



Diversidad y abundancia de mamíferos del bosque mesófilo de montaña del noreste de México

Diversity and abundance of mammals of the cloud forest of the northeast of Mexico

¹JUAN MARTIN OCHOA-ESPINOZA, ^{2*}LEROY SORIA-DÍAZ, ¹CLAUDIA C. ASTUDILLO-SÁNCHEZ, ¹JACINTO TREVIÑO-CARREÓN, ³CARLOS BARRIGA-VALLEJO, ¹EDER MALDONADO-CAMACHO

¹Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Centro Universitario Victoria, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. C.P. 87149.

²Instituto de Ecología Aplicada/Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Av. División del Golfo No. 356. Col. Libertad. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. C.P. 87020.

³Pronatura Noreste. Loma Grande 2623, Col. Loma Larga. Monterrey, Nuevo León, México. C.P. 64710.



Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)

Editor responsable: Sonia Gallina

*Autor correspondiente:

Leroy Soria-Díaz
leroyoriadiaz@gmail.com

Cómo citar:

Ochoa-Espinoza, J. M., Soria-Díaz, L., Astudillo-Sánchez, C. C., Treviño-Carreón, J., Barriga-Vallejo, C., Maldonado-Camacho, E. (2023) Diversidad y abundancia de mamíferos del bosque mesófilo de montaña del noreste de México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 39, 1–18. 10.21829/azm.2023.3912591 elocation-id: e3912591

Recibido: 11 enero 2023
Aceptado: 23 mayo 2023
Publicado: 21 junio 2023

RESUMEN. El bosque mesófilo de montaña (BMM) es uno de los ecosistemas vegetales con una gran diversidad biológica, sin embargo, también es uno de los más reducidos en superficie territorial y su distribución es fragmentada, lo que incrementa su probabilidad de sufrir perturbaciones humanas y pérdida de la biodiversidad. El objetivo de esta investigación fue estimar la diversidad alfa y la abundancia relativa de los mamíferos medianos y grandes presentes en el BMM de la reserva de la biosfera El Cielo (RBEC), Tamaulipas, México. El estudio se realizó de enero del 2018 a diciembre del 2020. En este periodo se colocaron 20 estaciones de muestreo con una cámara-trampa. Se estimó la diversidad de los mamíferos durante la temporada de lluvia y seca con los números de la serie Hill. La diversidad se



comparó entre temporadas con las curvas de rarefacción y la abundancia se estimó con el índice de abundancia relativa (IAR) para cada especie. Se lograron identificar 18 especies de mamíferos y el orden mejor representado fue Carnívora. La riqueza fue de 16 y 18 especies, para la temporada de lluvia y seca, respectivamente. La especie con mayor abundancia relativa en la temporada de lluvia fue *Mazama temama* y la de menor *Odocoileus virginianus*. En la seca, *Didelphis* sp. fue la que presentó mayor IAR, y la menor fue *O. virginianus*. Se registraron cinco especies que se encuentran en peligro de extinción y una considerada como amenazada. El número de especies que se describen muestra que se trata de uno de los sitios con mayor riqueza de mamíferos medianos y grandes en BMM de México y destacan abundancias relativas altas de *M. temama*, *Ursus americanus* y *Leopardus wiedii*. Además, la presencia de especies como *Panthera onca* y *Puma concolor*, muestran que este tipo de vegetación tiene un buen estado de conservación.

Palabras clave: biodiversidad; diversidad alfa; especies en peligro de extinción; fototrampeo; números de Hill

ABSTRACT. The cloud forest (CF) is one of the ecosystems with a great variety of biodiversity, however, it is also one of the most reduced in territorial surface with fragmentation among its distribution, which increases the probability of human disturbances and biodiversity loss. Our objective was to estimate alpha diversity and relative abundance of medium and large mammals present in the CF of El Cielo biosphere reserve (ECBR), Tamaulipas, Mexico. The study was carried out from January 2018 to December 2020. In this period, 20 sampling stations with one camera-trap were placed. We used the Hill series numbers method to estimate mammalian diversity during the rainy and dry seasons, and rarefaction curves to compare diversity between seasons. We estimated abundance with the relative abundance index (RAI). A total of 18 species of mammals were identified, corresponding to six orders and 12 families. The best represented order was Carnívora. The richness was 16 and 18 species, for the rainy and dry seasons, respectively. However, there were no significant differences between seasons. The species with the highest relative abundance in the rainy season was *Mazama temama* and the lowest *Odocoileus virginianus*. In the dry season, *Didelphis* sp. showed the highest IAR, and the lowest *O. virginianus*. Five species in danger of extinction were registered and one threatened. The number of species described shows that it is one of the sites with the greatest richness of medium and large mammals in CF of Mexico and high abundances of *M. temama*, *Ursus americanus* and *Leopardus wiedii* stand out. In addition, the presence of species such as *Panthera onca* and *Puma concolor* shows that this type of vegetation is in a good state of conservation.

Key words: biodiversity; alpha diversity; endangered species; camera traps; Hill numbers

INTRODUCCIÓN

El bosque mesófilo de montaña (BMM) es un ecosistema que alberga gran diversidad biológica de plantas y animales, y concentra una gran cantidad de especies endémicas en un área reducida (Challenger, 1998; Espinoza & Sánchez, 2010; González-Ruiz *et al.*, 2014). Se estima que, en México, este ecosistema ocupa menos del 1 % de la superficie total (Rzedowski, 1996), y a pesar de su tamaño reducido, provee de múltiples servicios ecosistémicos como reservorio de flora y fauna, captura de carbono y recarga de cuerpos de agua (García *et al.*, 2014; Gual-Díaz & Rendón-Correa, 2017). La importancia del BMM en cuanto a mastofauna, es que este alberga cerca del 53 % de las

especies de mamíferos terrestres que se encuentran en México (aproximadamente 257), y 85 de estas son endémicas (González-Ruiz *et al.*, 2014). Sin embargo, es uno de los ecosistemas más amenazados a nivel mundial (Scatena *et al.*, 2010) y se estima que más del 50 % de la distribución original ha sido remplazada por zonas de pastoreo y campos de cultivo (Challenger, 1998). Aunado a lo anterior, se sabe que en México la distribución del BMM es discontinua y está fragmentada en manchones pequeños, lo que incrementa la probabilidad de sufrir perturbaciones, y como consecuencia, pérdida de la biodiversidad (Sánchez-Ramos & Dirzo, 2014).

Una estrategia para evaluar la importancia de un ecosistema o área natural protegida (ANP), es a través de la estimación de la diversidad y abundancia de algún grupo taxonómico que sea representativo de otras especies (Walker *et al.*, 2000; Vázquez & Valenzuela-Galván, 2009). Los mamíferos medianos y grandes destacan por ser conspicuos, algunos son considerados especies sombrilla, son importantes en el equilibrio del ecosistema (Rumiz, 2010; Sánchez-Cordero *et al.*, 2014) y han representado a otros grupos taxonómicos de manera eficiente. Por estar sujetos a la cacería ilegal y pérdida de hábitat (Naranjo *et al.*, 2004; Gallina & González-Romero, 2018), los mamíferos son un buen grupo de estudio para evaluar el estado de conservación de un ecosistema.

Para describir los patrones espaciales de la diversidad se han descrito tres componentes; alfa, beta y gamma. La diversidad alfa, es el número de especies de una comunidad, la diversidad beta, es la variación en el número de especies que se producen entre un hábitat y otro, y la diversidad gamma es el número de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje, que resulta de la diversidad alfa y beta (Whittaker, 1972; Moreno, 2001). La abundancia es el número de individuos de un determinado lugar y es un indicador de la situación que guardan las especies, su evaluación junto con el de diversidad en diferentes escalas (espacial o temporal), permiten evidenciar variaciones en las especies y sus resultados, son un factor que contribuye a la generación de estrategias para la conservación (Wilson *et al.*, 1996; Walker *et al.*, 2000).

La diversidad de los mamíferos de México ha sido documentada por autores como Ramírez-Pulido *et al.* (2005), Wilson y Reeder (2005) y Ceballos y Oliva (2005), reportando un número de especies diferente. Al respecto, una revisión bibliográfica coteja esta información y concluye con un total de 564 especies de mamíferos, lo que coloca a México como el tercer país con mayor diversidad en el mundo, después de Brasil e Indonesia. Con respecto a los estados que conforman el noreste de México, se menciona que Tamaulipas es el más diverso, con 144 especies, seguido de Coahuila con 107, y en tercer lugar el estado de Nuevo León con 91 (Sánchez-Cordero *et al.*, 2014).

