



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**Diversidad y patrones de actividad de los
mamíferos terrestres presentes en espacios
antropizados de la Reserva de la Biosfera
Tehuacán-Cuicatlán, Puebla, México**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
B I Ó L O G A**

**P R E S E N T A:
MARTÍNEZ BADILLO HANNIA IRENE**



**DIRECTOR DE TESIS:
DR. DAVID ALEXANDER PRIETO TORRES**

CIUDAD UNIVERSITARIA, CIUDAD DE MEXICO, 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

El presente trabajo fue realizado gracias al apoyo del **Programa UNAM–DGAPA–PAPIIT IA202822** a través del proyecto:
“Identificación de áreas prioritarias para la conservación de los bosques secos de Mesoamérica: un enfoque integrativo en la era del cambio climático”



y se desarrolló en el **“LABORATORIO DE BIODIVERSIDAD Y CAMBIO GLOBAL”** (LABIOCG) de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México



Facultad de Estudios Superiores
IZTACALA



Laboratorio de Biodiversidad y Cambio Global

A mi familia, amigos, Kai y a mí.
A Jonghyun y Negrita, donde quieran que estén.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Emma Badillo y Mauricio Martínez, por los sacrificios y el eterno apoyo durante este crecimiento profesional.

A mis hermanas Cinthya y Mara, cuyo acompañamiento me brindó un apoyo incondicional hasta en los instantes donde yo no encontraba la salida.

A mis mejores amigos de toda la vida, Fernanda, Jennifer, Sofia y Ricardo, por el amor y la fuerza que me transmiten para mejorar y ser una amistad digna de ustedes.

A mis colegas biólogos, Daniela Ramírez, Fátima López, Karla Saavedra, Jenny Godínez, Brandon López y Rodrigo Martínez quienes me brindaron un constante enriquecimiento profesional y personal desde el primer semestre.

A los profesores Marco Ornelas, Nalleli Lara, Bárbara Serrano, Marcia Ramírez y Estefanía Arroyo, que no sólo me dieron las herramientas, si no la calidad humana para desarrollarme como bióloga.

A mis profesores de taller, M. Julieta Vargas Cuenca, M. Katia Estephannie Juárez Tejada, Biol. Moisés López Zamora, Dr. Lázaro Guevara López y Prof. Yolanda Hortelano Moncada, cuyas enseñanzas me orientaron en esta disciplina que tanto me encanta y que, sin haberme recibido con los brazos abiertos, mi destino sería otro.

Al Dr. David Prieto-Torres por instruirme y motivarme. Por no dejarme caer en el desánimo cuando algo no salía como se esperaba, pero, sobre todo, por darme la oportunidad que se ha convertido en una de mis más grandes aspiraciones: hacer ciencia.

A todo el equipo del Laboratorio de Biodiversidad y Cambio Global (LABIOCG) de la FES Iztacala, en especial al Dr. Pablo Hernández-Romero, la Dra. Tania Garrido, Giovanni y Sebastián, por cuidar de mí e instruirme durante las actividades de campo pese a sus propias responsabilidades.

A la comunidad de Zapotitlán Salinas, por permitirme realizar el trabajo de campo en sus áreas, particularmente, al señor Maurino Reyes por el acogimiento durante todo este proyecto.

A mi máxima casa de estudios UNAM, en especial a la Facultad de Ciencias y la FES-Iztacala, por formarme y permitirme concluir este proceso profesional.

INDICE GENERAL

	Pág.
1. Resumen.....	9
2. Abstract.....	10
3. INTRODUCCIÓN.....	11
3.1 Diversidad actual de mamíferos en México.....	11
3.2 Patrones de actividad y monitoreo en mamíferos terrestres.....	11
3.3 El caso de la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán.....	13
4. JUSTIFICACIÓN.....	15
5. OBJETIVOS.....	16
6. MÉTODOS.....	17
6.1 Área de estudio.....	17
6.2 Fototrampeo y esfuerzo de muestreo.....	18
6.3 Análisis de datos.....	21
7. RESULTADOS.....	23
7.1 Esfuerzo de muestro y riqueza de especies.....	23
7.2 Patrones de actividad diaria, mensual y estacional.....	27
8. DISCUSIÓN.....	32
8.1 Representación y riqueza de las especies de mamíferos.....	32
8.2 Estructura y patrones de actividad de los mamíferos.....	33
8.3 Conservación de los mamíferos presentes en Zapotitlán Salinas.....	36
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	38
10. LITERATURA CITADA.....	39

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación geográfica relativa de la localidad de Zapotitlán Salinas, estado de Puebla, México.....	18
Figura 2. Ubicación relativa de las estaciones de muestreo (C01 a C13) utilizadas para el desarrollo de este estudio en la localidad de Zapotitlán Salinas, estado de Puebla, México.....	19
Figura 3. Registro fotográfico de las especies de mamíferos terrestres medianos y de gran tamaño reportados en las estaciones de foto-trampeo en la localidad de Zapotitlán Salinas, estado de Puebla, México, durante el período de marzo 2022 y febrero 2023.....	24
Figura 4. Curvas de acumulación de especies representativas de la riqueza de especies (observada y esperada) de mamíferos terrestres medianos y grandes en la localidad de Zapotitlán Salinas, estado de Puebla, México, durante el período de estudio.....	26
Figura 5. Patrones de actividad mensual observada para los individuos de mamíferos terrestres medianos y grandes reportados en la localidad de Zapotitlán Salinas, estado de Puebla, México, durante el período de marzo 2022 a febrero 2023.....	28
Figura 6. Patrones de actividad diaria observada por especie de mamífero mediano y grandes reportados en la localidad de Zapotitlán de Salinas, Estado de Puebla, México, durante el período de marzo 2022 a marzo 2023. Los patrones observados para las especies se presentan de forma individual (arriba) y simultánea (abajo)	29
Figura 7. Patrones mensuales de actividad observada para los individuos de mamíferos terrestres medianos y grandes reportados en la localidad de Zapotitlán Salinas, Estado de Puebla, México, durante el periodo de marzo 2022 a marzo 2023 según las cuatro fases lunares.....	31

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Esfuerzo de muestreo realizado en el estudio de las comunidades de mamíferos terrestres de la localidad de Zapotitlán Salinas, estado de Puebla, México, durante el período marzo 2022 – febrero 2023.....	20
Tabla 2. Listado taxonómico de las especies de mamíferos terrestres medianos y grandes registrados en Zapotitlán Salinas, estado de Puebla, México, durante el período de marzo 2022 y febrero 2023.....	25
Tabla 3. Nivel de solapamiento en la actividad diaria para las especies de mamíferos terrestres medianos y grandes registrados en Zapotitlán Salinas, estado de Puebla, México, durante el período de marzo 2022 y febrero 2023 utilizando el índice Morisita-Horn.....	30

RESUMEN

La Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC) se considera uno de los sitios con mayor biodiversidad dentro de Norteamérica. No obstante, los cambios de uso de suelo asociados a las prácticas humanas de aprovechamiento de cactáceas y agaves y han ocasionado modificaciones en el paisaje natural al interior de la RBTC, lo cual puede repercutir en las comunidades y cambiar los patrones de actividad de la fauna silvestre, como es el caso de los mamíferos terrestres. En el presente estudio se realizó una caracterización de las comunidades y los patrones de actividad de los mamíferos terrestres medianos y grandes presentes en la localidad de Zapotitlán Salinas, del Estado de Puebla, un área rural antropizada dentro de la RCTC. Para ello, se realizó un inventario mediante el uso de 14 estaciones de foto-trampeo, desde el 19 de marzo de 2022 al 04 de marzo 2023. Para cada especie se estimó el valor de abundancia relativa y se describieron los patrones de actividad de acuerdo con las horas del día, las fases lunares y las temporadas de secas/lluvia. Se obtuvieron 882 registros independientes correspondientes a 11 especies de mamíferos de tamaño grande y mediano, los cuales se agrupan en 3 órdenes, 7 familias y 11 géneros. Los carnívoros (Mustelidae, Mephitidae, Felidae y Canidae) fueron las especies con la mayor proporción (52.15%) de registros de avistamientos. Se reportaron eventos reproductivos para las especies *Sylvilagus floridanus*, *Mephitis macroura*, *Odocoileus virginianus* y *Herpailurus yagouaroundi*. El patrón de actividad dominante (en el año y por mes) fue nocturno (80.61%), asociado principalmente a la fase de luna creciente (44.78%). Se observaron diferencias significativas ($X^2 = 735.53$; $df = 7$; $p < 0.001$) en los patrones de actividad observados con mayores proporciones de avistamientos durante las fases de luna creciente y menguante en temporada seca. Además, durante el estudio se observó una distribución heterogénea entre las especies durante los períodos de 24 horas del día ($K = 0.6666$; $p = 0.00025$). No obstante, se registró una alta similitud (>70%) de especies entre los tres períodos (diurno, crepuscular y nocturno) de actividad. Los niveles de diversidad existente en la zona muestran la importancia de continuar con la realización de estudios de monitoreo de poblaciones para el desarrollo de estrategias de conservación y manejo, especialmente considerando las actividades no reguladas que siguen provocando la pérdida del hábitat de especies a un ritmo acelerado dentro de la RBTC.

ABSTRACT

The Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve (TCBR) is considered one of the most biodiverse areas across the North America region. However, human practices such as the use of biznagas, cacti and agaves have caused important changes across landscape inside the TCBR. Such changes could, consequently, impact in the communities' structure and activity patterns of wildlife inhabiting this area, such as the case for terrestrial mammals. Herein, I carried out a general characterization of the communities and activity patterns of terrestrial large and medium-sized mammals present in the town of Zapotitlán Salinas (an anthropized rural area at TCBR). To do this, I performed a faunal inventory using 14 photo-trapping stations since March 19th, 2022, to March 04th, 2023. For each species, I estimated the relative abundance and the activity patterns according to the hours of the day, the lunar phases, and the dry/rainy seasons. I obtained a total of 882 independent records corresponding to 11 species of large and medium-sized mammals, which included 3 orders, 7 families and 11 genera. Carnivores (Mustelidae, Mephitidae, Procyonidae, Felidae and Canidae) were the species with the highest proportion (52.15%) of sighting records. Reproductive events were reported for the species *Sylvilagus floridanus*, *Mephitis macroura*, *Odocoileus virginianus* and *Herpailurus yagouaroundi*. The dominant activity pattern was nocturnal (80.61% of the cases) and lunar phase associated to crescent moon (44.78% of the cases). Significant differences ($X^2 = 735.53$; $df = 7$; $p < 0.001$) were observed in the activity patterns, with higher proportions of sightings during the phases of the crescent and waning moon in the dry season. Moreover, I observed a heterogenous distribution for the species according to the hours of the day ($K = 0.6666$; $p = 0.00025$), but also high similarity values (>70%) for the species' communities among the three activity periods (day, twilight, and night). The existing levels of diversity in the area show the importance of continuing with population monitoring studies for the development of conservation and management strategies, especially considering the unregulated activities that causes the loss of habitat of species at an accelerated rate within the TCBR.

INTRODUCCIÓN

Diversidad actual de mamíferos en México

Durante el último siglo, la reciente recopilación de información sobre la riqueza de mamíferos terrestres en México ha incrementado tras lo reportado por Ceballos y Oliva en 2005. Las cifras muestran que el número de las especies de mamíferos silvestres oscilan entre los 545 taxones, es decir el 11% del total de especies reconocidas a nivel continental (Estrada Potrillo *et al.*, 2018). Este incremento en el número de especies en el país se debe a que la taxonomía y nomenclatura han tenido diversas modificaciones a causa de los estudios locales y regionales que han permitido elevar no sólo el número de registros sino incluso comprender sus relaciones evolutivas (Sosa-Escalante *et al.*, 2016). No obstante, pese al alto número de organismos listados en nuestro país, el porcentaje de especies evaluadas eficientemente para conocer sus estados de amenazas sigue siendo bajo y deficiente (García-Aguilar *et al.*, 2017).

