



## Diversidad de mamíferos de la Reserva Natural Sierra Nanchititla, México

### Diversity of mammals in the Natural Reserve Sierra Nanchititla, Mexico

Octavio Monroy-Vilchis<sup>1\*</sup>, Martha M. Zarco-González<sup>1</sup>, José Ramírez-Pulido<sup>2</sup> y Ulises Aguilera-Reyes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Estación Biológica Sierra Nanchititla, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario 100, Col. Centro, 50000 Toluca, Estado de México, México.

<sup>2</sup>Departamento de Biología, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Avenida Michoacán y la Purísima, Iztapalapa 09340. México, D.F. México.

\*Correspondencia: omv@uaemex.mx

**Resumen.** La Reserva Natural Sierra Nanchititla (RNSN), por su extensión, es la segunda área natural protegida del Estado de México; sin embargo, se desconoce gran parte de su biodiversidad. El objetivo de este trabajo fue estimar su diversidad mastofaunística. Se utilizó el trapeo directo para la colecta de mamíferos pequeños y trampas-cámara para el estudio de los mamíferos medianos y grandes. Se calculó la diversidad a partir del índice de Margalef, y se evaluaron la dominancia y la equidad mediante los índices de Simpson y Shannon-Wiener, respectivamente. Se registraron 53 especies de mamíferos; 3 de ellas son el primer registro estatal, 10 son endémicas de México y 4 las considera en alguna categoría de vulnerabilidad el gobierno mexicano. En la zona habitan 5 de las 6 especies de felinos de México. La composición mastofaunística de la RNSN fue comparada con la de la sierra Purépecha, Michoacán, con la que comparte el 38% de las especies. De acuerdo con el índice de Jaccard, la similitud entre ambas es baja. Considerando los resultados, la importancia de la RNSN con respecto a su diversidad mastofaunística es evidente, así como la necesidad de delinear estrategias para su conservación.

Palabras clave: Estado de México, mastofauna, trampas-cámara.

**Abstract.** The Sierra Nanchititla Natural Reserve (SNNR) is the second largest natural protected area in the State of Mexico, however its biodiversity is largely unknown. The aim of this research was to estimate its mammalian diversity. Direct trapping was used to capture small mammals and camera-trapping for the study of medium and large mammals. Diversity was calculated from Margalef's index, dominance and equity were evaluated through Simpson's and Shannon-Wiener indexes, respectively. Fifty three species were registered, 3 of them are the first record for the State of Mexico, 10 are endemic to Mexico and 4 are considered in some category of vulnerability by the Mexican government. The area is inhabited by 5 of the 6 Mexican felid species. The mastofaunistic composition of SNNR was compared with that of the Sierra Purépecha, Michoacán, according to Jaccard's index, the similarity between them is low, sharing 38% of species. Considering the results, it is clear the importance of SNNR, regarding its mastofaunistic diversity, and the need to implement strategies for its conservation.

Key words: camera-traps, mastofaunistic composition, State of Mexico.

### Introducción

El propósito principal de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) es fomentar el conocimiento y la conservación de las especies en sus ecosistemas naturales. Por su extensión, la Reserva Natural Sierra Nanchititla (RNSN) es la segunda ANP más importante en el Estado de México (CEPANAF, 1997). Se encuentra en la confluencia de las regiones neártica y neotropical, lo que propicia ambientes heterogéneos, incluyendo climas templados y cálidos que a su vez favorecen la presencia de diferentes tipos de vegetación, como selva baja caducifolia, bosque de pino-

encino, bosque de encino y bosque mesófilo de montaña. Estas características permiten la presencia de una variedad importante de organismos debido a la disponibilidad de refugios y alimento (Monroy-Vilchis et al., en prensa). Por otro lado, la RNSN es una de las pocas en el país que cuenta con un ambiente de selva baja caducifolia.

En la zona se han estudiado grupos taxonómicos de plantas (Aguilar, 1993; Zepeda y Velázquez, 1999; Zepeda et al., 2008), anfibios y reptiles (Casas-Andreu y Aguilar-Miguel, 2005), hongos (Nava y Valenzuela, 1997; Pérez et al., 2001) y artrópodos (Escobar-Urrutia, 1999; Jiménez-Sánchez et al., 2000; Méndez-Castellanos, 2002). Estos estudios indican que se trata de un área importante por su riqueza y endemismos; sin embargo, poco se conoce sobre

la mastofauna del lugar. Se han llevado a cabo estudios de especies particulares, como los felinos, (Sánchez et al. 2002; Monroy-Vilchis et al. 2008a; Monroy-Vilchis et al. 2009a, Monroy-Vilchis et al. 2009b) en los que se evidencian facetas sobresalientes y poco conocidas de las especies. Por lo anterior, resulta importante un estudio del grupo de mamíferos de la región que ponga en relieve aspectos biológicos interesantes, con el fin de tener criterios que permitan tomar decisiones para fortalecer la conservación de taxa o de áreas amenazadas, o monitorear el efecto de las perturbaciones en el ambiente.

Es prioritario contar con un inventario actual de las especies en la reserva, no sólo para conocer su número sino también su representatividad. Medir la abundancia relativa de cada especie permite identificar las que por su escasa representatividad en la comunidad son más sensibles a las perturbaciones ambientales. Además, identificar un cambio en la diversidad, ya sea en el número de especies, en la distribución de su abundancia o en la dominancia, puede ser una alerta ante procesos empobrecedores (Magurran, 2004). Por lo tanto, para obtener parámetros completos de la diversidad en un hábitat, es recomendable cuantificar el número de especies y su representatividad a partir de índices tanto de riqueza, como de estructura de la comunidad (Moreno, 2001).