A pesar de la gran diversidad del estado de Tamaulipas, son pocos los estudios que documentan el conocimiento de los mamíferos. Por ejemplo, en años recientes se ha confirmado la expansión de la distribución de algunas especies, incrementando con ello el número de mamíferos en bosques mesófilos de montaña dentro de la reserva de la biosfera El Cielo (RBEC; Contreras-Díaz *et al.*, 2020), por lo que es necesaria su investigación. De manera particular para el BMM que se encuentra en Tamaulipas, solo se tienen estudios sobre inventarios de mamíferos (Vargas-Contreras & Hernández-Huerta, 2001; Castro-Arellano & Lacher, 2005; Sosa *et al.*, 2005; Vargas-Contreras, 2005) y hasta al momento, ninguno ha estimado índices de abundancia poblacional o analizado índices de diversidad. Por estas razones, es necesario generar información que ayude a comprender el estado actual de los mamíferos medianos y grandes, y si el BMM es importante para la protección de especies que se encuentren en alguna categoría de riesgo.

El objetivo del presente estudio fue estimar la diversidad alfa y la abundancia relativa de los mamíferos medianos y grandes del bosque mesófilo de montaña de la reserva de la biosfera El Cielo, Tamaulipas, durante la temporada de seca y lluvias a través del uso de cámaras-trampa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. La reserva de la biosfera El Cielo (RBEC), se localiza en el noreste de México dentro de los límites del estado de Tamaulipas, específicamente formando parte de la región biogeográfica de la Sierra Madre Oriental (SMO) entre las coordenadas 22°55'30" N y -99°26'30" O, con una extensión territorial de aproximadamente 1,445 km² (Fig. 1). La RBEC es una zona de transición entre la Región Neártica y Neotropical, con una amplitud altitudinal entre 100 y 2,300 m (Steinberg *et al.*, 2014), lo que le confiere exhibir diferentes condiciones ambientales y tipos de vegetación bien delimitados como: bosque de encino (BE); bosque de pino encino (BPE); bosque de encino pino (BEP); bosque mesófilo de montaña (BMM); matorral submontano (MS); mezquital (M); selva baja caducifolia (SBC); selva mediana (SM); matorral desértico rosetófilo (MDR); pastizal (P) y vegetación de galería (VG), así como otras áreas de uso del suelo, entre ellas la agricultura (A) y las áreas urbanas (AU) (González-Medrano, 2005; INEGI, 2021). También, en la reserva se manifiestan dos temporadas climáticas marcadas, una temporada de lluvia de los meses de abril a octubre y una temporada seca de noviembre a marzo. El bosque mesófilo de montaña tiene una extensión territorial aproximada de 191.5 km² dentro de la reserva, y destaca porque a pesar de su tamaño, se han registrado una gran cantidad de especies de mamíferos que se encuentran en peligro de extinción en México como *Panthera onca* Linnaeus, 1758 (jaguar), *Leopardus wiedii* Schinz, 1821 (tigrillo o margay) y *Ursus americanus* Pallas, 1780 (oso negro) (Vargas-Contreras & Hernández-Huerta, 2001).

Muestreo de campo. El presente estudio se realizó en el bosque mesófilo de montaña de la RBEC, de enero del 2018 a diciembre del 2020. Durante este periodo se colocaron un total de 20 estaciones de muestreo equipadas con una cámara-trampa (Fig. 1), las estaciones se instalaron con una separación de 2 km, ubicadas en caminos y veredas utilizadas por los animales (Harmsen *et al.*, 2010). Se emplearon cámaras-trampa de la marca Scoutguard HCO modelo SG565, con sensor de movimiento y de temperatura, éstas se sujetaron a troncos de árboles a 30 o 50 cm del suelo y se programaron para que funcionaran las 24 horas del día e imprimieran la hora y la fecha. Las cámaras-trampa se revisaron mensualmente para cambiar baterías, memorias de almacenamiento, limpiarlas, verificar su funcionamiento; no se utilizaron cebos durante el muestreo.

Análisis de fotografías. Se identificaron a los mamíferos medianos y grandes fotografiados con base en literatura especializada (Reid, 1997; Aranda, 2012), y para la nomenclatura taxonómica se siguió el trabajo de Ramírez-Pulido *et al.* (2014). Posteriormente, las fotografías se clasificaron como eventos independientes de la forma siguiente: a) fotografías consecutivas de diferentes especies, b) fotografías consecutivas de individuos diferentes (si los individuos se pudieron distinguir por sus patrones de manchas) y c) fotografías consecutivas de la misma especie separadas por más de 24 horas, este criterio se utilizó cuando no se pudo hacer la identificación individual (O'Brien *et al.*, 2003).

Estimación de diversidad. Para estimar la diversidad alfa de los mamíferos se utilizaron los registros fotográficos independientes empleando el método de los números de la serie Hill (Hill, 1973; Pérez-Solano *et al.*, 2018), mediante el paquete *vegan* (Oksanen *et al.*, 2022; Pérez-Solano, 2019a), y se comparó la diversidad entre las dos temporadas climáticas del año (lluvia y seca) mediante curvas de rarefacción (Hill, 1973; Moreno, 2001; Cultid-Medina & Escobar, 2019). Estas

curvas se construyeron con base en el índice de diversidad verdadera de orden $q = 0$ (${}^{\circ}D_y$) que es equivalente a la riqueza de especies, y sus respectivos intervalos de confianza (IC) al 95 %. Si se superponen los IC, se concluye que no hay diferencias significativas (Cultid-Medina & Escobar, 2019). Las curvas de rarefacción se construyeron en el paquete iNEXT (Hernández-Hernández, 2019; Hsieh *et al.*, 2020). Todos los análisis estadísticos se realizaron en R versión 4.1.2 (R Core Team, 2017).

El esfuerzo de muestreo se calculó sumando todos los días en que cada cámara-trampa permaneció activa. La diversidad, al igual que el esfuerzo de muestreo se determinó para cada una de las cámaras-trampa debido a que la distribución de los registros fotográficos de las especies no es homogénea. También se elaboraron curvas de acumulación de riqueza de especies de los mamíferos registrados por temporada lluvia y seca, usando el número de especies por cámara-trampa y utilizando el paquete BiodiversityR (Kindt & Coe, 2005).

