



DOI: [10.29298/rmcf.v14i78.1386](https://doi.org/10.29298/rmcf.v14i78.1386)

Artículo de Investigación

Diversidad de mamíferos medianos y grandes del Sitio Experimental Las Margaritas, Sierra Nororiental de Puebla

Diversity of medium-sized and large mammals of Las Margaritas Experimental Station, Northeastern Sierra of Puebla

Casimiro Ordóñez Prado^{1*}, Martha Elena Fuentes López¹, Vidal Guerra de la Cruz²
Guillermo Ortega Vázquez³, Maribel Álvarez Muñoz⁴

Fecha de recepción/Reception date: 12 de abril de 2023

Fecha de aceptación/Acceptance date: 29 de junio del 2023

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental San Martinito. México.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Sitio Experimental Tlaxcala. México.

³Prestador de servicios técnicos. Solórzano Hueytamalco. México.

⁴Prestador de servicios técnicos. Tételes de Ávila Castillo. México.

*Autor para correspondencia; correo-e: ordonez.casimiro@inifap.gob.mx

*Corresponding author; e-mail: ordonez.casimiro@inifap.gob.mx

Resumen

Los ecosistemas tropicales albergan una amplia diversidad de mamíferos medianos y grandes. El objetivo de esta investigación fue estimar la diversidad de especies de mamíferos medianos y grandes mediante fototrampeo en acahuals y Selva alta perennifolia del Sitio Experimental Las Margaritas, ubicado en la Sierra Nororiental de Puebla. Se muestrearon dos áreas de vegetación con diferentes grados de recuperación: vegetación secundaria (acahual) y Selva alta perennifolia. Se estimaron riqueza, abundancia, y diversidad alfa y beta de mamíferos medianos y grandes. Se registraron 19 especies de mamíferos silvestres pertenecientes a seis órdenes y 10 familias; las especies más abundantes fueron *Nasua narica*, *Didelphis marsupialis* y *Dasybus novemcinctus*, mientras que *Herpailurus yagouaroundi*, *Potos flavus*, *Puma concolor*, *Leopardus wiedii*, *Urocyon cinereoargenteus* y *Conepatus leuconotus* registraron la menor abundancia. El acahual y la Selva alta perennifolia presentaron una riqueza proporcional y una diversidad alfa con valores de $H' = 2.04$ y 2.11 , el Índice de Pielou fue de $J' = 0.94$ y 0.89 , el índice de Simpson tuvo valores de $\lambda = 0.14$ y 0.16 , respectivamente; la complementariedad fue de 32 %, lo que representa una escasa diferenciación de la equidad de las comunidades de especies existentes en las dos áreas. La diversidad beta correspondió a 68 % de similitud, ello indica una complementariedad intermedia entre hábitats. Los ecosistemas del Sitio Experimental "Las Margaritas" funcionan como refugio de una diversidad notable de mamíferos medianos y grandes que incluyen cuatro especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Palabras clave: Bosque tropical, diversidad alfa, diversidad beta, mamíferos, riqueza de especies, vegetación secundaria.

Abstract

Tropical ecosystems are home to a wide diversity of medium-sized and large mammals. The objective of this research was to estimate the species diversity of medium-sized and large mammals by photo-trapping in the high grass and Evergreen tropical rain forest of the *Las Margaritas* Experimental Site, located in the Northeastern *Sierra* of *Puebla*. Two vegetation areas with different degrees of recovery were sampled: secondary vegetation (high grass) and Evergreen tropical rain forest. The richness, abundance, and alpha and beta diversity of medium-sized and large mammals were estimated. Nineteen species of wild mammals belonging to six orders and 10 families were recorded; the most abundant species were *Nasua narica*, *Didelphis*

marsupialis, and *Dasybus novemcinctus*; *Herpailurus yagouaroundi*, *Potos flavus*, *Puma concolor*, *Leopardus wiedii*, *Urocyon cinereoargenteus*, and *Conepatus leuconotus* were the least abundant. The high grass and the Evergreen tropical rain forest presented a proportional richness and alpha diversity with values of $H' = 2.04$ and 2.11 , the Pielou index was $J' = 0.94$ y 0.89 , Simpson's index had values of $\lambda = 0.14$ y 0.16 , respectively; the complementarity rate was 32 %, which represents a low differentiation of the equity of the species communities existing in the two areas. The beta diversity corresponded to 68 % similarity, this indicates an intermediate complementarity between habitats. The ecosystems of the *Las Margaritas* Experimental Site serve as a refuge for a remarkable diversity of medium-sized and large mammals, including four species listed in the norm NOM-059-SEMARNAT-2010.

Key words: Tropical forest, alpha diversity, beta diversity, mammals, species richness, secondary vegetation.

Introducción

La conservación de especies silvestres atraviesa por tiempos difíciles, en particular para los mamíferos medianos y grandes, ya que su permanencia y estabilidad es constantemente amenazada por la cacería furtiva y el cambio de uso de suelo (Gallina y González-Romero, 2018). Los ecosistemas tropicales son los más afectados y se estima que la tasa anual de cambio de uso de suelo varía entre 0.7 y 4.5 % en la zona del Golfo de México (Leija *et al.*, 2021). En estos hábitats, los mamíferos silvestres son un elemento esencial que regula las poblaciones vegetales mediante la herbivoría, la dispersión de semillas y la depredación, lo cual contribuye a mantener en equilibrio a las poblaciones del ecosistema (Mezhua-Velázquez *et al.*, 2022). Asimismo, la fragmentación limita la conectividad entre los ecosistemas, ya que perturba el desplazamiento de las especies de mamíferos que requieren áreas extensas para habitar (Ruiz-Gutiérrez *et al.*, 2020).

Estudios recientes exponen la importancia de realizar investigaciones continuas sobre los mamíferos mediante inventarios de fauna (Pérez-Solano *et al.*, 2018; Serna-Lagunes *et al.*, 2019; Salazar-Ortiz *et al.*, 2020). Estos permiten conocer cuáles y cuántos taxones coexisten en un ecosistema o área determinada (Turner,

1996; Balam-Ballote *et al.*, 2020), también proporcionan información básica sobre el estado de conservación de una región, ya que ciertas especies son indicadoras de la salud y calidad del ecosistema (Rumiz, 2010; Isasi-Catalá, 2011). Además, los inventarios son la base para realizar estudios sobre las interacciones entre grupos de taxa, como la relación depredador-presa, la migración y la adaptación a diferentes ambientes (Farías *et al.*, 2015). A pesar de su importancia, todavía se desconoce la presencia y distribución de gran parte de los mamíferos en México (Ochoa-Espinoza *et al.*, 2023).

