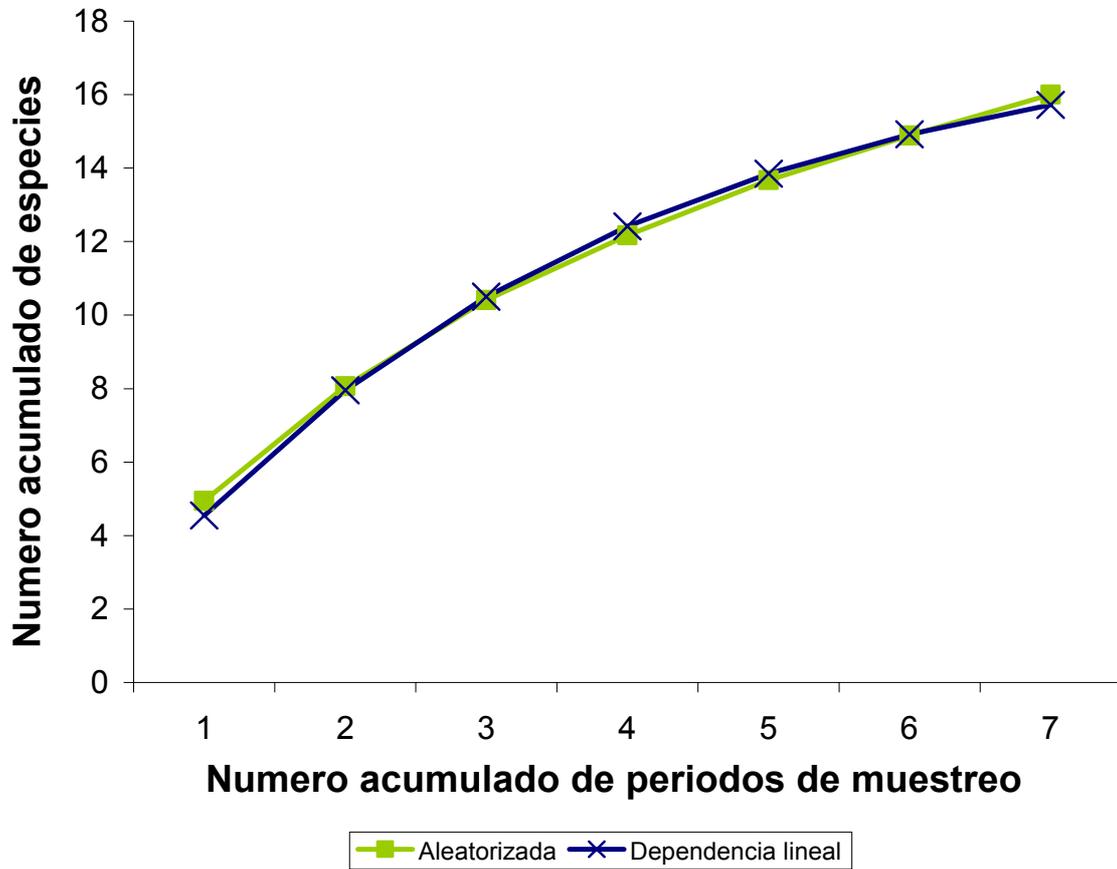
**Figura 4.** Modelo de dependencia lineal y curva de acumulación de especies, para mamíferos de talla mediana y grande en bosque mesófilo de montaña.