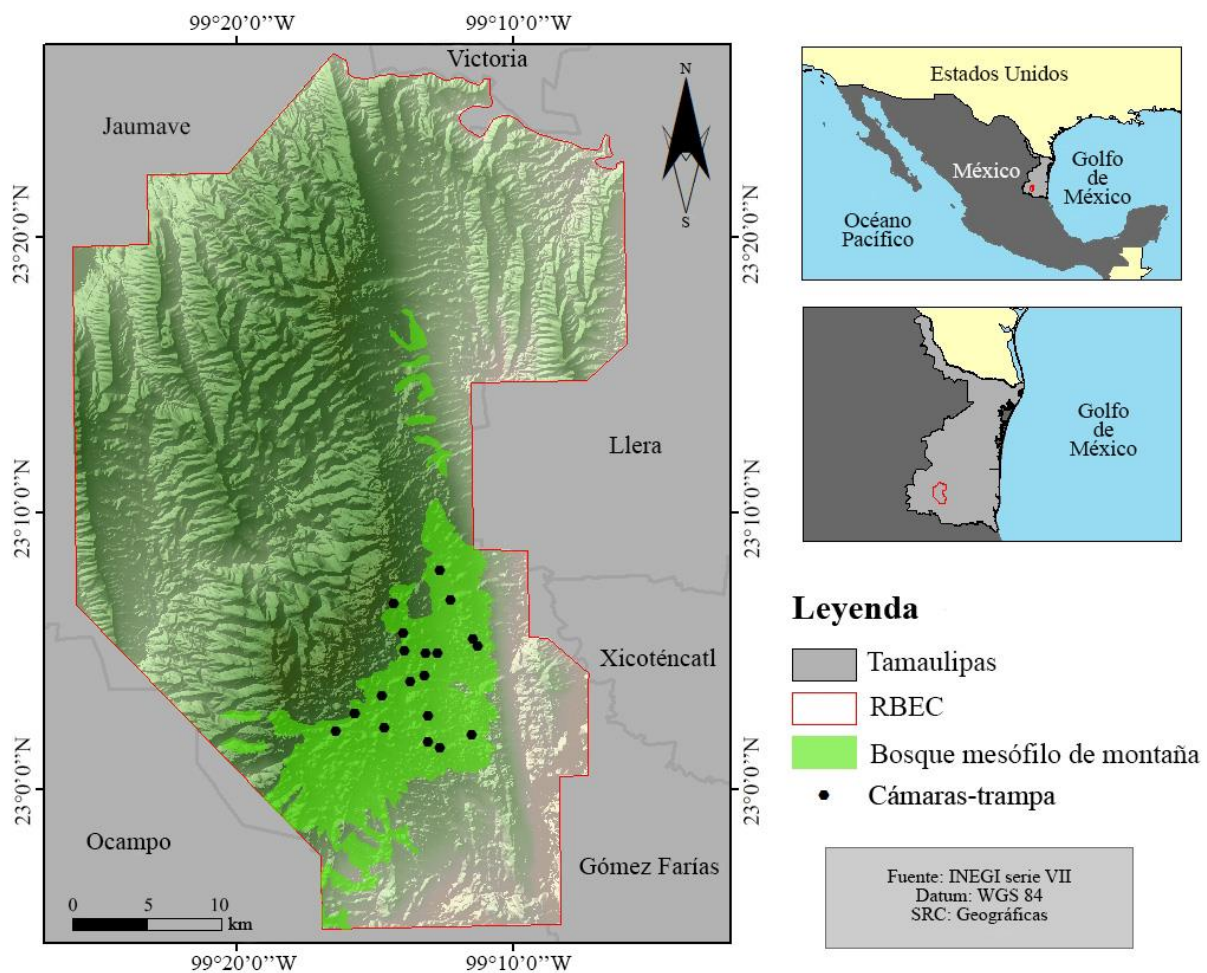


Figura 1. Ubicación geográfica de las estaciones de cámaras-trampa, del bosque mesófilo de montaña (BMM) y de la reserva de la biosfera El Cielo (RBEC), Tamaulipas, México.

Estimación de abundancia relativa. Se estimaron los índices de abundancia relativa (IAR) siguiendo el método empleado por Pérez-Solano *et al.* (2018) y Mandujano (2019), para cada especie y por cada una de las cámaras-trampa (Goulart *et al.*, 2009). El IAR se estimó para la especie i , en la cámara j durante la temporada k del año (lluvia y seca), empleando la siguiente fórmula: $IAR_{ijk} = n/días * 100$; donde: n = número de capturas o eventos fotográficos independientes y

días = esfuerzo de muestreo (número de cámaras-trampa por días de monitoreo). Se compararon los IAR de todo el conjunto de especies en el bosque mesófilo de montaña de la RBEC mediante un análisis de varianza (ANOVA), y una prueba *a posteriori* de Tukey.

Por último, para conocer la categoría de riesgo que tienen los mamíferos registrados, se consultó la legislación de la norma oficial mexicana: NOM-059-ECOL-2010 (SEMARNAT, 2010) y la lista roja de la "International Union for Conservation of Nature" por sus siglas en inglés (IUCN, 2021; <https://www.iucnredlist.org>).

RESULTADOS

Se obtuvieron un total de 2,251 registros fotográficos independientes de mamíferos medianos y grandes en el bosque mesófilo de montaña de la RBEC y el esfuerzo de muestreo total fue de 12,976 días/trampa. Con estos registros se lograron identificar a 18 especies, que corresponden a seis órdenes y 12 familias. El orden mejor representado fue Carnívora con seis familias y 11 especies (Cuadro 1). Para la temporada de lluvia y seca, los registros independientes fueron 1,272 y 979, respectivamente.

El oso negro (*U. americanus*) y el temazate (*Mazama temama* Kerr, 1792) se registraron en 19 de las 20 cámaras-trampa utilizadas durante el muestreo, el margay (*L. wiedii*) se registró en 18, el tlacuache (*Didelphis* sp.) y el puma (*Puma concolor* Linnaeus, 1771) en 17, y el gran grisón (*Galictis vittata* Schreber, 1776) fue la única especie que se registró solo en una cámara-trampa (Cuadro 1).

La riqueza específica para la temporada de lluvia fue de 16 especies y para la seca de 18 (Figs. 2, 3). La diversidad alfa promedio de las cámaras-trampa durante todo el estudio fue de 6.18 ± 1.49 , mientras que en la temporada de lluvia fue de 4.63 ± 1.85 y de 6.11 ± 1.5 en la temporada seca. De acuerdo con las curvas de rarefacción, se puede observar que no hay diferencias significativas entre la diversidad de especies de mamíferos en la temporada de lluvia y seca, ya que se muestra una superposición en los IC. Sin embargo, es importante notar que la diversidad de la temporada seca fue mayor (Fig. 2). Por otro lado, las curvas de acumulación de especies muestran que no se logró alcanzar una asíntota en ninguna de las temporadas de estudio (Fig. 3).

Las especies con mayor IAR en la temporada de lluvia fueron *M. temama* (3.31) y *Didelphis* sp. (2.69), y las dos con menor IAR fueron *Dicotyles tajacu* Linnaeus, 1758 (0.05) y *Odocoileus virginianus* Zimmermann, 1780 (0.03). En la seca las especies con mayor IAR fueron *Didelphis* sp. (3.5), *M. temama* (3.3) y *Sylvilagus* sp. (3.12), y las dos con menor IAR fueron *G. vittata* (0.02) y *O. virginianus* (0.01). La prueba de ANOVA mostró que hubo diferencias significativas entre los IAR de las especies, tanto en la temporada de lluvia ($F = 11.17$, $P < 0.05$), como en la seca ($F = 8.67$, $P < 0.05$). La prueba *a posteriori* dio evidencia de que el IAR de *M. temama* en la lluvia fue diferente de 10 especies y en la seca *Didelphis* sp. de 12 (Fig. 4).

Del total de los 18 mamíferos registrados, seis se encuentran enlistados dentro de la NOM-059 (SEMARNAT, 2010); *U. americanus*, *P. onca*, *L. wiedii*, *Leopardus pardalis* Linnaeus, 1758 y *Eira barbara* Linnaeus, 1758 son especies catalogadas como En Peligro de Extinción (P) y *G. vittata* como una especie Amenazada (A) (Cuadro 1). Con base en la clasificación de la IUCN 2021, se determinó que *P. onca* y *L. wiedii* como especies clasificadas en la categoría de casi amenazadas (NT) y *M. temama* considerada con datos deficientes (DD), el resto de los mamíferos de este estudio se clasifican como de menor preocupación (LC; Cuadro 1).

Cuadro 1. Lista de mamíferos medianos y grandes registrados en el bosque mesófilo de montaña en dos temporadas (lluvia y seca) de los años 2018 a 2020, de la reserva de la biosfera El Cielo, Tamaulipas, México.

ORDEN/Familia/Especie	NCRE	n	IAR	Lluvia		Seca		NOM-059	IUCN
				n	IAR	n	IAR		
DIDELPHIMORPHIA									
Didelphidae									
<i>Didelphis</i> sp.	17	383	2.98	202	2.67	181	3.5		
CINGULATA									
Dasypodinae									
<i>Dasypus novemcinctus</i>	15	93	1.52	87	2.15	6	0.08		LC
LAGOMORPHA									
Leporidae									
<i>Sylvilagus</i> sp.	11	404	2.41	206	2.13	198	3.12		
CARNIVORA									
Ursidae									
<i>Ursus americanus</i>	19	215	1.78	129	1.99	86	1.64	P	LC
Felidae									
<i>Panthera onca</i>	13	51	0.53	38	0.69	13	0.26	P	NT
<i>Leopardus wiedii</i>	18	238	1.7	133	1.84	105	1.77	P	NT
<i>Leopardus pardalis</i>	12	40	0.36	25	0.37	15	0.34	P	LC
<i>Puma concolor</i>	17	110	0.78	72	0.94	38	0.75		LC
Canidae									
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	15	80	1.03	39	0.84	41	1.56		LC
Mephitidae									
<i>Conepatus leuconotus</i>	15	68	0.67	37	0.68	31	0.58		LC
<i>Spilogale</i> sp.	2	3	0.02	0	0	3	0.05		
Mustelidae									
<i>Galictis vittata</i>	1	2	0.01	0	0	2	0.02	A	LC
<i>Eira barbara</i>	9	56	0.35	27	0.29	29	0.38	P	LC
Procyonidae									
<i>Nasua narica</i>	15	77	0.77	42	0.71	35	0.6		LC
ARTIODACTYLA									
Cervidae									
<i>Odocoileus virginianus</i>	2	2	0.02	1	0.03	1	0.01		LC
<i>Mazama temama</i>	19	407	3.05	223	3.31	184	3.3		DD
Tayassuidae									
<i>Dicotyles tajacu</i>	4	6	0.04	2	0.05	4	0.08		LC
RODENTIA									
Cuniculidae									
<i>Cuniculus paca</i>	10	16	0.11	9	0.15	7	0.15		LC

NCRE = número de cámaras-trampa en las que se registró la especie, n = número de registros independientes, IAR = índice de abundancia relativa, NOM-059: P = En Peligro de Extinción, A = Amenazada. IUCN: NT = casi amenazadas, LC = de menor preocupación, DD = datos deficientes.