Debido a la importancia que tienen los mamíferos en diversos procesos ecológicos (ej. dispersión de semillas, polinización, control de plagas, etc.) que determinan la calidad y funcionamiento de los hábitats, el desarrollo de estudios sobre la conservación y recuperación de sus poblaciones silvestres es considerada una línea de acción prioritaria tanto en investigación como en manejo (Olivo Escudero, 2016; Sosa-Escalante, 2016). Esto es crítico considerando que, actualmente, la destrucción de hábitat y otros factores importantes, como el cambio climático, son la principal causa que ha reducido la capacidad de encontrar sitios para la reproducción y alimentación de las especies (Armella Villalpando y Yáñez López, 2011).

Patrones de actividad y monitoreo en mamíferos terrestres

Los patrones de actividad de los organismos reflejan el balance entre cada uno de los miembros dentro de un ecosistema, y pueden ser modificados debido a los actos que afectan la disponibilidad de los recursos (Morán *et al.*, 2018). En el caso de los mamíferos terrestres, el aprovechamiento de los componentes bióticos debe considerar un control, monitoreo frecuente de las comunidades y la posibilidad de planear medidas compensatorias (Zamorano, 2009). De otro modo, las amenazas a las que se enfrentan—

incluyendo la pérdida de hábitat, las especies introducidas, la caza y el comercio ilegal—podrían ser cada vez más fuertes y, consecuentemente, ocasionar la extinción de poblaciones y especies (Badii *et al.*, 2014). Para ello, los programas de monitoreo biológico son fundamentales, ya que evalúan el impacto de las actividades productivas y orientan la gestión a un estándar de sostenibilidad (Ortega-Álvarez y Calderón-Parra, 2021; Tourani, 2022).

La descripción de la dinámica poblacional de las especies requiere el análisis de parámetros demográficos, frecuentemente relacionados con la implementación de técnicas de captura-recaptura durante un largo período de tiempo (Silveira *et al.*, 2003). Debido a los costos asociados a este tipo de muestreo, hoy en día se recurren a estudios basados en conteo de presencia-ausencia a escalas espaciales pequeñas, en períodos de tiempo cortos (Chandler y Clark, 2014; Lyons *et al.*, 2019). Dentro de las especies identificables sin necesidad de captura, están los mamíferos de talla mediana con un peso superior a 1 kg, y los de talla grande cuyo peso supera los 20 kg (Hernández-Rodríguez *et al.*, 2019). A diferencia de las especies voladoras, donde los sistemas de detección aún incluyen métodos convencionales de captura para evaluar el estado de conservación de las especies que pasan desapercibidas (Santos-Moreno y Kraker-Castañeda, 2013). De esta forma, mediante un enfoque de estudio no invasivo se hace una recopilación automatizada de datos para la elaboración de inventarios, la descripción de patrones de actividad (sean diarios e incluso anuales), así como la identificación de áreas de distribución de las especies y convergencia entre las mismas (Kays *et al.*, 2009; Morán *et al.*, 2018; Sun *et al.*, 2021).

Entre las técnicas disponibles, el fototrampeo permite acceder a información sobre las propiedades ambientales en el paisaje que, junto a la historia natural de las especies, ayuda a identificar los grados de amenaza que las actividades antrópicas representan para la vida silvestre, favoreciendo incluso a la priorización de regiones (Ruíz *et al.*, 2020). Las ventajas no sólo implican precisión en las observaciones, ahora incluyen la posibilidad de evaluar sexo, estructura y densidad de la población (Silveira *et al.*, 2003). Al tratarse de dispositivos automáticos de larga duración con mínimo mantenimiento, son de

importancia en los estudios dentro de Áreas Naturales Protegidas (ANP) (Islas Flores, 2017).

El caso de la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán

El tamaño de las ANP es un factor determinante para la supervivencia de las poblaciones de mamíferos en países como México, ya que funcionan como sitios con diversas estrategias para la conservación y protección de espacios naturales con alta diversidad biológica (Cruz-Bazán *et al.*, 2017). En ese sentido, reservas como Tehuacán-Cuicatlán poseen una amplia extensión que alberga un alto grado de endemismos al igual que riqueza específica a nivel nacional, lo que la convierte en una zona clave en el centro del país para el resguardo y refugio de fauna silvestre bajo amenaza y dependientes de altas extensiones para subsistir (Vega-Flores y Farías-González, 2021).

La diversidad faunística en el valle de la RBTC, particularmente de vertebrados, incluye 14 especies de peces, 28 especies de anfibios, 83 especies de reptiles y 338 especies de aves (Dávila *et al.*, 2002; SEMARNAT, 2013). No obstante, la información sobre mamíferos dentro de la Reserva aún se encuentra fragmentada, principalmente debido a que los datos han sido tomados de localidades puntuales y sitios de recolección, pudiendo crear sesgos entre los modelos de nicho ecológico y las distribuciones geográficas (Téllez Valdés *et al.*, 2010). Monitoreos previos han estimado la riqueza específica para mamíferos medianos y, tanto arborícolas como terrestres no voladores, en un aproximado de 16 especies en cinco órdenes y nueve familias (Cruz-Jácome *et al.*, 2015; Hernández-Rodríguez *et al.*, 2019). Por otro lado, listados como el existente de la región de la Cañada al noroeste de la RBTC realizado por Briones Salas (2000), han obtenido registro de hasta 52 especies agrupadas en siete órdenes, 15 familias y 40 géneros. Por ello, es relevante actualizar el conocimiento de las poblaciones que habitan al interior de la RBTC, ya que áreas que contienen conjuntos completos de mamíferos grandes y medianos tienen solo 8% de la zona terrestre ocupada realmente protegida (Morrison *et al.*, 2007; Pérez-Solano *et al.*, 2018).

Si bien la RBTC abarca más de 490,000 ha, las sierras a su alrededor provocan que su complejidad ambiental favorezca la presencia del 20% del total de especies de

mamíferos que viven en el país (Pérez-Solano y Mandujano, 2020). La zona cuenta con un corredor biológico en la Sierra Mazateca, permitiendo el flujo de felinos, lutrinos, y artiodáctilos en Peligro de Extinción según las categorías de riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM059 (SEMARNAT-2010) y la Lista de especies en riesgo que también identifica especies prioritarias para la salud del ecosistema (SEMARNAT, 2013).

En los últimos años se ha reportado la presencia de especies en peligro de extinción cuyo rango se creía limitado, tal es el caso de *Tamandua mexicana*, *Eira barbara* y *Galictis vittata* (Espinosa-Lucas *et al.*, 2015). De igual forma, el temazate rojo (*Mazama temama*), conocido por ser uno de los cinco venados de México, tuvo sus primeros registros fotográficos en áreas aledañas a la RBTC (Pérez-Solano *et al.*, 2012). También, el monitoreo participativo del año 2009 reportó la presencia del zorrillo manchado (*Spilogale angustifrons*) y del jaguarondi (*Herpailurus yagouaroundi*), incrementando de forma notable la información sobre la riqueza de depredadores en la zona (Botello *et al.*, 2013). Otros registros, han indicado que en la RBTC se distribuyen mamíferos acuáticos como lo es la nutria de río *Lontra longicaudis* que, al tratarse de una especie indicadora, los esfuerzos para su conservación deben ser planificados entre autoridades y comunidades rurales (Botello *et al.*, 2006).

En la RBTC hay prácticas de ganadería que provoca el incremento en la presión del uso y competencia de recursos. Además, la supuesta interrelación entre humanos y naturaleza de la región podría repercutir en el cultivo de maíz, amaranto, frijol, calabaza y agave (Pérez-Solano y Mandujano, 2020; Zarazúa Carbajal *et al.*, 2020). De hecho, el área alberga uno de los mercados tradicionales con mayor antigüedad dentro de la República Mexicana, ubicado en Tehuacán y San Sebastián Zinacatepec, donde la interacción entre humanos y vida silvestre es de hace 9,000 años de antigüedad (Arellanes Cancino y Casas Fernández, 2011). Si bien, los asentamientos humanos son pequeños y no representan un impacto ambiental grande, el crecimiento urbano representará un factor de riesgo para especies utilizadas principalmente para cubrir necesidades de alimento y medicinales (SEMARNAT, 2019). En este sentido, es evidente la necesidad de continuar con la realización de monitoreos que permitan evaluar el estado de las comunidades biológicas y así contribuir con la generación de medidas para protegerlas y conservarlas.

JUSTIFICACIÓN

Los mamíferos son un grupo biológico que, en programas de monitoreo a largo plazo, han permitido establecer —a través de la caracterización de sus patrones de diversidad y distribución— la posterior evaluación ecológica de los paisajes e incluso los impactos que las actividades y modificaciones antropogénicas tienen en los ecosistemas naturales (Ruiz-Gutiérrez *et al.*, 2020). Estos animales intervienen en diversos e importantes procesos ecológicos como son la dispersión de semillas, la polinización, control de plaga y transporte de nutrientes (Zamorano, 2009). En este sentido, ante la actual crisis ambiental, los cambios suscitados en la distribución y actividad de las poblaciones y comunidades representa una grave amenaza para el funcionamiento de los ecosistemas: muchas de las especies se ven negativamente impactadas al promoverse cambios en sus abundancias, llevando incluso a su desaparición (Munguia-Carra *et al.*, 2019). Por ello, se requieren más estudios que permitan la caracterización de Zapotitlán Salinas (incluyendo amenazas como pérdida de cobertura, comercialización ilegal, etc.), la actualización de los listados faunísticos y sus abundancias relativas para así cuantificar la riqueza y composición de los mamíferos terrestres (Sosa-Escalante *et al.*, 2016).

En México, los altos niveles de diversidad existente representan un tema prioritario de estudio e interés para el desarrollo de estrategias de conservación y manejo de las comunidades silvestres y sus servicios ambientales (Estrada Potrillo *et al.*, 2018). En el caso de los mamíferos terrestres, la importante fragmentación de los hábitats ha forzado la reducción del área de distribución de las especies (Sosa-Escalante, 2016). Ante este escenario, monitorear las poblaciones silvestres y sus comunidades permite evaluar —en tiempo y espacio— los patrones y procesos asociados a las perturbaciones ambientales, así como sus impactos en las especies y, consecuentemente, en el funcionamiento de los ecosistemas (Tourani, 2022). Este tema es particularmente importante en los ambientes antropizados, como Zapotitlán Salinas, en Puebla, donde se requieren de esfuerzos conjuntos entre autoridades e instituciones que permitan asegurar la protección a largo plazo de la fauna (Sosa-Escalante, 2016; Hernández-Moreno *et al.*, 2021). De hecho, a la fecha, las actividades no reguladas/permitidas, como la cacería y la contaminación del agua, siguen provocando la pérdida del hábitat de las especies a un ritmo acelerado dentro de la RBTC (SEMARNAT, 2013; Vega-Flores y Farías-González, 2021).

OBJETIVOS

Objetivo general

Caracterizar la comunidad de mamíferos medianos y grandes a través de su riqueza, distribución espacial, abundancia relativa, y patrones de actividad, presentes en las inmediaciones de la localidad de Zapotitlán Salinas en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, Puebla, México.

Objetivos particulares

- Inventariar las especies de mamíferos terrestres medianos y grandes presentes en las inmediaciones de la localidad de Zapotitlán Salinas
- Estimar los valores de abundancia relativa de las especies de mamíferos terrestres medianos y grandes presentes en las inmediaciones de la localidad de Zapotitlán Salinas
- Describir los patrones de actividad y distribución espacial de las especies de mamíferos terrestres medianos y grandes presentes en las inmediaciones de la localidad Zapotitlán Salinas

MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

La Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC) abarca parte del sureste del estado de Puebla y del noroeste del estado de Oaxaca, en México. La RBTC tiene una extensión total de 490,186 hectáreas, las cuales abarcan hasta 20 municipios de Puebla y 31 de Oaxaca (CONANP, 2006; SEMARNAT, 2013). Dada sus coordenadas geográficas (paralelos 17°32'24.00"–18°52'55.20" N y meridianos 96°59'24.00"–97°48' 43.20" O) forma parte de la zona de confluencia de la región Neártica y Neotropical (CONANP, 2006).