El objetivo del presente estudio fue analizar la diversidad de los mamíferos de la sierra Nanchititla, así como comparar su composición mastofaunística con otros estudios de la misma región.

## Materiales y métodos

**Área de estudio.** La RNSN tiene una extensión de 663.38 km<sup>2</sup>. Se localiza en la región fisiográfica de la Cuenca del Balsas, en el suroeste del Estado de México. Sus coordenadas extremas son 18°45'13" a 19°04'22" N y 100°16'03" a 100°36'49" O. La mayor parte del área (40%) está entre 410 y 1 000 m snm; el 32% presenta altitudes entre 1 000 y 1 400 m y el restante 28% va de los 1 400 a los 2 080 m (Monroy-Vilchis et al. 2008b). De los tipos de vegetación presentes, la selva baja caducifolia ocupa la mayor extensión (209.98 km<sup>2</sup>, 31.5%), seguida por el bosque de latifoliadas, que incluye bosque de encino, mesófilo de montaña y de galería (91.13 km<sup>2</sup>, 13.7%), y el bosque de pino-encino (68.53 km<sup>2</sup>, 10.3%). Sin embargo, un área considerable de la sierra de Nanchititla ha sido transformada en campos de cultivo (259.66 km<sup>2</sup>, 39.1%) y zonas de pastizal (35.3 km<sup>2</sup>, 5.3%; Fig.1; Rubio-Rodríguez 2009).

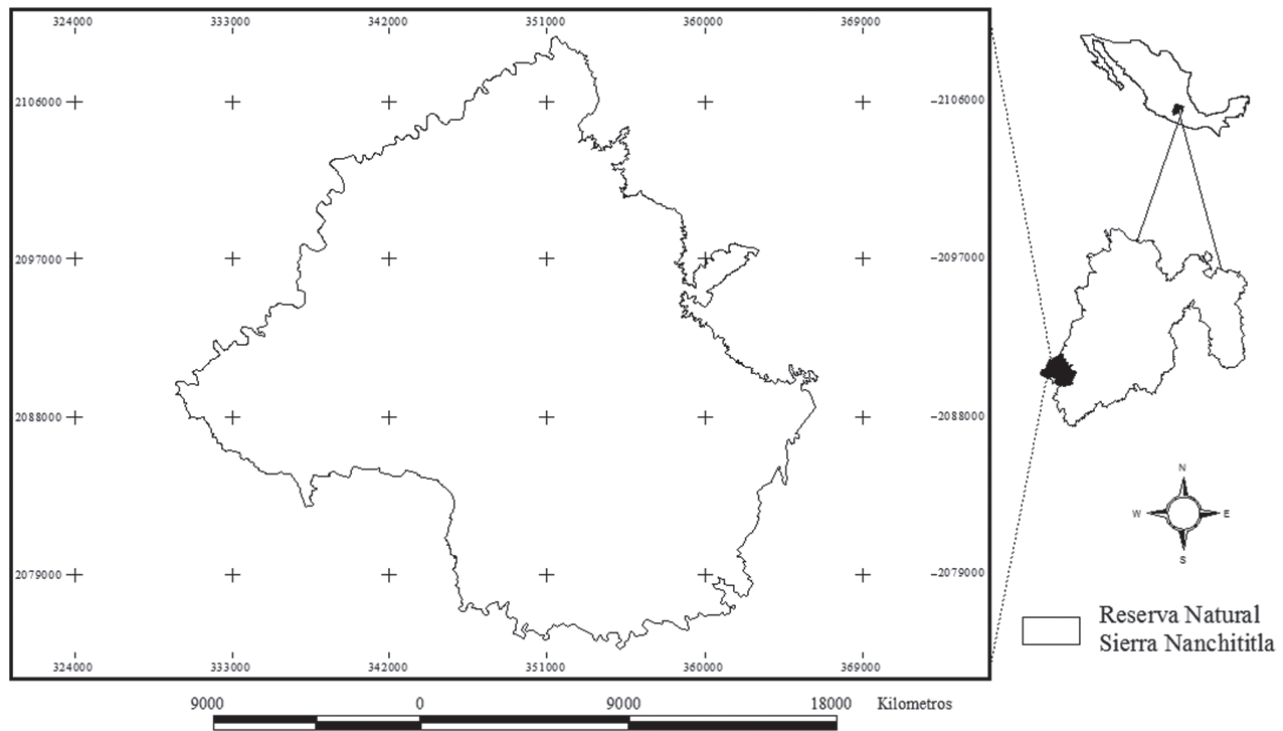
Para la colecta de mamíferos pequeños (quirópteros y roedores, peso < 500 g) se realizaron 5 visitas al área de estudio con duración de 7 días cada una, entre junio

de 1995 y mayo de 1997. Se establecieron 22 sitios de colecta, de manera preferencial sobre arroyos, ríos, canales de riego, zonas rocosas, zonas boscosas, zonas de selva, cultivos y pastizales; todas las localidades fueron georreferenciadas (Cuadro 1). La captura de roedores se realizó de acuerdo con Ramírez-Pulido et al. (1989), estableciendo transectos de 1 km de longitud con 100 trampas tipo Sherman y 100 trampas caseras tipo Víctor, cebadas con avena y vainilla, colocadas cada 5 metros (obteniendo un esfuerzo de muestreo de 7 000 trampas-noche). Para los siuridos se colocaron 20 trampas Museum Special con un esfuerzo de muestreo de 700 trampas-noche. En el caso de

