

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**Diversidad de mamíferos terrestres en la Reserva Natural Estatal
Sierra de Zapalinamé, en el sureste de Coahuila, México**

POR

OZIEL HERNÁNDEZ MORENO

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el título profesional de

INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Noviembre de 2022

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Diversidad de mamíferos terrestres en la Reserva Natural Estatal Sierra de Zapalinamé

T E S I S

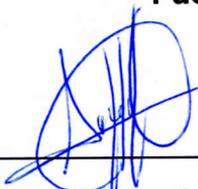
Presentada por

OZIEL HERNÁNDEZ MORENO

Como requisito parcial para obtener el título profesional de

INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

Fue dirigida por el siguiente comité:



Dr. José Antonio Hernández Herrera
Asesor Principal



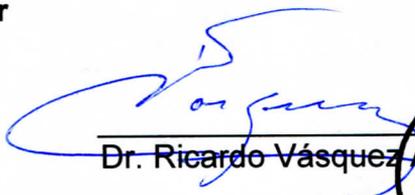
Dr. Juan Antonio Encina Domínguez
Coasesor



M.C. Eber Gabriel Chávez Lugo
Coasesor



M.C. Erika Jasmin Cruz Bazán
Coasesor



Dr. Ricardo Vásquez Aldape

Coordinador de la División de Ciencia Animal

COORDINACIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Noviembre de 2022



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Diversidad de mamíferos terrestres en la Reserva Natural Estatal Sierra de Zapalinamé, en el sureste de Coahuila, México

T E S I S

Presentada por

Oziel Hernández Moreno

que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título profesional de:

INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

APROBADA POR:

Dr. José Antonio Hernández Herrera
Presidente

Dr. Juan Antonio Encina Domínguez
Vocal

M.C. Eber Gabriel Chávez Lugo
Vocal

M.C. Erika Jasmin Cruz Bazán
Vocal suplente

Dr. Ricardo Vásquez Aldape
Coordinador de la División de Ciencia Animal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México



Noviembre de 2022

DEDICATORIA

A mi madre

*Por su apoyo incondicional a lo largo de este camino,
por todo su cariño y confianza en mí.*

A mi familia.

Por su valioso apoyo y motivación para concluir mis estudios.

A Nahum

Por todo sus consejos y por ser mi ejemplo a seguir.

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por darme la oportunidad de realizar mis estudios de licenciatura, formarme como ingeniero agrónomo y permitirme conocer personas extraordinarias, maestros cuyas enseñanzas me han sido de mucha ayuda y amistades que llevaré muy presentes.

Al personal de Protección de la Fauna Mexicana (**PROFAUNA A.C.**) por brindarme las facilidades para la realización del presente trabajo.

A mi asesor, el **Dr. José Antonio Hernández Herrera** por todo el apoyo para la realización de la tesis, por mostrar siempre la mejor disposición para el desarrollo del trabajo, por sus enseñanzas dentro y fuera del aula, en especial gracias por su amistad y confianza.

Al **Dr. Juan Antonio Encina Domínguez** por el tiempo dedicado a la revisión de tesis, sus valiosas opiniones y correcciones.

A los biólogos **M.C. Erika Jasmín Cruz Bazán** y **M.C. Eber Gabriel Chávez Lugo** por el tiempo dedicado a la revisión de tesis, sus acertadas sugerencias y correcciones.

A mis profesores, por compartirme sus conocimientos durante mi estancia en la gloriosa universidad, y ayudarme a alcanzar esta meta, especialmente quiero agradecer a la **M.C. Myrna Julieta Ayala Ortega**, por todos sus consejos y el apoyo otorgado en diferentes actividades en mi etapa estudiantil.

A mi familia, mis padres por darme la vida, inculcarme el amor al campo y hacer el esfuerzo por darme una educación. Agradezco infinitamente todo su apoyo y los sacrificios que han hecho, gracias por tener confianza y creer en mí, aunque el camino no ha sido fácil, hoy se cumple una meta más.

Al **M.V.Z Nahum Hernández**, quien me ha compartido una infinidad de conocimientos, y que a pesar de todas las circunstancias no ha dejado de apoyarme, es invaluable todo lo que ha hecho por mí y estaré eternamente agradecido.

A mi amigo **Jorge Jadiel Aguilar**, a quien más que un amigo considero un hermano, gracias por tu amistad, por estar en los buenos y malos momentos, por tus consejos y tu apoyo aún en la distancia.

A **Analuz Navarrete**, quien ha estado conmigo en todo este recorrido y me ha demostrado su apoyo, por ser esa persona con la que siempre puedo contar, pero sobre todo por ayudarme a mejorar cada día.

A todos quienes de una u otra manera han colaborado para la culminación de este trabajo, y a las personas que conocí en este camino, gracias infinitas.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	OBJETIVOS	3
	2.1 General	3
	2.1.1 Específicos	3
III.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
	3.1 Biodiversidad de México	4
	3.1.1 Mamíferos de Coahuila.....	4
	3.2.1 Valor de la Fauna	7
	3.2.2 Importancia económica y comercial	8
	3.3 Pérdida de biodiversidad	9
	3.3.1 Situación actual de los mamíferos	10
	3.4 Áreas Naturales Protegidas	11
	3.5 Reserva Natural Estatal Sierra de Zapalinamé	12
	3.5.1 Historia	12
	3.5.2 Caracterización	13
	3.5.3 Importancia	14
	3.6 Técnicas de estudio de mamíferos.....	15
	3.6.1 Transectos lineales.....	15
	3.6.2 Estaciones olfativas	16
	3.6.3 Fototrampeo	17
	3.7 Aplicaciones del fototrampeo	19
	3.7.1 Presencia de especies.....	19
	3.7.2 Patrones de actividad.....	20
	3.7.3 Riqueza	21
	3.7.4 Abundancia relativa.....	21
	3.7.5 Densidad.....	22

3.8 Índices de diversidad.....	23
3.8.1 Diversidad alfa	23
3.8.1.1 Métodos para medir la diversidad alfa.....	23
3.8.2 Diversidad beta	26
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
4.1 Descripción del área de estudio	30
4.1.1 Ubicación.....	30
4.1.2 Clima	31
4.1.3 Suelo	31
4.1.4 Vegetación.....	32
4.1.5 Fauna	32
4.2 Trabajo de campo	32
4.3 Análisis estadísticos.....	35
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
VI. CONCLUSIONES.....	46
VII. RECOMENDACIONES	47
VIII. LITERATURA CITADA	48
IX. ANEXOS	62
Anexo 1. Fauna silvestre de la Clase Mammalia observados en las cámaras de captura.....	62
Anexo 2. Memoria fotográfica.....	63

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Riqueza de especies por orden de mamíferos en Coahuila (CONABIO, 2018)	5
Figura 2. Localización del Reserva Natural Estatal Sierra de Zapalinamé.	30
Figura 3. Ubicación de las cámaras en la Reserva Natural Estatal Sierra de Zapalinamé.....	33
Figura 4. Colocación de las cámaras trampa en las áreas seleccionadas	34
Figura 5. Curva de acumulación de especies con intervalos de confianza	42
Figura 6. Comparativo de registros y especies en los diferentes parajes.....	43
Figura 7. Fotografía de oso negro (<i>Ursus americanus</i>) en el Manto de la virgen	63
Figura 8. Venado cola blanca (<i>Odocoileus virginianus</i>) en el bosque de pino	63
Figura 9. Captura en el atardecer de un ejemplar de zorra (<i>Urocyon cinereoargenteus</i>) en Manto de la Virgen	64
Figura 10. Ejemplar de venado cola blanca en las áreas de pastizal cerca del ejido Cuauhtémoc.....	64
Figura 11. Captura de venado cola blanca en el bosque de pino piñonero.....	65
Figura 12. Captura de un ejemplar de un gato montés (<i>Lynx rufus</i>) en el Cañon de Cuauhtémoc.....	65
Figura 13. Coyote (<i>Canis latrans</i>) en el paraje La Sabanilla, con vegetación de bosque de pino	66
Figura 14. Oso negro (<i>Ursus americanus</i>) en el Penitente a 3100 msnm	66

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Ejemplo de formato de la base de datos utilizada para los registros de las cámaras.....	36
Cuadro 2. Registro de especies de la Clase Mammalia observados en las cámaras trampa.	37
Cuadro 3. Órdenes y familias de las especies observadas de la Clase Mammalia.....	38
Cuadro 4. Numero de observaciones por familia de la Clase Mammalia	39
Cuadro 5. Índices de diversidad biológica	40
Cuadro 6. Índice de Whittaker para recambio de especies	44

DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

El autor, quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante

Oziel Hernández Moreno

RESUMEN

La diversidad biológica de México es ampliamente reconocida, ocupa el tercer lugar a nivel mundial en riqueza de mamíferos, sin embargo, para el estado de Coahuila los estudios de mastofauna son limitados. El estudio se realizó en la reserva natural estatal Sierra de Zapalinamé, en el sureste del estado de Coahuila. A través de cámaras trampa se estimó la diversidad de mamíferos terrestres presentes y las áreas con mayor presencia de especies dentro de la reserva. Las estaciones de foto-trampeo se establecieron de manera no sistemática a lo largo del gradiente altitudinal de 2,000 a 3,140 m. Para el cálculo de diversidad se empleó el índice de riqueza de Margalef y dominancia de Simpson, para medir el recambio de especies se utilizó el índice de Whittaker. Se registraron 21 especies de mamíferos silvestres, 12 familias y cinco órdenes. El orden Carnívora es el mejor representado y las familias Canidae, Procyonidae y Leporidae presentaron la mayor cantidad de especies. El venado cola blanca *Odocoileus virginianus* es la especie con mayor número de registros, seguido de la zorra gris *Urocyon cinereoargenteus*, también resalta el oso negro *Ursus americanus*, especie que se encuentra amenazada de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. El paraje el Manzanillal representa mayor equitatividad (2.101), en cuanto a dominancia, el índice es mayor en San Javier (0.8272). El índice de Whittaker es de 2.77, valor cercano a cero, lo que indica que a nivel de paisaje hay anidamiento de especies y se determinó que no existe especificidad de hábitat por parte de las especies de mamíferos silvestres. Se concluye que la sierra de Zapalinamé, presenta diversidad alta de mamíferos, y brinda las condiciones de hábitat necesario para estas especies. Existen amenazas para los mamíferos silvestres, tales como la presencia de jaurías de perros ferales, por lo cual es necesario seguir con las labores de estudio y conservación de la biodiversidad presente en la reserva natural.

Palabras clave: Foto-trampeo, mamíferos terrestres, diversidad de especies.

I. INTRODUCCIÓN

México ocupa el quinto lugar entre los países más diversos del planeta desde el punto de vista biológico, esto por su posición geográfica, y además que en el territorio convergen las regiones biogeográficas Neártica y Neotropical (Sarukhán *et al.*, 2009). Entre los factores que incrementan su biodiversidad sobresalen: su compleja fisiografía, su estructura geológica y climática, que han formado distintas condiciones que hacen posible la coexistencia de especies de origen tropical y boreal, que permite la diversificación de especies animales y vegetales (Espinosa *et al.*, 2008).

La mastofauna en México tiene alta riqueza de especies y endemismos, con un inventario de 564 especies, de las cuales el 30% son endémicas. Más del 70% son especies menores a cinco kg y pertenecen, en su mayoría, a los órdenes Rodentia y Chiroptera (Sánchez-Cordero *et al.*, 2014), le siguen Carnivora, y Lagomorpha (González y Arroyo, 2012).

Coahuila tiene una composición mastofaunística de origen Neártico, por lo cual comparte especies con diversas zonas del norte de México y sur de Estados Unidos (Espinosa-Martínez *et al.*, 2016), sin embargo, es necesario realizar más estudios sobre mamíferos en el estado (Espinosa *et al.*, 2016).

Los mamíferos son de importancia para el mantenimiento de las condiciones del hábitat, debido a que conservan la dinámica y flujo de energía de los ecosistemas, proporcionando servicios ecosistémicos como el control de poblaciones de pequeños vertebrados, polinización, dispersión de semillas (Rumiz, 2010), especialmente los mamíferos frugívoros que diseminan las semillas, que mantienen la estructura y complejidad de la vegetación (Escribano *et al.*, 2015).

Las actividades humanas, el cambio de uso del suelo, la producción de gases de efecto invernadero y la sobreexplotación de los recursos naturales (Badii *et al.*, 2015), han causado una crisis ambiental a nivel mundial que afecta negativamente a la biodiversidad (Ceballos y Ortega, 2011).

En México, los primeros esfuerzos referentes a la conservación de la biodiversidad, iniciaron en 1917 con el establecimiento de las Áreas Naturales Protegidas (ANP). Actualmente el Sistema Federal de Áreas Naturales protegidas está conformada por 182 ANP´s y cubren el 11% del territorio nacional (CONANP, 2018).

Como una estrategia de conservación, La Reserva Natural Estatal Sierra de Zapalinamé, es creada en 1996 con el objetivo de conservar las comunidades vegetales y las funciones del ecosistema, restaurar zonas degradadas y brindar servicios ecosistémicos al municipio de Saltillo, Coahuila.

Los estudios de diversidad biológica son indispensables para plantear estrategias de conservación de fauna silvestre (O´Brien, 2011; Sosa-Escalante *et al.*, 2016). Una de las herramientas efectivas para el estudio de la fauna, y ha sido utilizado con éxito en mamíferos en diferentes partes del mundo, son las cámaras trampa (Monroy-Vilchis *et al.*, 2011, Cortés-Marcial y Briones, 2014, Mosquera-Guerra *et al.*, 2018).

El estudio se realizó a través del foto-trampeo, con lo cual se identificaron las especies de mamíferos terrestres que permite estimar los índices de diversidad. La información generada ayudará a mejorar las estrategias de conservación de los mamíferos y enriquecerá la información que se tiene sobre este grupo biológico en la Sierra de Zapalinamé y de la región sureste del estado de Coahuila.