Su clima es semicálido, subhúmedo y semiseco con un promedio anual de temperatura de 25°C. La precipitación media anual al sureste del Valle, en los poblados de Teotitlán, Dominguillo y Cuicatlán va de 700 a 800 mm. En el centro-oeste de Tehuacán y Zapotitlán es de 400 a 500 mm, mientras que en los ambientes templados de la región de la Sierra de Tecamachalco es de 600 mm anuales (Valiente-Banuet *et al.*, 2000). Esto se debe al gradiente altitudinal, así como al sistema montañoso de la Sierra Madre de Oaxaca y volcánico de la Sierra Negra que funcionan como barrera en el paso de los vientos húmedos provenientes del Golfo de México (SEMARNAT, 2013). La RBTC comprende las provincias fisiográficas de Selvas Secas del Balsas, Xerófila del Valle de Tehuacán y la Provincia de los Bosques Templados de las Sierras Meridionales (CONANP, 2006; SEMARNAT, 2013).

Dentro de la reserva se encuentra, al sureste de Puebla, el municipio de Zapotitlán Salinas (entre las coordenadas 18°07'18"–18°26'00" N y 97°19'24"–97°39'06" O; Figura 1) en el tramo de la Mixteca Alta (Hernández-Moreno *et al.*, 2021). Posee una extensión total de 427.75 km² colindando así con el norte de Tehuacán y al poniente con el Estado de Oaxaca (INAFED, 2010). Zapotitlán Salinas tiene la mayor parte del territorio cubierto con flora representativa del clima seco como el matorral crasicaule y vegetación arbustiva. Tiene una estacionalidad marcada por períodos de lluvias, uno durante mayo y junio, siendo el mes más consistente, y otro de julio hasta septiembre; mientras que la temporada seca incluye los meses de octubre a mayo (Mata-Silva, 2003; Guzmán-Mendoza *et al.*

2010). A causa de la posición geográfica, el sitio abarca el desierto más húmedo del país con una precipitación media anual de 412.4 mm y alcanza temperaturas cercanas a los 40°C que benefician la ladera sur para el desarrollo vegetal (Arizaga *et al.*, 1994; Muñoz *et al.*, 2007; Zárate Hernández y Cortés Márquez, 2014). Además, la zona sur que corresponde al Valle de Tehuacán posee áreas asociadas a la agricultura y vías de comunicación (INAFED, 2010).

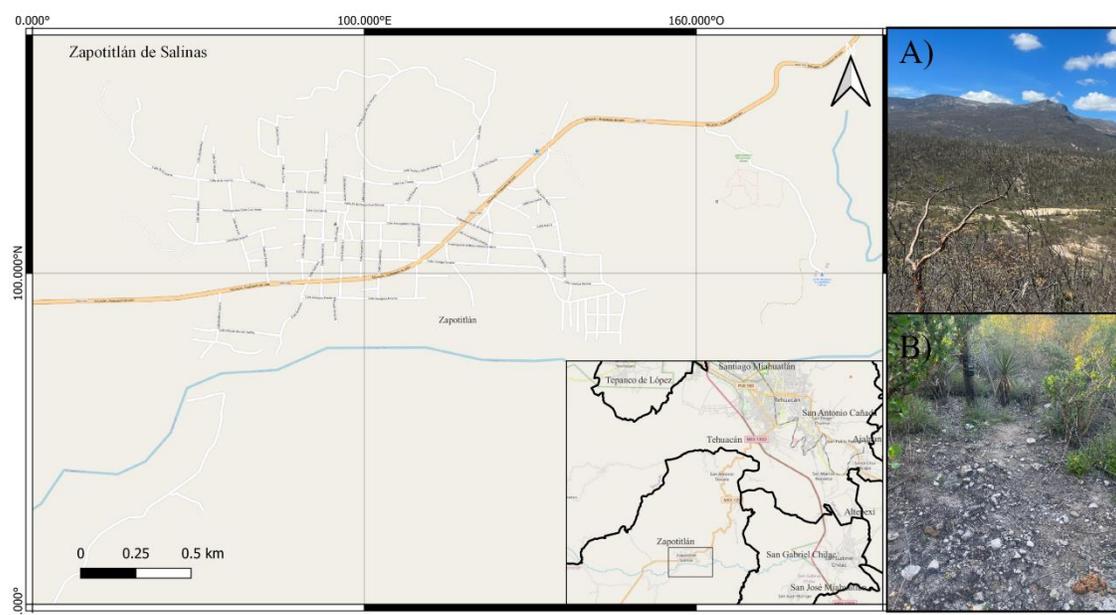


Figura 1. Ubicación geográfica relativa de la localidad de Zapotitlán Salinas, estado de Puebla, México. Las imágenes a la derecha corresponden a los sitios de muestreo: A) temporada seca y B) temporada de lluvias (Fotos de: Hannia Irene Martínez Badillo).

Fototrampeo y esfuerzo de muestreo

Se realizó el monitoreo de mamíferos terrestres medianos y grandes del área de estudio a través de salidas de campo mensuales, con duración de 5-6 días, entre el 19 de marzo de 2022 y el 04 marzo de 2023. Durante el período establecido se instalaron 14 estaciones con una cámara trampa cada una (Marca Bushnell y Stealht cam) para el registro de las actividades de animales. Estas cámaras cuentan con un sensor infrarrojo que es activado ante la detección de movimiento (Palencia *et al.*, 2021). Cada cámara trampa fue atada en la base de un árbol a una altura promedio de 50-60 cm sobre el suelo, y programada para permanecer activas durante las 24 horas del día y tomar dos fotos por disparador en intervalos de tres segundos. Como atrayentes se utilizaron: a) un paño de algodón rociado con fragancia aromática dentro de un frasco de vidrio (Holinda *et al.*,

2020), y b) una mezcla de avena, sardina y vainilla (carnada universal; Tirira, 1998). Los atrayentes se colocaron dentro del campo visual de las cámaras a una distancia de 2-4 m. Para cada fotografía se registró la fecha y hora, así como la fase lunar en que ocurrió cada uno de los avistamientos. Todas las estaciones de muestreo fueron georreferenciadas, utilizando un GPS Modelo GARMIN eTrex 10 Worldwide, y ubicadas a una distancia promedio de 500 m entre ellas. Posteriormente, se cartografiaron utilizando el programa QGIS 22.1 (Figura 2).

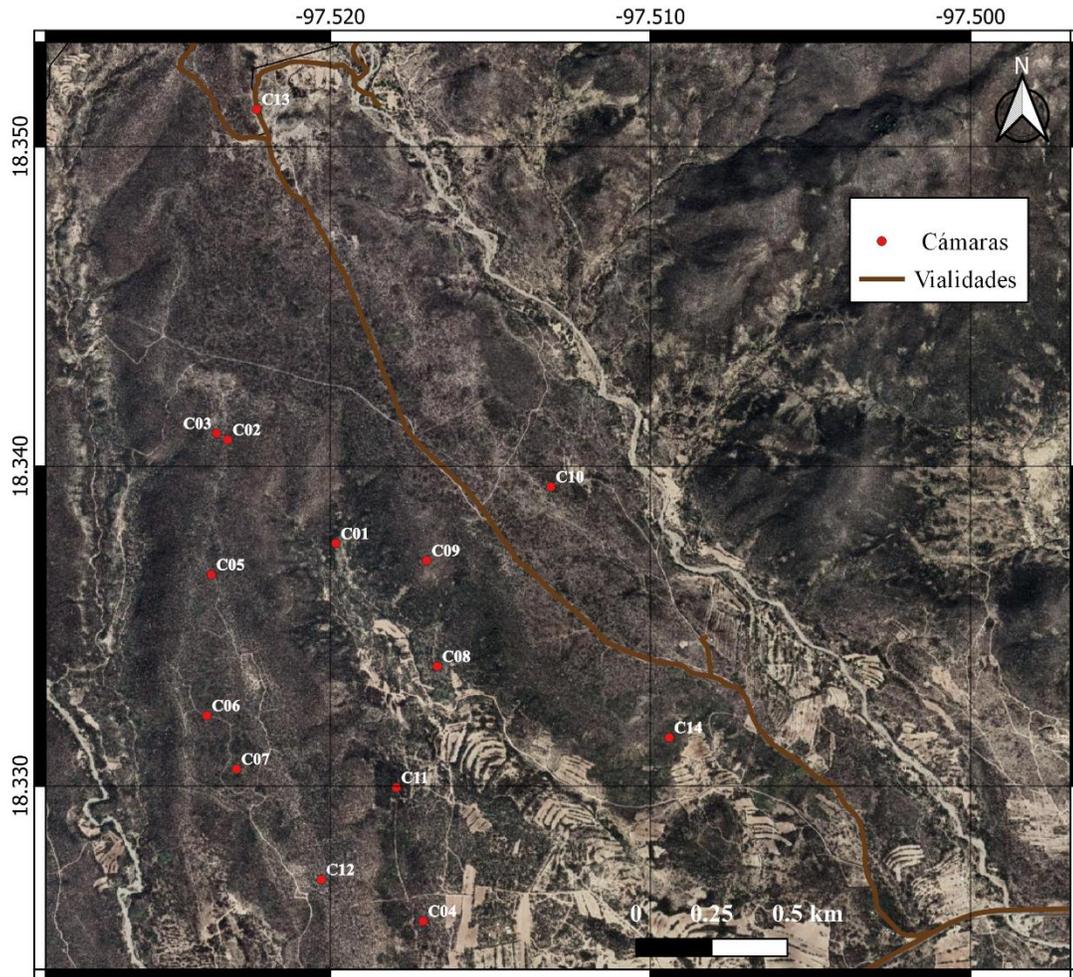


Figura 2. Ubicación relativa de las estaciones de muestreo (C01 a C13) utilizadas para el desarrollo de este estudio en la localidad Zapotitlán Salinas, Estado de Puebla, México.

Con la finalidad de minimizar el impacto de la presencia humana en la detección de la fauna, las cámaras fueron revisadas periódicamente cada 40-50 días (Rovero *et al.*, 2014; Cáceres-Martínez *et al.*, 2016), de acuerdo con la disponibilidad logística del transporte. Para ello, los registros se almacenaron en memorias microSD con capacidad

para 9,999 fotografías de 8 megapíxeles. Las imágenes capturadas fueron descargadas y, posteriormente, organizadas en una base de datos a partir de la cual se elaboraron cuadros para resumir la información según el número efectivo de días de operación (Tabla 1), número de fotos y eventos en cada período.

Tabla 1. Esfuerzo de muestreo realizado en el estudio de las comunidades de mamíferos terrestres medianos y grandes de la localidad de Zapotitlán Salinas, estado de Puebla, México, durante el período marzo 2022–marzo 2023. Para cada estación de muestreo se proporciona el tiempo de funcionamiento, coordenadas geográficas y el número de eventos/imágenes captadas por cámara.

		Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6	Período 7
		19/03/2022	07/05/2022	28/06/2022	19/08/2022	1/10/2022	26/11/2022	21/01/2023
Coord. Geográficas		07/05/2022	28/06/2022	19/08/2022	1/10/2022	26/11/2022	21/01/2023	04/03/2023
C01	18.33759°, -97.51983°	15/9580	37/7323	17/6916	*	10/10316	9/1594	10/4152
C02	18.34083°, -97.52321°	21/471	*	5/18379*	17/12124	28/8489	*	
C03	18.34103°, -97.52356°							19/1938
C04	18.32577°, -97.51710°	42/720	12/429	4/591	7/258	17/228	19/150	39/201
C05	18.33661°, -97.52372°		12/114	25/177	*	*	*	*
C06	18.33220°, -97.52386°		5/114	*	16/5848	16/784	*	
C07	18.33053°, -97.52293°							20/12325
C08	18.33374°, -97.51666°		27/294	22/273	17/673	23/303	36/105	19/201
C09	18.33705°, -97.51699°		5/4787*	3/17077*				
C10	18.33936°, -97.51311°				5/16527	3/11235	*	
C11	18.32995°, -97.51794°			*	25/5135	31/4668	1/487*	23/5822
C12	18.32707°, -97.52028°			36/17729*	9/2801*	35/8161	31/5789	19/9254
C13	18.35117°, -97.52229°				6/178	2/130	26/275	21/3616
C14	18.33151°, -97.50941°					15/10418	6/8732	2/14948

*Períodos sin imágenes o con pausas debido a problemas con el funcionamiento y/o hurto de las cámaras.