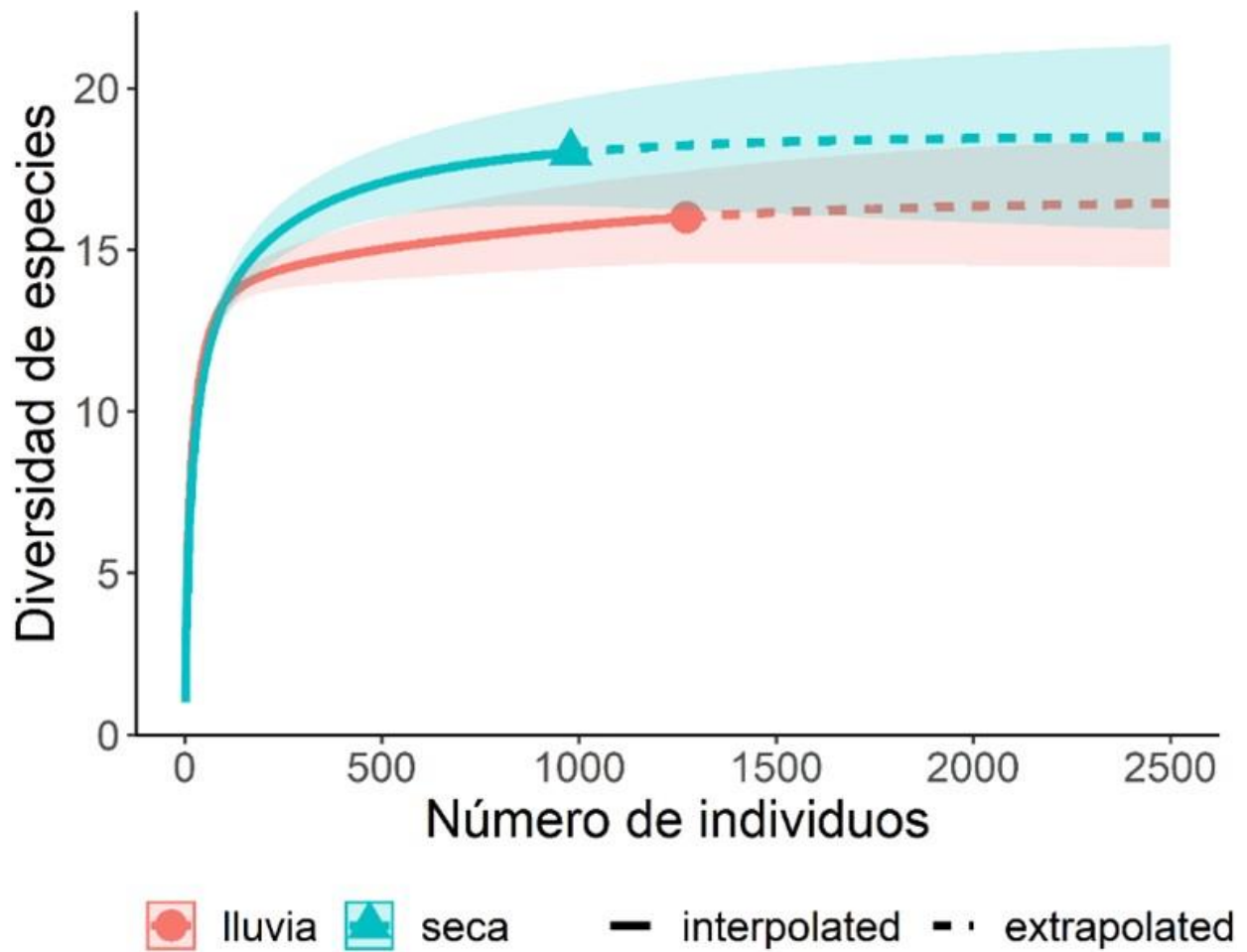


Figura 2. Curvas de rarefacción de los mamíferos medianos y grandes del bosque mesófilo de montaña de la reserva de la biosfera El Cielo, Tamaulipas, México, durante la temporada de lluvia y seca. Las curvas fueron construidas con base en el número de individuos y las bandas sombreadas en torno a las líneas sólidas de las curvas corresponden a los intervalos de confianza (IC) al 95 %.

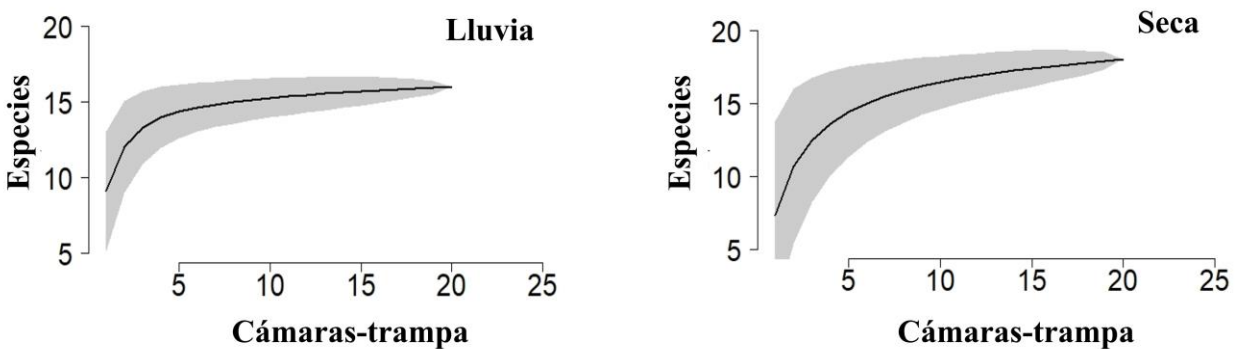


Figura 3. Curvas de acumulación de especies de los mamíferos medianos y grandes del bosque mesófilo de montaña de la reserva de la biosfera El Cielo, Tamaulipas, México, durante la temporada de lluvia y seca.

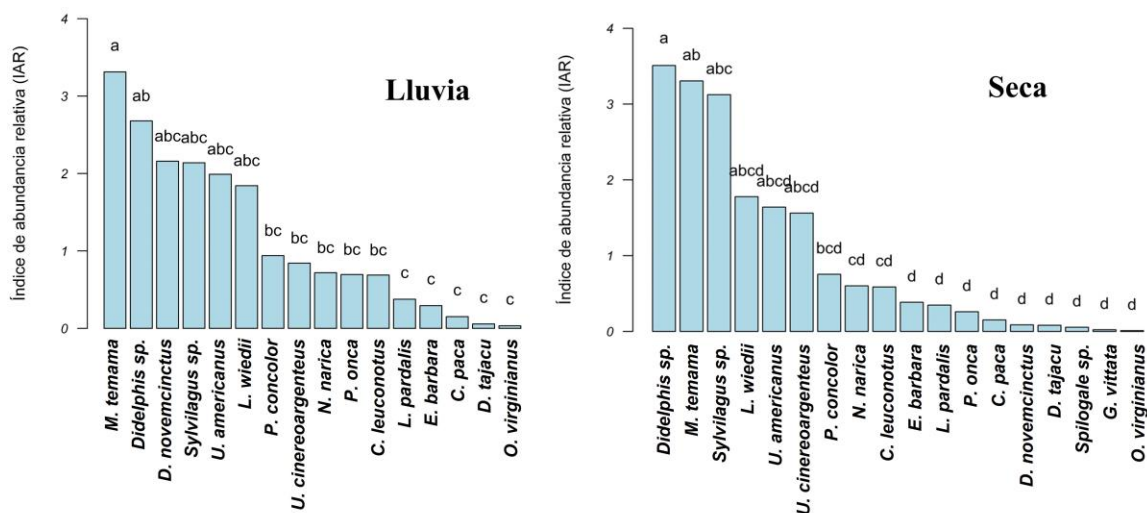


Figura 4. Índice de abundancia relativa de los mamíferos medianos y grandes de la reserva de la biosfera El Cielo, Tamaulipas, México, durante la temporada de lluvia y seca. Las letras encima de las barras indican el resultado de la prueba a posteriori, letras similares indican que no hay diferencias significativas entre las especies.