II. OBJETIVOS

2.1 General

Calcular y analizar la diversidad de mamíferos terrestres en la Reserva Natural Estatal Sierra de Zapalinamé, en el sureste de Coahuila, México.

2.1.1 Específicos

Calcular la diversidad alfa y beta de mamíferos terrestres de la reserva natural estatal sierra de Zapalinamé.

Determinar áreas de mayor presencia de mamíferos de la reserva natural estatal sierra de Zapalinamé

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Biodiversidad de México

México alberga flora y fauna tanto de la región neártica como la neotropical. La biodiversidad mexicana está en función de diferentes factores, entre los que destacan, la posición geográfica del territorio, la heterogeneidad de la topografía, con amplias serranías, cadenas volcánicas y mesetas, como la Sierra Madre Occidental, que se extiende paralela a la costa del Pacífico, la Sierra Madre Oriental, que corre hacia el sur paralela al Golfo de México hasta el Escudo Mixteco y el Eje Neovolcánico Transversal; éstas particularidades hacen del territorio nacional un entorno variado, con mosaicos de diversos climas y suelos (Luna-Plascencia *et al.*, 2011).

De acuerdo a SEMARNAT (2015), se tiene un registro de 5,714 especies de vertebrados, equivalente a cerca del 9% de las especies conocidas a nivel mundial. En el caso de las aves, en el país se registran poco más del 10% de las especies conocidas globalmente, aproximadamente 1,100 especies. Los mamíferos mexicanos suman alrededor del 10% de las especies conocidas en el mundo, con mayor número al sur del país en los estados de Chiapas, Oaxaca y Veracruz.

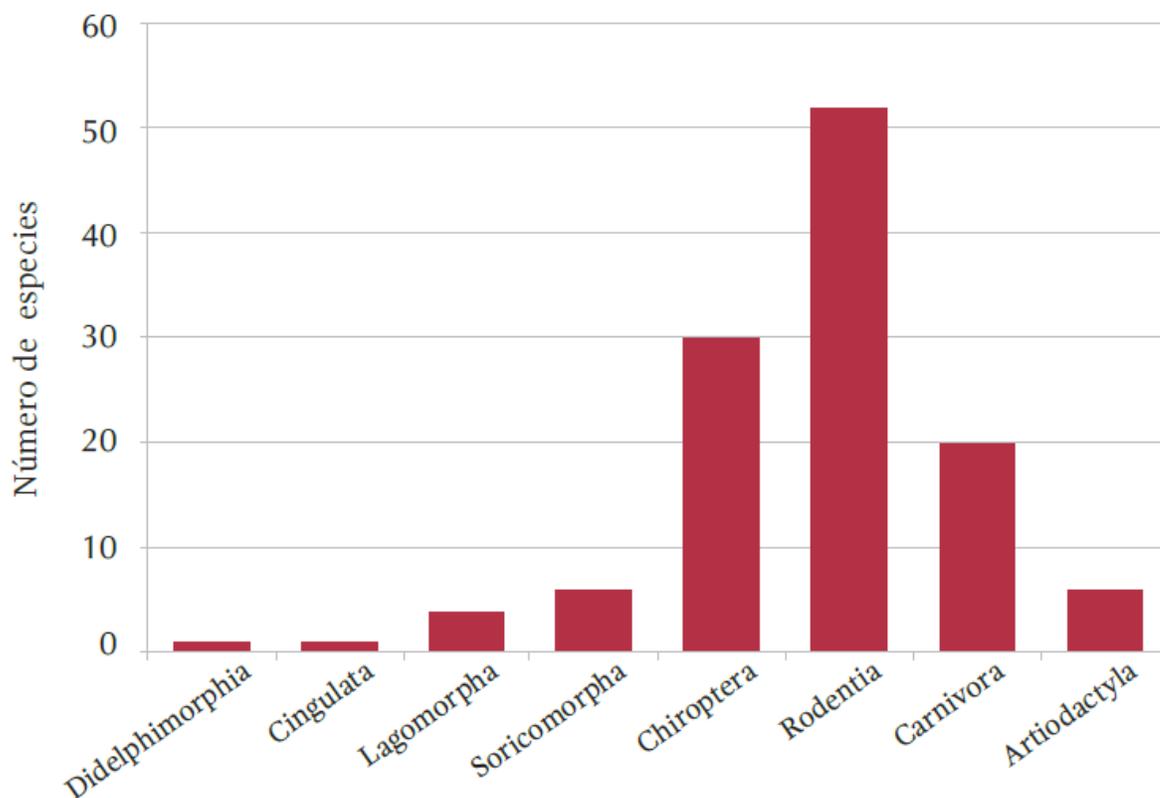
3.1.1 Mamíferos de Coahuila

La mastofauna de México es una de las más diversas a nivel mundial, con 544 especies nativas, representadas por 202 géneros, 46 familias y 13 órdenes, de los cuales el más representativo es Rodentia con 243 especies (Ceballos, 2014). En el estado de Coahuila los mamíferos han sido poco estudiados, no obstante, de acuerdo con Ramírez y colaboradores (2018), la mastofauna coahuilense está constituida por 126 especies, agrupadas en 69 géneros, 25 familias y ocho órdenes, de los cuales Rodentia, Chiroptera y Carnivora son los más diversos. Cuenta con 19 especies endémicas de México y 20 se encuentran en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

En Coahuila se han registrado 83 especies polítípicas, 15 registros con más de una subespecie presente en el estado como: *Canis latrans*, *Lynx rufus*, *Odocoileus virginianus*, *Cratogeomys castanops*, *Thomomys bottae*, *Dipodomys merriami*, *D. ordii*, *Chaetodipus hispidus*, *C. nelsoni*, *Peromyscus eremicus*, *P. pectoralis*, *Reithrodontomys fulvescens*, *R. megalotis*, *Lepus californicus* y *Sylvilagus floridanus* (Ramírez-Pulido et al., 2014).

Para la distribución de las especies de mamíferos, más del 80% tiene afinidad neártica; *Canis latrans*, *Puma concolor*, *Odocoileus virginianus*, *O. hemionus*, *Ursus americanus*, *Antilocarpa americana*, *Cynomys mexicanus*, *Lepus californicus*, por mencionar algunos, mientras que en menor proporción están las de afinidad mesoamericana y neotropical (SEMADU, 2018).

Figura 1. Riqueza de especies por orden de mamíferos en Coahuila (CONABIO, 2018)



3.2 Fauna Silvestre

La fauna silvestre representa un elemento clave en la biodiversidad y constituye gran parte del patrimonio natural de los países, su importancia reside en que es componente esencial en la estructura y dinámica de los ecosistemas, que cumplen múltiples funciones en su flujo de energía y reciclaje de nutrientes (Ojasti, 2010). Como parte de su importancia ecológica, los mamíferos tienen un papel sobresaliente en el desarrollo de los ecosistemas, como consumidores primarios, como depredadores, polinizadores o dispersores de semillas, entre otras funciones (Rumiz, 2010).

Es importante mencionar a los mamíferos como ingenieros del ecosistema, especies como el perrito de la pradera *Cynomys mexicanus* son clave para el paisaje, ya que modifica y mantiene la dinámica del ecosistema donde vive, al remover grandes cantidades de suelo y cambiar la composición y estructura de la flora, además de representar una presa para otras especies (Ceballos, 1999).

La fauna silvestre tiene muchas funciones, como la polinización que es un proceso indispensable para la preservación de la biodiversidad, el 80% de las plantas están especializadas que la fertilización es por medio de diferentes especies animales (Amaya-Márquez, 2016). Generalmente se asocia a los insectos y las aves, pero también existen mamíferos que contribuyen con este proceso, como murciélagos, roedores, prociénidos como los mapaches y monos (Cárdenas, 2015; Meléndez *et al.*, 2020).

En la mayoría de los bosques tropicales, más de tres cuartas partes de las especies leñosas dependen de los animales para la dispersión de semillas, y presentan adaptaciones que facilitan su disociación (Muñoz, 2017), de igual manera las semillas ingeridas por diseminadores al ser defecadas lejos de la planta madre por lo tanto tienen mayores posibilidades de germinar y establecerse en un nuevo hábitat (Stoner y Henry, 2009).

Los mamíferos terrestres tienen mayor relevancia en la dispersión de las semillas que las aves o los mamíferos voladores, Medrano-Nájera *et al.* (2014) menciona que la movilidad de los mamíferos terrestres contribuye a la regeneración de sitios perturbados, debido a que frecuentan sitios desprovistos de vegetación y ahí depositan las excretas y se establecen nuevos ejemplares de vegetales.

En cuanto a la descomposición de materia muerta y reciclaje de nutrientes, Rumiz (2010) menciona que los mamíferos carroñeros se alimentan de animales muertos o moribundos, reduciendo la acumulación de materia animal en descomposición, además de prevenir la difusión de enfermedades y también interrumpir el ciclo de los patógenos y parásitos intra específicos.

En México además de su importancia ecológica, la fauna silvestre se aprovecha como alimento, trofeo en las actividades cinegéticas, uso medicinal, alimento, venta como ejemplares o mascotas, con fines ceremoniales o de belleza escénica (Estrada-Portillo *et al.*, 2018).

3.2.1 Valor de la Fauna

Históricamente la fauna silvestre ha constituido un elemento muy importante en la evolución humana y la cultura en el mundo (Pérez-Gil *et al.*, 1996). Las especies de fauna silvestre cubren algunas necesidades materiales y espirituales del hombre, de modo que, favorecen su desarrollo (Retana, 2006).

La fauna silvestre se ha usado como alimento por los cazadores de México primitivo del periodo lítico (10,000 a 7,000 años), como en el venado cola blanca cazado para consumo y actualmente permite ingresos por actividades cinegéticas (Guiascón y Lorenzo, 2016). En Baja California, es de gran importancia económica el

aprovechamiento cinegético de venado bura *Odocoileus hemionus* y borrego cimarrón *Ovis canadensis* (Escobar-Flores y Sandoval, 2017).

3.2.2 Importancia económica y comercial

La expansión de las actividades humanas fragmenta el hábitat y provoca la reducción de las áreas de distribución de especies de fauna, además generan atractivos, que aumentan las probabilidades de la traslocación de las actividades humanas y de la fauna silvestre (Márquez y Goldstein, 2014). En este sentido las especies animales que ejercen un efecto directo en los bosques, la agricultura y la ganadería, tienen importancia económica por los daños o beneficios que generan (Salazar, 2019; Mora y Solano, 2022).

Algunos roedores son considerados un problema en la agricultura, al ser vectores de enfermedades infecciosas y provocan graves daños a los cultivos y en los almacenes de alimentos donde generan pérdidas económicas considerables (De la Cruz y Sánchez, 2016). De igual manera, constituyen una amenaza potencial a la producción pecuaria, a las actividades porcícolas, al considerarse transmisores de enfermedades zoonóticas como la Leptospirosis, entre otras más (Backhans y Fellström, 2012; Ospinta-Pinto *et al.*, 2017).

En cuanto a mamíferos mayores, los carnívoros conforman el grupo de mayor relevancia económica para el sector ganadero. Aunque el ganado no sea la presa natural, los casos de depredación de ganado por carnívoros silvestres son el reflejo de algún tipo de desequilibrio en el ecosistema (Hoogesteijn, 2003). En México hay algunos registros de las pérdidas económicas en la ganadería a causa de la fauna silvestre, de acuerdo con el estudio de Peña-Mondragón y Castillo (2013), en el sur de Nuevo León, mencionan que el oso negro (*Ursus americanus*) es la especie con mayor impacto, seguido del jaguar (*Panthera onca*) y el coyote (*Canis latrans*), también se menciona el puma (*Puma concolor*), el gato montés (*Lynx rufus*) y la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), con pérdidas de 134,253 USD.

El aprovechamiento de la fauna silvestre y sus productos derivados como fuente de alimento, aunado con fines medicinales, ornamentales, rituales y artesanales, es fundamental para el desarrollo de la población rural. En México, el aprovechamiento o extracción de la fauna tiene uso en la alimentación y autoconsumo, donde los mamíferos son predilectos de los cazadores. Además de aprovechar la carne, los derivados como astas, pieles, colmillos y garras son usados como objetos ornamentales, tal es el caso del jaguar y el puma (Gil y Guiascón, 2012). Por otro lado, la fauna silvestre tiene un valor cultural significativo, forma parte de las creencias y tradiciones, especialmente de comunidades rurales y pueblos originarios (Espadas y Guiascón, 2017).

Los humanos hemos generado esquemas de comercio sistemático de fauna silvestre, la mayoría de tipo ilegal. El tráfico de vida salvaje se encuentra entre las cinco primeras actividades lucrativas de tipo ilegal, con 10 billones de dólares de ganancias anuales y constituye una de las principales causas de pérdida de fauna a nivel mundial (González, 2018).

3.3 Pérdida de biodiversidad

La persistencia de las especies y sus poblaciones depende de la capacidad de los ecosistemas para proporcionarles un hábitat adecuado para su desarrollo (Gómez y Cochero, 2013).

Una considerable proporción de los ecosistemas del planeta ha sido modificada o bien muestra señales de deterioro evidentes debido a las actividades humanas. Esta transformación ha repercutido inevitablemente en el estado de su biodiversidad, particularmente en los últimos 50 años, donde la intensidad de estas actividades se ha incrementado y en consecuencia puesto a diversos grupos y especies en condiciones críticas (PNUMA, 2011).

El Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) (2020), describe a la pérdida, degradación y fragmentación de los hábitats como principal amenaza para la supervivencia de especies de fauna, este fenómeno ha sido estimulado por la apertura de las áreas agrícolas, las actividades extractivas como la minería a cielo abierto, la acuicultura industrial, además del desarrollo urbano, la construcción de infraestructura industrial, la erosión y los incendios provocados.

3.3.1 Situación actual de los mamíferos

Los mamíferos responden a las transformaciones del paisaje presentando cambios en la composición de su dieta, especialización hacia un recurso en particular, cambios en la estructura social, comportamiento, distribución y abundancia de poblaciones (Cruz, 2002; Godínez *et al.*, 2011).