El primer grupo de tres estaciones de foto-trampeo estuvo en funcionamiento durante un año (C01, C02, C04). Posteriormente, los sitios C05, C06, C08, C09 fueron muestreados desde el segundo período, mientras que las estaciones C10, C11, C12, C13, C14, C03 y C07 permanecieron activas a partir del tercer, cuarto, quinto y último período, respectivamente. Tanto C09 como C10 fueron reubicadas por fotos sin ejemplares después de cuatro y dos meses, respectivamente. El esfuerzo de muestreo fue calculado al

multiplicar el número total de cámaras trampa utilizadas por el total de días de muestreo (Morán *et al.*, 2018). Las cámaras de las estaciones C02, C09, C11 y C12 presentaron problemas técnicos y no estuvieron en funcionamiento durante parte de algunos periodos, por lo cual los días correspondientes fueron restados para obtener el valor real de los días de fototrampeo.

Análisis de datos

La elaboración de la lista taxonómica fue realizada con base en la nomenclatura propuesta por Ramírez Pulido y colaboradores (2014), con apoyo de *Mammal Diversity Database* (2023), las cuales proporcionan una versión actualizada de todas las especies de mamíferos reportadas en México. Adicionalmente, se señalaron las categorías de conservación consideradas en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) y la NORMA Oficial Mexicana 059-SEMARNAT-2010, sobre la Protección ambiental de Especies nativas de México de flora y fauna silvestre (DOF 2019)

Para evaluar la efectividad del esfuerzo de muestreo utilizado en la caracterización de la comunidad de mamífero medianos y grandes presentes en el área de estudio, se elaboró una curva de acumulación de especies (Cáceres-Martínez *et al.*, 2016; Rivas *et al.*, 2018) empleando la información obtenida de los registros únicos de avistamiento a partir de las cámaras trampas y tres estimadores de riqueza (Bootstrap, Chao y Jackknife) en el paquete estadístico “BiodiversityR” (Kindt y Coe, 2005) del programa R 4.1.2 (R Core Team, 2021). Para ello, a fin de garantizar la independencia de los datos de ocurrencia, aquellas fotografías de la misma especie registradas en la misma estación y mismo día, con periodos menores a una hora (60 min) entre fotografías o eventos, fueron considerados como único registro de presencia (Jiménez *et al.*, 2010).

Partiendo de los datos obtenidos del número de registros independientes, se determinaron los valores de abundancia relativa de las especies, con base en la ocurrencia de cada taxón entre el número total de registros para todas las especies (Prieto-Torres *et al.*, 2011). Posteriormente, todas las especies se clasificaron de acuerdo con los períodos de actividad (Jiménez *et al.*, 2010; Cáceres-Martínez *et al.*, 2016): (a) diurnos, con

actividad durante las 08:00 – 18:00 h, (b) nocturnos, con actividad durante las 20:00 – 06:00 h, y (c) crepuscular, actividad durante ambos períodos con intervalos esporádicos (es decir, 06:00 – 08:00 h y/o 18:00 – 20:00 h) y aleatorios de actividad. Para ello se consideró el horario capturado en cada fotografía de registro. Los meses de muestreo fueron divididos según la temporada seca (octubre a mayo) y lluvias (junio a septiembre) previamente descritas por otros autores (Guzmán-Mendoza *et al.*, 2010; Pérez-Solano *et al.* 2018). A la par, para estipular la influencia en los periodos anteriores se identificó la fase lunar correspondiente de acuerdo con cuatro categorías (Harmsen *et al.*, 2011): Luna nueva, llena, así como cóncava y gibosa (sea creciente o menguante).

Para determinar si las especies reportadas presentaron preferencias de actividad en relación con las fases lunares y épocas del año (secas/lluvia), se utilizaron pruebas de Chi cuadrada (Cáceres-Martínez *et al.*, 2016; Morán *et al.*, 2018). Además, se utilizó una prueba de Kuiper (K) para evaluar la homogeneidad de las detecciones en períodos de 24 horas para todo el conjunto de datos y para cada especie (Cáceres-Martínez *et al.*, 2016). Finalmente, se construyeron tablas de contingencia y se utilizó el índice de Morisita-Horn para probar la superposición entre períodos de actividad para todas las especies (Morán *et al.*, 2018). Todos estos análisis estadísticos se implementaron a la base de datos obtenida de los mamíferos terrestres medianos y grandes presentes en las inmediaciones de la localidad Zapotitlán Salinas, la cual forma parte del proyecto PAPIIT-IA202822 “*Identificación de áreas prioritarias para la conservación de los bosques secos de Mesoamérica: un enfoque integrativo en la era del cambio climático*”, y se encuentra disponible para su consulta en el Laboratorio de Biodiversidad y Cambio Global (LABIOCG), de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM.

RESULTADOS

Esfuerzo de muestro y riqueza de especies

El trabajo de campo incluyó un monitoreo inicial de 4,914 días trampa de fototrampeo (Tabla 1), con una estimación real de esfuerzo de muestreo de 2,447 días. La diferencia de 2,467 días se debió a la existencia de diversos problemas mecánicos (tanto en cámaras como en memoria portátiles extraíbles), configuración de los equipos y/o hurtos de los aparatos en la localidad. Se obtuvieron 282,839 fotografías con un total de 882 registros independientes correspondientes a 11 especies de mamíferos de tamaño grande y mediano, las cuales se agruparon en tres órdenes, siete familias y 11 géneros (Tabla 2). El orden taxonómico con mayor número de registros fue Carnívora (familias Mustelidae, Procyonidae, Mephitidae, Felidae y Canidae) con 460 registros (52.15%), seguido por los Lagomorpha (Leporidae) con 383 observaciones (43.42%). Además, para el orden Artiodactyla (familia Cervidae) se registraron 39 eventos independientes (4.42%) durante el estudio. De los taxones reportados en este estudio (Figura 4), diez se encuentran categorizados actualmente como especies de Preocupación Menor (LC) en la lista roja de especies amenazadas de la IUCN. A nivel nacional, la NOM-059 sólo incluye a tres especies (*Spilogale angustifrons*, *Herpailurus yagouaroundi* y *Taxidea taxus*) bajo la categoría de Amenazada (Tabla 2).

En términos de esfuerzo de muestreo, la curva de acumulación de especies obtenida mostró un comportamiento asintótico que alcanzó el mayor número de especies dentro de los 200 a 250 días (Figura 4a). Los análisis realizados a partir de los tres estimadores empleados (Bootstrap, Chao y Jackknife), coinciden en señalar el máximo de riqueza de especies esperada a partir de los 250 días de esfuerzo de muestreo. El estimador Bootstrap predijo de una a dos especies más por encontrar, mientras que Chao elevó el número hasta nueve y Jackknife 1 a tres con respecto a las especies esperadas para la comunidad. No obstante, las predicciones de los tres estimadores tendrían lugar dentro de los primeros 100 días de muestreo (Figura 3b). En este sentido, las tendencias mostraron que el esfuerzo de muestro realizado representa potencialmente una efectividad mayor al 90%.



Figura 3. Registro fotográfico de las especies de mamíferos terrestres medianos y grandes reportados en las estaciones de foto-trampeo en la localidad de Zapotitlán Salinas, Estado de Puebla, México, durante el período de marzo 2022 y marzo 2023

Tabla 2. Listado taxonómico de las especies de mamíferos terrestres medianos y grandes registrados en Zapotitlán Salinas, estado de Puebla, México, durante el período de marzo 2022 y marzo 2023. El horario de actividad se designó como: D = Diurno, C = Crepuscular y N = Nocturno, mientras que la actividad lunar corresponde a: nueva (Ln), llena (LLn), creciente (Lc) o menguante (Lm). El estado de conservación de cada especie se indica de acuerdo con lo señalado por la IUCN (LC = Preocupación menor) y NOM-059 (A = Amenazadas).

Taxón	Punto de observación	Patrón de actividad	Fase lunar reportada	Estado de conservación	No. de registros independientes	Abundancia relativa
MEPHITIDAE						
<i>Mephitis macroura</i> (Liechtenstein, 1832)	C1, C2, C3, C4, C5, C7, C8, C9, C11, C12, C14	D, N	Ln, Lc, Lm	LC	81	9.18%
<i>Conepatus leuconotus</i> (Liechtenstein, 1832)	C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C11, C12, C13, C14	D, N	Ln, LLn, Lc, Lm	LC	75	8.50%
<i>Spilogale angustifrons</i> (A. H. Howell, 1902)	C2, C4, C5, C8, C11	D, N	Lc, Lm	LC; A	19	2.15%
FELIDAE						
<i>Herpailurus yagouaroundi</i> (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1803)	C1, C11, C14	D, N	Lc, Lm	LC; A	6	0.68%
<i>Lynx rufus</i> (Schreber, 1775)	C1, C2, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C11, C12, C13	D, N	Lc, Lm	LC	40	4.53%
CANIDAE						
<i>Canis latrans</i> (Say, 1822)	C6, C09, C08	D, N	Lc, Lm	LC	4	0.45%
<i>Urocyon cinereoargenteus</i> (Schreber, 1775)	C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12, C13	D, N	Ln, LLn, Lc, Lm	LC	233	26.41%
CERVIDAE						
<i>Odocoileus virginianus</i> (Zimmerman, 1780)	C1, C4, C6, C8, C10, C11, C12, C13	D, N	Ln, LLn, Lc, Lm	LC	39	4.42%
LEPORIDAE						
<i>Sylvilagus floridanus</i> (J. A. Allen, 1890)	C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C11, C12, C13, C14	D, N, C	Ln, LLn, Lc, Lm	LC	383	43.42%
MUSTELIDAE						
<i>Taxidea taxus</i> (Schreber, 1778)	C8	N	Lc	LC; A	1	0.11%
PROCYONIDAE						
<i>Nasua narica</i> (Linneo, 1766)	C8	D	Lc	LC	1	0.11%