DISCUSIÓN

En este estudio se logró identificar a 18 especies de mamíferos medianos y grandes, agrupados en seis órdenes y 12 familias. El orden que estuvo mejor representado fue Carnivora con seis familias y 11 especies, y el segundo fue Artiodactyla con dos familias y tres especies (Cuadro 1). De los mamíferos que se enlistan en este estudio, *G. vittata*, también llamado gran grisón, es de reciente registro para el estado de Tamaulipas y se encuentra en la categoría de especie amenazada (A) de acuerdo con la NOM-059 (SEMARNAT, 2010). Al respecto, Contreras-Díaz *et al.* (2020) detallan el nuevo registro de esta especie para Tamaulipas y la ampliación de su distribución hacia el noreste de México.

La cantidad de especies que se describen en este estudio muestra que se trata de uno de los sitios con mayor riqueza de mamíferos medianos y grandes en bosques mesófilos de montaña de México, y esto puede explicarse por la convergencia de la zona neártica y neotropical, la gran variedad de climas, gradientes de elevación y tipos de vegetación que se presentan en la RBEC (Steinberg *et al.*, 2014), aunado a su nivel de protección que prohíbe la cacería furtiva. La riqueza de especies documentada en este estudio solo es menor a la que se registró en la reserva de la biosfera El Triunfo en Chiapas, con 31 especies (Espinoza *et al.*, 2014), pero es superior a las que reportan Aranda *et al.* (2012) en la Sierra de Manantlán en Jalisco-Colima, con 17 especies, a la del municipio de Tequila, Jalisco con 13 especies (Salazar-Ortiz *et al.*, 2020), y a las mencionadas en el estado de Oaxaca por Pérez-Lustre *et al.* (2006) y Lavariega *et al.* (2012), donde documentan diez y nueve especies, respectivamente. Cabe mencionar que, para esta comparación, solo se cita aquellos estudios realizados en el BMM.

Por otro lado, los resultados de riqueza de este estudio difieren en solo una especie con el realizado por Vargas-Contreras y Hernández-Huerta (2001) en la RBEC en años anteriores, estos autores informan un total de 19 mamíferos medianos y grandes para el BMM. Esta diferencia se atribuye a que ellos logran distinguir entre las dos especies de marsupiales (*Didelphis marsupialis* Linnaeus, 1758 y *D. virginiana* Allen, 1900) y dos especies de conejos (*Sylvilagus brasiliensis* Linnaeus, 1758 y *S. floridanus* Allen, 1890) presentes en la reserva, ya que utilizaron como método las capturas directas de los organismos y registros de colecciones biológicas, lo cual puede

permitir realizar una mejor identificación a nivel de especie de géneros morfológicamente similares. En contraste, el uso de cámaras-trampa en ocasiones no permite distinguir en las fotografías la especie de estos géneros por su tamaño corporal pequeño y rasgos morfológicos similares. Sin embargo, con el uso de este método se logró registrar una nueva especie para Tamaulipas y abundancias relativas de los animales fotografiados.

La diversidad de mamíferos no mostró diferencias significativas entre las temporadas; la curva de rarefacción mostró superposición en los IC para ambas temporadas. Sin embargo, se observa que durante la temporada seca la diversidad es mayor a la de lluvia (Fig. 2). Esto puede deberse a dos situaciones; 1) en la temporada de lluvia hay un aumento en la cobertura vegetal y eso podría dificultar la detectabilidad de las especies (Pérez-Solano *et al.*, 2018) y 2) en el BMM la disponibilidad de agua se mantiene constante a lo largo del año y los animales de otros sitios pueden desplazarse a este tipo de vegetación cuando el agua es escasa. Por otro lado, las curvas de acumulación de especies mostraron que no se logró alcanzar una asíntota en ninguna de las temporadas de estudio, lo que sugiere que se debe de aumentar el esfuerzo de muestreo, considerar un mayor número de cámaras-trampa, otros sitios de muestreo y diferentes tipos de vegetación para tener la totalidad de los mamíferos medianos y grandes que se encuentran en la reserva. Con base en lo anterior, en este estudio no se logró obtener el registro de *Potos flavus* Schreber, 1774, especie que fue descrita por Vargas-Contreras y Hernández-Huerta (2001) en un estudio previo. Los hábitos arborícolas de este carnívoro y su probable asociación actual a los huertos de mango (*Mangifera indica*) de las zonas antropizadas (ubicadas en la selva baja caducifolia), posiblemente impidieron su registro en este estudio.

En cuanto a la abundancia relativa de mamíferos, en la temporada de lluvia *M. temama*, *Didelphis* sp., *Dasyopus novemcinctus* Linnaeus, 1758, *Sylvilagus* sp., *U. americanus* y *L. wiedii*, fueron las especies con mayor IAR y las de menor IAR fueron *D. tajacu* y *O. virginianus*, mientras que en la seca se modificó el orden, pero se mantuvieron con mayor IAR *Didelphis* sp., *M. temama*, *Sylvilagus* sp., *L. wiedii*, *U. americanus*, el IAR de *Urocyon cinereoargenteus* Schreber, 1775 fue mayor que en la lluvia, mientras que el IAR de *D. novemcinctus* disminuyó. Las especies con menor IAR fueron *G. vittata* y *O. virginianus* (Fig. 4). Es interesante hacer notar que dentro del orden Artiodactyla, la especie con mayor IAR fue el temazate (*M. temama*), aun considerando la presencia de sus depredadores potenciales como *U. americanus*, *P. onca* y *P. concolor*. Al respecto, otros autores mencionan que el *M. temama* puede ser abundante en zonas conservadas que ofrecen una buena calidad y cantidad de alimento, buena cobertura vegetal (Muñoz-Vazquez & Gallina-Tessaro, 2016), y en algunos sitios, en ausencia de competidores y de sus depredadores principales (Salazar-Ortiz *et al.*, 2020). Es probable que el IAR alto de *M. temama* en este estudio se explique por la baja y casi nula presencia de *D. tajacu* y *O. virginianus* quienes pueden ser sus competidores; por la baja perturbación humana y el buen estado de conservación del sitio, además de que la zona es considerada como una reserva de la biosfera que contribuye a disminuir la cacería de esta especie por parte de los pobladores. Otros autores documentan que la baja presencia de *M. temama* se encuentran asociadas a zonas no conservadas con vegetación secundaria, perturbadas o con amplios sitios de borde con antropización (Muñoz-Vazquez & Gallina-Tessaro, 2016; Gallina & González-Romero, 2018).

El alto IAR de *Didelphis* sp. y *Sylvilagus* sp., en la RBEC puede deberse a que son especies generalistas, comunes y con amplias áreas de distribución en México. Por otro lado, la abundancia relativa de *D. novemcinctus* fue mayor durante la temporada de lluvia que en la temporada de seca. Cabe mencionar que en este estudio el *D. novemcinctus* fue el tercer mamífero más abundante durante la temporada de lluvias (Fig. 4) y estuvo bien representado en el muestreo, ya

que se registró en 15 de las 20 estaciones de muestreo. Otros autores han encontrado abundancias relativas bajas y argumentan que el fototrampeo no es la técnica más adecuada para registrar a esta especie (Monroy-Vilchis *et al.*, 2011; Cortés-Marcial & Briones-Salas, 2014). Sin embargo, los resultados de este estudio muestran lo contrario y hay evidencia de que el fototrampeo sí puede ser una buena herramienta para obtener registros de *D. novemcinctus*, siempre y cuando el sitio de colocación de las cámaras-trampa sea adecuado, ya que esta especie prefiere tipos de vegetación húmedos, con buena cobertura vegetal y alejados de los caminos transitados por humanos (Weckel *et al.*, 2006; Harmsen *et al.*, 2010).