**Cuadro 1.** Sitios de colecta de mamíferos pequeños y tipo de vegetación de cada uno

<i>Localidad</i>	<i>Tipo de vegetación</i>
1. Estancia grande, Rincón de Rodríguez	BE
2. Paso del Agua	BPE
3. Palos Prietos en dirección al Reparo	BPE
4. Cerro La Nariz	BPE
5. Palos Prietos en dirección al Reparo	BPE
6. Cerro La Nariz	BPE
7. Cerro La Nariz	BPE
8. Cañadas	BPE
9. Cañadas	BPE
10. Cañadas	BPE
11. Palos Prietos (zona cercada)	BPE
12. Cañadas en dirección a Potrero Grande	BPE
13. Zona cercada	BPE
14. Zona cercada, en El Jato	BPE
15. Zona cercada, Cerro Alto	BMM
16. Parque San Sebastián	AGR
17. Parque San Sebastián	AGR
18. Arroyo Las Truchas	P
19. Las Juntas	P
20. Paso del Guayabal	SBC
21. Presa ubicada en la entrada de Bejucos	SBC
22. Río Bejucos	SBC

BE, bosque de encino; BPE, bosque de pino-encino; AGR, Agricultura; BMM, bosque mesófilo de montaña; P, pastizal; SBC, selva baja caducifolia



**Figura 1.** Localización y tipos de vegetación de la Reserva Natural Sierra Nanchititla.

los murciélagos, se utilizaron 4 redes *mist net* o redes de niebla; 2 de 9 m y 2 de 12 m por noche, durante 5 horas cada noche (7 350 metros de red de esfuerzo de muestreo), colocadas en corredores naturales, como zonas arboladas, presas, lechos de ríos, cuevas, huecos de árboles y caballerizas. De los individuos capturados se tomaron los datos merísticos estándares, así como su peso y se determinó el sexo. Algunos organismos fueron preparados en forma de piel, cráneo, sólo piel o sólo cráneo y se depositaron en la colección de referencia de la Estación Biológica Sierra de Nanchititla (CMEBSN). Su identificación en el nivel de especie se basó en Hall (1981) y en Osgood (1909); para las especies y subespecies del género *Peromyscus*, además, se compararon con ejemplares de la colección mastozoológica de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Unidad Iztapalapa.

Para los mamíferos medianos y grandes (peso > 500 g), de diciembre de 2003 a mayo de 2006, se realizaron muestreos fotográficos colocando 18 trampas-cámara (CamTrakker®, 35 mm) en diferentes puntos de la sierra (Cuadro 2). El circuito de cada trampa-cámara fue programado para permanecer activo las 24 horas y para un retraso mínimo de 20 segundos entre cada disparo. Las trampas-cámara se revisaron una vez al mes y su posición

fue georreferenciada. La unidad de medida del esfuerzo de muestreo fueron los días-trampa, el total de éstos fue la suma de los días-trampa de cada trampa-cámara (4 440 días-trampa). Todas las especies de mamíferos medianos y grandes que se fotografiaron se identificaron de acuerdo con Hall (1981), Emmons y Feer (1990) y Reid (1997). Para cada especie se obtuvieron las altitudes mínima y máxima en que fue registrada, los tipos de vegetación y el número de fotografías obtenidas, considerando solamente las fotografías independientes, que fueron los siguientes casos: 1) fotografías consecutivas de diferentes individuos, 2) fotografías consecutivas de individuos de la misma especie separadas por más de un minuto (Yasuda, 2004); este criterio fue aplicado para disminuir la dependencia de los datos cuando no era claro si una serie de fotografías correspondían al mismo individuo, de modo que las fotografías tomadas dentro del mismo minuto se consideraron como un solo registro, y 3) fotografías no consecutivas de individuos de la misma especie. Adicionalmente, se obtuvieron algunos avistamientos de mamíferos durante los recorridos en la Reserva.

Se calculó la diversidad de la Reserva con el índice de Margalef ( $D_{Mg}$ ), que se refiere a la riqueza mastofaunística de la zona (Moreno, 2001).

**Cuadro 2.** Ubicación de las trampas-cámara, tipo de vegetación, días-trampa, número de fotografías y número de especies registradas

<i>Trayecto</i>	<i>Localidad</i>	<i>Tipo de vegetación</i>	<i>Días/trampa</i>	<i>Número de fotografías</i>	<i>Especies registradas</i>
El Filo	a) Cerro Alto	BPE	1852	230	16
	b) El Picacho				
	c) La Campanita				
	d) La Chicayota				
	e) Mesa Blanca				
Los Barriales	f) Los Tinocos	BPE	330	42	9
La Ordeña	g) El Jato	BPE	1196	167	14
	h) La Ordeña				
	i) La Piedra				
	j) Los Banquitos				
Potrero Grande	k) El Llano	SBC	208	8	3
El Salitre	l) El Salitre	SBC	267	39	8
El Sauz	m) El Sauz	SBC	50	2	2
La Candelaria	n) La Candelaria	SBC	197	24	6
La Estancia	o) La Estancia	SBC	70	4	3
Rincón Arrayanes	p) Las Torrecillas	SBC	69	4	1
Piedra Colorada	q) Piedra Colorada	SBC	66	1	1
Río Frío	r) Río Frío	BMM	135	2	1

BPE, bosque de pino-encino; SBC, selva baja caducifolia; BMM, bosque mesófilo de montaña.

$$D_{Mg} = \frac{S-1}{\ln N}$$

donde:

$S$  = número de especies

$N$  = número total de individuos

Para conocer la estructura de la comunidad de mamíferos, se evaluaron la dominancia y la equidad mediante los índices de Simpson y Shannon-Wiener (Krebs, 1999; Moreno, 2001) respectivamente, para los mamíferos pequeños y los medianos-grandes por separado.