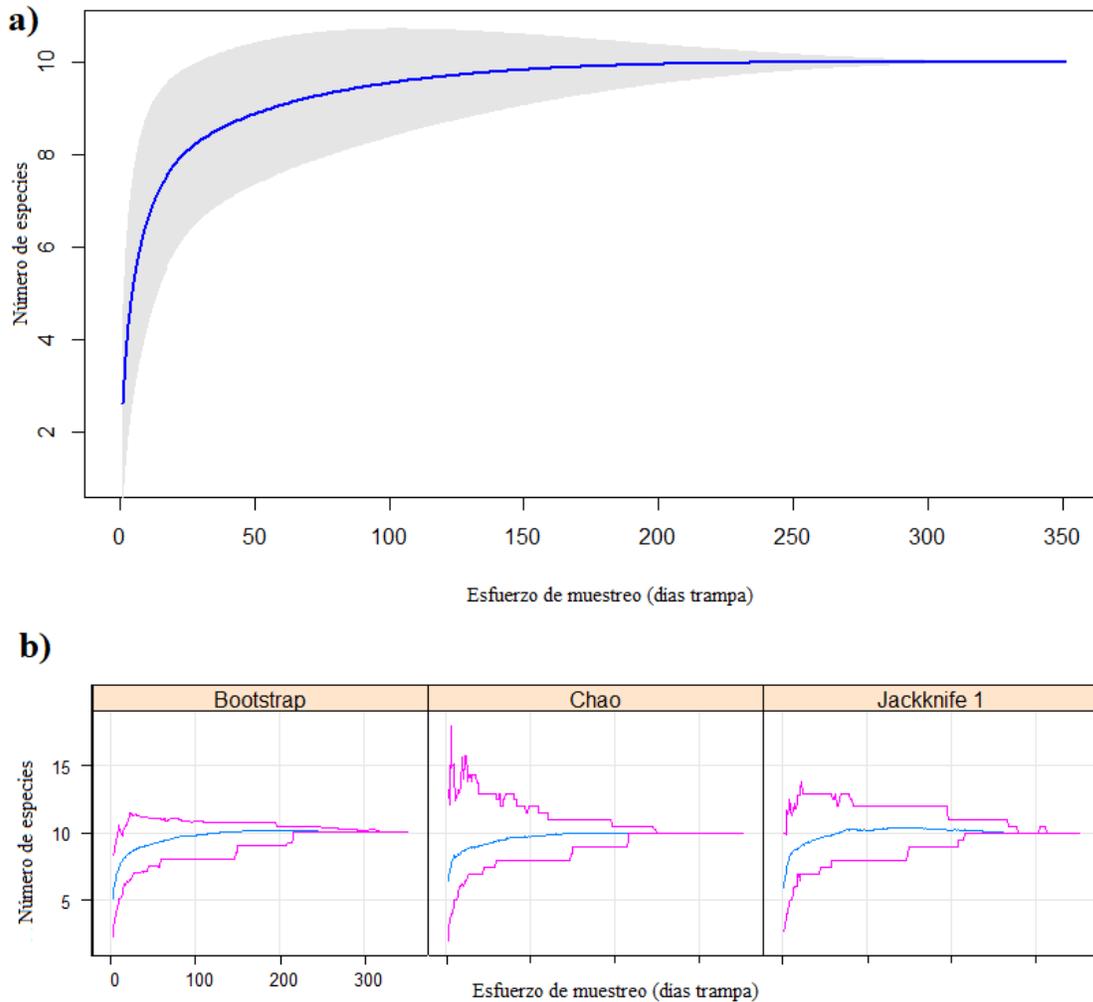


Figura 4. Curvas de acumulación de especies representativas de la riqueza de especies (observada y esperada) de mamíferos terrestres medianos y grandes en la localidad de Zapotitlán Salinas, Estado de Puebla, México, durante el período de estudio. Las letras en la figura representan: (a) riqueza de especies observada durante el muestreo realizado y (b) riqueza esperada considerando tres estimadores de riqueza: Bootstrap, Chao y Jackknife

Del número total de individuos registrados en el área de estudio ($n = 882$) se incluyen ocurrencias en grupos de dos o tres individuos para *Mephitis macroura*, *Conepatus leuconotus* y *Sylvilagus floridanus*. Se registraron eventos reproductivos para *S. floridanus* (en diciembre de 2022) y *M. macroura* (en enero de 2023). Por otra parte, *Odocoileus virginianus* y *H. yagouaroundi* presentaron acompañamiento de 1-2 crías entre julio y septiembre de 2022. En las estaciones de foto-trampeo establecidas, especies como *T. taxus*, *Nasua narica*, *Canis latrans* y *H. yagouaroundi* fueron observadas en uno,

tres y cuatro puntos de observación, respectivamente. Por otra parte, especies como *U. cinereoargenteus*, *S. floridanus*, *M. macroura*, *C. leuconotus*, *O. virginianus* y *L. rufus* fueron registradas en al menos 75% de los sitios de muestreo establecidos durante el estudio. Los valores de abundancia relativa (Tabla 2) más altos observados durante el estudio fueron para las especies *S. floridanus* (43.42%) y *U. cinereoargenteus* (26.41%), seguidos por *M. macroura* (9.18%) y *C. leuconotus* (8.50%). Las especies con los valores de abundancia relativa más bajo fueron *H. yagouaroundi* (0.68%), *C. latrans* (0.45%), *N. narica* (0.11%) y *T. taxus* (.11%).

Patrones de actividad diaria, mensual y estacional

Dentro de los 882 eventos independientes incluidos en los 351 días de muestreo, los patrones de actividad mostraron diferencias significativas ($X^2 = 923.94$; $gl = 2$; $p < 0.0001$) durante el día: 80.61% de los eventos independientes para todas las especies estuvieron asociados a hábitos nocturnos, un 18.02% al periodo diurno y sólo un 1.36 % se asociaron con actividades crepusculares (Figura 5). El 90% de las especies registradas en este estudio mostraron hábitos principalmente de tipo nocturno, excluyendo únicamente a *N. narica* que tuvo un único avistamiento diurno (Tabla 2). De acuerdo con grupos taxonómicos con especies talla grande, las familias Felidae, Canidae y Cervidae presentaron actividad tanto de día como de noche. Caso similar fue el de la familia Mephitidae cuyos patrones excluyen crepusculares. La especie *S. floridanus* fue el único taxón en presentar actividad constante dentro de las tres categorías del día (Tabla 2).

Estos resultados fueron corroborados con la prueba de Kuiper, donde se observó una distribución heterogénea entre especies a lo largo de los períodos de 24 horas del día para todo el estudio ($K = 0.6666$; $p = 0.00025$). Se observaron dos picos de actividad bien definidos para *S. floridanus* (Figura 6a) en el período nocturno (02:01-03:00 h) y durante el crepuscular (6:01-7:00 h). A su vez, *U. cinereoargenteus* tiene cuatro intervalos en el período nocturno donde alcanzó entre 10 y 30 registros independientes (Figura 6b).

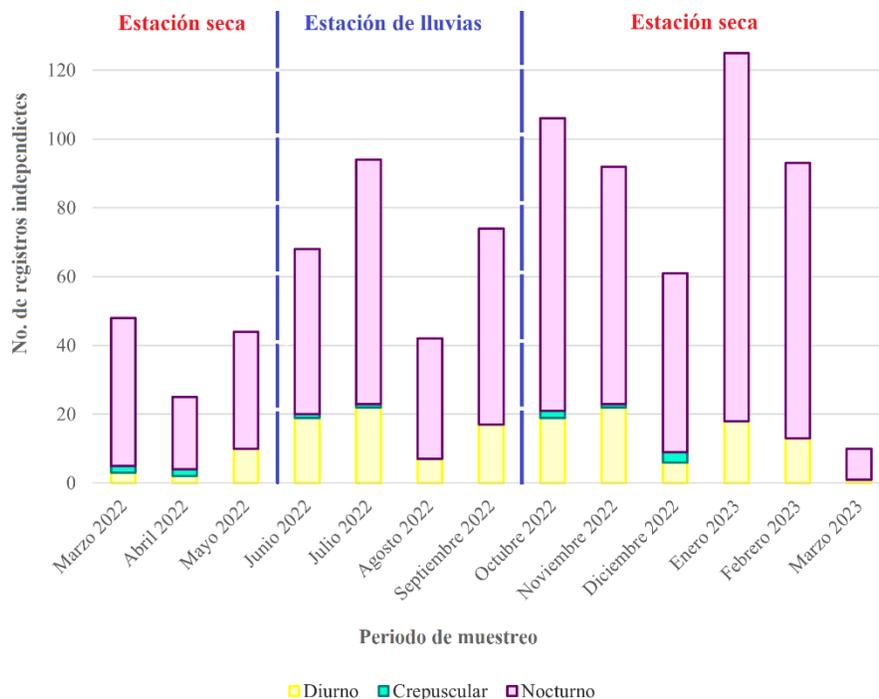


Figura 5. Patrones de actividad mensual observada para los individuos de mamíferos terrestres medianos y grandes reportados en la localidad de Zapotitlán Salinas, Estado de Puebla, México, durante el período de marzo 2022 a marzo 2023.

En el caso de los mefítidos *M. macroura* y *Conepatus leuconotus*, estos poseen patrones similares y llegan al número máximo de registros independientes en dos horarios (04:01-05:00 h y 20:01-22:00 h). Únicamente *S. angustifrons* tuvo registros independientes por debajo de cinco durante 01:01-02:00 h y 05:01-06:00 h (Figura 6). El gato montés, *L. rufus*, presentó dos horarios con mayores registros durante el intervalo de 04:01-05:00 h. La actividad registrada para el cérvido *O. virginianus* alcanza dos valores máximos durante las 10:01-11:00 h. y 21:01-22:00 h. (Figura 6). Tanto *H. yagouaroundi*, *C. latrans* *N. narica* presentaron pocos registros independientes repartidos mayoritariamente en el período diurno, a diferencia de *T. taxus* cuyo único registro fue durante el período nocturno (Figura 6). No obstante, es importante resaltar que el índice Morisita-Horn mostró que la composición de la comunidad de mamíferos listados para la localidad de Zapotitlán Salinas en el período nocturno tuvo una similitud hasta del 88.3% con la comunidad que presenta actividades diurnas, y 69.7% con especies crepusculares. Es decir, hay una superposición de actividad para los tres períodos (diurno, crepuscular y nocturno) que es compartida por más del 70% de las especies (Tabla 3).



Figura 6. Patrones de actividad diaria observada por especie de mamífero mediano y grandes reportados en la localidad de Zapotitlán de Salinas, Estado de Puebla, México, durante el período de marzo 2022 a marzo 2023. Los patrones observados para las especies se presentan de forma individual (arriba) y simultánea (abajo)

Tabla 3. Nivel de solapamiento en la actividad diaria para las especies de mamíferos terrestres medianos y grandes registrados en Zapotitlán Salinas, estado de Puebla, México, durante el período de marzo 2022 y febrero 2023 utilizando el índice Morisita-Horn.

	Diurno	Crepuscular	Nocturno
Diurno	1	0.871	0.883
Crepuscular	0.871	1	0.697
Nocturno	0.883	0.697	1

Los patrones de actividad mensual se mostraron en su mayoría nocturna (Figuras 5 y 6). En términos generales, los meses con menor actividad abarcan las temporadas de primavera (marzo, mayo y abril de 2022) y verano (agosto 2022). Además, se observó que la mayor proporción de registros independientes se presentó durante los meses correspondientes a la estación seca (68.48% de los casos), siendo el mes de enero 2023 el de mayor cantidad de registros reportados ($n = 125$). La prueba estadística de Chi cuadrada mostró diferencias significativas ($X^2 = 120.49$; $df = 1$; $p < 0.001$) al comparar el número de registros entre estaciones.

Para la estación lluviosa, el punto máximo de actividad para las especies fue observado en julio 2022 con 94 registros (Figura 5). Respecto a las fases lunares, el 50.68% de los eventos ocurrió en el estado de luna creciente, un 44.78% en luna menguante, el 2.72% en luna nueva y un 1.81% durante luna llena. Finalmente, la prueba de Chi cuadrada mostró diferencias significativas ($X^2 = 735.53$; $gl = 7$; $p < 0.001$) en los patrones de actividad observados para las especies en general, dado que las proporciones de avistamientos fueron mayores durante las fases de luna creciente y menguante en temporada seca (65.41% de los casos) (Figuras 5 y 8).

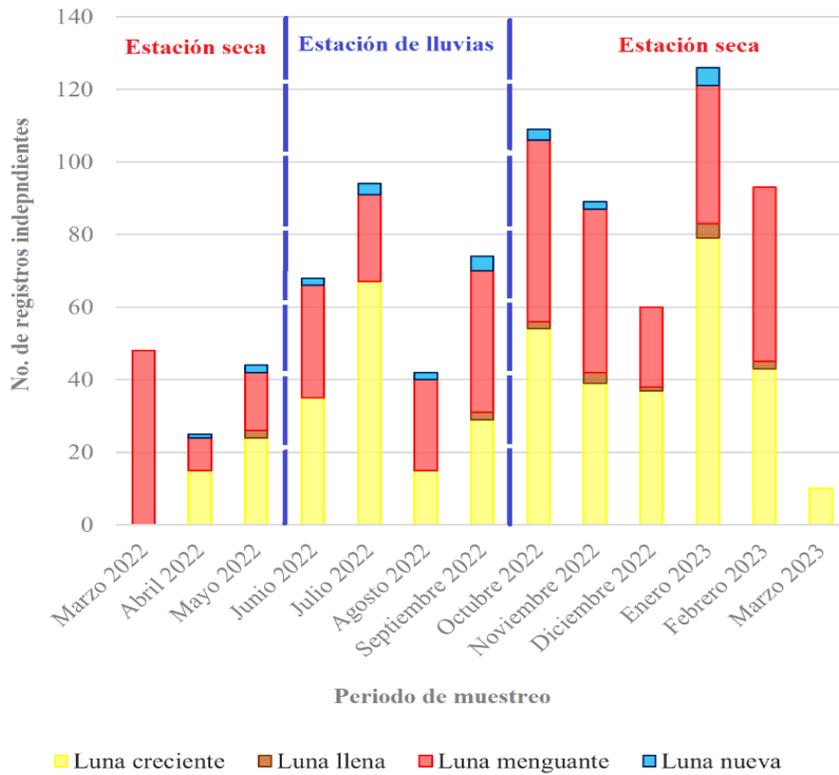


Figura 7. Patrones mensuales de actividad observada para los individuos de mamíferos terrestres medianos y grandes reportados en la localidad de Zapotitlán Salinas, Estado de Puebla, México, durante el periodo de marzo 2022 a marzo 2023 según las cuatro fases lunares.