Puebla es uno de los estados con mayor riqueza natural de México debido a su ubicación en la zona de transición entre las regiones Neártica y Neotropical, lo que genera las condiciones climáticas y los ecosistemas forestales apropiados para la existencia de mamíferos y otros taxones (Conabio, 2011; Hernández *et al.*, 2017). Sin embargo, las actividades antropogénicas han afectado las condiciones del hábitat de la fauna, y con ello se pone en riesgo la biodiversidad que en muchas ocasiones aún no ha sido inventariada (Conabio, 2011).

Los bosques tropicales en la Sierra Norte y Nororiental de Puebla están formados por pequeños fragmentos discontinuos de Selva alta perennifolia (SAP), y se estima que 80 % de la vegetación nativa de este ecosistema ha sido sustituido por potreros y la agricultura (Evangelista *et al.*, 2010), situación que representa un riesgo especial para las poblaciones de mamíferos grandes y medianos que, por su tamaño y hábitos ecológicos, requieren de grandes extensiones interconectadas de vegetación para su desarrollo y supervivencia (Charre-Medellín *et al.*, 2016). La escasez de esas condiciones obliga a buscar alternativas para formular estrategias viables para su protección y conservación.

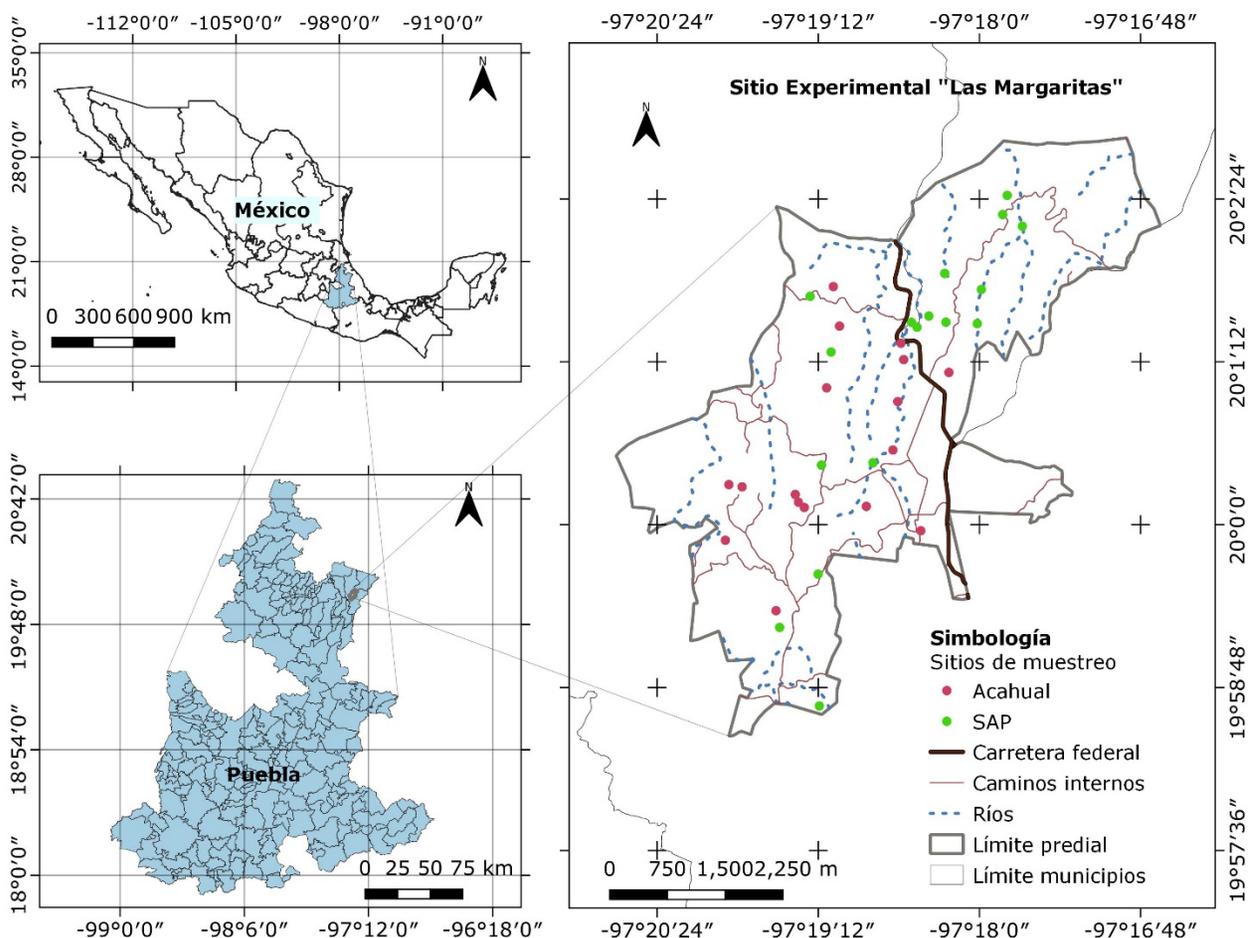
Una de las áreas más extensas y mejor conservadas de la Sierra Nororiental del estado de Puebla se localiza en el Sitio Experimental Las Margaritas (SELM), perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, ubicado entre los municipios Hueytamalco y San José Acateno. La

extensión y grado de recuperación de la Selva alta perennifolia le permiten cumplir un papel fundamental en los servicios ecosistémicos de la región (Ordóñez-Prado *et al.*, 2022). Lo anterior también ofrece la oportunidad de realizar estudios relacionados con la diversidad de fauna que ayude al diseño de estrategias efectivas de protección y conservación. El objetivo de esta investigación fue estimar la diversidad de especies de mamíferos medianos y grandes mediante fototrampeo en acahuales y Selva alta perennifolia del SELM.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en los bosques tropicales del Sitio Experimental Las Margaritas, localizado al noroeste del estado de Puebla entre los municipios Hueytamalco y San José Acateno (Figura 1), tiene una superficie de 2 523 ha, 84 % cubierta por Selva alta perennifolia y acahuales.



SAP = Selva alta perennifolia.

Figura 1. Localización del Sitio Experimental Las Margaritas, municipios Hueytamalco y San José Acateno, Puebla, México.