El índice de Simpson ( $\lambda$ ) evalúa la dominancia, considera la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies (Moreno, 2001), manifiesta la probabilidad de que 2 individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie (Magurran, 2004) y muestra valores de 0 a

1 (baja diversidad; Moreno, 2001),

$$\lambda = \sum p_i^2$$

donde:

$p_i$  = abundancia proporcional de la especie  $i$ , es decir, el número de individuos de la especie  $i$  dividido entre el número total de individuos de la muestra

El índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo elegido al azar de una muestra. Acepta que la selección de individuos es al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre 0, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de  $S$ , cuando todas

las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 2004).

$$H' = \sum p_i \ln p_i$$

Se consideró el estudio de Orduña et al. (1999) de la sierra Purépecha, Michoacán para comparar su composición mastofaunística con la de la RNSN, ya que ambas pertenecen a la región mastogeográfica Volcánico-Transversa (Ramírez-Pulido y Castro-Campillo, 1990), comparten tipos de vegetación e intervalos altitudinales similares. Dentro de la misma provincia mastogeográfica se han realizado 2 estudios más, ambos en el Estado de México, uno en Polotitlán (Romero y Ceballos, 2004) y el segundo en San Cayetano (Cervantes et al., 1995); sin embargo, ambas zonas se encuentran en altitudes mayores a las de la RNSN, por lo que no se consideraron.

La comparación entre la RNSN y la sierra Purépecha se realizó a partir del índice de similitud de Jaccard ( $I_J$ , Krebs, 1999; Moreno, 2001), que utiliza datos cualitativos. El intervalo de valores para este índice va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los 2 sitios tienen la misma composición de especies.

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

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

## Resultados

Se registraron 53 especies de mamíferos en la RNSN pertenecientes a 40 géneros, 17 familias y 7 órdenes. Los órdenes mejor representados fueron Rodentia, Chiroptera y Carnívora, con 32, 28 y 26% del total de especies, respectivamente. El género *Peromyscus*, con 6, presenta el mayor número de especies.

La mayoría de las especies fueron capturadas (33), seguidas por los registros fotográficos (19) y sólo 2 especies fueron avistadas. Los pequeños mamíferos que se capturaron (136 organismos) fueron de 30 especies, 20 géneros y 7 familias. Las especies mejor representadas fueron *Peromyscus hylocetes* (19 individuos), *Peromyscus aztecus* (16) y *Baiomys musculus* (10). Considerando la altitud, las especies con el intervalo más amplio fueron *Sturnira lilium*, *Sigmodon hispidus* y *B. musculus*. El mayor número de especies se encontró en el bosque de pino-encino y en los campos de cultivo, con 19 y 10, res-

pectivamente (Cuadro 3).

Se obtuvieron 592 fotografías de 19 especies de mamíferos medianos y grandes, que representan 17 géneros, 10 familias y 6 órdenes. El orden mejor representado fue Carnívora, con 4 familias y 12 especies. Las especies con mayor número de fotografías fueron *Nasua narica* (137), *Sylvilagus floridanus* (103), *Puma concolor* (77) y *Urocyon cinereoargenteus* (68). Se registraron 18 especies en el bosque de pino-encino, mientras que en la selva baja sólo se encontraron 11 y únicamente 1 especie en el bosque mesófilo de montaña. *Procyon lotor*, *N. narica* y *U. cinereoargenteus* fueron las especies que se encontraron en un intervalo altitudinal más amplio (Cuadro 3).

Según el índice de Simpson, en los mamíferos medianos y grandes es mayor la dominancia de las especies más abundantes, con respecto al grupo de mamíferos pequeños, mientras que el índice de Shannon-Wiener muestra que la equidad es menor en el grupo de medianos-grandes (Cuadro 4). Comparando la composición mastofaunística de la RNSN con la sierra Purépecha, en Michoacán, se obtuvo un índice de similitud de Jaccard de 0.24.

## Discusión

La RNSN pertenece a la provincia mastogeográfica Volcánico-Transversa que está considerada una de las más ricas del país y con mayor recambio de especies (Ramírez-Pulido y Castro-Campillo, 1990; Halffter y Moreno, 2005); a pesar de esto, cuenta con muy pocos estudios documentados, lo cual reviste de importancia al presente. En la RNSN se encuentra el 10% de las especies, 24% de los géneros, 48% de las familias y 58% de los órdenes de mamíferos terrestres y voladores que se distribuyen en México (Ceballos et al., 2005). Con respecto a la mastofauna del estado, se registró el 40% de las especies, el 50% de los géneros, 80% de las familias y el 88% de los órdenes que habitan el Estado de México (Aguilera-Reyes et al., 2007). Esta diversidad es aún más relevante si se considera que la RNSN representa únicamente el 3% de la superficie estatal y se encuentra en la región del estado con menor densidad poblacional (Gobierno del Estado de México, 2009), lo que evidencia su importancia y más aún cuando consideramos que es sólo el 0.03% del territorio nacional.

Los órdenes dominantes son Chiroptera y Rodentia, seguidos del orden Carnívora; la mayoría de las especies son menores a 1 kilogramo, correspondiendo con el patrón estatal (Aguilera-Reyes et al., 2007) y nacional (Ceballos et al., 2005). La menor riqueza de mamíferos medianos y grandes refleja la dominancia de 4 de las especies registradas, que representan el 65% de las fotografías obtenidas.