DISCUSIÓN

Representación y riqueza de las especies de mamíferos

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que, en términos generales, la riqueza de mamíferos terrestres medianos y grandes presentes en la localidad de Zapotitlán Salinas el Estado de Puebla se compone hoy en día de al menos 11 especies divididas en 7 familias (Mustelidae, Mephitidae, Felidae, Canidae, Cervidae, Leporidae y Procyonidae). Esto representa el 10.78 % del total de mamíferos registrados en la RBTC durante la década pasada (SEMARNAT, 2013). Los estudios realizados para la entidad de Zapotitlán Salinas no han incluido un monitoreo completo de mamíferos, siendo típicamente más desarrollados inventarios de organismos vegetales, aves e incluso poblaciones de artrópodos (Montes Leyva *et al.*, 2018). Comparado con listas de plataformas como iNaturalista (<https://www.naturalista.mx/>), de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), en Zapotitlán Salinas se han llegado a reportar hasta 19 especies de mamíferos terrestres, sin excluir la fauna feral o ganado. Los reportes de especies han sido actualizados durante los últimos años gracias a la elaboración de ensayos con cactáceas columnares, en los que se incluye el análisis del papel de los carnívoros como dispersores de semillas (Zarco-Mendoza *et al.*, 2018). De cualquier manera, los valores obtenidos sugieren que en este trabajo se ha reportado más del 55% de la fauna silvestre de mamíferos terrestres medianos y grandes en la zona.

Anteriormente, el listado de fauna del Valle de Zapotitlán presentado por García-Chávez y colaboradores (1994) mostró únicamente la riqueza de especies y abundancias de cada uno de los mamíferos carnívoros en un matorral xerófilo en la región. A modo general se destaca que en este antecedente se reportan ocho especies de carnívoros por medio de rastros (excretas y huellas), de los cuales el actual monitoreo únicamente excluye a *Bassariscus astutus*, una especie que los autores reportaron como la segunda más abundante. Un caso similar ocurre con *C. latrans*, quien fue la tercera población con mayor abundancia en el trabajo de García-Chávez y colaboradores (1994), pero que en este estudio presentó solamente cuatro avistamientos (Tabla 2). Algunas explicaciones a estos cambios en los patrones de distribución de las especies están asociadas a los hábitos alimenticios de las mismas, así como a la disponibilidad de recursos en la zona. Por

ejemplo, se sabe que *B. astutus* es un omnívoro oportunista (Herrera-Flores *et al.*, 2018), por lo cual su presencia podría estar mucho más asociada a la búsqueda de recursos en zonas aledañas al Jardín Botánico Helia Bravo Hollis en contraste a la zona modificada donde se realizó el monitoreo. Además, no se descarta la posibilidad de una competencia con especies medianas o depredación de parte de los mamíferos grandes (Castellano Morales *et al.*, 2008). A esto se le suman amenazas como las colisiones vehiculares y la ubicación de oquedades en áreas mayormente perturbadas con alta disponibilidad alimenticia y recursos antropogénicos (Castellano Morales *et al.*, 2008; Ramírez, 2019).

Por otro lado, y a pesar del largo período de casi 30 años transcurridos entre los estudios, se resaltan importantes similitudes como son los valores altos de abundancia para *U. cinereoargenteus* y *M. macroura*, las cuales además comprenden poblaciones que pueden presentar patrones de actividad fluctuantes a lo largo del año durante los meses con menos recursos (García-Chávez *et al.*, 1994). De hecho, como los resultados mostraron, durante la estación seca se tuvo un mayor número de eventos independientes de estas especies (Figura 5). En este sentido, es posible que la existencia y estados poblacionales de diversas especies de carnívoros se haya logrado mantener a través del tiempo a pesar de las altas modificaciones ambientales del paisaje y la realización de actividades como la cacería, en el caso de *O. virginianus* (Carrera Treviño, 2018; Pérez-Solano *et al.*, 2018). Para especies como *T. taxus*, Téllez y colaboradores (2010) les consideraron como identificables por la población local, pero hasta ese año no habían sido documentados con datos georreferenciados. El registro obtenido para Zapotitlán Salinas incrementa el número de carnívoros reportados en la localidad, y no solo para la zona de la RBTC que abarca el estado de Oaxaca (Lavariega *et al.*, 2017). No obstante, se requieren de más estudios y monitoreos a largo plazo para evaluar las dinámicas poblacionales y de la comunidad en el tiempo.

Estructura y patrones de actividad de los mamíferos

Dentro de RBTC, los mamíferos medianos y grandes cumplen con papeles ecológicos entre los cuales destacan: la descomposición de materia muerta, reciclaje de nutrientes, herbivoría, polinización, dispersión y depredación de semillas (Rumiz, 2010;

Rojas-Martínez y Moreno, 2014). Es así como cada grupo dentro de las inmediaciones aporta y da mantenimiento a la conformación del ecosistema en la comunidad silvestre de Zapotitlán Salinas. En este sentido, es importante resaltar varios aspectos ecológicos asociados a la comunidad de mamíferos terrestres reportados en este estudio: *i*) la aparición de tres mefitidos con abundancias relativas poblacionales distintas confirma una coexistencia previamente descrita por Farías-González y Hernández-Mendoza (2021), y difiere de la hipótesis establecida donde se esperaría que la especie dominante es de mayor tamaño, ya que para la región de Zapotitlán Salinas fue *M. macroura* en lugar de *C. leuconotus* (Tabla 2); *ii*) existe una posible diferenciación en el uso de recursos entre especies incluso del mismo grupo, ya que, por ejemplo, *M. macroura* es abundante en áreas abiertas y perturbadas (campos de cultivo), mientras que *S. angustifrons* requiere zonas con cobertura densa, evitando así áreas antropizadas (Farías-González y Hernández-Mendoza, 2021); *iii*) existe una relación entre patrones de actividad de especies no emparentadas, como por ejemplo *M. macroura* y *U. cinereoargenteus*, ya que cuando cae el número de registros para el zorrillo se incrementa para la zorra gris. Este fenómeno fue apreciado en dos intervalos durante el día (Figura 6) y ya había sido descrito en la RBTC por Pérez-Irineo y colaboradores (2020).

Estos patrones fueron igualmente reconocibles para otras especies. Por ejemplo, los cánidos son especies tolerantes que pueden beneficiarse por cambios en el uso de suelo (Pérez-Solano *et al.*, 2018), en este estudio se observó que *U. cinereoargenteus* figura como una de las especies más abundante en la región, siendo visible en todos los puntos de muestreo; no obstante, *C. latrans* tuvo menor abundancia relativa y fue registrada en solo tres de los sitios (Tabla 2). De hecho, los patrones de actividad son diferentes para ambas especies, mientras que los eventos para *C. Latrans* se dieron en temporadas de secas, *U. cinereoargenteus* fue abundante en ambas estaciones. Esta situación favorece la relación negativa establecida para la temporada húmeda donde decrece la detectabilidad por el aumento de la cobertura vegetal e impide la caza de los organismos (Pérez-Solano *et al.*, 2018; Zarazúa Carbajal *et al.*, 2020). Además, *U. cinereoargenteus* mantiene una actividad alta durante todo el período nocturno y sólo decrece a medida que se acerca el horario diurno (Figura 6).

La familia de los felinos presentes en el área de estudio está ligada a la abundancia y diversidad de presas como lo son *O. virginianus*, *S. floridanus* y *N. narica* (Vega-Flores y Farías-González, 2021). Este planteamiento es respaldado por los patrones diarios, ya que al incrementar la abundancia de *S. floridanus* aumenta la de *L. Rufus* en tres ocasiones durante el período nocturno (Figura 6). Además, en el área de muestreo *L. Rufus* apareció continuamente en la estación C08 (47.5% de las observaciones de la especie), coincidiendo con el único registro en el monitoreo de *N. narica*. Caso contrario fue el de *H. yagouaroundi* cuya cobertura incluyó el punto C14 donde no hubo avistamiento de *L. rufus* (Tabla 2). No obstante, se sabe que el patrón de actividad de *H. yagouaroundi* puede ser diurno, lo cual le facilita el utilizar el mismo espacio y los recursos que debe compartir con distintas especies de felinos, incluso de mayor tamaño (Carrera Treviño *et al.*, 2018). Pese a ello, no se descarta la posibilidad de competencia por recursos y una tendencia a los tipos de vegetación con perturbación humana como potencial explicación a los patrones diferenciales de actividad observados durante este estudio para los felinos.

Otros depredadores como *T. taxus* tienen tendencias generalistas y especialistas que pueden estar influenciadas por la disponibilidad de presas (Grassel y Rachlow, 2018). El único registro obtenido en la localidad de Zapotitlán Salinas fue reportado para la estación C08 y converge con la aparición de potenciales presas como *S. floridanus* y roedores de hábitos subterráneos (Rangel-Rojas *et al.*, 2019). La falta de ocurrencia puede estar ligada al aumento de caminos y áreas perturbadas, o la influencia de especies como *C. latrans*, ya sea por similitud en la dieta o el comensalismo entre ambos taxones que es afectado por a la aparición de depredadores mayores como *L. Rufus* (Rangel-Rojas *et al.*, 2019; Thornton *et al.*, 2018).

Por su lado, *O. virginianus* tiene una movilidad relacionada con el nivel de precipitación, donde la disponibilidad de recursos llega a incrementar con la lluvia (Bello *et al.*, 2001) Esta tendencia fue representada en el incremento de avistamientos durante la estación lluviosa en el periodo diurno (25.64%) a diferencia de la estación seca (17.94%) (Tabla 2) (Figura 5). Los avistamientos diurnos coinciden en horarios de 10:01-11:00 en un punto máximo de abundancia que puede estar dado por la búsqueda de agua en el río Salado y Tehuacán descrita previamente para la especie (Figura 6) (Mandujano Rodríguez

y Hernández, 2019). En último lugar, pero no menos importantes, se observó que los lepóridos ocuparon el primer puesto de abundancia en el estudio. En este sentido, el período de reproductividad para especies como *S. floridanus* está ligado a la época de lluvias (Glebskiy *et al.*, 2020) donde las observaciones obtenidas para la especie conformaron el 35.24% de los avistamientos independientes (Figura 5). Mas, el 64% restante en temporada seca puede ser explicado por la abundancia de recursos que moldea las épocas de actividad reproductiva de las especies de conejos silvestres o su papel como presa principal de mamíferos medianos y grandes (Cervantes y Vázquez, 2008). Finalmente, es importante considerar que otros factores, como los ciclos lunares, posiblemente tienen influencia en la serie de patrones descritos, ya que durante las noches iluminadas causadas por luna llena existe un alto riesgo de depredación (Sullivan *et al.*, 2016). Por ello, la fase de luna creciente y menguante posee dominancia durante las dos estaciones (Figura 7), las cuales coinciden además con las temporadas reproductivas, que posiblemente permitió el resguardo y cuidado de las crías (Pratas *et al.*, 2017).