Para los pequeños mamíferos como roedores, quirópteros, pequeños carnívoros la destrucción progresiva del hábitat es la principal causa de extinción (Hernández-Huerta, 1992). Además, la cacería ilegal es un grave problema y una de las principales causas de la pérdida de las poblaciones (Rumiz, 2010).

La falta de regulaciones efectivas, propicia la cacería sin restricciones de temporada, época reproductiva y se justifican como caza de subsistencia sin presentar un control, tampoco aportar beneficio para las poblaciones. Por otra parte, aún persisten algunas cacerías con fines religiosos (Armella y Yáñez, 2011).

En México, se ha implementado un instrumento de la normatividad para la protección de las especies de flora y fauna, la NOM-059-SEMARNAT-2010, es una herramienta de la política ambiental, que incluye un listado de especies en diferentes categorías: (E) probablemente extinta en el medio silvestre, en peligro de extinción (P), amenazada (A) y sujeta a protección especial (Pr) (García-Aguilar *et al.*, 2017).

Desafortunadamente cerca del 40% de los mamíferos nativos de México están incluidos dentro de alguna categoría de riesgo; 82 especies sujetas a protección especial, 66 amenazadas, 40 en peligro de extinción y seis especies probablemente extintas (CONABIO, 2013).

Como una alternativa para disminuir el impacto de la pérdida de fauna, en el estado de Coahuila, especies extintas como el berrendo *Antilocarpa americana*, y el borrego cimarrón *Ovis canadensis*, han sido reintroducidas con éxito en San Buenaventura y Monclova (SEMARNAT y CONANP, 2009).

3.4 Áreas Naturales Protegidas

El área natural protegida ANP, es un espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y administrado, a través de medios legales u otros similarmente efectivos, para lograr la conservación de la naturaleza con sus servicios ecosistémicos asociados y valores culturales (WCPA, 2012).

Con el establecimiento de la primera ANP en 1917, el Parque Nacional Desierto de los Leones, México emprendió un gran esfuerzo por proteger los bosques del país y los servicios ambientales que proveen los espacios naturales y para la recreación de la población. Al año 2020, el sistema federal de ANP está conformado por 182 ANP con decreto federal, que abarcan una superficie total de 90,839,522 hectáreas, de las cuales el 23.6% corresponden a ecosistemas terrestres (CONANP, 2020).

Estas áreas contribuyen a conservar porciones importantes del hábitat para numerosas especies terrestres y marinas con ocurrencia en México, las cuales son fundamentales para mantener la integridad de los ecosistemas (CONANP, 2018).

De acuerdo con la Secretaria de Medio Ambiente (SEMA) (2012), Coahuila cuenta con 10 áreas naturales protegidas, cuya superficie cubre al 17% del territorio estatal, siete son de carácter federal; Área de Protección de Flora y Fauna Maderas del Carmen, Área de Protección de Flora y Fauna Cuatro Ciénegas, Parque Nacional Los Novillos, Área de Protección de Flora y Fauna Ocampo, Distrito Nacional de Riego 04 Don Martín, Salado y Mimbres, y Reserva de la Biósfera Mapimí, dos decretos estatales para la conservación de la Sierra de Zapalinamé y una de carácter municipal en Torreón; Cañón y Sierra de Jimulco.

3.5 Reserva Natural Estatal Sierra de Zapalinamé

La Sierra de Zapalinamé es una estribación de la Gran Sierra Plegada en el noreste de México, en la zona de transición entre la Sierra Madre Oriental y Altiplanicie (UAAAN 1998).

3.5.1 Historia

La Sierra de Zapalinamé ha estado ligada al desarrollo de la ciudad de Saltillo, desde su fundación, ha proporcionado el servicio ambiental de agua de los manantiales para consumo y la agricultura, se conducía a través de acueductos y acequias (Marines, 2018). De acuerdo con el estudio realizado por el Departamento Forestal, de Caza y Pesca de la SARH (1937), la Sierra de Zapalinamé es decretada como Zona Protectora Forestal (DOF, 1937), en 1981 la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en conjunto con la Organización de los Estados Americanos (OEA) realizaron el plan de manejo para uso múltiple del Cañón de San Lorenzo, el cual comprendía una superficie de 9,150 hectáreas (Meganck *et al.*, 1981).

En 1996 el Gobierno del Estado de Coahuila emite un decreto como Área natural protegida en la categoría de Zona Sujeta a Conservación Ecológica, destacando su

riqueza en vegetación y fragilidad de los ecosistemas (Periódico Oficial, 1996). En función de las modificaciones en la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Coahuila de Zaragoza, se cambió la categoría a Reserva Natural Estatal, de acuerdo con el Periódico Oficial del Estado del 13 octubre de 2017 (Periódico Oficial, 2017).

3.5.2 Caracterización

La Sierra de Zapalinamé se encuentra al sureste de Coahuila, abarcando los municipios de Arteaga y Saltillo (PROFAUNA, 2008).

De acuerdo con su fisiografía, forma parte de la Provincia de la Sierra Madre Oriental, su relieve está compuesto por sierras, bajadas, valles y llanuras formados entre el Jurásico Superior y el Cuaternario. La orientación de los pliegues transversales es de Este a Oeste, con altitud desde 1,590 m en el pie de monte, hasta los 2,200 m en los valles intermontanos, alcanzando su mayor elevación en el Cerro El Penitente a 3,140 m. La zona serrana se encuentra esculpida por cañones, con pendientes abruptas y topografía accidentada (UAAAN, 1998).

En cuanto a hidrología, la mayor parte de la sierra se encuentra en la Región Hidrológica Bravo-Conchos (RH 24) y una porción menor en la Región Hidrológica El Salado (RH 37) (CONAGUA, 2007), en época de lluvias se presentan corrientes intermitentes, que descienden de las partes altas de la sierra y pie de monte hacia los valles, aportando material aluvial (Barragán, 2007).

Conforme a la clasificación de climas de Köppen, modificada por García (2004) el tipo de clima es BSokw” (e), seco, templado, extremoso en las partes bajas de la zona y templado C(wo) en las altas.

En la vegetación convergen dos regiones; Holártica, con un gran número de especies nativas de las zonas áridas del norte de México (Rzedowski, 1991) y con menor cuantía de afinidad Neotropical. De acuerdo a Encina-Domínguez (2017) en la zona montañosa se presentan 11 comunidades vegetales, las de mayor superficie son: el bosque de pino piñonero con 8,690 ha., que representa el 19.82% de la superficie y chaparral montano con 17.80%, son típicas de los climas templados semisecos de la Sierra Madre Oriental.

A nivel faunístico está determinada por su ubicación entre la región Neártica y la Provincia Mastogeográfica Coahuilense (Ramírez-Pulido y Castro-Campillo, 1990), donde destacan especies de fauna silvestre en alguna situación de riesgo, dentro de los mamíferos se encuentran el Oso negro (*Ursus americanus*) y el murciélago magueyero (*Leptonycteris nivalis*) (PROFAUNA, 2017).

3.5.3 Importancia

La Sierra de Zapalinamé ha permitido el desarrollo del Valle de Saltillo, ya que la población ha aprovechado los recursos naturales disponibles (Valdés *et al.*, 2013), especialmente el agua, al considerarse el acuífero más importante para Saltillo, ya que proporciona cerca del 30% del agua que se utiliza en el municipio, asimismo la calidad del agua extraída es superior a la de otras fuentes (De la Rosa-Domínguez, 2010).

Las características geológicas permiten la infiltración de agua para la recarga de los mantos acuíferos, además, el suelo, la orografía y la diferencia altitudinal, conllevan a una heterogeneidad de paisajes dentro de la misma área (PROFAUNA, 2017).

La diversidad de paisajes influye en la diversidad de especies, Encina-Domínguez (2017) menciona que la flora del macizo montañoso de Zapalinamé es dominada por especies nativas, algunas son endémicas del estado de Coahuila, y otras se ubican en alguna categoría de riesgo conforme a la Norma Oficial Mexicana (SEMARNAT, 2010).

La Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO) determinó que la Sierra de Zapalinamé es un Área de Importancia para la Conservación de Aves con categoría G1, como hábitat de la guacamaya enana (*Rhynchopsitta terrisi*), especie en peligro de extinción (Arizmendi y Márquez-Valdelamar, 2000).

3.6 Técnicas de estudio de mamíferos

3.6.1 Transectos lineales

Los modelos de distancia constituyen los métodos más ampliamente utilizados para estudios de poblaciones de fauna, principalmente aves y mamíferos, debido a que resultan económicos y estadísticamente robustos. Estos muestreos se basan en métodos que incluyen el uso de transectos en línea y puntos fijos de observación, a partir de una muestra de individuos detectados se estima la riqueza y abundancia de animales (Buckland *et al.*, 2015).

Los transectos se establecen de manera ideal en un diseño estratificado abarcando los diferentes tipos de hábitat y su representación proporcional en el diseño. Sin embargo, en muchos estudios se han utilizado caminos para la colocación de los transectos. Asimismo, la longitud de los transectos varía de acuerdo con la especie, sin embargo, el método original sugiere una longitud aproximada de tres km, no obstante, se han hecho diversas adaptaciones (Llerena, 2020).

A lo largo de los transectos se pueden obtener datos para estimar diferentes índices de abundancia, los más empleados han sido el número de huellas/km, número de excretas/km y en casos excepcionales número de individuos observados por km, cuando es posible se registra además la edad y el sexo de los individuos (Gallina-Tessaro y López-González, 2011).

La densidad se calcula empleando la fórmula: $n/2LW$, donde n representa el número de individuos por especie encontrada, L la longitud del transecto y W es el ancho del área observada estandarizada a 20 m (Méndez-Carvajal, 2013).

3.6.2 Estaciones olfativas

Esta técnica es una variación al modelo de transectos en línea, las estaciones olfativas son colocadas a lo largo de un transecto, deben ser un área limpia de hojas, rocas y escombros en una superficie aproximada de un metro cuadrado. Su forma puede ser circular o cuadrada, el área es aplanada y encima de la cual se coloca arena o cal para generar un sustrato donde se puedan registrar huellas. Se pueden instalar 10 estaciones espaciadas, a una distancia de 300 m, a lo largo de un transecto con longitud de tres km (Gallina-Tessaro y López-González, 2011). No obstante, este diseño puede sufrir modificaciones, la longitud del transecto está condicionada por diversos factores, en algunas ocasiones el terreno o las condiciones climáticas no permite establecer las estaciones originalmente programadas (Ramírez-Martínez *et al.*, 2014).

Los carnívoros son sensibles a los aromas y diversas esencias son efectivas como atractivos, pero de acuerdo a Webster y Beasley (2019), la utilización de esencia de zorrillo como cebo es significativamente más efectivo que cualquier otro, incluyendo al ácido graso.

Esta técnica se ha utilizado para el estudio de zorros, coyotes, lobos, felinos y osos, que son especies difíciles de estudiar con otros métodos, como el muestreo a distancia y el marcaje y recaptura. Los estudios de las estaciones olfativas reflejan cambios reales en las poblaciones a lo largo del tiempo, con el análisis estadístico para detectar cambios en la abundancia que está relacionado directamente con la tasa de visitas (Levi y Wilmers, 2012).

El uso de estaciones olfativas se ha combinado con otros métodos de estudio de fauna, como complemento se han utilizado cámaras de trampeo. Sergeyev y colaboradores (2020), realizaron un estudio para evaluar el comportamiento de cánidos, empleando estaciones olfativas con diferentes atrayentes comerciales y cámaras con sensores infrarrojos, los comportamientos a registrar incluían acercarse, olfatear o morder el objeto, o marcar el olor orinando o frotándose contra el objeto.

3.6.3 Fototrampeo

El estudio de fauna silvestre presenta dificultades para el registro de datos, a causa de la capacidad de movimiento y comportamiento esquivo ante la presencia humana, resulta complicado registrar a todos los individuos en un área determinada (Trolliet *et al.*, 2014). Por tal motivo, se realizan muestreos para realizar estimaciones sobre la población real (Chávez *et al.*, 2013).

Los métodos tradicionales para el estudio de poblaciones de mamíferos, como recorrido de transectos, conteos desde vehículos y algunas técnicas de marcaje, requieren mucho esfuerzo y se limitan a hábitats con buena visibilidad (Roberts *et al.*, 2006).

El foto-trampeo es una técnica de monitoreo no invasiva que permite obtener información simultánea de las diferentes especies de fauna silvestre que componen una comunidad (Navarro, 2005). Este método tiene ventaja sobre los tradicionales, se puede obtener datos relacionados con las poblaciones con mínima perturbación, además puede cubrir una gran extensión de terreno reduciendo el esfuerzo humano. De igual manera, las cámaras trampa son idóneas para la detección de especies raras, difíciles de capturar con las técnicas tradicionales, además permite el estudio de especies amenazadas cuya captura está restringida o prohibida (Croocks, 2002).

La elección de las características de las cámaras trampa están en función del objetivo de la investigación y, por tanto, del diseño de muestreo adecuado (Nichols *et al.*, 2011). Los detalles del diseño del muestreo son fundamentales para la interpretación y extrapolación de los resultados del estudio. Las diferentes variables como la ubicación de las cámaras en estaciones, así como la cantidad, espaciado y duración del despliegue, afecta la interpretación de los procesos muestreados, el tratamiento estadístico y la fuerza de la inferencia (Burton *et al.*, 2015).

Cuando se necesita evaluar la diversidad de especies, se puede emplear el mismo diseño de muestreo para el enlace de las cámaras trampa que el empleado para evaluar la presencia, hacer inventarios o estimar abundancia y densidad (Díaz-Pulido y Payán, 2012).

De acuerdo con Trolle (2003), la separación entre estaciones de muestreo varía de acuerdo con la especie, recomendando una distancia mínima de 0.5 y 1 km entre cámaras para especies menores a los 10 kg y en el caso de especies mayores a este peso se recomienda una separación de por lo menos 1.5 km entre cada una.