Dentro del orden Carnivora la especie con mayor IAR fue el oso negro (*U. americanus*). Para el estado de Tamaulipas no se tenía una estimación formal de su tamaño poblacional, ya que en la literatura solo se mencionan registros ocasionales de esta especie (Juárez-Casillas & Varas, 2013). Este estudio documenta por primera vez la abundancia relativa para *U. americanus* y se evidencia de manera fotográfica que la población es reproductivamente activa. Durante el estudio se registraron cuatro crías, dos en el mes de julio y dos en el mes de noviembre de 2018. Es difícil hacer una comparación de la abundancia de *U. americanus* con otras investigaciones, debido a que se han realizado en otro tipo de vegetación y con diferente número de cámaras-trampa. Sin embargo, se considera que la abundancia relativa de esta especie en el BMM de la RBEC es intermedia. En el estado de Nuevo León, se documentó un IAR para oso negro de 2.8 (con cámaras-trampa; Montoya, 2015) y se han estimado densidades de 0.029 individuos/km² a través de análisis de DNA del pelo de oso en el Parque Nacional Cumbres de Monterrey (Fimbres, 2017). En las Serranías del Burro en Coahuila la densidad es de 35 individuos/km², en Sonora en la Sierra de San Luis de 2 individuos/km² y en la Sierra los Ajos de 14 individuos/km² (Espinosa-Flores *et al.*, 2012).

Por otro lado, los resultados más altos de abundancia relativa fueron de *L. wiedii* dentro de la familia Felidae, superando el IAR de *P. concolor*, *L. pardalis* y *P. onca*. Esto se debe en gran medida a que el BMM de la RBEC le proporciona lo necesario para que esta especie pueda ser frecuente, ya que cuenta con buena cobertura vegetal, gran cantidad de árboles y poca perturbación humana. Los hábitos arborícolas de *L. wiedii* se ven favorecidos por este tipo de vegetación, ya que es común que este felino utilice los huecos de árboles como madrigueras, lo que le proporciona un buen refugio contra depredadores y le asegura tener mayor éxito en la cacería. Otros autores confirman estos hechos en otras zonas de estudio (De Oliveira, 1998; Silva-Magaña & Santos-Moreno, 2020). Por otro lado, es posible que el bajo IAR de *L. pardalis* en comparación con el de *L. wiedii*, sea otro factor que permita mayor frecuencia de registros de este último felino. Algunos autores han documentado que la abundancia de *L. pardalis* es inversamente proporcional a la de *L. wiedii* (Di Bitetti *et al.*, 2010; Hernández- Díaz *et al.*, 2012), fenómeno conocido como el efecto "pardalis" (Silva-Magaña & Santos-Moreno, 2020), en este estudio no se presentó tal efecto. Es importante resaltar que durante el periodo de este estudio se registró una hembra de *L. wiedii* con su cría en el mes de octubre del 2020, indicando que la población también es reproductiva.

Con respecto a los grandes felinos, el IAR de *P. concolor* fue ligeramente mayor que el de *P. onca*. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Aranda *et al.* (2012) en un BMM en Jalisco. En la RBEC en un estudio previo realizado por Contreras-Díaz *et al.* (2021) se documentó que *P. onca* es una especie que evita el uso del BMM y se asocia más a la selva baja caducifolia, esto podría explicar la baja abundancia relativa de este felino en este estudio. Aunado a lo anterior, los individuos registrados de *P. onca* en el BMM fueron machos juveniles transeúntes que solo se

registraron en una o dos ocasiones, lo que sugiere que son animales que solo usan este tipo de vegetación para desplazarse a otros sitios.

Urocyon cinereoargenteus a pesar de ser una especie generalista y oportunista en el uso de alimento y hábitats, fue menos abundante que los carnívoros antes descritos y mantuvo abundancias intermedias en la RBEC. Esto probablemente se debe a que esta especie es más común en sitios perturbados (Aranda *et al.*, 2012; Pérez-Solano *et al.*, 2018), donde la abundancia de grandes depredadores como *P. concolor* y *P. onca* es baja o nula.

El viejo de monte *E. barbara* es considerada una especie en peligro de extinción (P), difícil de ver por sus hábitos crípticos y con bajas abundancias, y aunque no fue de las especies con mayor abundancia relativa, se lograron obtener 56 fotografías independientes de nueve de las 20 cámaras-trampa. Muy pocos estudios han fotografiado a esta especie, sin embargo, se han documentado desde 33 a 337 registros fotográficos a lo largo de su distribución continental (Villafañe-Trujillo *et al.*, 2021).

La abundancia relativa de *Nasua narica* Linnaeus, 1766 fue baja y poco representada para el BMM. Otros autores también coinciden en que esta especie es poco abundante en este tipo de vegetación (Aranda *et al.*, 2012) atribuyéndose a que *N. narica* está más asociada a la selva baja caducifolia y a los bosques de encino-pino (Valenzuela, 2005; Monroy-Vilchis *et al.*, 2011).

Las especies de mamíferos con menor IAR fueron *G. vittata*, *O. virginianus*, *D. tajacu*, *Cuniculus paca* Linnaeus, 1766 y *Spilogale* sp., esto podría deberse a que algunas de ellas son presas de los carnívoros registrados o son bastante raras que incluso no se habían registrado previamente en otros estudios (*G. vittata*; Vargas-Contreras & Hernández-Huerta, 2001), o a que algunas especies están asociadas a otros tipos de vegetación de la RBEC, como es el caso de *D. tajacu* que está mejor representado en la selva baja caducifolia, *O. virginianus* en bosque de encino, pino encino y selva baja caducifolia, y *C. paca* a cuerpos de agua.

Los registros de crías de *U. americanus*, *L. wiedii*, de mamíferos que se encuentran en peligro de extinción o amenazadas de acuerdo con la norma oficial mexicana NOM 059 (SEMARNAT, 2010) y las que se consideran como casi amenazadas (NT) en la lista roja de la IUCN (Cuadro 1), demuestran la importancia que tiene el BMM de la RBEC para albergar y proteger a este tipo de especies. Aunado a lo anterior, es importante tener en cuenta que la presencia de grandes carnívoros considerados como indicadores del estado de salud del ecosistema como *P. onca*, *P. concolor* y *U. americanus* (Miller *et al.*, 1998; Isasi-Catalá, 2011), sugiere que este tipo de vegetación tiene un buen estado de conservación y que cuenta con las características bióticas y abióticas necesarias que permite la supervivencia de esta comunidad de mamíferos medianos y grandes. Es necesario que los resultados de esta investigación sean dados a conocer a las autoridades gubernamentales, no gubernamentales y pobladores locales para que sean considerados en planes de manejo y se gestione que se mantenga o incremente el nivel de cuidado y protección de la RBEC. Por último, es indispensable incluir programas de educación ambiental que se enfoquen en resaltar el conocimiento tradicional que tiene cada una de estas especies de mamíferos y su papel ecológico dentro de la RBEC.

AGRADECIMIENTOS. Al CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología), a la Universidad Autónoma de Tamaulipas por el proyecto financiado UAT/PFI2015-15 y al Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) por el proyecto UAT-PTC-221/511-6/17-8212. A Esteban Berrones Benítez quien fue el guía de campo en esta investigación y a Zavdiel De la Rosa por la elaboración del mapa de la zona de estudio.