La composición florística está representada por árboles maderables como *Brosimum alicastrum* Sw., *Croton draco* var. *draco* Schltld. et Cham., *Matudaea trinervia* Lundell, *Cymbopetalum baillonii* R. E. Fr., *Guatteria amplifolia* Triana & Planch., *Alchornea latifolia* Sw., *Dussia mexicana* (Standl.) Harms, y en menor proporción, *Cedrela odorata* L., *Swietenia macrophylla* King y *Quercus spp.* (Ordóñez-Prado *et al.*, 2022). El clima corresponde a un semicálido húmedo dentro de los templados, con precipitación media anual de 3 153 mm, temperatura media de 21 °C y

extremas de 8 y 35 °C (García, 2004). La orografía está compuesta por una serie de lomeríos entre los 400 y 500 msnm.

Obtención de datos de campo

Se monitorearon mamíferos medianos y grandes en la Selva alta perennifolia (SAP) y vegetación secundaria arbustiva (acahual). Se consideraron como SAP aquellas áreas con vegetación compuesta de especies arbóreas con más de 20 m de altura, lianas y helechos arborescentes, y como acahuales las que tuvieron presencia de vegetación secundaria característica de la sucesión ecológica de potreros abandonados, con pastos y especies herbáceas espinosas. Con base en la descripción de Hernández-Rodríguez *et al.* (2019), los mamíferos medianos correspondieron a las especies de 1 a 20 kg, y grandes a las de >20 kg. El periodo de muestreo inició en septiembre de 2016 y finalizó en mayo de 2018. Se estableció un diseño de monitoreo con fototrampeo, simultáneo e independiente en las dos condiciones de vegetación.

Previo al muestreo se entrevistó a trabajadores del SELM para determinar áreas con presencia de mamíferos, seguido de recorridos de reconocimiento, en los cuales se localizaron huellas, excretas, senderos, rascaderos y áreas de desplazamiento. Con esta información, se ubicaron en puntos estratégicos seis cámaras-trampa digitales con sensor de movimiento (*ScoutGuard*[®], modelo SG2060-U): tres en acahuales y tres en SAP, georreferenciadas con un navegador *GPS Garmin eTrex*[®] 30x. Las cámaras-trampa se situaron en árboles a 40-50 cm del suelo, con orientación de sur a norte (Gutiérrez-González *et al.*, 2012; Cruz-Jácome *et al.*, 2015). Estas se

programaron para permanecer activas 24 h al día; la información se recolectó mensualmente y se reubicaron cada 30 días manteniendo entre ellas una distancia mínima de separación de 500 m. En cada sitio de muestreo, se colocaron atrayentes como perfumes en troncos y carnadas (grasas, sardinas, atún, cereales y frutas). No se incluyen las coordenadas de ubicación de las cámara-trampa por la problemática de cacería existente en la zona de estudio.

Se conformó una base de datos con información de especie, sexo, arreglo taxonómico, fecha, hora y ubicación geográfica para cada registro (Ceballos y Oliva, 2005; Aranda, 2012; Ramírez-Pulido *et al.*, 2014). Los registros fotográficos independientes se integraron como uno cuando todas las fotografías de una especie correspondieron a un periodo de 24 h. Se consideraron especies gregarias a aquellas que se observaron con más de un individuo en las fotografías (Monroy-Vilchis *et al.*, 2011); el esfuerzo total de muestreo se obtuvo sumando los días en los que las cámaras trampa estuvieron activas. El estatus de conservación de cada taxón se verificó en la NOM-059-SEMARNAT-2010 actualizada en 2019 (Secretaría de Gobernación, 2019) y la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) (IUCN, 2023).

Análisis estadístico

La riqueza de especies de la SAP y el acahual se estimaron con el conteo de especies registradas para cada unidad de esfuerzo de colecta y se compararon mediante una prueba de *t-Student* para muestras independientes. Se generó una matriz de presencia-ausencia para estimar la riqueza de mamíferos mediante el método de rarefacción con la paquetería *Vegan* del programa *R* (Oksanen *et al.*, 2014). Con esta

información se generaron las curvas de acumulación de especies por condición de vegetación.

Se estimó el Índice de Abundancia Relativa (*IAR*) de cada especie observada con la Ecuación 1 (Zamora, 2012; Lira-Torres *et al.*, 2014).

$$IAR = C/EM \times 100 \quad (1)$$

Donde:

IAR = Índice de abundancia relativa

C = Capturas o eventos fotográficos

EM = Esfuerzo de muestreo, 100 días-trampa

Se estimó la diversidad alfa (α), definida como la diversidad de especies a nivel local, con el Índice de *Shannon-Wiener* (H'). Se complementó con el Índice de Dominancia de *Simpson* (λ) y el Índice de Equidad de *Pielou* (J'), calculados con las siguientes ecuaciones (Moreno, 2001):

$$H' = -\sum p_i \times \ln(p_i) \quad (2)$$

$$\lambda = \sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)/N(N - 1) \quad (3)$$

$$J' = H'/\ln(S) \quad (4)$$

Donde:

H' = Índice de Diversidad de *Shannon-Wiener*

p_i = Número de individuos de cada especie dividido entre el número total de individuos de todas las especies registradas

$\ln(p_i)$ = Logaritmo natural de p_i

λ = Índice de Dominancia de *Simpson*

n = Número de ejemplares por especie

N = Total de organismos presentes

J' = Índice de Equidad de *Pielou*

S = Número de especies

La diversidad beta (β) se determinó con el Índice de *Jaccard*, que estima la similitud en hábitats (Ecuación 5) (Magurran, 2005), y cuantifica el número de comunidades totalmente diferentes que están presentes en una región. Además, informa sobre el grado de diferenciación entre las comunidades biológicas de los lugares que hay en la región (Calderón-Patrón *et al.*, 2012).

$$I_j = c/a + a + b - c \quad (5)$$

Donde:

I_j = Índice de *Jaccard*

a = Número total de especies en el sitio A

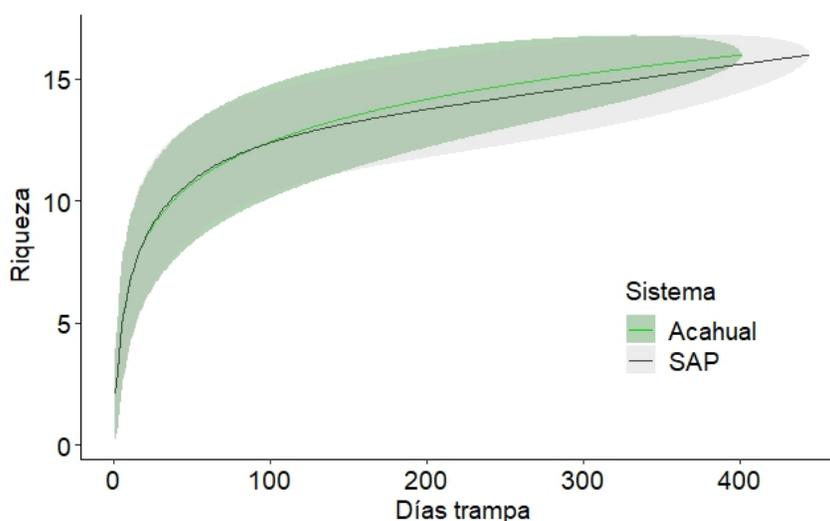
b = Número de especies presentes en el sitio B

c = Número de especies presentes en los sitios A y B

Se comparó la diversidad (a) de ambas condiciones de vegetación con la t de *Hutchinson*, el grado de disimilitud se obtuvo con base en la complementariedad de especies entre pares de hábitats, y el porcentaje de complementariedad entre hábitats se calculó a partir del número de especies compartidas sobre el número total de especies entre hábitats (Moreno, 2001; Magurran, 2005).

Resultados

El esfuerzo de muestro fue de 2 951 días-trampa durante 21 meses. Se obtuvieron 3 393 registros fotográficos, de los cuales se identificaron 1 271 independientes. A nivel de condición de vegetación, el esfuerzo de muestreo en el acahual fue de 1 459 días-trampa, con 294 registros independientes, y en la Selva alta perennifolia fue de 1 492 días-trampa con 315 registros independientes. En la Figura 2 se presenta la curva de acumulación de especies para el acahual y la SAP en función del esfuerzo de muestro en días-trampa. Esta presentó un comportamiento casi asintótico en menos de 100 días de muestreo, lo cual indica que a partir de ese periodo, la probabilidad de encontrar otra especie en ambas condiciones de vegetación es menor a 5 %.



SAP = Selva alta perennifolia.

Figura 2. Curvas de acumulación de especies de mamíferos medianos y grandes registrados mediante fototrampeo en el Sitio Experimental Las Margaritas, Puebla, México.

Se registraron 19 especies de mamíferos medianos y grandes pertenecientes a seis órdenes y 10 familias. En el Cuadro 1 se muestra la composición de especies, los registros independientes, el estatus de conservación en la Norma NOM-059-SEMARNAT-2010 y la lista roja del IUCN. Se registraron cuatro especies de felinos. Con base en la Norma Oficial Mexicana 059, 20 % de los taxa registrados están en algún estatus de protección. Mientras que la IUCN clasifica a *Leopardus wiedii* Schinz, 1821 como *Near threatened* y al resto las clasifica en la categoría *Least concern*, por lo que *L. wiedii* se considera casi amenazado y los otros taxones de mamíferos son de preocupación menor.

Cuadro 1. Composición de mamíferos medianos y grandes del Sitio Experimental Las Margaritas, municipio Hueytamalco, Puebla.

Orden	Familia	Especie	Registros			Estatus	
			SAP	Acahual	Total	NOM-059	IUCN
Artiodactyla	Cervidae	<i>Odocoileus virginianus veraecrucis</i> Goldman and Kellogg, 1940	65	38	103		LC
Carnivora	Canidae	<i>Canis latrans</i> Say, 1822	24	18	42		LC
		<i>Urocyon cinereoargenteus</i> Schreber, 1775	0	2	2		LC
	Felidae	<i>Herpailurus yagouaroundi</i> È. Geoffroy Saint-Hilaire, 1803	1	0	1	A	LC
		<i>Leopardus pardalis</i> Linnaeus, 1758	15	18	33	P	LC
		<i>Leopardus wiedii</i> Schinz, 1821	0	2	2	P	NT
		<i>Puma concolor</i> Linnaeus, 1771	2	0	2		LC
	Mephitidae	<i>Conepatus leuconotus</i> Lichtenstein, 1832	1	1	2		LC
	Procyonidae	<i>Nasua narica</i> Linnaeus, 1766	209	112	321		LC
		<i>Potos flavus</i> Schreber, 1774	0	1	1	Pr	LC
		<i>Procyon lotor</i> Linnaeus, 1758	70	66	136		LC
Cingulata	Dasypodidae	<i>Dasypus novemcinctus</i> Linnaeus, 1758	93	78	171		LC
Didelphimorphia	Didelphidea	<i>Didelphis marsupialis</i> Linnaeus, 1758	165	120	285		LC
		<i>Didelphis virginiana</i> Kerr, 1792	56	49	105		LC
		<i>Philander opossum</i> Linnaeus, 1758	6	10	16		LC
Pilosa	Myrmecophagidae	<i>Tamandua mexicana</i> de Saussure, 1860	1	4	5	P	LC
Rodentia	Cuniculidae	<i>Cuniculus paca</i> Linnaeus, 1766	8	8	16		LC
	Sciuridae	<i>Sciurus aureogaster</i> F. Cuvier, 1829	18	3	21		LC
		<i>Sciurus deppei</i> Peters, 1864	7	0	7		LC
Total			741	530	1271		

SAP = Selva alta perennifolia; P = Peligro de extinción; A = Amenazada; Pr = Protección especial; NOM-059 = NOM-059-SEMARNAT-2010; IUCN = Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza; LC = *Least concern* (preocupación menor); NT = *Near threatened* (casi amenazado).

Con base en la IUCN, las poblaciones de *Cuniculus paca* Linnaeus, 1766, *Leopardus pardalis* Linnaeus, 1758, *Puma concolor* Linnaeus, 1771, *Leopardus wiedii*, *Herpailurus yagouaroundi* È. Geoffroy Saint-Hilaire, 1803, *Potos flavus* Schreber, 1774, *Nasua narica* Linnaeus, 1766 y *Conepatus leuconotus* Lichtenstein, 1832 están decreciendo, mientras que las poblaciones de las otras especies identificadas están estables o en aumento. En la Figura 3 se muestra la evidencia fotográfica de los mamíferos medianos y grandes registrados en el SELM.