Las estaciones de foto-trampeo se pueden instalar, de manera no sistematizada, en árboles que fructifican y en lugares con indicios de fauna como huellas, rascaderos, frutos comidos, cercanos a cuerpos de agua (Ramírez *et al.*, 2014), además con el uso de atrayentes aumenta la posibilidad de que los animales se aproximen a la zona de detección (Rovero *et al.*, 2013).

La cámara trampa se coloca en el tallo del árbol, a una altura no mayor a 0.5 m del suelo; buscando colocarlas en lugares planos para obtener mejores fotografías. Cada estación de foto-trampeo debe ser referenciada con un GPS y revisada periódicamente para

constatar que el funcionamiento de la cámara sea adecuado, y a su vez para vaciar su memoria y almacenar la información (Chávez *et al.*, 2013).

Antes de instalarse en la estación es de vital importancia una correcta programación y configurar en la cámara:

- Fecha (día/mes/año).
- Hora.
- Seleccionar la opción de etiquetar las fotos con la fecha y hora.

En el caso del sensor:

- Seleccionar modo de detección continua (día y noche).
- Seleccionar retraso entre foto y foto.
- Seleccionar la opción de disparo rápido.

Es indispensable conocer la fecha y hora exacta en que se tomó cada para hacer un análisis de las fotografías obtenidas. Normalmente las cámaras se programan para estar activas durante las 24 horas del día, y capturar sucesiones de tres fotografías por cada activación del sensor (López, 2020). Dentro de las actividades de mantenimiento es necesaria la revisión sistemática adecuada de las cámaras para maximizar el éxito del muestreo. Esta revisión incluye cuatro aspectos básicos: el estado general de la cámara trampa, la unidad de almacenamiento de la información, las baterías y el funcionamiento de la cámara trampa (Chávez *et al.*, 2013).

3.7 Aplicaciones del fototrampeo

3.7.1 Presencia de especies

El uso de la técnica de foto-trampeo es de utilidad en la ratificación de la presencia de carnívoros difíciles de observar. En el estado de Hidalgo, después de un incidente de depredación y de entrevistas, se instalaron cámaras trampa, que capturaron fotografías

confirmando la presencia de jaguar (*Panthera onca*) en la Sierra Gorda del estado de Hidalgo (García y Rosales, 2015).

En la Reserva de la Biosfera El Cielo entre 2013 y 2014, se realizó un muestreo sistemático con cámaras trampa, se registraron ocho videos correspondientes a la presencia de oso negro (*Ursus americanus eremicus*), siendo los primeros registros de oso negro en áreas de bosque tropical (Carrera-Treviño *et al.*, 2015). Aranda *et al.* (2014) logró el primer registro de ocelote (*Leopardus pardalis*) en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala, con un esfuerzo de muestreo de 111 días-trampa se logró capturar un video de dicha especie.

3.7.2 Patrones de actividad

Los estudios con cámaras trampa aportan información importante del comportamiento de la fauna, estos estudios incluyen la búsqueda de alimento, patrones de actividad diaria, el marcado de olores, el movimiento, la depredación del ganado y el uso de una variedad de características del hábitat, mucha de la información generada es de importancia para los procesos de conservación de la fauna (Caravaggi *et al.*, 2017).

En cada fotografía se registra la hora y fecha, con ello se pueden elaborar perfiles de actividad de fauna. En áreas boscosas de Yungas, Argentina, se analizó el patrón de actividad de 28 especies de mamíferos con la técnica de fototrampeo, con un registro de 2,757 fotografías se agruparon en tres grupos, mamíferos de actividad diurna, nocturna y catemeral (Albanesi *et al.*, 2016).

Recientemente Mooring y Eppert (2022), evaluaron los patrones de actividad del jaguar (*Panthera onca*) y el puma (*Puma concolor*), donde se determinó que estos depredadores presentan una separación significativa en los patrones de actividad circadiana y lunar,

muestran distintos patrones de actividad temporal, el jaguar y el puma pueden explotar una base de presas ligeramente diferente.

3.7.3 Riqueza

La utilidad del fototrampeo en el análisis de diversidad de mamíferos ha sido ampliamente comprobado, Hernández-Pérez *et al.* (2015), realizaron un estudio con cámaras trampa en la península de Yucatán, en donde obtuvo un total de 700 registros independientes de 16 especies de mamíferos, pertenecientes a seis órdenes, 12 familias y 15 géneros, donde carnívora fue el orden con mayor representación, con cuatro familias y seis especies registradas. Inclusive se pueden detectar gradientes o patrones que expresen los cambios en la composición de especies en el tiempo y el espacio, como lo demostró Tobler *et al.*, (2015) al investigar patrones regionales y temporales en la distribución y composición de las comunidades de mamíferos en el Amazonas, y con ello desarrollar un modelo que permite realizar mejores estimaciones de la riqueza de especies.

3.7.4 Abundancia relativa

La abundancia relativa de una especie es interpretada como una aproximación del tamaño de su población, su estimación considera la frecuencia de fotografías de una determinada especie por un período de tiempo de muestreo. De forma práctica ha sido empleada en el estudio de mamíferos en México.

Para obtener el índice de abundancia relativa (IAR) de cada especie, se ha utilizado la fórmula (Monroy-Vilchis *et al.*, 2011; Aranda *et al.*, 2012; Cortés-Marcial y Briones-Salas, 2014).

$$IAR = C/EM * 1000 \text{ días-trampa}$$

Donde: C = Capturas o eventos fotografiados.

EM = Esfuerzo de Muestreo (No. de cámaras * días de monitoreo) Estacional o Total.

1000 días-trampa (Unidad Estándar)

Cruz-Jácome (2015), analizó la abundancia relativa de mamíferos en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca, en el estudio se obtuvieron 826 registros independientes de 15 especies de mamíferos, las especies con mayor abundancia relativa fueron *Sylvilagus floridanus*, *Odocoileus virginianus*, *Urocyon cinereoargenteus* y *Pecari tajacu*.

3.7.5 Densidad

La densidad de la población es una variable de interés primario en los estudios de la fauna silvestre, en su mayoría, se han empleado métodos tradicionales como la captura y marcaje de individuos, sin embargo, se han empezado a utilizar los datos obtenidos de cámaras trampa para estimar la densidad (Burton *et al.*, 2015), tal es el caso de las especies con patrones de pelaje distintos, como el jaguar (*Panthera onca*) o marcas artificiales, los datos de las cámaras trampa pueden analizarse con un modelo de captura y recaptura, para estimar la abundancia y la densidad (Foster y Hamsen, 2012).

Las estimaciones de densidad se basan en un análisis de captura-recaptura y para satisfacer los supuestos de este análisis se requiere de un diseño de muestreo estricto. El análisis de captura-recaptura asume que la población es cerrada. En un sistema natural la única forma para tratar de cumplir este supuesto es limitar el tiempo de muestreo (Díaz-Pulido y Payán, 2012).

3.8 Índices de diversidad

La biodiversidad se base en que se cumplan los criterios básicos para el análisis matemático de los datos, el empleo de un parámetro depende básicamente de la información que queremos evaluar, es decir, de las características biológicas de la comunidad que realmente están siendo medidas (Huston y Huston, 1994).

Existen varios tipos de diversidad: la diversidad α (alfa), diferencia en diversidad entre regiones o diversidad β (beta) y la diversidad γ (gamma) que combina a las dos anteriores. (Van Wyk y Smith, 2001).

3.8.1 Diversidad alfa

3.8.1.1 Métodos para medir la diversidad alfa

La diversidad alfa es el número de especies por unidad de área, medida por los métodos: 1) Método basado en la cuantificación del número de especies presentes (riqueza específica); 2) Método basado en la estructura de la comunidad, donde se distribuye el valor de importancia de cada especie (abundancia relativa de los individuos, su biomasa, cobertura, productividad). La riqueza específica se determina según el número de especies presentes y la estructura de la distribución proporcional midiendo el valor de importancia. Este último se clasifica en términos de dominio y equidad comunitaria (Moreno, 2001).

3.8.1.2 Índice de diversidad de Margalef

Representación más sencilla de medir la biodiversidad, ya que proporciona únicamente el número de especies, sin tomar el valor de importancia de estas. Convierte el número

de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por esparcimiento de la muestra (Magurran, 1998).

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

Donde:

S = número de especies

N = número total de individuos

3.8.1.3 Índice de dominancia de Simpson

Considera la probabilidad de que dos individuos de una población seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie. Indica la relación entre riqueza o número de especies y la abundancia o número de individuos por especie (Simpson, 1949).

$$\Lambda = \sum p_i^2$$

Dónde:

p_i : igual a la proporción entre n_i y N

n_i : número de individuos de la especie i .

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

3.8.1.4 Índice de Shannon-Weaver (H)

Considera la riqueza de especies y su abundancia, el índice relaciona el número de especies con la proporción de individuos pertenecientes a cada una de ellas presente en

la muestra. Conjuntamente, calcula la uniformidad de la distribución de los individuos entre las especies (Shannon y Weaver, 1949).

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i * \ln(p_i)$$

Dónde:

S = número de especies presentes.

Ln= Logaritmo natural.

p_i = proporción de especies. ($p_i = n_i/N$; donde n_i = al número de individuos de la especie i . N = número total de especies).

3.8.1.5 Índice de diversidad de Menhinick

Basado al índice de Margalef, relaciona entre el número de especies y número total de individuos observados, aumenta al aumentar el número de muestra.

$$D_{Mn} = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

Donde:

S = número de especies

N = número total de individuos

3.8.1.6 Índice de Pielou (J)

Expresa la uniformidad en la distribución de individuos entre especies. Se mide comparando la diversidad observada en una comunidad con la máxima diversidad posible de una comunidad hipotética con el mismo número de especies (Moreno, 2001).

$$J = \frac{H}{H_{max}}$$

Dónde: H máx. = es el logaritmo natural de S.

3.8.1.7 Índice de diversidad alfa (α) de Williams

Basado en el modelo logarítmico de distribución de la abundancia de especies.

$$S = a \ln \frac{1+N}{a}$$

El número de especies registradas depende del tamaño de la muestra, de modo que el esfuerzo de muestreo no es el mismo, la comparación de distintos valores de S no es válido a menos que se utilicen índices que no dependan del tamaño de la muestra, como el índice de Williams (Magurran, 1988).

El cálculo de este índice puede hacerse fácilmente mediante los programas BIODIV (Baev y Penev, 1995) o Biodiversity Professional Beta 1 (McAleece, 1997).

3.8.2 Diversidad beta

Es el grado de recambio de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales (Whittaker, 1972). A diferencia de la diversidad de alfa y gamma, estas pueden ser medidas en función del número de especies, la medición de diversidad beta es una dimensión diferente ya que se basa en proporciones o diferencias (Magurran, 1988). Se evalúan con base a índices o coeficientes de similitud, disimilitud o de distancia entre

muestras a partir de datos cualitativos (presencia-ausencia de especies) o cuantitativos (abundancia proporcional de cada especie medida como número de individuos, biomasa, densidad, cobertura), (Magurran, 1988).

3.8.2.1 Índices de similitud/disimilitud

Los índices de similitud expresan el grado de semejanza de dos muestras por medio de las especies presentes, se considera una medida inversa a los índices de disimilitud, que se refiera al cambio de especies de muestras (Magurran, 1988). Sin embargo, a partir de un valor de similitud (s) se calcula fácilmente la disimilitud (d) entre muestras: $d=1-s$ (Magurran, 1988). Los índices se pueden obtener de datos cualitativos o cuantitativos a través de métodos de clasificación de las comunidades (Baev y Penev, 1995).

3.8.2.2 Coeficiente de similitud de Jaccard

Mide el grado de semejanza de especies entre dos muestras: el intervalo de valores para ese índice oscila entre 0 cuando no hay especies compartidas a 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies.

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

Donde:

a = número de especies presentes en el sitio A

b = número de especies presentes en el sitio B

c = número de especies presentes en ambos sitios A y B

3.8.2.3 Índice de Sorensen

Este índice es uno de los más utilizados para el análisis de comunidades ya que relaciona el número de especies compartidas con la media aritmética de las especies de ambos sitios (Magurran, 1988). El índice permite comparar dos comunidades mediante la presencia/ausencia de especies en cada una de ellas, el Índice de Similitud de Sorensen presenta un rango de 0 (sin similitud) a 1 (similitud completa) y se aplica a través de la siguiente fórmula:

$$\beta_{sor} = \frac{b + c}{2a + b + c}$$

Dónde: Distribución espacial de especies entre dos sitios:

a= número de especies comunes

b= no. de especies únicas que ocurren sólo en el sitio 1

c= no. de especies únicas que ocurren sólo en el sitio 2

3.8.2.4 Recambio y anidamiento de especies

El recambio de especies es el cambio en la composición y estructura de las comunidades de una unidad de muestreo a otra a lo largo de un gradiente espacial, temporal o ambiental (Vellend, 2001; Anderson *et al.*, 2011). No obstante, el recambio de especies puede incluir a todo un subgrupo de medidas en la composición de especies que pueden expresarse en función de la partición aditiva de la diversidad gamma (Tuomisto, 2011).

Una de las aproximaciones utilizadas para analizar el cambio en la composición de las comunidades es el anidamiento. Los análisis de conjuntos anidados fueron propuestos para describir patrones de composición de especies entre biotas continentales y entre hábitats aislados y el anidamiento fue atribuido a tasas diferenciales de extinción y colonización. Sin embargo, diversos fenómenos determinísticos o estocásticos pueden también llevar a la formación de un sistema anidado (Ulrich *et al.*, 2009).

La diferenciación en la composición de especies (*turnover* o recambio) y el anidamiento de especies son atributos contrarios, el recambio implica la sustitución de unas especies por otras como consecuencia del efecto espacial y/o históricas y el anidamiento se refiere a que las especies registradas son iguales en las diferentes muestras analizadas (Baselga, 2010).