Es importante destacar los registros de *P. aztecus*,

**Cuadro 3.** Especies de mamíferos registrados en la RNSN, tipo de registro de cada una, número de organismos colectados o fotografías obtenidas, según el caso, tipo de vegetación y altitudes mínima y máxima en las que fueron registrados

Orden	Familia	Especie	Tipo de registro	Número de organismos/ fotografías	Tipo de vegetación	Altitud	
						Mín	Máx
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	F	20	BPE, SBC	1310	1857
		<i>Tlacuatzin canescens</i> <sup>+</sup>	C	1	BPE	1857	1857
Cingulata	Dasypodidae	<i>Dasylops novemcinctus</i>	F	1	BPE	1488	1488
Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus cunicularius</i> <sup>+v</sup>	F	36	BPE, SBC	1310	1857
		<i>Sylvilagus floridanus</i>	F	103	BPE, SBC	1310	1857
Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus aureogaster</i>	F	19	BPE, SBC	1310	1857
		<i>Spermophilus adocetus</i> <sup>+</sup>	C	4	SBC	520	520
		<i>Spermophilus variegatus</i>	C	1	SBC	530	530
	Muridae	<i>Baiomys musculus</i>	C	10	AGR, BPE, BMM, PAS	520	1820
		<i>Neotoma mexicana</i>	C	1	BPE	1610	1610
		<i>Peromyscus aztecus</i> <sup>*</sup>	C	16	BPE	1550	1820
		<i>Peromyscus hylocetes</i> <sup>+</sup>	C	19	BPE, BMM	1610	1800
		<i>Peromyscus megalops</i> <sup>+</sup>	C	5	AGR	1200	1200
		<i>Peromyscus melanophrys</i> <sup>+</sup>	C	1	AGR	1200	1200
		<i>Peromyscus melanotis</i>	C	1	BPE	1610	1610
<i>Peromyscus perfulvus</i> <sup>+</sup>	C	4	AGR	1200	1200		
<i>Oligoryzomys fulvescens</i>	C	3	BPE, BMM	1620	1620		
<i>Osgoodomys banderanus</i> <sup>+</sup>	C	3	BPE	1610	1610		
<i>Sigmodon alleni</i> <sup>+</sup>	C	1	BPE	1620	1620		
<i>Sigmodon hispidus</i>	C	5	BPE, BMM, PAS	520	1860		
<i>Sigmodon mascotensis</i> <sup>+</sup>	C	1	PAS	520	520		
Heteromyidae		<i>Liomys irroratus</i>	C	8	AGR, BPE, PAS	610	1820



Cuadro 3. Continúa

Orden	Familia	Especie	Tipo de registro	Número de organismos/ fotografías	Tipo de vegetación	Altitud	
						Min	Máx
Artiodactyla	Vespertilionidae	<i>Eptesicus fuscus</i>	C	5	BPE	1610	1610
		<i>Lasiurus blossevillii</i>	C	2	BPE	1860	1860
		<i>Myotis velifer</i>	C	1	BPE	1680	1680
Artiodactyla	Tayassuidae	<i>Pecari tajacu</i>	F	33	BPE	1488	1857
	Cervidae	<i>Odocoileus virginianus</i>	F	50	BPE	1488	1857

\* Primer registro para el Estado de México, + especie endémica de México, ^ amenazada, <sup>p</sup> en peligro de extinción (SEMARNAT, 2002), <sup>v</sup> vulnerable (IUCN, 2007). Tipo de Registro: F, Fotografía; C, Captura; A, Avistamiento.

*Sigmodon alleni* y *Dermanura phaeotis* que son los primeros para el Estado de México. En el caso de *P. aztecus* el registro más cercano se encuentra en Puebla, de *S. alleni* en Michoacán y Guerrero. *Dermanura phaeotis* se había registrado anteriormente en Guerrero, Morelos, Puebla y Tlaxcala (Ceballos y Oliva, 2005); por lo que, con el presente estudio se amplía el rango de distribución de estas especies. En el caso de *D. phaeotis* y *S. alleni*, era muy probable que se registrara su presencia, puesto que la zona de estudio se encuentra en los límites con Guerrero y Michoacán que comparten tipos de vegetación similares. En el caso de *P. aztecus*, aunque se menciona que habita bosques de pino-encino y selva baja caducifolia, se ha registrado en pocos estados de la República, lo cual puede sugerir falta de estudios de esta especie o que se confunda con otras del mismo género que son muy similares (Ceballos y Oliva, 2005).

De la misma manera son relevantes los datos obtenidos de *Puma yagouaroundi*, *P. concolor*, *Leopardus pardalis*, *L. wiedii*, y *Panthera onca*, sobretodo este último, que fue registrado recientemente por Monroy-Vilchis et al. (2008a), ya que se puede inferir, a partir del estudio de Swank y Teer (1989), que históricamente nunca ha habitado esta zona. En la RNSN se ha registrado la presencia de jaguar desde el año 2004 hasta la fecha, indicando que se trata de una zona de residencia; aunque no se han realizado evaluaciones sistemáticas de abundancia, se estima que se encuentra en una relación de 1:3 con respecto al puma (Soria-Díaz et al., 2010). Para la zona de estudio existen informes de la presencia de *Lynx rufus* por entrevistas con los habitantes de la sierra, pero no se cuenta aún con datos más confiables, como avistamientos, fotografías o pieles, por lo que no se puede registrar con certeza la presencia de esta especie. Si se registra *L. rufus* en la zona por otras vías, ésta sería de las pocas documentadas con las 6 especies de felinos.

También se registraron *Tlacuatzin canescens*, *Osgodomys banderanus*, *Spermophilus adocetus*, *P. hylocetes*, *P. megalops*, *P. melanophrys*, *P. perfulvus*, *S. alleni*, *S. mascotensis* y *Sylvilagus cunicularius*, que son especies endémicas de México (Ceballos et al., 2005), en su mayoría pertenecen al orden Rodentia y representan el 20% de las especies registradas. El caso de *P. hylocetes* es relevante considerando que en este estudio fue la especie mejor representada dentro de los mamíferos pequeños y en otras regiones del Estado de México ha sido poco frecuente (Ramírez-Pulido, 1969; Ceballos y Galindo, 1984). La mayoría de las especies endémicas se encontraron principalmente en el bosque de pino-encino, lo que fortalece la idea de la importancia de los ambientes templados, que además de resguardar el mayor número de especies endémicas del Estado de México, también registran más especies en



**Cuadro 4.** Índices de diversidad alfa calculados para las especies de mamíferos de la Reserva Natural Sierra Nanchititla

	Número de especies	Número de individuos/ fotografías	Índice de Margalef (riqueza)	Índice de Simpson (dominancia)	Índice de Shannon-Wiener (equidad)
Total de especies	53	732	7.884	-	-
Mamíferos pequeños	32	138	-	0.061	3.097
Mamíferos medianos y grandes	21	594	-	0.130	2.314

peligro de extinción (Chávez y Ceballos, 1998).