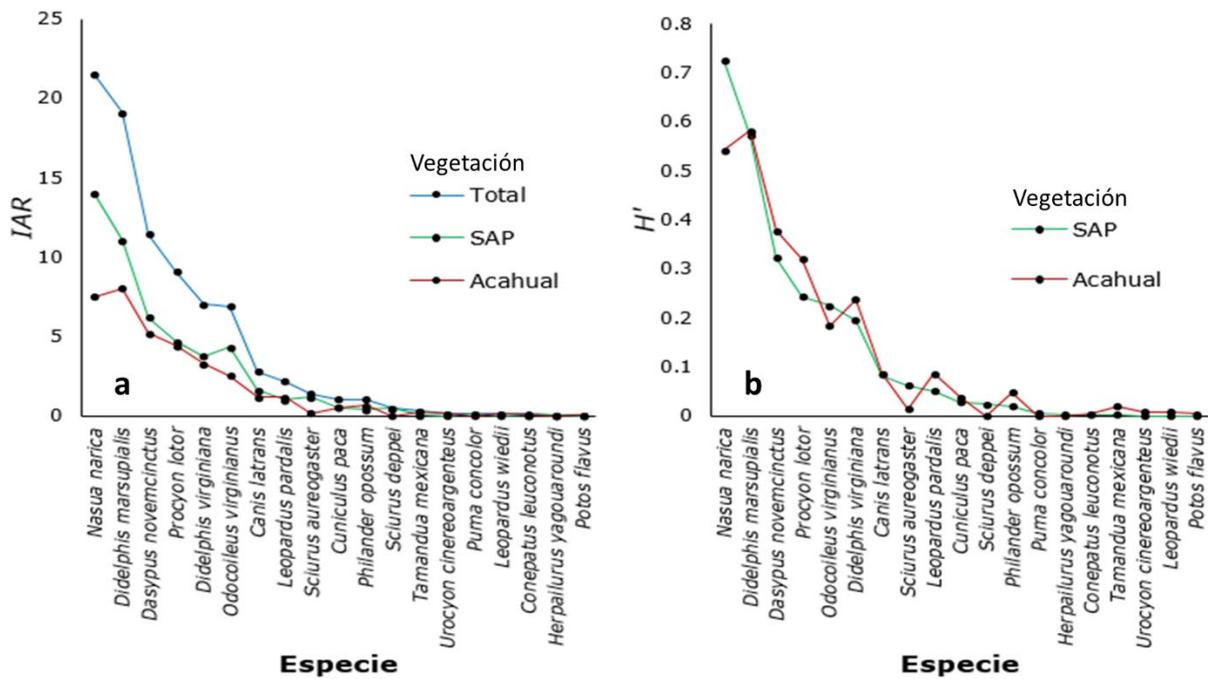


A = *Odocoileus virginianus veraecrucis* Goldman and Kellogg, 1940; B = *Canis latrans* Say, 1822; C = *Urocyon cinereoargenteus* Schreber, 1775; D = *Herpailurus yagouaroundi* È. Geoffroy Saint-Hilaire, 1803; E = *Leopardus pardalis* Linnaeus, 1758; F = *Leopardus wiedii* Schinz, 1821; G = *Puma concolor* Linnaeus, 1771; H =

Conepatus leuconotus Lichtenstein, 1832; I = *Nasua narica* Linnaeus, 1766; J = *Potos flavus* Schreber, 1774; K = *Procyon lotor* Linnaeus, 1758; L = *Dasybus novemcinctus* Linnaeus, 1758; M = *Didelphis marsupialis* Linnaeus, 1758; N = *Didelphis virginiana* Kerr, 1792; O = *Philander opossum* Linnaeus, 1758; P = *Tamandua mexicana* de Saussure, 1860; Q = *Cuniculus paca* Linnaeus, 1766; R = *Sciurus aureogaster* F. Cuvier, 1829; S = *Sciurus deppei* Peters, 1864.

Figura 3. Mamíferos registrados mediante fototrampeo en el Sitio Experimental Las Margaritas, Sierra Nororiental del estado de Puebla. La colección de fotografías está bajo el resguardo del INIFAP, y puede consultarse previa solicitud a la Dra. Martha Elena Fuentes López.

Los taxones presentaron diferentes abundancias relativas en las dos condiciones de vegetación estudiadas (Figura 4a). *Nasua narica*, *Didelphis marsupialis* Linnaeus, 1758 y *Dasybus novemcinctus* Linnaeus, 1758 fueron las más abundantes para ambas condiciones, mientras que *Herpailurus yagouaroundi* y *Puma concolor* tuvieron los menores valores y solo se registraron en la SAP; *L. wiedii* únicamente se observó en el acahual.



a) Índice de Abundancia Relativa (IAR); b) Diversidad alfa (H'). SAP = Selva alta perennifolia.

Figura 4. Abundancia relativa y abundancia proporcional de mamíferos medianos y grandes.

Con base en el Índice de *Shannon-Wiener*, se determinó que el hábitat con mayor diversidad alfa (α) fue la SAP con un H' de 2.11, y en el acahual fue de 2.04, aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ($p=0.92$). En la Figura 4b se presenta el H' estimado por especie, y se observa que sus valores fueron muy similares en las dos condiciones de vegetación. El Índice de Dominancia de *Simpson* (λ) en la SAP fue de 0.14 y de 0.16 para el acahual, los cuales indican para los hábitats analizados que hay alta diversidad y baja preponderancia de alguna especie en particular. Lo anterior se confirma con el Índice de Equidad de *Pielou* (J'), cuyos valores de 0.94 y 0.89 para la SAP y el acahual, respectivamente,

evidenciaron que la mayoría de las especies registradas son igual de abundantes en ambas condiciones de vegetación.

El valor de la diversidad beta (β) fue de 68 %, con 13 especies compartidas en las dos condiciones, lo cual representó una similitud intermedia entre ambas. En cuanto a la complementariedad, la disimilitud entre la SAP y el acahual fue de 32 %, con seis especies no compartidas, destacando *Herpailurus yagouaroundi*, *Potos flavus* y *Urocyon cinereoargenteus* Schreber, 1775. Los tres taxa más abundantes en ambas condiciones fueron *Didelphis marsupialis*, *Nasua narica* y *Dasypus novemcinctus*.

Discusión

Respecto al periodo de monitoreo, el estudio es consistente con lo citado por Serna-Lagunes *et al.* (2019), quienes en su estudio de diversidad de mamíferos medianos en el Parque Nacional Pico de Orizaba, realizaron un esfuerzo de muestreo de 4 928 días-trampas, obteniendo 191 registros independientes, valores menores a los del presente estudio. La investigación presenta información sobresaliente de la riqueza de mamíferos medianos y grandes que complementa los trabajos de Villareal *et al.* (2005), Ramírez-Bravo *et al.* (2010) y Silverio y Ramírez-Bravo (2014). Este último documenta una riqueza de 13 especies de mamíferos medianos y grandes para la región, pero menor a la que se registró en el SELM.