La diversidad beta basada en la disimilitud de Sorensen, puede ser complementada y separada en dos componentes, tal como lo describe Baselga (2010): la diversidad beta de remoción para múltiples sitios (β SIM) y anidamiento (β NES) conforman (β SOR).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Descripción del área de estudio

4.1.1 Ubicación

El estudio se realizó en Reserva Natural Estatal Sierra de Zapalinamé (Figura 2), al sureste del Estado de Coahuila de Zaragoza, de acuerdo a SEMA y PROFAUNA (2018) el área de influencia de la reserva está conformada por 50,084.3 hectáreas.

La Reserva Natural Estatal Sierra de Zapalinamé se ubica entre los $25^{\circ}13'57.48''$ - $25^{\circ}14'57.25''$ de latitud norte y los $100^{\circ}56'44.62''$ - $100^{\circ}01'5.17''$ de longitud oeste, geográficamente se encuentra en los municipios de Saltillo y Arteaga, del Estado de Coahuila de Zaragoza.

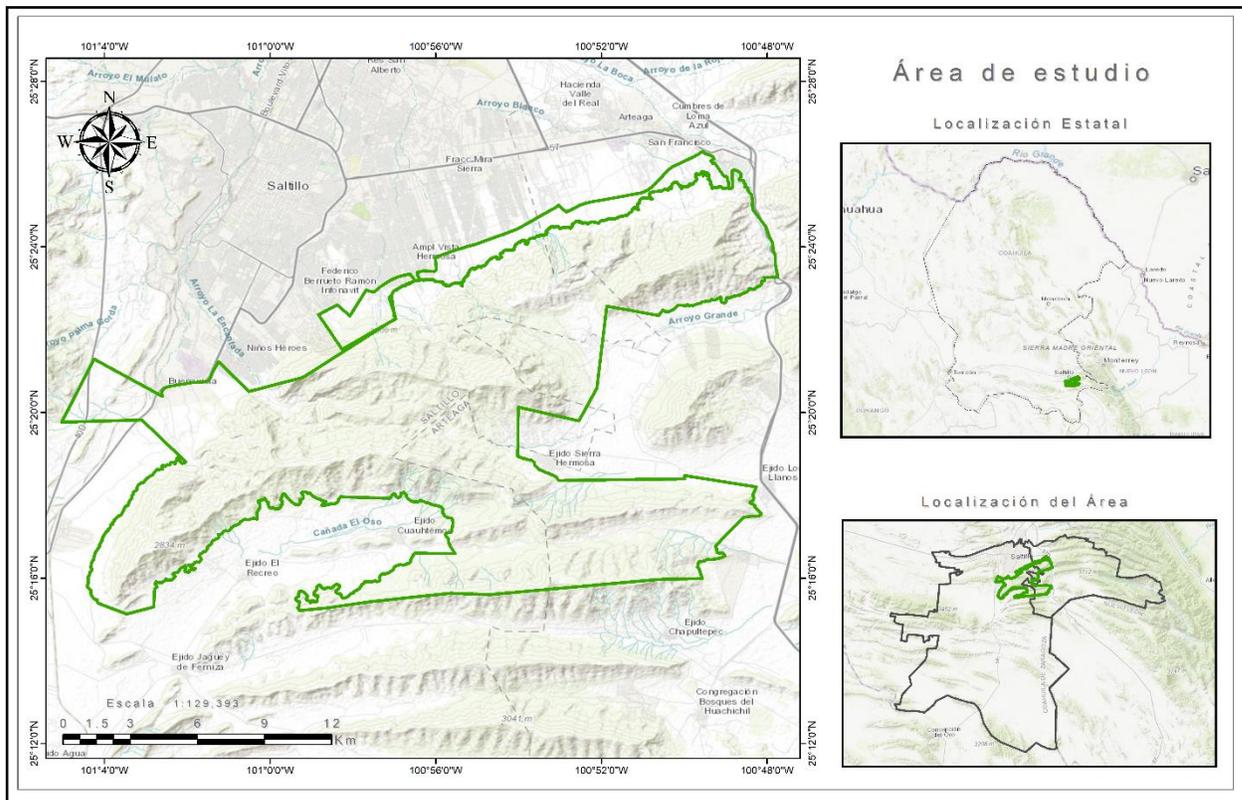


Figura 2. Localización del Reserva Natural Estatal Sierra de Zapalinamé.

Existen tres vías de acceso principales; la primera es a través del Ejido Sierra Hermosa, 9 km al sur de Arteaga en la carretera 57, la segunda es a través del Ejido El Cedrito, que está a 19 km de Arteaga, también en la carretera 57, en la misma dirección, la tercera es a través de los Ejidos Cuauhtémoc y Huachichil, a los que se puede llegar desde el entronque entre la carretera 54 y la 57 (PROFAUNA, 2010).

4.1.2 Clima

De acuerdo a la Clasificación Modificada por Köppen, el área de estudio cuenta con un clima del tipo BSh, árido, semicálido (COPERES, 2020), la precipitación varía de 257 mm a 600 mm a lo largo del gradiente altitudinal, la caseta meteorológica de Buenavista, Saltillo, Coahuila (23°38´N 103°38´W, altitud 1588 msnm) registra una temperatura media anual de 16.9 °C, además una media de 498 mm, la lluvia es de tipo convectivo y se presenta en el verano.

4.1.3 Suelo

Las rocas que afloran el área son sedimentarias marinas del Jurásico y Cretácico; las calizas cubren 43 % del área, las areniscas y los conglomerados 17 %. Los suelos aluviales ocupan casi un 30 % del área, son de profundidad variable y constituyen planicies con abanicos al pie del macizo, los valles son profundos y con buen drenaje. Abundan los suelos litosoles y rendzina, prevaleciendo ambos casi en 80 % de la superficie del área. Los litosoles son superficiales y sobreyacen a la roca o caliche cementado, cubren 49 % del área; los del tipo rendzina son pedregosos y someros, con una capa superficial de humus, sobre roca caliza o material rico en cal al pie de montes y valles, representan 29 % del sitio. En menor proporción se localizan los xerosoles cálcicos y feozem calcárico (UAAAN, 1998).

4.1.4 Vegetación

La sierra de Zapalinamé presenta distintos tipos de vegetación, los estudios realizados por Encina-Domínguez (2017) muestran que la Sierra de Zapalinamé alberga 11 comunidades vegetales: matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo, matorral de arroyos, chaparral montano, matorral de táscate, bosque de encino, bosque de pino, bosque de pino piñonero, bosque de oyamel, zacatal y vegetación riparia.

Se tiene registro de 110 familias, 445 géneros y 921 especies de plantas vasculares, 10 especies endémicas de plantas y 21 especies consideradas como raras o escasas, (Encina-Domínguez *et al.*, 2016).

4.1.5 Fauna

Entre los mamíferos de talla mayor, destaca el oso negro (*Ursus americanus*). Además, pueden encontrarse venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), coyote (*Canis latrans*), zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), gato montés (*Lynx rufus*), cacomixtle (*Bassariscus astutus*), ardillas terrestres (*Spermophilus sp.*), comadrejas (*Mustela frenata*), zorrillos (*Conepatus mesoleucus*), tlacuaches (*Didelphis virginiana*), murciélago de cabeza plana (*Myotis planiceps*), conejo (*Sylvilagus floridanus*) y roedores de diferentes especies (PROFAUNA, 2017).

4.2 Trabajo de campo

La instalación de cámaras trampa inició en diciembre del 2013 y se finalizó en enero del 2016, con un total de 33 estaciones de foto-trampeo.

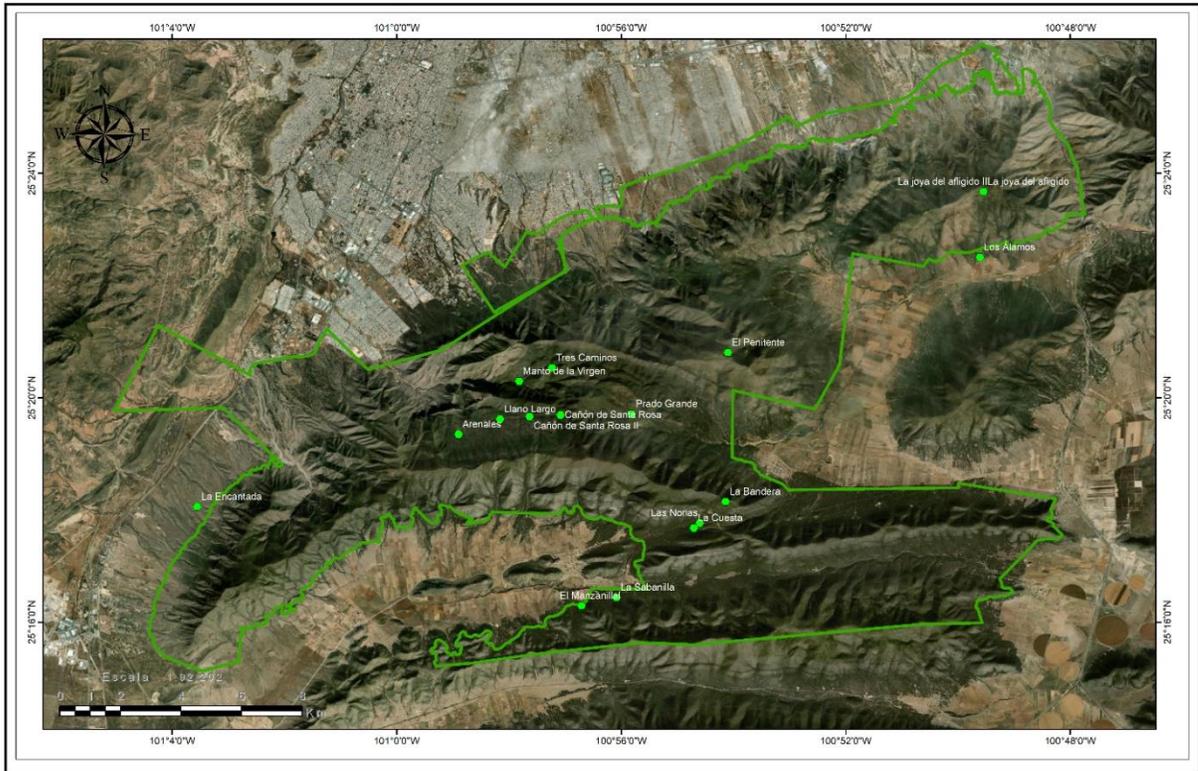


Figura 3. Ubicación de las cámaras en la Reserva Natural Estatal Sierra de Zapalinamé.

El establecimiento de las estaciones foto-trampeo se realizó de manera no sistemática, su ubicación se determinó con base a los registros visuales y rastros de mamíferos (excretas, huellas, rascaderos), con esa distribución se trató de abarcar todos los tipos de vegetación presentes dentro del área de estudio, además se consideró la cercanía a los senderos más transitados por los visitantes.

La distancia entre cada estación va de 500 metros a un km, para cada estación se registró el tipo de vegetación y la presencia/ausencia de cuerpos de agua.

Para este estudio se utilizaron distintos modelos de cámaras trampa: Cuddeback H-1453, Reconyx Hyperfire, Bushnell Trophy, Bushnell Prime. Todos los modelos utilizados corresponden a equipos con sensor infrarrojo, con una velocidad de disparo media de .20 segundos. Se colocaron a una altura de 35 a 50 centímetros sobre el nivel del suelo, sujetas al tronco de un árbol, removiendo ramas o arvenses que obstruyeran la visión del

lente además se consideraba la incidencia de los rayos solares (Díaz-Pulido y Payán, 2012).

Cada cámara se configuró con la fecha y hora y se programaron para obtener series de tres fotografías, sólo tres se programaron para captura de videos, además de permanecer en funcionamiento las 24 horas, en las cámaras trampa cuya configuración lo permite se añadieron etiquetas correspondientes a su ubicación, para una identificación más eficiente. La ubicación de las trampas-cámara, fue georreferenciada con un geoposicionador marca Garmin, modelo eTrex 22x. No se empleó ningún atrayente.

Se confirmó el funcionamiento correcto de las cámaras trampa después de su instalación, la revisión de estas se realizó cada tres meses, así como el cambio de la unidad de almacenamiento de información (memorias SD), las baterías y el funcionamiento general de la cámara trampa (Chávez *et al.*, 2013).



Figura 4. Colocación de las cámaras trampa en las áreas seleccionadas

La información recopilada fue respaldada en una unidad de disco duro, posteriormente se realizó la identificación de las especies presentes, y su registro en una base de datos en Excel©, para una mayor precisión y evitar registrar varias veces al mismo individuo, se consideraron eventos independientes: cada serie o series fotográficas consecutivas de individuo(s) de cierta especie corresponde a un registro, y solo se juzga como evento independiente si el individuo se captura con más de una hora de diferencia y sugerencias de Monroy-Vilchis *et al.* (2011).

En la base de datos se registró la especie, fecha y hora de captura, número de individuos, sexo.

4.3 Análisis estadísticos

Los análisis se realizaron con el paquete estadístico EstimateS versión 9.1 (Colwell, 2019).

Cuadro 1. Ejemplo de formato de la base de datos utilizada para los registros de las cámaras

Clase	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	Cant.	Sexo	Serie inicial	Hora inicial	Serie final	Hora final	Reportó	Hora	Actividad
Mammalia	Carnívora	Canidae	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	1	D	EK000016	01:44	EK000018	01:44	Oziel Hernández	13	2016
Mammalia	Carnívora	Canidae	<i>Canis latrans</i>	Coyote	1	D	EK000040	20:43	EK000042	20:43	Oziel Hernández	20	2016
Mammalia	Carnívora	Canidae	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	1	D	EK000043	01:53	EK000045	01:53	Oziel Hernández	1	2016
Mammalia	Carnívora	Canidae	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	1	D	EK000049	19:55	EK000051	19:55	Oziel Hernández	19	2016

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En Coahuila se tiene registro de 126 especies de mamíferos (Ramírez *et al.*, 2018), es decir, el 23% de las especies presentes en México (Ceballos, 2014), en la Reserva Natural Estatal Sierra de Zapalinamé se registraron por foto-trampeo 21 especies de mamíferos terrestres, desglosadas en el Cuadro 2. Representa el 16.6% de las especies que se distribuyen en el estado, lo que es significativo tomando en cuenta que la Sierra de Zapalinamé abarca únicamente el 3% del territorio estatal.