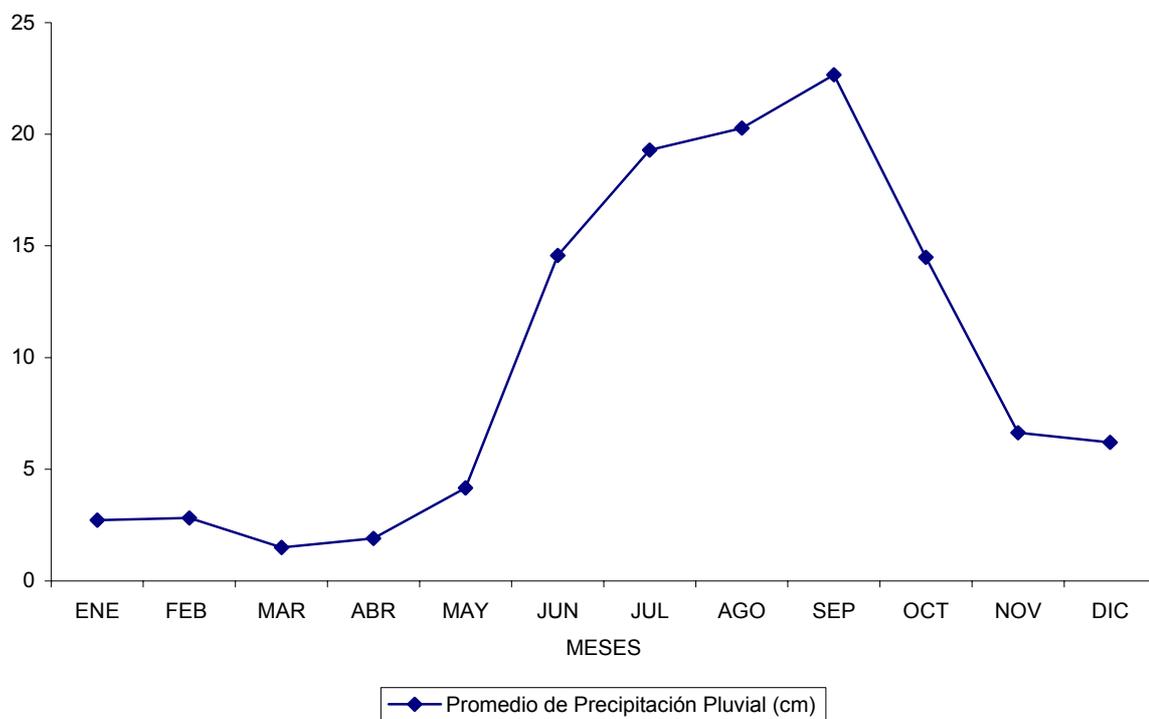
**Figura 5.** Modelo de dependencia lineal y curvas de acumulación de especies para mamíferos de talla mediana y grande en selva mediana.



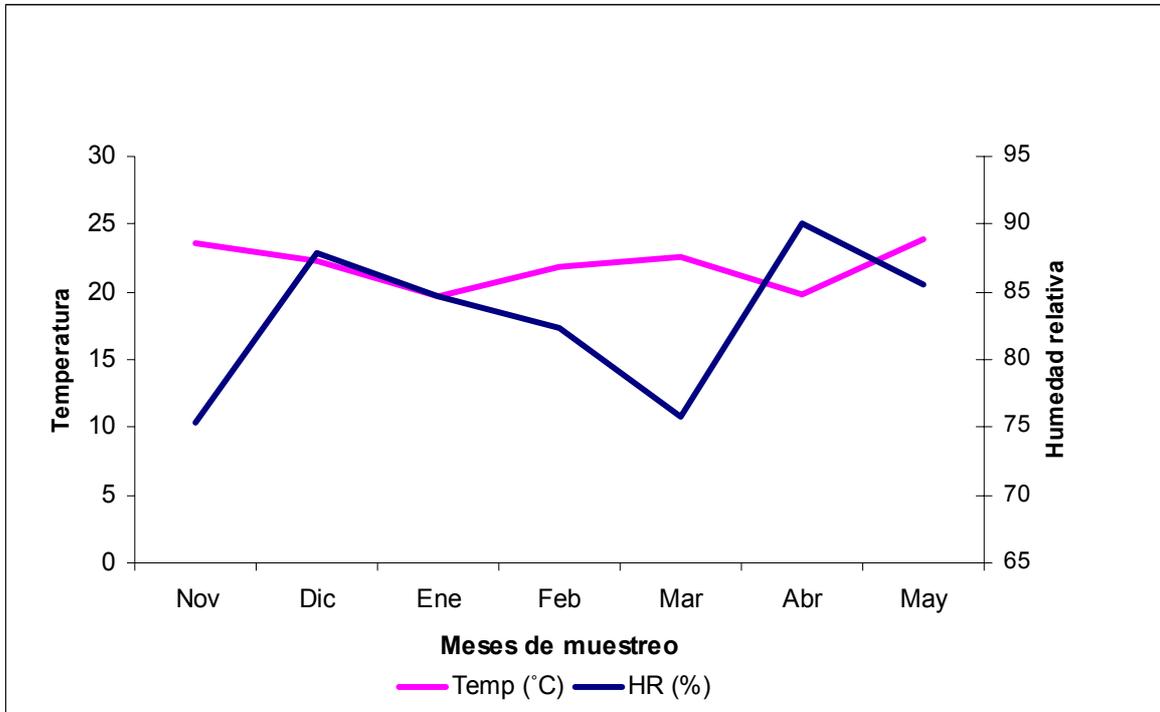
**Figura 6.** Modelo de dependencia lineal y curva de acumulación de especies, para mamíferos de talla pequeña, mediana y grande en bosque mesófilo de montaña.