Conservación de los mamíferos presentes en Zapotitlán Salinas

Todos los mamíferos registrados en este estudio en Zapotitlán Salinas están incluidos en la categoría de preocupación menor de acuerdo a los criterios internacionales de grados de amenaza (Tabla 2). No obstante, tres de ellas ya figuran a nivel nacional como especies amenazadas y/o en riesgo. En este sentido, es importante promover la realización de esfuerzos enfocados en la recuperación, mantenimiento y monitoreo de las poblaciones de estas especies, especialmente considerando el importante papel ecológico que desempeñan para el funcionamiento y estabilidad de los ecosistemas. Por ejemplo, en la zona abundaron los carnívoros (90%) quienes poseen una influencia sobre la estabilidad y la diversidad de la vegetación y la fauna (Rojas-Martínez y Moreno, 2014). De hecho, tan solo los felinos son considerados especies prioritarias, y en el estado de Puebla coexiste 4 especies cuya identificación de los mecanismos de coexistencia puede detectar a los organismos con menor capacidad de respuesta ante las amenazas (Farías *et al.*, 2015). Por otra parte, los grupos de los Lagomorpha y Artiodactyla actúan como principales agentes de dispersión de la flora existente (Rumiz, 2010). De hecho, es *O. virginianus* una

de las especies con mayor importancia a nivel de recurso natural en todo el país, y en conjunto con *S. floridanus* forman parte principal de la dieta de carnívoros de talla mediana y grande, lo que les permite influir en las densidades poblacionales (Lara-Díaz *et al.*, 2011; Glebskiy *et al.*, 2020).

A nivel nacional, la RBTC tiene un bajo porcentaje de riqueza (1.83%) para el total de mamíferos silvestres terrestres descritos en México, especialmente comparados con otros grupos como las plantas (SEMARNAT, 2013; Sosa-Escalante, 2016; Estrada-Potrillo *et al.*, 2018). No obstante, hay una relación de dependencia entre depredadores y presas que conforman las once especies incluidas en el listado elaborado para Zapotitlán Salinas que podrán motivar la conservación del ambiente para mantenerlo saludable y funcional. Las acciones harán de utilidad servicios ecológicos para el comercio, explotación y supervivencia de zonas rurales dentro de áreas naturales protegidas. Finalmente, cabe mencionar que el listado de los taxones reportados no es definitivo, ya que el conocimiento sobre la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC) y su fauna mastozoológica aún está en desarrollo y actualización. Es posible que existan asentamientos en la periferia o poblados aún no incluidos que podrían agregar datos al análisis presente.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A pesar de la alta modificación ambiental que las inmediaciones de la localidad de Zapotitlán Salinas, Estado de Puebla, México, ha podido experimentar durante los últimos 30 años en relación con el crecimiento de actividades como el ecoturismo, la agricultura e incluso la cacería, se observó un importante número especies de mamíferos terrestres medianos y de gran tamaño hace uso de los hábitats disponibles (antropizados o no).

Se requiere de la elaboración de más inventarios faunísticos, así como de estudios enfocados en las dinámicas poblacionales y la descripción de los patrones de actividad (incluyendo interacciones) entre las especies existentes en la zona de estudio.

Obtener este tipo de información es un primer e importante paso para enfrentar las problemáticas actuales que amenazan a la biodiversidad, como son la pérdida de hábitats y el cambio climático, lo cual favorecerá a construir herramientas en *pro* de la conservación y convivencia sustentable entre asentamientos humanos y fauna silvestre: reconocer los patrones entre organismos presentes permitirá establecer una vigilancia en el área para evitar la pérdida recursos y mantener la serie de servicios ecológicos que provee el ecosistema.

LITERATURA CITADA

- American Society of Mammalogists. (2023). *Mammal Diversity Database*. Recuperado el 21 de junio de 2023, de <https://www.mammaldiversity.org/>
- Arellanes Cancino, Y., & Casas Fernández, A. (2011). Los mercados tradicionales del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Nueva antropol*, 24(74), 93-123.
- Arizaga, S., Peters, E., Ramirez de Arellano, F., & Vega, E. (1994). Zapotitlán Salinas: el calor de la biología. *Ciencias*, 1(36), 42-43.
- Armella Villalpando, M. Á., & Yáñez López, M. D. (2011). Mamíferos Mexicanos en Peligro de Extinción. *Revista Digital Universitaria*, 12(1), 3-10.
- Badii, M. H., Guillen, A., Rodríguez, C. E., Lugo, O., & Acuña, M. (2014). Pérdida de Biodiversidad: Causas y Efectos. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 10(2), 156-174.
- Bello, J., Gallina, S., Equihua, M., Mandujano, S., & Delfin, C. (2001). Activity areas and distance to water sources by white-tailed deer in Northeastern Mexico. *Vida Silvestre Neotropical*, 10(1-2), 30-37.
- Botello, F., Salazar, J. M., Illoldi-Rangel, P., Linaje, M., Monroy, G., Duque, D., & Sánchez-Cordero, V. (2006). Primer registro de la nutria neotropical de río (*Lontra longicaudis*) en la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 77, 133-135.
- Botello, F., Villaseñor, E., Guevara, L., Méndez, Á., Cortés, A., Iglesias, J., et al. (2013). Registros notables del zorrillo manchado (*Spilogale angustifrons*) y del jaguarundi (*Puma yagouaroundi*) en la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84, 713-717.
- Briones-Salas, M. (2000). Lista anotada de los mamíferos de la región de La Cañada, en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 81, 83-103.
- Cáceres-Martínez, C. H., Acevedo-Rincón, A. A., & González-Maya, J. F. (2016). Terrestrial medium and large-sized mammal's diversity and activity patterns from Tamá National Natural Park and burner zone, Colombia. *Therya*, 7(2), 285-298.
- Carrera-Treviño, R., Astudillo-Sánchez, C. C., Garza-Torres, H. A., Martínez-García, L., & Soria-Díaz, L. (2018). Interacciones temporales y espaciales de mesocarnívoros

- simpáticos en una Reserva de la Biosfera: ¿coexistencia o competencia? *Revista de Biología Tropical*, 66(3), 996-1008.
- Castellano Morales, G., García Peña, N., & List, R. (2008). Uso de recursos del cacomixtle (*Bassariscus astutus*) y la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) en una Reserva Urbana de la Ciudad de México. En C. Lorenzo, E. Espinoza, & J. Ortega, *Avances en el estudio de los mamíferos* (Vol. II, págs. 377-390). Ciudad de México, México: Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C.
- Ceballos, G., & Oliva, G. (2005). *Los Mamíferos Silvestres de México*. Ciudad de México, México: CONABIO-Fondo de Cultura Económica.
- Cervantes, F. A., & Vázquez, J. (2008). Conejos silvestres (*Sylvilagus*: Leporidae) del municipio de Ixtacuixtla, Tlaxcala, México. En C. Lorenzo, E. Espinoza, & J. Ortega, *Avances en el Estudio de los Mamíferos de México* (Vol. II, págs. 89-102). Ciudad de México, México: Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C.
- Chandler B, R., & Clark D, J. (2014). Spatially explicit integrated population models. *Methods in Ecology and Evolution*, 5, 1351-1360.
- CONANP. (2006). *Reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán*. Recuperado el 2022 de abril de 08, de Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas: <http://tehuacan-cuicatlan.conanp.gob.mx/ubicacion.php>
- Cruz-Bazán, E. J., Pech-Canché, J. M., & Cimé-Pool, J. A. (2017). Diversidad de mamíferos terrestres en un área privada de conservación en México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 4(10), 123-133.
- Cruz-Jácome, O., López-Tello, E., Delfín-Alfonso, C. A., & Mandujano, S. (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.
- Dávila, P., Arizmendi, M. C., Valiente-Banuet, A., Villaseñor, J. L., Casas, A., & Lira, R. (2002). Biological diversity in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 11, 421-442.
- DOF. (11 de Noviembre de 2019). Modificación del Anexo Normativo III. *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*. Estados Unidos

- Mexicanos.- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales., Ciudad de México, México.
- Espinosa-Lucas, A., Méndez, Á., Hernández, O., Flores-Cortés, A., Botello, F., & Mariscal, I. (2015). Tres nuevos registros en la zona de influencia de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca. *Therya*, 3(6), 661-666.
- Estrada Portillo, D. S., Rosas Rosas, O. C., Parra Inzunca, F., Guerrero Rodríguez, J., & Tarango Arámbula, L. A. (2018). Valor de uso, importancia cultural y percepciones sobre mamíferos silvestres medianos y grandes en la Mixteca Poblana. *Acta Zoológica Mexicana*, 34, 1-15.
- Farías, V., Téllez, O., Botello, F., Hernández, O., Berruecos, J., Olivares, S. J., & Hernández, J. C. (2015). Primeros registros de 4 especies de felinos en el sur de Puebla, México. *Revista mexicana de Biodiversidad*, 86, 1066-1071.
- Farías-Gonzalez, V., & Hernández-Mendoza, K. H. (2021). Coexistence of three mephitids in Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve, México. *Therya*, 12(3), 527-536.
- García-Aguilar, M. C., Luévano-Esparza, J., & De la Cueva, H. (2017). La fauna nativa de México en riesgo y la NOM-059: ¿Están todos los que son y son todos los que están? *Acta Zoológica Mexicana*, 33(2), 188-198.
- García-Chávez, J., de la Fuente-Palacios, C., Martínez-Romero, E., & Alonso-Pérez, N. (1994). Listado y abundancia de mamíferos carnívoros en los alrededores de Zapotitlán Salinas, Puebla. *Memorias del segundo Congreso Nacional de Mastozoología*, (pág. 37 p.). Jalisco, México.
- Glebskiy, Y., Dorantes-Villalobos, D., & Cano-Santana, Z. (2020). Periodo reproductivo del conejo castellano, *Sylvilagus floridanus*, en un campo de lava de la Ciudad de México a través del análisis de la variación estacional de la abundancia y el tamaño de sus heces. *Revista mexicana de Biodiversidad*, 91.
- Grassel, S. M., & Rachlow, J. L. (2018). When generalists behave as specialists: local specialization by American badgers (*Taxidea taxus*). *Canadian Journal of Zoology*, 96(6), 592-599.
- Guzmán-Mendoza, R., Castaño-Meneses, G., & Herrera-Fuentes, M. d. (2010). Variación espacial y temporal de la diversidad de hormigas en el Jardín Botánico del valle

- de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81, 427-435.
- Harmsen, B. J., Foster, R. J., Silver, S. C., Ostro, L. E., & Doncaster, C. (2011). Jaguar and puma activity patterns in relation to their main prey. *Mammalian Biology*, 76(11), 320-324.
- Hernández-Moreno, M. M., Téllez-Valdés, O., Martínez-Meyer, E., Islas-Saldaña, L. A., Salazar-Rojas, V. M., & Macías-Cuéllar, H. (2021). Distribución de la cobertura vegetal y del uso del terreno del municipio de Zapotitlán, Puebla, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*(92).
- Hernández-Rodríguez, E., Escalera-Vázquez, L., Calderón-Patrón, J. M., & Mendoza, E. (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, 10.
- Herrera-Flores, R. N., Martínez-Vázquez, J., González-Monroy, R. M., Marínez-Moreno, D., & Aragón García, A. (2018). Dieta del cacomixtle (*Bassariscus astutus*) en Zapotitlán Salinas, Puebla. *Memorias del decimocuarto Congreso Nacional de Mastozoología*, (pág. 238). Merida, Yucatán, México.
- Holinda, D., Burgar, J. M., & Burton, C. A. (2020). Effects of scent lure on camera trap detections vary across mammalian predator and prey species. *PLoS ONE*, 15(5), 12.
- INAFED. (2010). *Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, Estado de Puebla*. Recuperado el 10 de abril de 2022, de Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Disponible en: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM21puebla/municipios/21209a.html>
- Islas Flores, L. (2017). El fototrampeo y la conservación de especies. *UNIVERSITARIA*, 1(1), 20-21.
- Jiménez, C. F., Quintana, H., Pacheco, V., Melton, D., Torrealva, J., & Tello, G. (2010). Prospección con cámaras trampa de mamíferos medianos y grandes en un bosque lluvioso montano del norte del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 17(2), 191-196.
- Kays, R., Kranstauber, B., Jansen, P., Carbone, C., Rowcliffe, M., Fountain, T., & Tilak, S. (2009). Camera traps as sensor networks for monitoring animal communities.