Cuadro 2. Registro de especies de la Clase Mammalia observados en las cámaras trampa.

Nombre científico	Nombre común	Número de registros
<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado de cola blanca	2,564
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	2,083
<i>Lepus californicus</i>	Liebre cola Negra	1,430
<i>Ursus americanus</i>	Oso negro	678
<i>Sciurus alleni</i>	Ardilla de Nuevo León	406
<i>Sylvilagus audubonii</i>	Conejo del desierto	255
<i>Canis latrans</i>	Coyote	230
<i>Lynx rufus</i>	Gato montés	101
<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo serrano	70
<i>Otospermophilus variegatus</i>	Ardillón de roca	48
<i>Mephitis macroura</i>	Zorrillo listado sureño	31
<i>Conepatus leuconotus</i>	Zorrillo de espalda blanca norteño	27
<i>Canis familiaris</i>	Perro feral	25
<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache norteño	25
<i>Bassariscus astutus</i>	Cacomixtle	19
<i>Procyon lotor</i>	Mapache	16
<i>Puma concolor</i>	Puma	12
<i>Nasua narica</i>	Coatí	3
<i>Pecari tajacu</i>	Pecarí de collar	2

<i>Reithrodontomys megalotis</i>	Ratón cosechero común	2
<i>Taxidea taxus</i>	Tlalcoyote, Tejón	1

Estos resultados están en concordancia con González (2012), quien monitoreo el área de reforestación de la UAAAN en la Sierra de Zapalinamé, a través de rastreo de huellas y excretas, registrando un total de diez especies y seis órdenes. La diferencias entre especies y órdenes son debido a los diferentes métodos empleados, en el presente estudio el listado se compone de especies verificadas en campo a través de fotografía, los métodos basados en huellas se hacen mediante transectos de observación y trampas de huellas. La detección de huellas en los trayectos de observación de rastros tiene buenos resultados siempre y cuando las condiciones del suelo permitan una impresión correcta de las huellas, lo que no siempre es posible.

En referencia a los órdenes que forman parte de la Clase Mammalia, donde Carnívora registró mayores observaciones, con seis de las ocho familias de mamíferos carnívoros reportadas para México (Ceballos, 2014), y ocupa el 40.18% de las observaciones, por lo tanto, la Reserva Natural Estatal Sierra de Zapalinamé es considerado como una de las 47 áreas prioritarias de conservación de grandes carnívoros en el norte de México (Balbuena-Serrano *et al.*, 2022).

Mientras que los órdenes Rodentia y Artiodactyla registran dos familias, esta última tiene el 31.96% de las observaciones, finalmente Didelphimorphia con una familia al igual que Lagomorpha, con 21.86% de las observaciones le corresponde a esta familia.

Cuadro 3. Órdenes y familias de las especies observadas de la Clase Mammalia

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común
Artiodactyla	Cervidae	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado de cola blanca
Artiodactyla	Tayassuidae	<i>Pecari tajacu</i>	Pecarí de collar
Carnivora	Canidae	<i>Canis familiaris</i>	Perro feral
Carnivora	Canidae	<i>Canis latrans</i>	Coyote
Carnivora	Canidae	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris

Carnivora	Felidae	<i>Puma concolor</i>	Puma
Carnivora	Felidae	<i>Lynx rufus</i>	Gato montés
Carnivora	Mephitidae	<i>Conepatus leuconotus</i>	Zorrillo de espalda blanca norteño
Carnivora	Mephitidae	<i>Mephitis macroura</i>	Zorrillo listado sureño
Carnivora	Mustelidae	<i>Taxidea taxus</i>	Tlalcoyote, Tejón
Carnivora	Procyonidae	<i>Bassariscus astutus</i>	Cacomixtle
Carnivora	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	Coatí
Carnivora	Procyonidae	<i>Procyon lotor</i>	Mapache
Carnivora	Ursidae	<i>Ursus americanus</i>	Oso negro
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache norteño
Lagomorpha	Leporidae	<i>Lepus californicus</i>	Liebre cola Negra
Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus audubonii</i>	Conejo del desierto
Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo serrano
Rodentia	Cricetidae	<i>Reithrodontomys megalotis</i>	Ratón cosechero común
Rodentia	Sciuridae	<i>Otospermophilus variegatus</i>	Ardillón de roca
Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus alleni</i>	Ardilla de Nuevo León

En cuanto a número de observaciones por familia, Cervidae aporta la mayoría con el 31.94% del total, seguido de Canidae con el 29.12% y Leporidae con el 21.86%.

Uno de los factores que favorece la diversidad biológica de México es la transición entre la región biogeográfica neártica y neotropical, de acuerdo con Ceballos (2014), de las familias de mamíferos registradas para la sierra de Zapalinamé, diez son de afinidad compartida, y solo Ursidae es de afinidad neártica.

Cuadro 4. Numero de observaciones por familia de la Clase Mammalia

Orden	Familia	Número de registros	Porcentaje %
Artiodactyla	Cervidae	2564	31.94
	Tayassuidae	2	0.02
Carnivora	Canidae	2338	29.12
	Felidae	113	1.41

	Mephitidae	58	0.72
	Mustelidae	1	0.01
	Procyonidae	38	0.47
	Ursidae	678	8.45
Didelphimorphia	Didelphidae	25	0.31
Lagomorpha	Leporidae	1755	21.86
Rodentia	Cricetidae	2	0.02
	Sciuridae	454	5.66
Total		8,028	100.00

De las 21 especies de mamíferos registradas, el orden Carnivora presenta 12 especies dispuestas en seis familias, de las cuales Canidae, Procyonidae y Leporidae registran el mayor número de especies (tres cada una).

La Sierra Zapalinamé es considerada parte del corredor florístico y por es un área de conectividad de la fauna de la Sierra Madre Oriental (Balbuena *et al.*,2022) y por lo tanto de acuerdo con Salinas-Camarena (2015) que registró 13 especies de carnívoros para el Parque Nacional Cumbres de Monterrey, estas dos áreas comparten especies en común puede deberse a que ambas están influenciadas por la Sierra Madre Oriental, y coinciden en ciertas condiciones edafoclimáticas e hidrológicas que influyen en las características del hábitat.

Cuadro 5. Índices de diversidad biológica

Parajes	Riqueza	Registros	Simpson	Margalef
Cañón de Santa Rosa	14	534	0.7452	2.07
El Manzanillal	14	487	0.7128	2.101
El Ancla	11	2657	0.5454	1.268
San Javier	8	54	0.8272	1.755

Los parajes con mayor diversidad son el Cañón de Santa Rosa y Manzanillal, la mayor riqueza registrada se puede deber al tipo de vegetación, disponibilidad de recursos, presencia de cuerpos de agua, ya que son los hábitats más utilizados para alimentación, descanso y reproducción de varias especies entre ellas los mamíferos (Gallina-Tessaro y Mandujano, 2013), en este caso, ambos parajes presentan grupos de vegetación similar, constituida por bosque de pino encino y bosque de pino piñonero respectivamente, además en el Cañón de Santa Rosa se registra un manantial, y de acuerdo a (Nachman, 1993), los cuerpos de agua suelen funcionar como atrayentes naturales para especies de mamíferos que no acostumbran vagar lejos del agua.

En la estación El Ancla se registró la mayor cantidad de registros (2,657), de los cuales el 38% corresponde a venado cola blanca *Odocoileus virginianus*. Los componentes necesarios para reproducción y sobrevivencia no son los mismos para todas las especies y por ende un hábitat apropiado para una especie no lo es necesariamente para otra, el hecho que el venado cola blanca prefiera una unidad de hábitat sobre otra puede explicarse debido a la existencia de coberturas diferentes entre sí, algunos estudios (Sánchez-Rojas *et al.*, 2009; Flores-Armillas *et al.*, 2011), muestran que los sitios aparentemente preferidos por los venados son los que presentan mayor diversidad y biomasa vegetal, lo que está directamente relacionado con la disponibilidad de alimento, y protección contra depredadores.

En cuanto a índices de diversidad, la equitatividad, representada por el índice de Margalef, es mayor en Manzanillal y la dominancia (índice de Simpson) es mayor en San Javier.

Para la evaluación la representatividad de muestreo se calculó con el estimador ICE, con el cual se obtiene un 98% de la riqueza estadísticamente esperada. La curva de acumulación de especies se muestra asintótica. Esto indica que no hay probabilidad de registrar especies nuevas de mamíferos silvestres en la sierra de Zapalinamé.

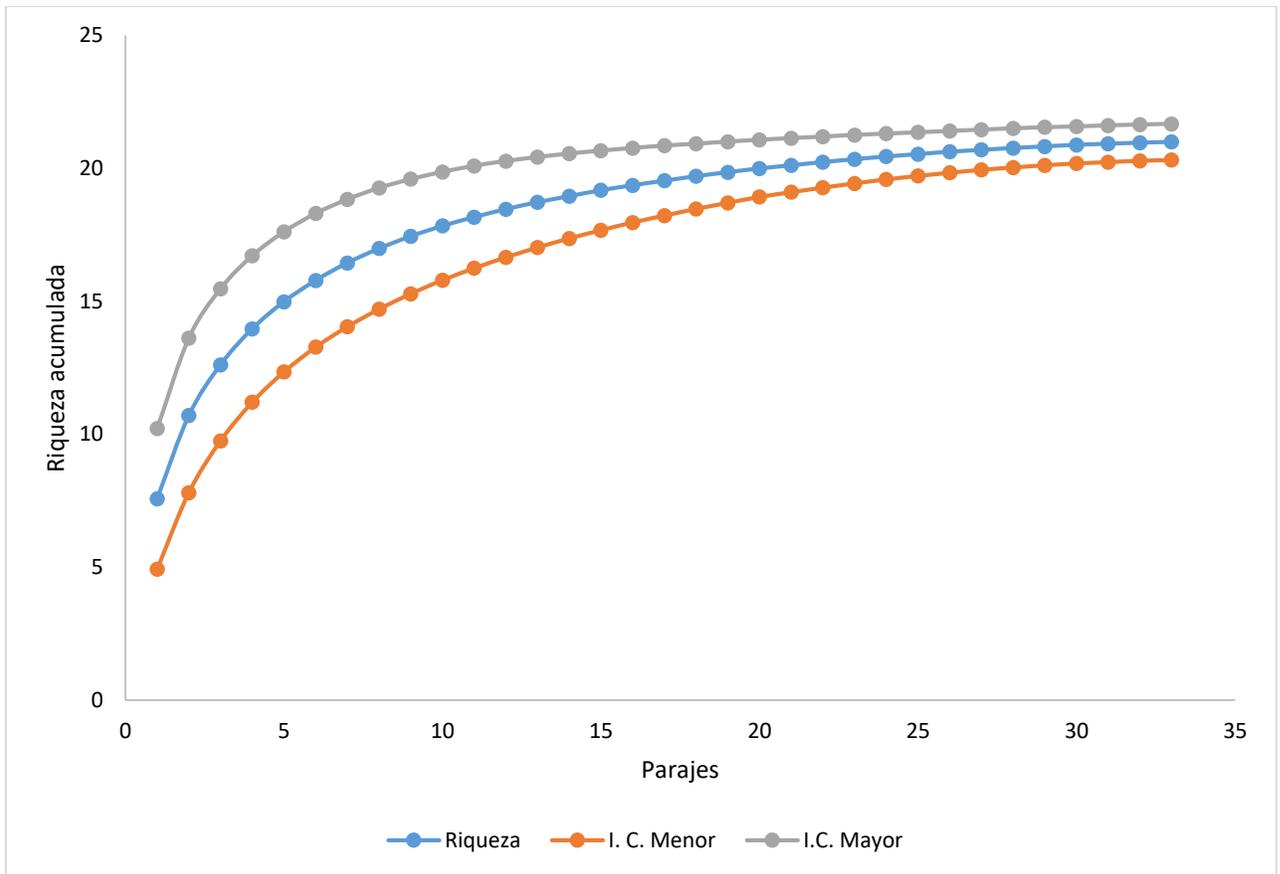


Figura 5. Curva de acumulación de especies con intervalos de confianza

Se realizó una gráfica de barras con el número de especies (riqueza) y observaciones (registros), donde se observa que los parajes con mayor riqueza no necesariamente aportan la mayoría de los registros, este resultado podría deberse a la abundancia de un recurso como alimento, refugio, corredor, etc. que beneficia la presencia de una o diversas especies de mamíferos silvestres.