De acuerdo con la NOM-059, *P. yagouaroundi* se considera una especie amenazada, mientras que *L. pardalis*, *L. wiedii* y *P. onca* están en peligro de extinción (SEMARNAT, 2002). *Panthera onca* al igual que *S. cunicularius* se consideran como vulnerables según la IUCN (International Union for Conservation of Nature; IUCN, 2007). Ceballos y Galindo (1984) mencionan que *Odocoileus virginianus*, *Pecari tajacu* y *P. concolor* se encuentran seriamente amenazadas en todo el estado. No se han hecho evaluaciones posteriores a ese estudio en relación al estatus de dichas especies, pero se ha observado que son cazadas por los habitantes de la zona, ya sea para su aprovechamiento, en el caso del venado, o por considerarlas especies perjudiciales, lo que podría llevar a la disminución de sus poblaciones (Monroy-Vilchis et al., 2008b).

Se ha informado como especies de distribución restringida a *S. cunicularius*, *S. adocetus*, *O. banderanus*, *P. megalops*, *P. melanophrys*, *P. melanotis*, *P. perfulvus*, *S. mascotensis* y *Artibeus triomylus* (Aguilera-Reyes et al., 2007). Por otro lado, *Didelphis virginiana*, *Dasyurus novemcinctus*, *S. cunicularius*, *Anoura geoffroyi* y *Eptesicus fuscus* comúnmente presentan un rango altitudinal amplio y abarcan regiones tanto templadas como tropicales (Chávez y Ceballos, 1998). Las características fisiográficas de la RNSN, particularmente el hecho de ser una porción de bosque de pino-encino rodeada por selva baja caducifolia, y su ubicación entre las regiones neártica y neotropical, permiten la existencia de especies de afinidad templada y tropical. En ocasiones se encuentran especies consideradas de afinidad tropical en la parte templada y viceversa, como es el caso de *Spermophilus variegatus*, *Sciurus aureogaster* y *S. floridanus*, que generalmente se distribuyen en zonas templadas (entre los 1 700 y 4 300 m snm; Chávez y Ceballos, 1998); sin embargo, la mayoría de los datos de *S. aureogaster* y *S. variegatus*, se presentaron en localidades de selva baja caducifolia, es decir, en altitudes por debajo de los 1 400 m. *Peromyscus melanotis*, es característico de regiones por arriba de los 3 000 m snm (Ramírez-Pulido, 1969; Ceballos y Galindo, 1984) y en

este estudio se encontró a 1 600 m snm.

Considerando la distribución de especies como *Sorex saussurei* y *Cratogeomys tylosinus* (Ceballos y Oliva, 2005), se esperaba que fueran registradas en la sierra Nanchititla; sin embargo, aunque los habitantes locales comentan que han visto tuzas y musarañas en la zona, éstas no fueron capturadas. De acuerdo con Ceballos y Oliva (2005), deberían haberse registrado otras 33 especies de murciélagos y roedores y la liebre *Lepus callotis*. Considerando lo anterior, potencialmente en la RNSN se presentan 87 especies de mamíferos. Este número de especies no se obtuvo, debido probablemente a que es necesario verificar la distribución potencial de varias especies, sobre todo de pequeños mamíferos. Además, todas las localidades debieron de muestrearse todo el año, principalmente en la selva baja dada su tan marcada estacionalidad.

En general, las selvas tropicales del sureste del estado han sido pobremente estudiadas (Chávez y Ceballos, 1998) y son de los ecosistemas nacionales con altas tasas de deforestación, de manera que actualmente menos del 30% de la superficie original permanece en un relativo buen estado de conservación (Trejo, 2005), lo que hace aún más relevante su estudio y conservación en la RNSN, ya que es de las pocas áreas protegidas que abarcan este tipo de vegetación.

A pesar de que la RNSN y la sierra purépecha de Michoacán pertenecen a la misma provincia mastogeográfica, y de que los tipos de vegetación y las altitudes que presentan son semejantes, de acuerdo con el índice de Jaccard, la similitud entre ellas es baja. En relación con el número de especies registradas, así como el de los organismos de cada especie registrados en las 2 áreas, no es posible hacer una comparación, ya que estaría influida por el área estudiada, así como por la diferencia en el esfuerzo de muestreo entre ambos estudios.

Considerando la diversidad de especies, que es relevante tanto para la región como para el país, así como el alto porcentaje de endemismos y la presencia de especies incluidas en la NOM-059 y en la IUCN, es evidente la importancia de la RNSN, así como la necesidad de emprender estrategias de conservación que favorezcan la

permanencia de las especies en sus hábitat naturales. Cabe mencionar que la conservación de las especies de felinos probablemente se verá limitada en la sierra Nanchititla, si se considera que el área no tiene el tamaño suficiente para soportar poblaciones viables, sobretodo de puma y jaguar (Rodríguez-Soto et al., 2011); sin embargo, lo que se propone en el plan de manejo de la zona (Monroy-Vilchis et al., en prensa) es que ésta se fusione con la Reserva de Río Grande, San Pedro, que se encuentra al sur de la misma, con lo que se protegería una extensión de aproximadamente 1 500 km<sup>2</sup>.