- The 4th IEEE International Workshop on Practical Issues In Building Sensor Network Applications* (págs. 20-23). Zürich, Switzerland: New York State Museum and the Smithsonian Tropical Research Institute.
- Kindt, R., & Coe, R. (2005). Tree diversity analysis. A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies. World Agroforestry Centre (ICRAF), Nairobi, Kenya.
- Lara-Díaz, N. E., Coronel-Arellano, H., González-Bernal, A., Guitiérrez-González, C., & López-González, C. A. (2011). Abundancia y densidad de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus couesi*) en Sierra de San Luis, Sonora, México. *Therya*, 2(2), 125-137.
- Lavariega, M. C., Mases-García, C. A., López, A., Santiago, R., Morales, E., Martínez-Ramírez, E., & Cruz-Arenas, E. (2017). Registros notables de *Panthera onca* y *Taxidea taxus* (Carnivora: Mammalia) en Oaxaca, México. *Mammalogy Notes, Notas Mastozoológicas Sociedad Colombiana de Mastozoología*, 4(1), 18-21.
- Lyons, M. B., Brandis, K. J., Murray, N. J., Wilshire, J. H., McCann, J. A., Kingsford, R. T., & Callaghan, C. T. (2019). Monitoring large and complex wildlife aggregations with drones. *Methods in Ecology and Evolution*, 10, 1024-1035.
- Mandujano-Rodríguez, S., & Hernández, C. (2019). Uso de bebederos artificiales por venado cola blanca en una UMA extensiva en la reserva de biosfera Tehuacán-Cuicatlán, México. *Agro productividad*, 12(6), 37-42.
- Mata-Silva, V. (2003). Estudio comparativo del ensamble de anfibios y reptiles de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana*, 11(1), 9-20.
- Montes-Leyva, L., Téllez-Valdés, O., Bojórquez, L., Dávila, P., & Lira, R. (2018). Potential areas for conservation of useful flora of the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution*(65), 343-354.
- Morán, L., García, L., Ferrebuz, J. D., Sánchez, R., Sánchez-Mercado, A., Porta, A., & Ferrer-Paris, J. (2018). Interannual and daily activity patterns of mid-sized mammals in Maracaibo Lake Basin, Venezuela. *Therya*, 9(3), 227-236.
- Morrison, J. C., Sechrets, W., Dinerstein, E., Wilcove, D. S., & Lamoreux, J. F. (2007). Persistence of Large Mammal Faunas as Indicators of Global Human Impacts. *Journal of Mammalogy*, 88(06), 1363-1380.

- Munguia-Carrara, M., Equihua Benítez, J., Schmidt, M., & Equihua-Zamora, M. (2019). Diversidad funcional en los mamíferos de México e Integridad Ecosistémica. En C. P. Ornelas García, F. Álvarez, & A. Wegier, *Antropización: primer análisis integral* (págs. 387-402). IBUNAM, CONCACYT; Red Temática de Fauna Nativa en Ambientes Antropizados; Universidad Nacional Autónoma de México.
- Muñoz, I. J., Horta, P. G., López, P. F., Hernández, M. M., & Soler, A. A. (2007). El valle de Zapotitlán Salinas, Puebla: marco geográfico regional. En M. C. Arizmendi, G. Ávila, F. López, M. Murguía, S. Rodríguez, & S. Solorzano, *Deterioro ambiental en zonas áridas. Diez años de experiencia multidisciplinaria* (págs. 21-35). México: Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Olivo Escudero, J. C. (2016). La protección de la biodiversidad en el derecho ambiental Mexicano: un análisis de la legislación desde el enfoque de especies amenazadas y su hábitat crítico. *Boletín Mexicano de Derecho Compartido*, 49(147), 347-371.
- Ortega-Álvarez, R., & Calderón-Parra, R. (2021). Linking biological monitoring and wildlife ecotourism: a call for development of comprehensive community-based projects in search of sustainability. *Environment, Development and Sustainability*, 23, 4149–4161.
- Palencia, P., Vicente, J., Soriguer, R. C., & Acevedo, P. (2021). Towards a best-practices guide for camera trapping: assessing differences among camera trap models and settings under field conditions. *Journal of Zoology*, 316, 197-208.
- Pérez-Irineo, G., & Mandujano, S. (2020). Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán: un lugar increíble para la conservación de mamíferos. *Ciencia y Mar*, 24, 85-90.
- Pérez-Irineo, G., Mandujano, S., & López-Tello, E. (2020). Skunks and gray foxes in a tropical dry region: casual or positive interactions? *Mammalia*, 84(5), 469-474.
- 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(3), 1232-1243.
- Pérez-Solano, L. A., Mandujano, S., Contreras-Moreno, F., & Salazar, J. M. (2012). Primeros registros del temazate rojo Mazama temama en áreas aledañas a la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83, 875-878.

- Pratas-Santiago, L. P., Gonçalves, A. L., Nogueira, A. J., & Spironello, W. R. (2017). Dodging the moon: The moon effect on activity allocation of prey in the presence of predators. *Ethology*, *123*, 467-474.
- Prieto-Torres, D., Belandria-Abad, A., Gomez, U., & Calchi, R. (2011). Lista preliminar de mamíferos no voladores en tres localidades de la vertiente suroriental de la Sierra de Perija, Estado Zulia-Venezuela. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, *45*(1), 21-34.
- R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical, R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. Obtenido de <https://www.R-project.org/>
- Ramírez-Cruz, G. A. (2020). Analysis of the effect of recreational dog walking on the occupancy probability of the ringtail *Bassariscus astutus* (Carnivora: Procyonidae) within an urban ecosystem. *Urban Ecosystems*, *23*, 107-115.
- Ramírez-Pulido, J., González-Ruiz, N., Gardner, A. L., & Arroyo-Cabrales, J. (2014). *List of recent land mammals of Mexico*. Special Publications, Museum of Texas Tech University.
- Rangel-Rojas, M. J., Charre-Medellín, J. F., Monterrubio-Rico, T. C., & Magaña-Cota, G. (2019). Primer registro del Tlalcoyote (*Taxidea taxus*) en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda, Guanajuato. *Revista Meicana de Mastozoología, nueva época*, *9*(1), 44-50.
- Rivas, B. A., Ferrer, A., Herrera-Trujillo, O. L., & Prieto-Torres, D. A. (2018). Rapid ecological assessment of mammals from a locality of middle basin at Palmar River, Zulia state, Venezuela. *Mammalogy Notes, Sociedad Colombiana de Mastozoología*, *4*(2), 22-33.
- Rojas-Martínez, A. E., & Moreno, C. E. (2014). Los servicios ambientales que generan los mamíferos silvestres. *Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, *2*(3).
- Rovero, F., Martin, E., Rosa, M., Ahumada, J. A., & Spitale, D. (2014). Estimating Species Richness and Modelling Habitat Preferences of Tropical Forest Mammals from CameraTrap Data. *PLoS ONE*, *9*(7), 10-22.
- Ruiz-Gutiérrez, F., Chávez, C., Sánchez-Rojas, G., Moreno, E. C., Ruiz-Gutiérrez, B. O., & Torres-Bernal, R. (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.
- Rumiz, D. I. (2010). Roles ecológicos de los mamíferos medianos y grandes. En R. B. Wallace, H. Gómez, P. R. Zulia, & D. I. Rumiz, *Distribución, ecología y conservación de los mamíferos medianos y grandes de Bolivia* (Primera edición ed., págs. 53-73). Centro de Ecología Difusión, Fundación Simón I. Patiño.
- Santos-Moreno, A., & Kraker-Castañeda, C. (2013). Comparación de sistemas de detección ultrasónica para actividad relativa de murciélagos insectívoros. *Therya*, 4(1), 61-68.
- SEMARNAT. (2013). Programa de Manejo Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán. *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas*. Ciudad de México, México.
- SEMARNAT. (2019). Patrimonio de la humanidad cultural y natural, Tehuacán Cuicatlán. *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas*. Ciudad de México, México.
- Silveira, L., Jácomo, A. T., & Diniz-Filho, J. A. (2003). Camera trap, line transect census and track surveys: a comparative evaluation. *Biological Conservation*, 114, 351–355.
- Sosa-Escalante, J. E. (2016). Ecological restoration and protection of mammals in Mexico. *Therya*, 7(2), 213-214.
- Sosa-Escalante, J. E., Sánchez-Rojas, G., Briones-Salas, M., Hortelano-Moncada, Y., & Magaña-Cota, G. (2016). Riqueza y conservación de los mamíferos mexicanos con una visión estatal. En M. Briones-Salas, Y. Hortelano-Moncada, G. Magaña-Cota, G. Sánchez-Rojas, & J. E. Sosa-Escalante, *Riqueza y Conservación de los Mamíferos en México a Nivel Estatal* (Primera edición ed., págs. 23-38). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México; Asociación Mexicana de Mastozoología; Universidad de Guanajuato.
- Sullivan, J. D., Ditchkoff, S. S., Collier, B. A., Ruth, C. R., & Raglin, J. B. (2016). Movement with the Moon: White-tailed Deer Activity and Solunar Events. *Journal of the Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies*, 3, 225-232.
- Sun, C., Beirne, C., Burgar, J. M., Howey, T., Fisher, J. T., & Burton, C. A. (2021). Simultaneous monitoring of vegetation dynamics and wildlife activity with camera

- traps to assess habitat change. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 7(4), 666-684.
- Téllez Valdés, O., Farías, V., Dávila Aranda, P., Louis Stein, J., Lira Saade, R., & Botello, F. J. (2010). Mammalian diversity in climatic domains for Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 31, 863-874.
- Thornton, D., Scully, A., King, T., Fisher, S., Fitkin, S., & Rohrer, J. (2018). Hunting associations of American badgers (*Taxidea taxus*) and coyotes (*Canis latrans*) revealed by camera trapping. *Canadian Journal of Zoology*, 96(7), 769-773.
- Tirira, D. S. (1998). Técnicas de campo para el estudio de mamíferos silvestres. *Biología, sistemática y conservación de los Mamíferos del Ecuador. Museo de Zoología, Centro de Biodiversidad y Ambiente. Pontificia Universidad Católica del Ecuador*(1), 93-125.
- Tourani, M. (2022). A review of spatial capture–recapture: Ecological insights, limitations, and prospects. *Ecology and Evolution*, 12, 13.
- Valiente-Banuet, A., Casas, A., Alcántara, A., Dávila, P., Flores-Hernández, N., Coro Arizmendi, M., *et al.* (2000). La vegetación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 67, 24-74.
- Vega-Flores, C. N., & Farías-González, V. (2021). Densidad de puma (*Puma concolor*) y gato montés (*Lynx rufus*) en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 92.
- Zamorano de Haro, P. (2009). La flora y fauna silvestres en México y su regulación. *Estudios Agrarios*, 15(40), 159-167.
- Zárate Hernández, E., & Cortés Márquez, N. (2014). El turismo entre disputas por el territorio, Zapotitlán Salinas, Puebla. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(Especial 9), 1755-1769.
- Zarazúa-Carbajal, M., Chávez-Gutiérrez, M., Romero-Bautista, Y., Rangel-Landa, S., Moreno-Calles, A. I., Alvarado Ramos, L. F., *et al.* (2020). Use and management of wild fauna by people of the Tehuacán-Cuicatlán Valley and surrounding areas, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 16(4).
- Zarco-Mendoza, P., Ríos-Casanova, L., & Godinez-Álvarez, H. (2018). Dispersal and germination of seeds ingested by carnivores in the Zapotitlan de las Salinas Valley, Mexico. *Polibotánica*(46), 139-147.