Los valores de H' y J' en las dos condiciones de vegetación, así como la curva de acumulación de especies, sugieren que el inventario de mamíferos medianos y grandes es completo y muy representativo del total de especies que este fragmento de bosque tropical puede albergar. Dado que los valores de J' (equidad) fueron

altos, la diversidad de mamíferos (H') fue muy cercana a la máxima esperada en las dos condiciones de vegetación.

El grado de similitud entre la SAP y el acahual sugiere una escasa diferenciación en términos de hábitats existentes para mamíferos medianos y grandes. También es indicativo de que la movilidad de la mayoría de las especies se facilita por las condiciones ecológicas que prevalecen en el SELM.

La riqueza de especies de mamíferos (19) del SELM es mayor a las nueve registradas por Gallina y González-Romero (2018) en una reserva privada ubicada en Vega de la Torre, y de 14 especies para una reserva localizada en Los Tuxtlas, ambas en el estado de Veracruz. Asimismo, es superior a la citada por Chávez-León (2019) para bosques templados bajo gestión forestal de la Sierra Norte de Puebla, donde registró 13 especies de mamíferos mediante foto-trampeo, y a la señalada por Serna-Lagunes *et al.* (2019) en el Parque Nacional Pico de Orizaba, quienes consignan 10 especies de mamíferos. Las diferencias antes señaladas pueden deberse al tipo de ecosistema bajo estudio, superficie estudiada, nivel de conservación y esfuerzo de muestreo, entre otros aspectos, sin embargo, los resultados del presente estudio señalan que son suficientemente representativos en términos de cobertura del muestreo y de los valores de riqueza observada de mamíferos.

Los resultados del SELM son congruentes con lo indicado para localidades más alejadas a la zona de estudio, por ejemplo, diversos trabajos realizados en el sur de México (Hernández *et al.*, 2018; Hernández-Rodríguez *et al.*, 2019; Pozo-Montuy *et al.*, 2019; Ruiz-Gutiérrez *et al.*, 2020).

Entre los taxones registrados destaca *Didelphis marsupialis* (tlacuache común), especie considerada generalista dado que su hábitat trasciende a cualquier tipo de vegetación natural y zonas alteradas, por lo que es uno de los taxa más abundantes en estudios de fauna (Orjuela y Jiménez, 2004). *Nasua narica* (coatí o tejón),

también presentó alto número de registros, esta es una especie gregaria, de rápida reproducción y cuyos hábitos alimentarios facilitan su adaptación a ecosistemas fragmentados o alterados (Espinoza-García *et al.*, 2014). Sobresale el registro de especies de amplia distribución y gran movilidad como *Leopardus pardalis*, *Puma concolor* y *Canis latrans* Say, 1822, cuyos ámbitos hogareños pueden sobrepasar los 100 km² (Servín *et al.*, 2014). Lo anterior resalta la importancia del SELM en términos de disponibilidad de hábitat para este grupo de especies, ya que a pesar de que tiene una superficie relativamente pequeña, alrededor de un cuarto de la superficie requerida por estos mamíferos, su presencia sugiere condiciones adecuadas para servirles como refugio en la región.

La diversidad alfa (α) registrada muestra una biodiversidad intrínseca moderadamente alta para las dos condiciones de vegetación. Los valores de la diversidad alfa estimados para ambas condiciones son similares a los documentados por Del Rio-García *et al.* (2014) quienes determinaron un valor de $H' = 2.05$ en un bosque tropical de Santiago Comaltepec, Oaxaca, México. Asimismo, coinciden con los de Lavariega *et al.* (2012), quienes registraron un H' de 2.39 para mamíferos medianos y grandes en la Sierra de Villa Alta, Oaxaca. Monroy-Vilchis *et al.* (2011) citan un H' de 2.3 para los mamíferos medianos y grandes de la Reserva Natural Sierra de Nanchititla, Oaxaca, mientras que Arroyo *et al.* (2013) estiman un H' de 2.52 en el Parque Nacional Cañón del Sumidero, Chiapas.

La diversidad beta (β) estimada de los acahuales y la SAP del SELM indica que la tasa de recambio de especies entre ambas es baja, dado que comparten la mayoría de los taxones. En consecuencia, se concluye que presentan características ecológicas similares de hábitat y paisajes para la mastofauna. Lo anterior se observa claramente con la familia Felidae, compuesta por *Leopardus pardalis*, *L. wiedii*, *Puma concolor* y *H. yagouaroundi*, especies de alta movilidad. Además, su número reducido sugiere que las condiciones de vegetación estudiadas presentan características ecológicas aptas para la presencia o permanencia de los ejemplares

registrados. Los resultados en diversidad alfa (α) son también congruentes con estudios similares en otras regiones geográficas de México (Hernández *et al.*, 2018; Hernández-Rodríguez *et al.*, 2019; Ruiz-Gutiérrez *et al.*, 2020).

Conclusiones

En el SELM existen 19 especies de mamíferos medianos y grandes, pertenecientes a seis órdenes y 10 familias. La diversidad alfa estimada en las dos condiciones de vegetación, indica valores moderados de diversidad de mamíferos, los cuales son similares a los consignados en otras localidades de la región de estudio. La considerable similitud o diversidad beta de las dos áreas sugiere una adecuada movilidad de las especies de mamíferos, la cual es más notable en los felinos que prefieren los hábitats de selva con poco disturbio.

La presencia de especies indicadoras o sombrilla (felinos grandes) en la Selva alta perennifolia del SELM, así como de taxa con estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010, evidencian la importancia de conservar y mejorar los ecosistemas que albergan como parte de estrategias regionales de conservación y protección de mamíferos silvestres.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Volkswagen de México S. A. de C. V. por el financiamiento otorgado al proyecto: Establecimiento de una plantación forestal sustentable de

bambú nativo (*Guadua aculeata*) en una superficie de 355 hectáreas en el Sitio Experimental Las Margaritas, municipio Hueytamalco, Puebla.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución por autor

Casimiro Ordóñez Prado: conceptualización de la investigación, revisión y análisis de la información, redacción y corrección del documento; Martha Elena Fuentes López: revisión y corrección del documento; Vidal Guerra de la Cruz: revisión y corrección del documento; Guillermo Ortega Vázquez: recolección de información en campo, determinación taxonómica y análisis de la información; Maribel Álvarez Muñoz: determinación taxonómica y redacción del documento.

Referencias

- Aranda S., J. M. 2012. Manual para el rastreo de mamíferos terrestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). Tlalpan, México D. F., México. 255 p.
- Arroyo C., E., A. Riechers P., E. J. Naranjo y G. Rivera-Velázquez. 2013. Riqueza, abundancia y diversidad de mamíferos silvestres entre hábitats en el Parque Nacional Cañón del Sumidero, Chiapas, México. THERYA 4(3):647-676. Doi: 10.12933/therya-13-140.