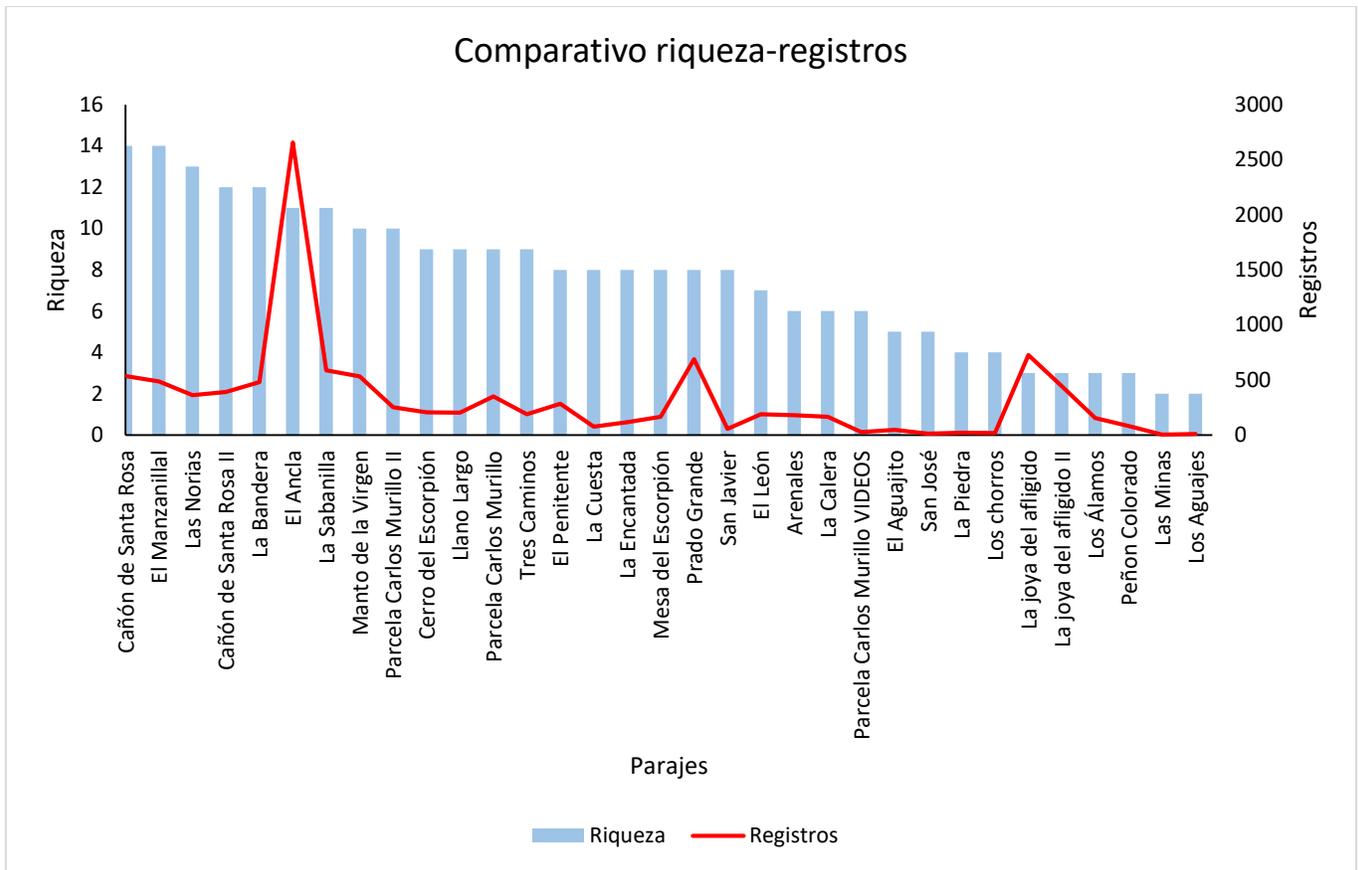


Figura 6. Comparativo de registros y especies en los diferentes parajes

El recambio de especies con el índice de Whittaker (1960), donde el índice es 2.77, indica que a nivel de paisaje hay anidamiento de especies, es decir, las especies observadas se registraron en la mayoría de los parajes. Por lo tanto, no existe especificidad de hábitat por parte de los mamíferos silvestres que se distribuyen en la sierra de Zapalinamé.

Desde el punto de vista de la conservación de la biodiversidad, la diversidad beta es un componente que debe ser tomado considerado en el establecimiento de estrategias eficientes para la protección tanto de áreas naturales como de especies de mamíferos en particular.

Cuadro 6. Índice de Whittaker para recambio de especies

Alfa promedio	7.58
Gamma	21
Beta	2.77

Los mamíferos suelen presentar patrones de distribución discontinuos producidos por la variación las condiciones ambientales que determinan la calidad de sus hábitats. La estructura y composición de la vegetación son elementos determinantes de las características del hábitat (Gallina-Tessaro y López González, 2011), ya que en la Sierra de Zapalinamé existen diferentes comunidades vegetales, y diferentes grados de perturbación, la calidad del hábitat es variable, las estaciones de foto-trampeo que registraron mayor riqueza se ubican en las zonas altas, las comunidades vegetales con más registros fueron: el bosque de pino-encino; bosque de pino piñonero; bosque de altura; bosque de pino con zacatal, en dichas estaciones se registraron oso negro (*Ursus americanus*) y el gato montés (*Lynx rufus*). En contraste el matorral micrófilo y la transición entre el área agrícola y bosque de pino, presentaron el menor registro de especies, esto es debido a que los individuos sólo utilizan estos hábitats como sitios de paso, porque aparentemente no hay disponibilidad de alimento ni cuerpos de agua.

La presencia de jaurías ferales (*Canis familiaris*) dentro de la reserva natural es un problema actual y representa amenazas potenciales sobre la mastofauna nativa, esta especie estuvo presente en siete de las 33 estaciones de foto-trampeo. Se tiene documentado que los perros han extinto 11 especies, y puesto en riesgo de extinción cerca de 96 mamíferos (López *et al.*, 2021), en la ANP Valle de los Cirios, en Baja California, García-Aguilar (2012), analizó la composición de la dieta de los perros ferales (*Canis familiaris*) y determinó que se alimentaron de al menos tres mamíferos endémicos y dos especies más, sin embargo es posible que la mayor amenaza de la presencia de

los perros ferales sea la propagación de enfermedades infecciosas, con resultados catastróficos para la vida silvestre.

El área estudiada representa una reserva natural donde habitan Oso negro (*Ursus americanus*) y puma (*Puma concolor*) que son especies de importancia para la conservación al formar parte de la cadena trófica como depredadores tope, en el caso del oso negro en Coahuila específicamente en la Sierra de Zapalinamé de acuerdo con Juárez-Casillas *et al.*, (2013) donde realizó un análisis filogenético donde encontró valores de diversidad genética alta de 82.4% y además considera que hay dos haplotipos, por lo tanto esta área natural en las poblaciones de oso tienen altos niveles de diversidad genética.

Respecto al puma (*Puma concolor*), es un área de conectividad de este carnívoro, estas áreas de presencia de los felinos, están amenazadas por el crecimiento urbano, la construcción de carreteras y de áreas industriales que fragmentan los corredores ecológicos (Balbuena-Serrano *et al.*, 2022).

VI. CONCLUSIONES

La diversidad alfa de mamíferos terrestres de la reserva natural estatal sierra de Zapalinamé representa valores de diversidad alta en los parajes Cañón de Santa Rosa y Manzanillal, la presencia de estas especies está condicionada por la presencia de cuerpos de aguas y arroyos.

Existe especificidad de hábitat por parte de los mamíferos silvestres, por lo tanto, se considera un corredor ecológico de todas las especies de mamíferos presentes.

La presencia de depredadores como el puma (*Puma concolor*) y gato montés (*Lynx rufus*) son indicadores de estabilidad ecológica dentro del área de estudio, por lo tanto, resulta importante mantener las actividades de conservación.

Los registros de jaurías ferales (*Canis familiaris*) son considerables, y representan un riesgo para la fauna silvestre de la región.

El área representa un espacio de protección para los mamíferos terrestres, lo que se reflejó en los resultados presentados con alta diversidad, la información es base para instrumentar programas de manejo y conservar el área a través de este grupo

VII. RECOMENDACIONES

Las instituciones encargadas del manejo de la Reserva Natural Estatal Sierra de Zapalinamé, han diseñado programas operativos, además de implementar acciones estratégicas para la conservación, manejo y educación ambiental, de los cuales se obtienen algunos listados faunísticos, por medio de diversas técnicas de monitoreo de la fauna silvestre. Sin embargo, es necesario fortalecer esta información para los mamíferos del área, con estudios sistemáticos y análisis puntuales.

La información registrada con el uso de las cámaras trampa pueden utilizarse como referencia para realizar estudios de diversidad y abundancia, de los mamíferos en general.

Implementar otras técnicas de muestreo para mamíferos, las cámaras trampa tienen limitaciones, mismas que pueden complementarse con el uso de trampas Tomahawk o Sherman para la evaluación de pequeños mamíferos, así como redes de niebla, para el estudio de los mamíferos voladores.

VIII. LITERATURA CITADA

- Albanesi**, Sebastián A, Jayat, J. Pablo, y Brown, Alejandro D. 2016. Patrones de actividad de mamíferos de medio y gran porte en el pedemonte de Yungas del noroeste argentino. *Mastozoología neotropical*, 23(2), 335-358.
- Amaya-Márquez**. 2016. Capítulo I: Polinización y Biodiversidad. en Nates Parra, G. (Iniciativa Colombiana de Polinizadores Capítulo Abejas).
- Anderson**, M. J., T. O. Crist, J. M. Chase, M. Vellend, B. D. Inouye, A. L. Freestone, N. J. Sanders, H. V. Cornell, L. S. Comita, K. F. Davies, S. P. Harrison, N. J. B. Kraft, J. C. Stegen y N. G. Swenson. 2011. Navigating the multiple meanings of β diversity: a roadmap for the practicing ecologist. *Ecology Letters* 14:19–28.
- Aranda**, M., Botello, F., y 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 de biodiversidad*, 83(3), 778-784.
- Aranda**, M., Botello, F., Martínez-Meyer, E., y Pineda, A. 2014. Primer registro de ocelote (*Leopardus pardalis*) en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala, Estado de México y Morelos, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85(4), 1300-1302.
- Arizmendi**, María y Márquez-Valdelamar, Laura. 2000. Áreas de importancia para la conservación de las aves en México.
- Armella** V, M. A., y Yáñez L, M. 2011. Mamíferos mexicanos en peligro de extinción. *Revista Digital Universitaria*, 12(1), 1-4.
- Backhans**, A., y Fellström, C. 2012. Rodents on pig and chicken farms- a potential threat to human and animal health. *Infection ecology & epidemiology*, 2(1), 17093.
- Badii**, M. H., Guillen, A., Rodríguez, C. E., Lugo, O., Aguilar, J., y Acuña, M. 2015. Pérdida de biodiversidad: causas y efectos. *Revista Daena (International Journal of Good Conscience)*, 10(2).

- Baev**, P. V. Y LD Penev. 1995. BIODIV: program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis.
- Balbuena-Serrano**, Á., Zarco-González, M. M., Carreón-Arroyo, G., Carrera-Treviño, R., Amador-Alcalá, S., y Monroy-Vilchis, O. 2022. Connectivity of priority areas for the conservation of large carnivores in northern Mexico. *Journal for Nature Conservation*, 65, 126116.
- Barragán**, S. C. A. 2007. “Recopilación de datos biofísicos y socioeconómicos de la Sierra de Zapalinamé”. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. 61
- Baselga**, A. 2010. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography* 19:134–143.
- Buckland**, S. T., Rexstad, E. A., Marques, T. A., y Oedekoven, C. S. 2015. Distance sampling: methods and applications (Vol. 431). New York, NY, USA: Springer.
- Burton**, A. C., Neilson, E., Moreira, D., Ladle, A., Steenweg, R., Fisher, J. T., ... y Boutin, S. 2015. Wildlife camera trapping: a review and recommendations for linking surveys to ecological processes. *Journal of Applied Ecology*, 52(3), 675-685.
- Caravaggi**, A., Banks, P. B., Burton, A. C., Finlay, C. M., Haswell, P. M., Hayward, M. W., ... y Wood, M. D. 2017. A review of camera trapping for conservation behaviour research. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 3(3), 109-122.
- Cárdenas Calle**, F. S. 2015. Ecología de polinización de *Oreocallis grandiflora* (Lam.) R. Br. (*Proteaceae*) en un matorral montano del sur del Ecuador (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay).
- Carrera-Treviño**, Rogelio, Martínez-García, Luis Fernando, y Lira-Torres, Iván. (2015). Primer registro de oso negro *Ursus americanus* (Carnivora: *Ursidae*) en un Bosque Tropical Subperennifolio en la Reserva de la Biosfera "El Cielo", Tamaulipas, México. *Therya*, 6(3), 653-660.

- Ceballos, G., J. Pacheco, y R. List.** 1999. Influence of prairie dogs (*Cynomys ludovicianus*) on habitat heterogeneity and mammalian diversity of Mexico. *Journal of Arid Environments* 41: 161-172.
- Ceballos, G. (Ed.)**. 2014. Mammals of Mexico. JHU press.
- Ceballos, G., y Ortega-Baes, P.** 2011. La sexta extinción: la pérdida de especies y poblaciones en el Neotrópico. Conservación biológica: perspectivas de Latinoamérica, 95-108.
- Chávez, C., A de la Torre, H. Bárcenas, R.A. Medellín, H. Zarza y G. Ceballos.** 2013. Manual de fototrampeo para estudio de fauna silvestre. El jaguar en México como estudio de caso. Alianza WWF-Telcel, UNAM, México.
- CONANP,** 2018. 100 años de conservación en México: Áreas Naturales Protegidas de México. SEMARNAT-CONANP. México. 634 p.
- CONANP,** 2020. Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2020-2024. CONANP.
- CONABIO,** Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza. 2018. La Biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado. CONABIO/ Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza
- CONAGUA-INEGI.** 2007. Mapa de Red Hidrográfica Digital de México Escala 1:250 000. CONAGUA. Dirección Local Coahuila. Subdirección Local de Asistencia Técnica Operativa.
- COPERES.** 2020. Prontuario climático de los municipios de la región sureste del estado de Coahuila. Consejo para la planeación estratégica de largo plazo de la región sureste del estado de Coahuila. Saltillo, Coahuila. 2020.
- Cortés-Marcial, M., y 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(4), 1433-1448.