LITERATURA CITADA

- Aranda, J. M. (2012) *Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D. F. Disponible en: <https://www.gob.mx/conabio/prensa/manual-para-el-rastreo-de-mamiferos-silvestres-de-mexico-98974> (consultado 12 febrero 2021).
- Aranda, J. M., Botello, F. J., López-de Buen, L. (2012) Diversidad y datos reproductivos de mamíferos medianos y grandes en el bosque mesófilo de montaña de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco-Colima, México. *Revista Mexicana Biodiversidad*, 83, 778–784. <https://doi.org/10.7550/rmb.24850>
- Castro-Arellano, I., Lacher, T. (2005) A new record and altitudinal extensions for El Cielo Biosphere Reserve mammals, Tamaulipas, Mexico. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 9, 149–153. <https://doi.org/10.22201/ie.20074484e.2005.9.1.359>
- Ceballos, G., Oliva, G. (2005) *Los mamíferos silvestres de México*. CONABIO-Fondo de Cultura Económica. México, D.F., 986 pp.
- Challenger, A. (1998) *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Instituto de Biología, UNAM y Agrupación Sierra Madre, México, 848 pp.
- Contreras-Díaz, C. A., Soria-Díaz, L., Astudillo-Sánchez, C. C., Domínguez-Vega, H., Gómez-Ortiz, Y., Martínez-García L. (2020) Expansion of distribution range of the Greater Grison (*Galictis vittata*) in México. *Therya Notes*, 1, 1–4. https://doi.org/10.12933/therya_notes-20-1
- Contreras-Díaz, C. A., Soria-Díaz, L., Gómez-Ortiz, Y., Carrera-Treviño, R., Astudillo-Sánchez, C. C., Chacón-Hernández, J. C., Martínez-García, L. F. (2021) Temporal and spatial segregation of top predators (Felidae) in a Mexican tropical Biosphere Reserve. *Zoologia*, 38, 1–10. <https://doi.org/10.3897/zoologia.38.e63231>
- Cortés-Marcial, M., Briones-Salas, M. (2014) Diversidad, abundancia relativa y patrones de actividad de mamíferos medianos y grandes en una selva seca del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical*, 62, 1433–1448. Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442014000400014&lng=en&tlng= (consultado 12 febrero 2021).
- Cultid-Medina, C., Escobar, F. (2019) Pautas para la estimación y comparación estadística de la diversidad biológica (q D). Pp. 175–202. En: C. Moreno (Ed.). *La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Libermex. Ciudad de México, México.
- De Oliveira, T. G. (1998) *Leopardus wiedii*. Mammalian Species, 579, 1–6. <https://doi.org/10.2307/3504400>
- Di Bitetti, M. S., De Angelo, C. D., Di Blanco, Y. E., Paviolo, A. (2010) Niche partitioning and species coexistence in a Neotropical felid assemblage. *Acta Oecologica*, 36, 403–412. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2010.04.001>
- Espinosa-Flores, M. E., Lara-Díaz, N. E., López-González, C. A. (2012) Tamaño poblacional del oso negro (*Ursus americanus*) en dos Islas del Cielo del Noreste de Sonora, México. *Therya*, 3, 403–415. Disponible en: <https://www.revistas-conacyt.unam.mx/therya/index.php/THERYA/article/view/94> (consultado 12 febrero 2021).
- Espinoza, M. E., Anzures, D. A., Cruz, A. E. (2014) Mamíferos de la Reserva de la Biósfera El Triunfo, Chiapas. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 3, 79–94. <https://doi.org/10.22201/ie.20074484e.1998.3.1.61>

- Espinoza, M. E., Sánchez, I. V. (2010) Mamíferos de los bosques mesófilos de montaña en Chiapas. Pp. 269–293. *En: M. A. F. Pérez, C. C. Tejeda, E. R. Silva (Eds.). Los bosques mesófilos de montaña en Chiapas: situación actual, diversidad y conservación.* Colección Jaguar, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, México.
- Fimbres, M. J. P. (2017) Estimación de la densidad poblacional de oso negro (*Ursus americanus*) en el Parque Nacional Cumbres de Monterrey, a través del análisis de ADN (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Gallina, S., González-Romero, A. (2018) La conservación de mamíferos medianos en dos reservas ecológicas privadas de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89, 1245–1254. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.4.2476>
- García, C. Y., Ramos, P. J. M., Quintanar, I. P. A., Hernández, R. A. M. (2014) Bosque de niebla: importancia, situación actual y manejo. *Elementos*, 93, 23–29.
- González-Medrano, F. (2005) La vegetación. Pp. 88–105. *En: G. Sánchez-Ramos, P. Reyes-Castillo, R. Dirzo (Eds.). Historia Natural de la Reserva de la Biosfera El Cielo, Tamaulipas, México.* Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.
- González-Ruiz, N., Ramírez-Pulido, J., Gual-Díaz, M. (2014) Mamíferos del bosque mesófilo de montaña de México. Pp. 305–326. *En: M. Gual-Díaz, A. Rendón-Correa (Comps.). Bosques mesófilos de montaña de México: diversidad, ecología y manejo.* Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México.
- Goulart, F. V. B., Cáceres, N. C., Graipel, M. E., Tortato, M. A., Ghizoni, I. R., Oliveira-Santos, L. G. R. (2009) Habitat selection by large mammals in a southern Brazilian Atlantic Forest. *Mammalian Biology*, 74, 182–190. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2009.02.006>
- Gual-Díaz, M., Rendón-Correa, A. (2017) Los bosques mesófilos de montaña de México. *Agroproductividad*, 10, 3–9. Disponible en: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/930> (consultado 12 febrero 2021).
- Harmsen, B. J., Foster, R. J., Silver, S., Ostro, L., Doncaster, C. P. (2010) Differential use of trails by forest mammals and the implications for camera-trap studies: A case study from Belize. *Biotropica*, 42, 126–133. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2009.00544.x>
- Hernández-Díaz, M., Ramírez-Barajas, P. J., Chávez, C., Schmook, B., Calmé, S. (2012) Presencia y abundancia relativa de carnívoros en una selva dañada por el huracán Dean (2007). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83, 790–801. <https://doi.org/10.7550/rmb.33596>
- Hernández-Hernández, J. C. (2019) Inter/extrapolación de la diversidad: iNEXT. Pp. 115–127. *En: S. Mandujano, L. A. Pérez-Solano (Eds.). Fototrampeo en R: organización y análisis de datos (Vol. 1).* Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Veracruz, México.
- Hill, M. O. (1973) Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54, 427–432. <https://doi.org/10.2307/1934352>
- Hsieh, T. C., Ma, K. H., Chao, A. (2020) Interpolation and extrapolation for species diversity (Version 2.0.5) Package for R. Disponible en: <http://chao.stat.nthu.edu.tw/blog/software-download/> (consultado 12 enero 2021).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2021) Uso de suelo y vegetación escala 1:250 000. Disponible en: <https://inegi.org.mx/temas/ususuelo/> (consultado 01 mayo 2021).

- Isasi-Catalá, E. (2011) Los conceptos de especies indicadoras, paraguas, banderas y claves: su uso y abuso en ecología de la conservación. *Interciencia*, 36, 31–38. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33917727005> (consultado 12 febrero 2021).
- International Union for Conservation of Nature (IUCN) (2021) The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-3. Disponible en: <https://www.iucnredlist.org> (Consultado 12 enero 2021).
- Juárez-Casillas, L. A., Varas, C. (2013) Revisión bibliográfica actualizada del oso negro en México. *Therya*, 4, 447–465.
<https://doi.org/10.12933/therya-13-114>
- Kindt, R., Coe, R. (2005) Tree diversity analysis. A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies. Nairobi: World Agroforestry Center (ICRAF).
- Lavariega, M. C., Briones-Salas, M., Gómez-Ugalde, R. M. (2012) Mamíferos medianos y grandes de la Sierra de Villa Alta, Oaxaca, México. *Mastozoología Neotropical*, 19, 225–241. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45725085002> (consultado 12 febrero 2021).
- Mandujano, S. (2019) Índice de abundancia relativa: RAI. Pp. 137–152. En: S. Mandujano, L. A. Pérez- Solano (Eds.). *Fototrampeo en R: organización y análisis de datos* (Vol. 1). Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Veracruz, México.
- Miller, B., Reading, R., Strittholt, J., Carroll, C., Noss, R., Soulé, M., Sánchez, O., Terborgh, J., Brightsmith, D., Cheeseman, T., Foreman, D. (1998) Using focal species in the design of nature reserve networks. *The Wildland Project*, 81–92. Disponible en: <https://rewilding.org/wp-content/uploads/2012/04/Focal-Species-for-WND.pdf> (consultado 12 febrero 2021).
- Monroy-Vilchis, O., Zarco-González, M. M., Rodríguez-Soto, C., Soria-Díaz, L., Urios, V. (2011) Fototrampeo de mamíferos en la Sierra Nanchititla, México: abundancia relativa y patrón de actividad. *Revista de Biología Tropical*, 59, 373–383.
<https://doi.org/10.15517/rbt.v59i1.3206>
- Montoya, J. J. C. (2015) Estimación poblacional del oso negro (*Ursus americanus eremicus*), por el método de fototrampeo en la UMA La mesa, Marín Nuevo León (Tesis de Ingeniería). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, México.
- Moreno, C. E. (2001) *Métodos para medir la biodiversidad* (Vol. 1). MyT–Manuales y Tesis SEA. Zaragoza, España. Disponible en: <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf> (consultado 12 enero 2021).
- Muñoz-Vazquez, B., Gallina-Tessaró, S. (2016) Influence of habitat fragmentation on abundance of *Mazama temama* at different scales in the cloud forest. *Therya*, 7, 77–87.
http://132.248.10.25/therya/index.php/THERYA/article/view/338/html_159
- Naranjo, E. J., Guerra, M. M., Bodmer, R. E., Bolaños, J. E. (2004) Subsistence hunting by three ethnic groups of the Lacandon forest, Mexico. *Journal of Ethnobiology*, 24, 233–253.
https://ethnobiology.org/journal/%5Bfield_volume-raw%5D-27
- O'Brien, T., Kinnaird, M., Wibisono, H. (2003) Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical landscape. *Animal Conservation*, 6, 131–139.
<https://doi.org/10.1017/S1367943003003172>
- Oksanen, J., Simpson, G. L., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Solymos, P., Stevens, M. H., Szoecs, E., Wagner, H., Barbour, M., Bedward, M., Bolker, B., Borcard, D., Carvalho, G., Chirico, M., De Caceres, M., Durand, S., Evangelista, H. B. A.,