Balam-Ballote, Y. del R., J. A. Cimé-Pool, S. F. Hernández-Betancourt, J. M. Pech-Canché, J. C. Sarmiento-Pérez y S. Canul-Yah. 2020. Mastofauna del ejido X-Can, Chemax, Yucatán, México. *Revista Mexicana de Mastozoología, Nueva Época* 10(2):1-16. Doi: 10.22201/ie.20074484e.2020.10.2.313.

Calderón-Patrón, J. M., C. E. Moreno e I. Zuria. 2012. La diversidad beta: medio siglo de avances. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83(3):879-891. Doi: 10.7550/rmb.25510.

Ceballos G., G. y G. Oliva (Coords.). 2005. Los mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) y Fondo de Cultura Económica. Tlalpan, México D. F., México. 986 p.

Charre-Medellín, J. F., G. Magaña-Cota, T. C. Monterrubio-Rico, R. Tafolla-Muñoz, J. L. Charre-Luna y F. Botello. 2016. Mamíferos medianos y grandes del municipio de Victoria, Reserva de la Biosfera Sierra Gorda Guanajuato, México. *Acta Universitaria* 26(2):62-70. Doi: 10.15174/au.2016.1438.

Chávez-León, G. 2019. Diversidad de mamíferos y aves en bosques de coníferas bajo manejo en el Eje Neovolcánico Transversal. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 10(56):85-112. Doi: 10.29298/rmcf.v10i56.499.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). 2011. La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado. Conabio, Gobierno del Estado de Puebla y Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Tlalpan, México D. F., México. 440 p.
https://smadsot.puebla.gob.mx/images/Biodiversidad_en_Puebla2.pdf. (15 de junio de 2021).

Cruz-Jácome, O., E. López-Tello, C. A. Delfín-Alfonso y S. Mandujano. 2015. Riqueza y abundancia relativa de mamíferos medianos y grandes en una localidad en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca, México. *THERYA* 6(2):435-448. Doi: 10.12933/therya-15-277.

- Del Rio-García, I. N., M. K. Espinoza-Ramírez, M. D. Luna-Krauletz y N. U. López-Hernández. 2014. Diversidad, distribución y abundancia de mamíferos en Santiago Comaltepec, Oaxaca, México. *Agro Productividad* 7(5):17-23. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/550>. (23 de noviembre 2021).
- Espinoza-García, C. R., J. M. Martínez-Calderas, J. Palacio-Núñez y A. D. Hernández-SaintMartín. 2014. Distribución potencial del coatí (*Nasua narica*) en el noreste de México: implicaciones para su conservación. *THERYA* 5(1):331-345. Doi: 10.12933/therya-14-195.
- Evangelista O., V., J. López B., J. Caballero N. y M. Á. Martínez A. 2010. Patrones espaciales de cambio de cobertura y uso del suelo en el área cafetalera de la sierra norte de Puebla. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM* (72):23-38. <https://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n72/n72a3.pdf>. (16 de julio de 2022).
- Farías, V., O. Téllez, F. Botello, O. Hernández, ... y J. C. Hernández. 2015. Primeros registros de 4 especies de felinos en el sur de Puebla, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86(4):1065-1071. Doi: 10.1016/j.rmb.2015.06.014.
- Gallina, S. y A. González-Romero. 2018. La conservación de mamíferos medianos en dos reservas ecológicas privadas de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 89(4):1245-1254. Doi: 10.22201/ib.20078706e.2018.4.2476.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. Coyoacán, México D. F., México. 90 p.
- Gutiérrez-González, C. E., M. Á. Gómez-Ramírez and C. A. López-González. 2012. Estimation of the density of the near threatened jaguar *Panthera onca* in Sonora, Mexico, using camera trapping and an open population model. *Oryx* 46(3):431-437. Doi: 10.1017/S003060531100041X.

Hernández H., J. C., C. Chávez y R. List. 2018. Diversidad y patrones de actividad de mamíferos medianos y grandes en la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas, México. *Revista de Biología Tropical* 66(2):634-646. Doi: 10.15517/rbt.v66i2.33395.

Hernández R., E., O. E. Ramírez-Bravo y G. Hernández T. 2017. Patrones de cacería de mamíferos en la Sierra Norte de Puebla. *Acta Zoológica Mexicana* 33(3):421-430. <https://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v33n3/2448-8445-azm-33-03-421.pdf>. (30 de marzo 2022).

Hernández-Rodríguez, E., L. Escalera-Vázquez, J. M. Calderón-Patrón y E. Mendoza. 2019. Mamíferos medianos y grandes en sitios de tala de impacto reducido y de conservación en la sierra Juárez, Oaxaca. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 90:1-10. Doi: 10.22201/ib.20078706e.2019.90.2776.

International Union for Conservation of Nature (IUCN). 2023. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-2. <https://www.iucnredlist.org>. (9 de junio del 2023).

Isasi-Catalá, E. 2011. Los conceptos de especies indicadoras, paraguas, banderas y claves: su uso y abuso en ecología de la conservación. *Interciencia* 36(1):31-38. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33917727005.pdf>. (05 de noviembre de 2022).

Lavariega, M. C., M. Briones-Salas y R. M. Gómez-Ugalde. 2012. Mamíferos medianos y grandes de la Sierra de Villa Alta, Oaxaca, México. *Mastozoología Neotropical* 19(2):225-241. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45725085002>. (12 de abril de 2022).

Leija, E. G., N. P. Pavón, A. Sánchez-González, R. Rodríguez-Laguna y G. Ángeles-Pérez. 2021. Dinámica espacio-temporal de uso, cambio de uso y cobertura de suelo en la región centro de la Sierra Madre Oriental: implicaciones para una estrategia REDD+ (Reducción de Emisiones por la Deforestación y Degradación). *Revista Cartográfica* 102:43-68. Doi: 10.35424/rcarto.i102.832.