Es importante señalar que actualmente sólo el 2% de la RNSN cuenta con vigilancia (Gobierno del Estado de México, 1977), de modo que en el 98% restante se presenta tala legal e ilegal y un uso no planificado de los recursos, mismos que podrían poner en riesgo la permanencia de las especies que la habitan. Debido a lo anterior, la propuesta es que en la zona las estrategias de conservación deberán contar con la participación activa de las comunidades, ya que el 90% del territorio de la Reserva es pequeña propiedad (Rubio-Rodríguez, 2009). Cabe destacar que se ha tenido participación de los habitantes locales, se conoce que 15 de las especies de mamíferos medianos y grandes registradas son usadas de manera tradicional en la sierra, destacando el consumo directo y el medicinal como los más frecuentes y siendo las especies *S. floridanus*, *O. virginianus* y *D. novemcinctus* las de mayor valor de uso; lo anterior demuestra la importancia social de estas especies y sugiere que pueden ser consideradas para su manejo en las UMA (Monroy-Vilchis et al., 2008b). En la medida que se logre involucrar directamente a los habitantes locales en las estrategias de conservación, éstas incrementarán su probabilidad de éxito (Toledo et al. 2001; Monroy-Vilchis et al., 2008b). Otra acción específica para considerar a las comunidades en las estrategias de conservación regional es motivar la inclusión de sus terrenos en programas gubernamentales que propician el cuidado y mantenimiento de las coberturas vegetales primarias, así como en aquellos que favorecen su recuperación a través de la reforestación de áreas importantes.

### Agradecimientos

Al pueblo mexicano, por financiar este estudio a través de la Universidad Autónoma del Estado de México (proyectos 478/90, 1820/2004, 2188/2005, 2330/2006) y del CONACyT (90-01-0553, D904317, 1042/95, 1162/96). A los biólogos Adolfo López e Irma Salazar, a los señores Juan Patiño y Benjamín Vieyra, y a los estudiantes de la Estación Biológica Sierra Nanchititla, por su ayuda desinteresada en el trabajo de campo. A la Comisión Estatal de

Parques Naturales y de la Fauna, por permitirnos trabajar en la Reserva Natural Sierra Nanchititla.

### Literatura citada

- Aguilar, C. 1993. La vegetación de la zona núcleo del Parque Sierra Nanchititla, Edo. de Méx. *Revista de la Escuela de Ciencias* 1:6-16.
- Aguilera-Reyes, U., O. Monroy-Vilchis y J. Ramírez-Pulido. 2007. Capítulo V, Mamíferos. *In* Vertebrados del Estado de México, X. Aguilar (coord.). Universidad Autónoma del Estado de México. p. 182-224.
- Casas-Andreu, G. y X. Aguilar-Miguel. 2005. Herpetofauna de la sierra de Nanchititla, Estado de México, México. Lista, distribución y conservación. *Ciencia Ergo sum* 12:144-151.
- Ceballos, G. y C. Galindo. 1984. Mamíferos silvestres de la Cuenca de México. Limusa, México, D.F. 229 p.
- Ceballos, G., J. Arroyo-Cabrales, R. Medellín y Y. Domínguez-Castellanos. 2005. Lista actualizada de los mamíferos de México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 9:21-71.
- Ceballos, G. y G. Oliva. 2005. Los mamíferos silvestres de México. Fondo de Cultura Económica/CONABIO, México, D.F. 986 p.
- CEPANAF (Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna). 1997. Áreas naturales protegidas. <http://www.angelfire.com/ar/cepanaf>; última consulta: 11.VII.2007.
- Cervantes, F., G. Matamoros-Trejo y I. Martínez-Mateos. 1995. Mamíferos silvestres de la Unidad de evaluación y monitoreo de la biodiversidad "Ing. Luis Macías Arellano", San Cayetano, Estado de México. *Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología* 66:233-239.
- 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.
- Emmons, L. y F. Feer. 1990. Neotropical Rainforest Mammals. A field guide. The University of Chicago Press, Illinois. 281 p.
- Escobar-Urrutia D. 1999. Composición de la mirmecofauna sobre un gradiente altitudinal de la sierra Nanchititla, Estado de México. Tesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 73 p.
- Gobierno del Estado de México. 1977. Decreto del ejecutivo por el que se crea el Parque Natural de Recreación Popular "Sierra de Nanchititla", ubicado en el municipio de Tejupilco, Estado de México. *Gaceta del Gobierno* 123:1-3.
- Gobierno del Estado de México. 2009. Bitácora mexiquense del bicentenario (2008). Perfil natural, región I a 16. <http://www.edomexico.gob.mx/bitacora/htm/00/000502.html>; última consulta: 11.I.2010.
- Halfñter, G. y C. E. Moreno. 2005. Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma. *In* Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma. G. Halfñter, J. Soberón, P. Koleff y A. Melic (eds.). Monografías