- FitzJohn, R., Friendly, M., Furneaux, B., Hannigan, G., Hill, M. O., Lahti, L., McGlinn, D., Ouellette, M. H., Cunha, E. R., Smith, T., Stier, A., Ter Braak, C. J. F., Weedon, J. (2022) Vegan: Community Ecology Package. Disponible en: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan> (consultado 20 enero 2022).
- Pérez-Lustre, M., Contreras-Díaz, R. G., Santos-Moreno, A. (2006) Mamíferos del bosque mesófilo de montaña del Municipio de San Felipe Usila, Tuxtepec, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Época)*, 10, 29–40.
<https://doi.org/10.22201/ie.20074484e.2006.10.1.140>
- Pérez-Solano, L. A., González, M., López-Tello, E., Mandujano, S. (2018) Mamíferos medianos y grandes asociados al bosque tropical seco del centro de México. *Revista de Biología Tropical*, 66, 1232–1243.
<https://dx.doi.org/10.15517/rbt.v66i3.30810>
- Pérez-Solano, L. A. (2019a) Estimación de riqueza y diversidad: vegan. Pp. 107–114. En: S. Mandujano, L. A. Pérez-Solano (Eds.). *Fototrampeo en R: organización y análisis de datos* (Vol. 1). Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Veracruz, México.
- Pérez-Solano, L. A. (2019b) Curvas de acumulación Biodiversity R. Pp. 129–136. En: S. Mandujano, L. A. Pérez-Solano (Eds.). *Fototrampeo en R: organización y análisis de datos* (Vol. 1). Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Veracruz, México.
- R Core Team (2017) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible en: <https://www.R-project.org/> (consultado 12 enero 2021).
- Ramírez-Pulido, J., Arroyo-Cabrales, J. A., Castro-Campillo, A. (2005) Estado actual y relación nomenclatural de los mamíferos terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 21, 21–82.
<https://doi.org/10.21829/azm.2005.2112008>
- Ramírez-Pulido, J., González-Ruiz, N., Gardner, A. L., Arroyo-Cabrales, J. (2014) List of recent land mammals of Mexico, 2014. *Special Publications Museum of Texas Tech University*, 63, 1–69.
- Reid, F. (1997) *A field guide to the mammals of Central America and Southeast Mexico*. Oxford University Press, Oxford, U.K.
- Rumiz, D. I. (2010) Roles ecológicos de los mamíferos medianos y grandes. Pp. 53–73. En: R. B. Wallace, H. Gómez, Z. R. Porcel, D. I. Rumiz (Eds.). *Distribución, ecología y conservación de los mamíferos medianos y grandes de Bolivia*. Fundación Simón I. Patiño, Centro de Ecología Difusión. Bolivia.
- Rzedowski, J. (1996) Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botánica Mexicana*, 35, 25–44.
<https://doi.org/10.21829/abm35.1996.955>
- Salazar-Ortiz, J., Barrera-Perales, M., Ramírez-Ramírez, G., Serna-Lagunes, R. (2020) Diversidad de mamíferos del municipio de Tequila, Veracruz, México. *Abanico Veterinario*, 10, 1–18.
<https://dx.doi.org/10.21929/abavet2020.30>
- Sánchez-Cordero, V., Botello, F., Flores-Martínez, J. J., Gómez-Rodríguez, R. A., Guevara, L., Gutiérrez-Granados, G., Rodríguez-Moreno, A. (2014) Biodiversidad de Chordata (Mammalia) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 496–504.
<https://doi.org/10.7550/rmb.31688>
- Sánchez-Ramos, G., Dirzo, R. (2014) El bosque mesófilo de montaña: un ecosistema prioritario amenazado. Pp. 109–139. En: M. Gual-Díaz, A. Rendón-Correa (Comps.). *Bosques mesófilos de montaña de México: diversidad, ecología y manejo*. Comisión Nacional para el

- Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México. Disponible en: <https://www.gob.mx/conabio/prensa/bosques-mesofilos-de-montana-de-mexico?idiom=es> (consultado 12 febrero 2021).
- Scatena, F. N., Bruijnzeel, L. A., Bubb, P., Das, S. (2010) Setting the stage. Pp. 3–13. *En*: L. A. Bruijnzeel, F. N. Scatena, L. S. Hamilton (Eds.). *Tropical Montane Cloud Forests Science for Conservation and Management*. Cambridge University Press, New York.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2010) Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, protección ambiental, especies nativas de flora y fauna silvestres de México, categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio, y lista de especies en riesgo. México: Diario Oficial de la Federación. Jueves 30 de diciembre de 2010.
- Silva-Magaña, N., Santos-Moreno, A. (2020) El efecto pardalis: su variación espacial y temporal. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 91, e913201. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.3201>
- Steinberg, M., Taylor, M., Kinney, K. (2014) The El Cielo Biosphere Reserve: Forest Cover Changes and Conservation Attitudes in an Important Neotropical Region. *The Professional Geographer*, 66, 403–411. <https://doi.org/10.1080/00330124.2013.799994>
- Sosa, V. J., Hernández-Huerta, A., Vargas-Contreras, J. A. (2005) Los Mamíferos de El Cielo. Pp. 522–537. *En*: G. Sánchez-Ramos, P. Reyes-Castillo, R. Dirzo (Eds.). *Historia Natural de la Reserva de la Biosfera El Cielo, Tamaulipas, México*. Universidad Autónoma de Tamaulipas. México.
- Valenzuela, D. (2005) Tejón, coatí. Pp. 411–413. *En*: G. Ceballos, G. Oliva (Eds.). *Los mamíferos silvestres de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/Fondo de Cultura Económica, México.
- Vargas-Contreras, J. A. (2005) Mammalia: Chiroptera. Pp. 543–549. *En*: G. Sánchez-Ramos, P. Reyes-Castillo, R. Dirzo (Eds.). *Historia Natural de la Reserva de la Biosfera El Cielo, Tamaulipas, México*. Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.
- Vargas-Contreras, J. A., Hernández-Huerta, A. (2001) Distribución altitudinal de la mastofauna en la reserva de la biosfera "El Cielo", Tamaulipas, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 82, 83–109. <https://doi.org/10.21829/azm.2001.82821866>
- Vázquez, L. B., Valenzuela-Galván, D. (2009) ¿Qué tan bien representados están los mamíferos mexicanos en la red federal de áreas naturales protegidas del país? *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80, 249–258. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2009.001.601>
- Villafañe-Trujillo, A. J., Kolowski, J. M., Cove, M. V., Medici, E. P., Harmsen, B. J., Foster, R. J., Hidalgo-Mihart, M. G., Espinosa, S., Ríos-Alvear, G., Reyes-Puig, G. C., Reyes-Puig, J. P., da Silva, X. M., Paviolo, A., Cruz, P., López-González, C. A. (2021) Activity patterns of tayra (*Eira barbara*) across their distribution. *Journal of Mammalogy*, 102, 772–788. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyaa159>
- Walker, R. S., Novaro, A. J., Nichols, J. D. (2000) Consideraciones para la estimación de abundancia de poblaciones de mamíferos. *Mastozoología Neotropical*, 7, 73–80. Disponible en: <https://mn.sarem.org.ar/article/consideraciones-para-la-estimacion-de-abundancia-de-poblaciones-de-mamiferos/> (consultado 12 enero 2021).
- Weckel, M., Giuliano, W., Silver, S. (2006) Jaguar (*Panthera onca*) feeding ecology: distribution of predator and prey through time and space. *Journal of Zoology*, 270, 25–30.

<https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2006.00106.x>

Wilson, D. E., Cole, F. R., Nichols, J. D., Rudran, R., Foster, M. (1996) *Measuring and monitoring biological diversity. Standard methods for mammals*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., 409 pp.

Wilson, D. E., Reeder, M. (2005) *Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference* (3rd edition). Johns Hopkins University Press, Baltimore.

Whittaker, R. H. (1972) Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21, 213–251.
<https://doi.org/10.2307/1218190>