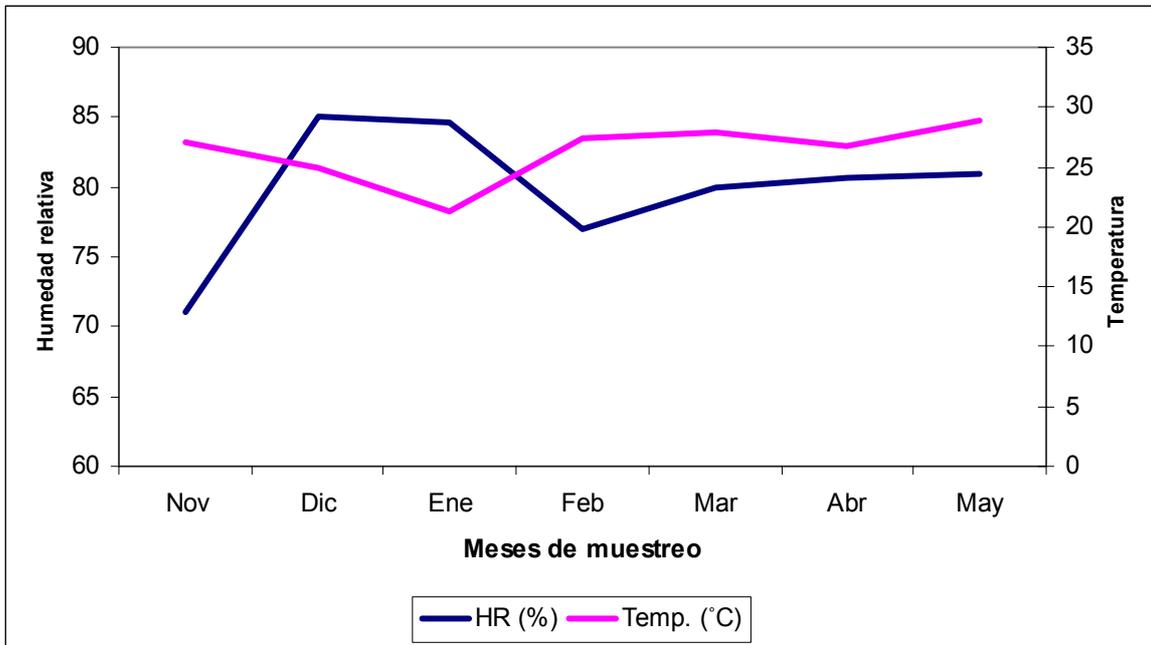
**Figura 7.** Modelo de dependencia lineal y curva de acumulación de especies, para mamíferos de talla pequeña, mediana y grande en selva mediana.



**Figura 8.** Precipitación pluvial media mensual (cm) para el Municipio de Santiago Comaltepec.



**Figura 9.** Promedio mensual de temperatura (Temp) y humedad relativa (HR) en bosque mesófilo.



**Figura 10.** Promedio mensual de temperatura (Temp) y humedad relativa (HR) en selva mediana.

**Cuadro 1.** Listado taxonómico de mamíferos terrestres presentes en bosque mesófilo de montaña en el Municipio de Santiago Comaltepec. (\*) Endémico a México.

---

ORDEN DIDELPHIMORPHIA

FAMILIA MARMOSIDAE

*Marmosa mexicana* Merriam, 1897 \*

ORDEN INSECTIVORA

FAMILIA SORICIDAE

*Sorex sp.*

ORDEN CARNIVORA

FAMILIA FELIDAE

*Leopardus wiedii* (Schinz, 1821)

*Panthera onca* (Linnaeus, 1771)

FAMILIA MUSTELIDAE

*Eira barbara* (Linnaeus, 1758)

FAMILIA PROCYONIDAE

*Nasua narica* (Linnaeus, 1776)

ORDEN ARTIODACTYLA

FAMILIA CERVIDAE

*Mazama americana* (Erxleben, 1777)

ORDEN RODENTIA

FAMILIA SCIURIDAE

*Sciurus aureogaster* F. Cuvier, 1829

FAMILIA HETEROMYIDAE

*Heteromys desmarestianus* Gray, 1868

FAMILIA MURIDAE

*Nyctomys sumichrasti* (Saussure, 1860)

*Oligoryzomys fulvescens* (Saussure, 1860)

*Oryzomys chapmani* Thomas, 1898

*Peromyscus mexicanus* (Saussure, 1860)

*Reithrodontomys mexicanus* (Saussure, 1860)

*Sigmodon hispidus* Say & Ord, 1825

---

**Cuadro 2.** Listado taxonómico de mamíferos terrestres presentes en selva mediana en el Municipio de Santiago Comaltepec.