- tercer milenio, SEA, Zaragoza. p. 5-18.
- Hall, E. R. 1981. The mammals of North America, vol I. John Wiley, Hoboken, New Jersey. IUCN. 2007. 2007 IUCN red list of threatened species. www.iucnredlist.org; última consulta: 2.X.2008.
- Jiménez-Sánchez E., J.L. Navarrete-Heredia y J.R. Padilla-ramírez. 2000. Estefilínidos (Coleoptera: staphilinidae) necrófilos de la sierra Nanchititla, Estado de México, México. Folia Entomológica 108:53-78
- Krebs, C. 1999. Ecological Methodology. Second edition. Addison-Wesley Educational, Reading, Massachusetts. 620 p.
- Magurran, A. 2004. Measuring biological biodiversity. Blackwell, Melbourne. 256 p.
- Méndez-Castellanos R. 2002. Macro-coleopteros necrófilos (Silphidae, Trogidae, Geotrupidae y Scarabidae) de la sierra de Nanchititla, Estado de México. Tesis, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 133 p.
- Monroy-Vilchis, O. M. Balderas-Plata, R. Rubio, C. Rodríguez-Soto, M. Zarco-González, J. Castro y U. Aguilera. En prensa. Plan de manejo del Parque Natural Sierra Nanchititla. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca.
- Monroy-Vilchis O., O. Sánchez, U. Aguilera, P. Suárez y V. Urios. 2008a. Jaguar (*Panthera onca*) in the state of Mexico. Southwestern Naturalist 53:533-537.
- Monroy-Vilchis, O., L. Cabrera, P. Suárez, M. Zarco-González, C. Rodríguez-Soto y V. Urios. 2008b. Uso tradicional de vertebrados silvestres en la sierra Nanchititla, México. Interciencia 33:308-313.
- Monroy-Vilchis O., Y. Gómez, M. Janczur y V. Urios. 2009a. Food niche of puma in Central Mexico. Wildlife Biology, 15:97-105.
- Monroy-Vilchis O., C. Rodríguez-Soto, M. Zarco-González y V. Urios. 2009b. Cougar and Jaguar habitat use and activity patterns in Central Mexico. Animal Biology 59:145-157.
- Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad, vol. 1. M&T-Manuales y Tesis SEA, Zaragoza. 84 p.
- Nava, I. R. y R. Valenzuela. 1997. Los macromicetos de la sierra de Nanchititla, I. Polibotánica 5: 21-36.
- Orduña, C., A. Castro-Campillo y J. Ramírez-Pulido. 1999. Mammals from the tarascan plateau, Michoacán, México. Revista Mexicana de Mastozoología 4:53-68.
- Pérez, E., E. Bárcenas y C. J. Aguilar. 2001. Guía micológica del género *Amanita* del Parque Estatal Sierra de Nanchititla. Cuadernos de Investigación Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca. 62 p.
- Osgood, W. 1909. North American fauna: revision of the mice of the American genus *Peromyscus*. U. S. Department of Agriculture, Washington, D.C. 28 p.
- Ramírez-Pulido, J. 1969. Contribución al estudio de los mamíferos del Parque Nacional "Lagunas de Zempoala", Morelos. México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Autónoma de México, Serie Zoología 40:253-290.
- Ramírez-Pulido, J., I. Lira, S. Gaona, C. Müdspacher y A. Castro. 1989. Manejo y mantenimiento de colecciones mastozoológicas. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, México, D.F.
- Ramírez-Pulido, J. y A. Castro-Campillo. 1990. Regiones y provincias mastogeográficas. Escala 1:4 000 000. Regionalización mastofaunística, IV.8.8, Atlas Nacional de México, vol. III. Instituto de Geografía, UNAM, México, D.F.
- Reid, F. A. 1997. A field guide to the mammals of Central America and Southeast Mexico. Oxford University Press, New York. 334 p.
- Rodríguez-Soto, C., O. Monroy-Vilchis, L. Maiorano, L. Boitani, J. C. Faller, M. Á. Briones, R. Núñez, O. Rosas-Rosas, G. Ceballos y A. Falcucci. 2011. Predicting potential distribution of the jaguar (*Panthera onca*) in Mexico: identification of priority areas for conservation. Diversity and distributions 17:350-361.
- Romero, R. y G. Ceballos. 2004. Diversidad, historia natural y conservación de los mamíferos de Encinillas, Polotitlán, Estado de México. Revista Mexicana de Mastozoología 8:21-49.
- Rubio-Rodríguez, R. 2009. Regionalización biótica, abiótica y social del Parque Natural Sierra Nanchititla, México: propuesta de conservación. Tesis, Maestría Universidad Autónoma del Estado de México. 72 p.
- Sánchez, O., J. Ramírez-Pulido, U. Aguilera-Reyes y O. Monroy-Vilchis. 2002. Felid records from the State of México, México. Mammalia 66:289-294.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-ECOL-059-2001, Protección ambiental de 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, 6 de marzo de 2002 (2ª sección).
- Soria-Díaz, L., O. Monroy-Vilchis, C. Rodríguez-Soto y M. Zarco-González. En prensa. Variation of the abundance and density of *Puma concolor* in zones of high and low accumulation of camera traps in Mexico. Animal Biology.
- Sunquist, M. y F. Sunquist. 2002. Wild cats of the world. The University of Chicago Press, Illinois. 452 p.
- Swank, W. G. y J. G. Teer. 1989. Status of the jaguar-1987. Oryx 23:14-21.
- Toledo, V., P. Alarcón-Chaires, P. Moguel, M. Olivo, A. Cabrera, E. Leyequien y A. Rodríguez-Aldabe. 2001. Atlas etnoecológico de México y Centroamérica: fundamentos, métodos y resultados. Etnoecología 6:7-41.
- Trejo, I. 2005. Análisis de la diversidad de la selva baja caducifolia en México. In Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma, G. Halfiter, J. Soberón, P. Koleff y A. Melic (eds.). Monografías tercer milenio, Zaragoza. p. 111-122.
- Yasuda, M. 2004. Monitoring diversity and abundance of mammals with camera traps: a case study on Mount Tsukuba, central Japan. Mammal Study 29:37-46.

Zepeda, C. y E. Velázquez. 1999. El bosque tropical caducifolio en la vertiente sur de la sierra de Nanchititla, Estado de México: la composición y afinidad geográfica de su flora. *Acta Botanica Mexicana* 46:29-55.

Zepeda, C. O. Monroy-Vilchis, E. Velázquez y C. Rodríguez-Soto. 2008. Primer registro de *Cyathea fulva* (Cyatheaceae, Polypodiopsida) en el Estado de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 83:93-96.