- Lira-Torres, I., M. Briones-Salas y G. Sánchez-Rojas. 2014. Abundancia relativa, Estructura poblacional, preferencia de hábitat y patrones de actividad del tapir centroamericano *Tapirus bairdii* (Perissodactyla: Tapiridae), en la selva de Los Chimalapas, Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical* 62(4):1407-1419. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v62n4/a12v62n4.pdf>. (12 de abril de 2022).
- Magurran, A. E. 2005. Species abundance distributions: Pattern or Process? *Functional Ecology* 19(1):177–181. <http://www.jstor.org/stable/3599287>. (24 de diciembre de 2022).
- Mezhua-Velázquez, M. J., R. Serna-Lagunes, G. B. Torres-Cantú, L. D. Pérez-Gracida, J. Salazar-Ortiz y N. Mora-Collado. 2022. Diversidad de mamíferos medianos y grandes del Ejido Zomajapa, Zongolica, Veracruz, México: implicaciones de manejo. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 9(2):1-15. Doi: 10.19136/era.a9n2.3316.
- Monroy-Vilchis, O., M. M. Zarco-González, C. Rodríguez-Soto, L. Soria-Díaz y V. Urios. 2011. Fototrampeo de mamíferos en la Sierra Nanchititla, México: abundancia relativa y patrón de actividad. *Revista de Biología Tropical* 59(1):373-383. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v59n1/a33v59n1.pdf>. (20 de mayo de 2021).
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (Cyted), Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe (Unesco) y Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA). Zaragoza, Z, España. 83 p.
- Ochoa-Espinoza, J. M., L. Soria-Díaz, C. C. Astudillo-Sánchez, J. Treviño-Carreón, C. Barriga-Vallejo y E. Maldonado-Camacho. 2023. Diversidad y abundancia de mamíferos del bosque mesófilo de montaña del noreste de México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 39:1-18. Doi: 10.21829/azm.2023.3912591.
- Oksanen, J., F. G. Blanchet, R. Kindt, P. Legendre, ... and H. Wagner. 2014. Vegan: Community Ecology Package. R Package Version 2.2-0. <http://CRAN.Rproject.org/package=vegan>. (02 de febrero de 2023).

Ordóñez-Prado, C., J. C. Tamarit-Urias, E. Buendía-Rodríguez y G. Orozco-Gutiérrez. 2022. Estimación e inventario de biomasa y carbono del bambú nativo *Guadua aculeata* Rupr. en Puebla, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 25(47):1-14. Doi: 10.56369/tsaes.3787.

Orjuela C., O. J. y G. Jiménez. 2004. Estudio de la abundancia relativa para mamíferos en diferentes tipos de coberturas y carretera, Finca Hacienda Cristales, Área Cerritos-La Virginia, municipio de Pereira, Departamento de Risaralda-Colombia. *Universitas Scientiarum* 9(1):87-96. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49909408>. (23 de junio de 2021).

Pérez-Solano, L. A., M. González, E. López-Tello y S. Mandujano. 2018. Mamíferos medianos y grandes asociados al bosque tropical seco del centro de México. *Revista de Biología Tropical* 66(3):1232-1243. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v66n3/0034-7744-rbt-66-03-1232.pdf>. (29 de septiembre de 2022).

Pozo-Montuy, G., A. A. Camargo-Sanabria, I. Cruz-Canuto, K. Leal-Aguilar y E. Mendoza. 2019. Análisis espacial y temporal de la estructura de la comunidad de mamíferos medianos y grandes de la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, en el sureste mexicano. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 90:e902731. Doi: 10.22201/ib.20078706e.2019.90.2731.

Ramírez-Bravo, O. E., E. Bravo-Carretero, C. Hernández-Santín, S. Schinkel-Brault and K. Chris. 2010. Ocelot (*Leopardus pardalis*) distribution in the state of Puebla, Central Mexico. *THERYA* 1(2):110-120. Doi: 10.12933/therya-10-12.

Ramírez-Pulido, J., N. González-Ruiz, A. L. Gardner and J. Arroyo-Cabrales. 2014. List of recent land mammals from Mexico. Museum of Texas Tech University. Lubbock, TX, United States of America. 69 p.

Ruiz-Gutiérrez, F., C. Chávez, G. Sánchez-Rojas, C. E. Moreno, ... y R. Torres-Bernal. 2020. Mamíferos medianos y grandes de la Sierra Madre del Sur de Guerrero, México: evaluación integral de la diversidad y su relación con las

características ambientales. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 91:1-15. Doi: 10.22201/ib.20078706e.2020.91.3168.

Rumiz, D. I. 2010. Roles ecológicos de los mamíferos medianos y grandes. In: Wallace, R. B., H. Gómez, Z. R. Porcel y D. I. Rumiz (Edits). *Distribución, ecología y conservación de los mamíferos medianos y grandes de Bolivia*. Centro de Ecología Difusión Fundación Simón I. Patino. Santa Cruz de la Sierra, S, Bolivia. pp. 53-73.

Salazar-Ortiz, J., M. Barrera-Perales, G. Ramírez-Ramírez y R. Serna-Lagunes. 2020. Diversidad de mamíferos del municipio de Tequila, Veracruz, México. *Abanico Veterinario* 10:1-18. Doi: 10.21929/abavet2020.30.

Secretaría de Gobernación. 2019. MODIFICACIÓN del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010. *Diario Oficial de la Federación*. 14 de noviembre de 2019. México, D. F., México. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14/11/2019#gs.c.tab=0. (1 de junio de 2023).

Serna-Lagunes, R., N. Hernández-García, L. R. Álvarez-Oseguera, C. Llarena-Hernández, ... y R. Núñez-Pastrana. 2019. Diversidad de mamíferos medianos en el Parque Nacional Pico de Orizaba. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 6(18):423-434. Doi: 10.19136/era.a6n18.2054.

Servín, J., A. Bejarano, N. Alonso-Pérez y E. Chacón. 2014. El tamaño del ámbito hogareño y el uso de hábitat de la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) en un bosque templado de Durango, México. *THERYA* 5(1):257-269. Doi: 10.12933/therya-14-174.

Silverio P., L. y O. E. Ramírez-Bravo. 2014. Registro de la presencia de mamíferos medianos en dos zona del municipio de Cuetzalán, en la Sierra Norte de Puebla. *THERYA* 5(3):855-860. Doi: 10.12933/therya-14-163.

Turner, I. M. 1996. Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. *Journal of Applied Ecology* 33(2):200-209. Doi: 10.2307/2404743.

Villareal E., O. A., R. Guevara V., R. Reséndiz M., J. S. Hernández Z., J. C. Castillo C. y F. J. Tomé T. 2005. Diversificación productiva en el Campo Experimental Las Margaritas, Puebla, México. *Archivos de Zootecnia* 54(206-207):197-203. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49520713>. (1 de marzo de 2021).

Zamora G., J. 2012. Manual Básico de Fototrampeo. Aplicado al estudio de vertebrados terrestres. Tundra ediciones. Almenara, CS, España. 92 p.



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 [Atribución-No Comercial \(CC BY-NC 4.0 Internacional\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.