---

ORDEN DIDELPHIMORPHIA
FAMILIA DIDELPHIDAE
<i>Didelphis marsupialis</i> Linnaeus, 1757
<i>Philander opossum</i> (Linnaeus, 1758)
ORDEN XENARTHRA
FAMILIA DASYPODIDAE
<i>Dasyopus novemcinctus</i> Linnaeus, 1758
ORDEN CARNIVORA
FAMILIA FELIDAE
<i>Panthera onca</i> (Linnaeus, 1758)
FAMILIA MUSTELIDAE
<i>Lontra longicaudis</i> (Olfers, 1818)
FAMILIA PROCYONIDAE
<i>Nasua narica</i> (Linnaeus, 1776)
<i>Procyon lotor</i> (Linnaeus, 1758)
ORDEN ARTIODACTYLA
FAMILIA CERVIDAE
<i>Mazama americana</i> (Erxleben, 1777)
ORDEN RODENTIA
FAMILIA SCIURIDAE
<i>Sciurus aureogaster</i> F. Cuvier, 1829
FAMILIA HETEROMIDAE
<i>Heteromys desmarestianus</i> Gray, 1868
<i>Liomys irroratus</i> (Gray, 1868)
FAMILIA MURIDAE
<i>Oligoryzomys fulvescens</i> (Saussure, 1860)
<i>Oryzomys chapmani</i>
<i>Peromyscus mexicanus</i> .
FAMILIA CUNICULIDAE
<i>Cuniculus paca</i> (Linnaeus, 1776)
FAMILIA DASYPROCTIDAE
<i>Dasyprocta punctata</i> Gray, 1842

---

**Cuadro 3.** Numero de individuos por especie de mamíferos pequeños en bosque mesófilo.

<b>ESPECIES</b>	<b>No. de individuos</b>
<i>Marmosa mexicana</i>	3
<i>Sorex sp.</i>	1
<i>Nyctomys sumichrasti</i>	4
<i>Oligoryzomys fulvescens</i>	2
<i>Heteromys desmarestianus</i>	3
<i>Oryzomys chapmani</i>	31
<i>Peromyscus mexicanus</i>	36
<i>Reithrodontomys mexicanus</i>	12
<i>Sigmodon hispidus</i>	1
<b>TOTAL</b>	<b>93</b>

**Cuadro 4.** Numero de individuos por especie de mamíferos pequeños en selva mediana.

<b>ESPECIES</b>	<b>No. de individuos</b>
<i>Philander opossum</i>	1
<i>Heteromys desmarestianus</i>	1
<i>Liomys irroratus</i>	1
<i>Oligoryzomys fulvescens</i>	3
<i>Oryzomys chapmani</i>	8
<i>Peromyscus mexicanus</i>	13
<b>TOTAL</b>	<b>27</b>

**Cuadro 5.** Numero de individuos por especie de mamíferos medianos en bosque mesófilo.

<b>ESPECIES</b>	<b>No. de individuos</b>
<i>Leopardus wiedii</i>	1
<i>Panthera onca</i>	1
<i>Eira barbara</i>	1
<i>Nasua narica</i>	1
<i>Mazama americana</i>	1
<i>Sciurus aureogaster</i>	2
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>

**Cuadro 6.** Numero de individuos por especie de mamíferos medianos en selva mediana.

<b>ESPECIES</b>	<b>No. de individuos</b>
<i>Didelphis marsupialis</i>	4
<i>Dasybus novemcinctus</i>	1
<i>Panthera onca</i>	2
<i>Lontra longicaudis</i>	1
<i>Nasua narica</i>	1
<i>Procyon lotor</i>	1
<i>Mazama americana</i>	1
<i>Sciurus aureogaster</i>	1
<i>Cuniculus paca</i>	2
<i>Dasyprocta punctata</i>	3
<b>TOTAL</b>	<b>17</b>

**Cuadro 7.** Coeficiente de correlación de Spearman entre diversidad de Shannon Wiener, variables ambientales y cobertura vegetal para mamíferos pequeños en bosque mesófilo.

	<b>Temperatura</b>	<b>Humedad relativa</b>	<b>Cobertura Vegetal</b>	<b>Precipitación</b>
<b>Índice de Shannon</b>	0.50000 0.66666	-0.50000 0.66667	-1.00000 0.00000	0.00000 1.00000

**Cuadro 8.** Coeficiente de correlación de Spearman entre diversidad de Shannon Wiener, variables ambientales y cobertura vegetal para mamíferos medianos en bosque mesófilo.

	<b>Temperatura</b>	<b>Humedad relativa</b>	<b>Cobertura Vegetal</b>	<b>Precipitación</b>
<b>Índice de Shannon</b>	0.000000 1.000000	0.866025 0.333333	0.866025 0.333333	0.000000 1.000000

**Cuadro 9.** Coeficiente de correlación de Spearman entre diversidad de Shannon Wiener, variables ambientales y cobertura vegetal para mamíferos medianos en selva mediana.

	<b>Temperatura</b>	<b>Húmedad relativa</b>	<b>Cobertura vegetal</b>	<b>Precipitación</b>
<b>Índice de Shannon</b>	1.000000 1.000000	-1.000000 1.000000	-1.000000 1.000000	0.000000 1.000000