- Crooks**, K. R. 2002. Relative Sensitivities of Mammalian Carnivores to Habitat Fragmentation. *Conservation Biology*, 16(2), 488-502.
- Cruz**, C. 2002. Estudio comparativo de la diversidad y la composición florística de cuatro fragmentos de bosque seco tropical en el norte del estado. Tesis para obtener el título de Ingeniero en Ecología. Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- Cruz-Jácome**, Oscar, López-Tello, Eva, Delfín-Alfonso, Christian Alejandro, y Mandujano, Salvador. 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.
- De la Cruz-Ramírez**, A., y Sánchez-Soto, S. 2016. Estructura poblacional de roedores plaga en caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en la Chontalpa, Tabasco, México. *Agroproductividad*, 9(7).
- De la Rosa Domínguez**, Y. (Tesis de Maestría) 2010. Factores para la disponibilidad a aportar económicamente por parte de usuarios urbanos del agua para la conservación de recursos hídricos: el caso de la sierra de Zapalinamé, Saltillo, Coahuila. El Colef. Baja California, México. P 150.
- Diario Oficial**. 1937. Decreto que declara Zona Protectora Forestal una porción de la serranía de Zapalinamé, en Saltillo, Coahuila. Departamento forestal y de caza y pesca. *Diario Oficial*. Órgano del gobierno constitucional de los Estados Unidos Mexicanos. México, D.F. Tomo C, No. 6, 12–13.
- Díaz-Pulido** A, Payán E. 2012. Manual de Fototrampeo: Una Herramienta de Investigación Para La Conservación de La Biodiversidad En Colombia. Bogotá DC: Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Panthera Colombia. 32 pp.
- Encina-Domínguez**, J. A. 2017. Riqueza florística y comunidades vegetales de la sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León.

- Encina-Domínguez, J. A., Castellón, E. E., Quintanilla, J. A. V., Villaseñor, J. L., Ayala, C. M. C., y Arévalo, J. R.** 2016. Floristic richness of the Sierra de Zapalinamé, Coahuila, Mexico. *Phytotaxa*, 283(1), 1-42.
- Encina, J.A.** 2017. Capítulo II: Situación Actual de la Vegetación de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México: Riqueza Florística y Comunidades Vegetales de la Sierra de Zapalinamé.
- Escobar-Flores, J., y Sandoval, S.** 2017. Uso de aguajes por el principal ungulado cinegético en Baja California, México. *AgroProductividad*, 10(5), 28-33.
- Escribano-Ávila, G., Pías C.B., Escudero A. A., y Virgós C. E.** 2015. Importancia ecológica de los mamíferos frugívoros en la dinámica de regeneración de tierras abandonadas en ambientes mediterráneos: *Ecosistemas*, 24(3), 35-42.
- Espadas, R. D., y Guiascón, Ó. R.** 2017. Uso medicinal de la fauna silvestre por comunidades mayas, en la región de Los Chenes, Campeche, México. *Etnobiología*, 15(2), 68-83.
- Espinosa, D., Ocegueda, S., Aguilar, C., Flores, O., Llorente-Bousquets, J., y Vázquez.** 2008. El conocimiento Biogeográfico de las especies y su regionalización natural. En: Conabio. Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO.
- Espinosa-Martínez, D. V., Ríos-Muñoz, C. A., González-Ruiz, N., Ramírez-Pulido, J., León-Paniagua, L., y Arroyo-Cabrales, J.** 2016. Mamíferos de Coahuila. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Época)*, 6(2), 1-28.
- Estrada-Portillo, D. S., Rosas Rosas, O. C., Parra Inzunza, F., Guerrero Rodríguez, J. D. D., y 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.
- Flores-Armillas, Victor Hugo, Gallina, Sonia, García Barrios, José Raúl, Sánchez-Cordero, Víctor, y Jaramillo Monrroy, Fernando.** 2011. Selección de hábitat por el venado cola blanca *Odocoileus virginianus mexicanus* (Gmelin, 1788) y su

densidad poblacional en dos localidades de la región centro del Corredor Biológico Chichinautzin, Morelos, México. *Therya*, 2(3), 263-277.

Foster, R. J., y Harmsen, B. J. 2012. A critique of density estimation from camera-trap data. *The Journal of Wildlife Management*, 76(2), 224-236.

Gallina-Tessaro, S., & Mandujano, S. 2009. Research on ecology, conservation and management of wild ungulates in Mexico. *Tropical Conservation Science*, 2(2).

Gallina-Tessaro, S., y López González, C. 2011. Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Universidad Autónoma de Querétaro e Instituto de Ecología, AC México. 390p.

García-Aguilar, M. C. 2012. Monitoreo de la población de perros ferales en la Isla de Cedros, Baja California, y las amenazas a la mastofauna nativa. *Acta zoológica mexicana*, 28(1), 37-48.

García, A. D. M., y Rosales, A. A. 2015. Registros recientes de jaguar (*Panthera onca*) en el estado de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Época)*, 5(2), 66-72.

García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köeppen. 5 ed. Instituto de Geografía-UNAM: Serie Libros. México. 50 p.

Gil, R. A. P., y Guiascón, O. G. R. 2012. Uso de la fauna silvestre en la comunidad Maya Villa de Guadalupe, Campeche, México. *Etnobiología*, 10(2), 1-11.

Gómez, N., y Cochero, J. 2013. Un índice para evaluar la calidad del hábitat en la Franja Costera Sur del Río de la Plata y su vinculación con otros indicadores ambientales. *Ecología austral*, 23(1), 18-26.

González, C. V. 2018. Fauna silvestre en Colombia: entre la ilegalidad y las oportunidades del comercio internacional en la CITES. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (55), 128-145.

- González, G. J. C., y Arroyo-Cabrales, J.** 2012. Lista Actualizada de los mamíferos de México 2012. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Época)*, 2(1), 27-80.
- Guiascón, Ó. G. R., y Lorenzo, C.** 2016. Valor cinegético y cultural del venado cola blanca en México. *Etnobiología*, 14(3), 60-70.
- Juárez-Casillas, L. A., Varas, C., y Cervantes, F. A.** 2013. Análisis filogenético del linaje evolutivo del oso negro (*Ursus americanus*) de México. *Therya*, 4(3), 467-484.
- Hernández-Pérez, E., Reyna-Hurtado, R., Castillo V. G., Sanvicente L. Mauro, y Moreira-Ramírez, J.F.** 2015. Fototrampeo de mamíferos terrestres de talla mediana y grande asociados a petenes del noroeste de la península de Yucatán, México. *Therya*, 6(3), 559-574
- Hoogesteijn, R.** 2003. Manual sobre problemas de depredación causados por jaguares y pumas en hatos ganaderos. Wildlife Conservation Society, New York, EE.UU.
- Huston, M. A., y Huston, M. A.** 1994. Biological diversity: the coexistence of species. Cambridge University Press.
- INEGI**, 2018. Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación. Escala 1:250 000. Serie VII. Conjunto Nacional 2018 <https://www.inegi.org.mx/temas>
- Koleff, P., K. Gaston y J. Lennon.** 2003. Measuring beta diversity for presence–absence data. *Journal of Animal Ecology* 72:367–382.
- Levi, T., y Wilmers, C. C.** 2012. Wolves–coyotes–foxes: a cascade among carnivores. *Ecology*, 93(4), 921-929.
- Llerena C, C.** 2020. ¿Cuál es el resultado de las concesiones para la conservación?: análisis de los monitoreos de mamíferos mayores en los años siguientes al establecimiento de la Concesión para Conservación Los Amigos (2005-2008 y 2015-2017), Madre de Dios.
- López, A. G., Guajardo, D. C., y Chávez, C.** 2021. Evaluación de la presencia de perros (*Canis lupus familiaris*) en el Parque Nacional Desierto de los Leones y su posible

amenaza a los mamíferos nativos. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Época)*, 11(2), 22-32.

López, N. M. 2020. Fototrampeo de mamíferos medianos y grandes durante el periodo de cuarentena -aislamiento social por la pandemia del COVID-19- en el Sector San Alberto del Parque Nacional Yanachaga Chemillén, Perú. *Notas Sobre Mamíferos Sudamericanos*, 2.

Luna-Plascencia, R., Castañón B. A., & Raz-Guzmán, A. 2011. La biodiversidad en México: su conservación y las colecciones biológicas. *Ciencias*, 101(101).

Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton university press.

Manzano-García, J., y Martínez, G. J. 2017. Percepción de la fauna silvestre en áreas protegidas de la provincia de Córdoba, Argentina: un enfoque etnozoológico. *Etnobiología*, 15(2), 32-45.

Marínes-Gómez S.C. 2018. El aguaje, Programa Especial de Manejo. PROFAUNA A.C.

Márquez, R., y Goldstein, I. 2014. Manual para el reconocimiento y evaluación de eventos de depredación de ganado por carnívoros silvestres. Wildlife Conservation Society Colombia. Santiago de Cali.

McAleece, N. 1997. Biodiversity pro.

<http://www.sams.ac.uk/research/software/research/software/bdpro.zip>

Medrano Nájera, R., Ramírez Pinero, M., y Guevara Sada, S. 2014. Una mirada a la dispersión de semillas en las excretas de mamíferos.

Meganck, R. A., y Carrera, J. 1981. Plan de manejo para el uso múltiple del cañón de San Lorenzo (No. AS 50221; 333.70972 F699). UAAAN, Coahuila, México, OEA, Coahuila México.

Meléndez, V., Santos, J. B. C., y Salas, C. I. S. 2020. Polinización y polinizadores amenazados en desaparecer. *Bioagrocencias*, 13(2).

- Méndez-Carvajal, P.** 2013. Estudio de diversidad de mamíferos en cuatro hábitats de transición asociados a una plantación de teca (*Tectona grandis*) dentro de la cuenca del canal de Panamá, las Pavas, Chorrera, Panamá. *Tecnociencia*, 14(2), 55-83.
- Monroy-Vilchis, O., Zarco-González, M., Rodríguez-Soto, C., Soria-Díaz, L., y Urios, V.** 2011. Fototrampeo de mamíferos en la Sierra Nanchititla, México: abundancia relativa y patrón de actividad. *Revista de Biología Tropical*, 59(1), 373-383.
- Mooring, M. S., y Eppert, A. A.** 2022. Patrones de actividad circadiana y lunar del jaguar y el puma en relación con sus presas y competidoras (*Carnivora: Felidae*). *UNED Research Journal*, 14(S1).
- Mora, J. M., y Solano-Gomez, R.** 2022. Economic impact of wildlife predation on domestic animals in the Alberto Brenes Biological Reserve buffer zone, Costa Rica. *UNED Research Journal*, 14(1), e4007.
- Moreno, C. E.** 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Volumen 1. Manuales y tesis SEA. Zaragoza 84 p.
- Mosquera-Guerra, F., Trujillo, F., Díaz-Pulido, A.P., y Mantilla-Meluk, H.** 2018. Diversidad, abundancia relativa y patrones de actividad de los mamíferos medianos y grandes, asociados a los bosques riparios del río Bitá, Vichada, Colombia. *Biota colombiana*, 19(1), 202-218.
- Muñoz, J.** 2017. Regeneración Natural: Una revisión de los aspectos ecológicos en el bosque tropical de montaña del sur del Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 7(2).
- Navarro, E.** 2005. Abundancia relativa y distribución de los indicios de las especies de mamíferos medianos en dos coberturas vegetales en el Santuario de Flora y Fauna Otún Quimbaya, Pereira, Colombia. Tesis de Posgrado. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Bogotá, Colombia.
- Nichols, J.D., O'Connell A.F., Karanth K.U.** 2011. Camera Traps in Animal Ecology and Conservation: What's Next? In: O'Connell A.F., Nichols J.D., Karanth K.U.

- O'Brien**, T. G. 2011. Abundance, density and relative abundance: a conceptual framework. In Camera traps in animal ecology (pp. 71-96). Springer, Tokyo.
- Ojasti**, J. 2010. En: M., Guerra M. Calmé, S. Gallina S. y E. Naranjo (eds.), Uso y manejo de fauna silvestre en el norte de Mesoamérica. Veracruz. Instituto de Ecología INECOL.
- Ospina-Pinto**, C., Rincón-Pardo, M., Soler-Tovar, D., y Hernández-Rodríguez, P. 2017. Papel de los roedores en la transmisión de *Leptospira spp.* en granjas porcinas. Revista de Salud Pública, 19, 555-561.
- Øyvind**, Hammer. 2022. Paleontological STatistics Version 4.10. <https://www.nhm.uio.no>
- Peña-Mondragón**, J. L., y Castillo, A. 2013. Depredación de ganado por jaguar y otros carnívoros en el noreste de México. *Therya*, 4(3), 431-446.
- Pérez-Gil**, R. Jaramillo F, Muñiz A, Torres M. 1996. Importancia Económica de los Vertebrados Silvestres de México. CONABIO. México, D.F.
- Periódico Oficial** 1996. Decreto del Área Natural Protegida, con Carácter de Zona Sujeta a Conservación Ecológica, un Área de la Serranía conocida como Zapalinamé. Periódico Oficial del Gobierno del estado de Coahuila. Saltillo, Coahuila, México. Tomo CIII, No. 83.
- Periódico Oficial**. 2017. DECRETO por el cual se modifica la categoría del Área Natural Protegida con el carácter de Zona Sujeta a Conservación Ecológica, un Área de la Serranía conocida como Zapalinamé, publicada en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado el 15 de octubre de 1996, para quedar como Reserva Natural Estatal un Área de la Serranía conocida como Zapalinamé. Periódico Oficial del Gobierno del estado de Coahuila. Saltillo, Coahuila, México. TOMO CXXIV.
- PNUMA**. Anuario 2010. Kenia. 2011.
- PROFAUNA**, Protección de la Fauna Mexicana. 2017. Programa Operativo Reserva Natural Estatal Sierra de Zapalinamé 2018-2022. Saltillo, Coahuila.

- Ramírez-Martínez, M. M., Iñiguez-Dávalos, L. I., e Ibarra-López, M. P.** 2014. Carnívoros del área de protección de flora y fauna sierra de Quila, Jalisco. *Therya*, 5(2), 437-448.
- Ramírez-Pulido, J. y A. Castro-Campillo.** 1990. Bibliografía reciente de los mamíferos de México: 1984/1988. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.
- Ramírez-Pulido J., N. González-Ruiz y A.J Contreras-Balderas.** 2018. Mamíferos. En: La Biodiversidad en Coahuila. Estudio del Estado, vol II. CONABIO/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México, pp 411-417
- Ramírez-Pulido, J., N. González-Ruiz, A.L. Gardner y J. Arroyo-Cabrales.** 2014. List of recent land mammals of Mexico, 2014. Special Publications, The Museum of Texas Tech University, 63:1-69.
- RUOA.** Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos, UAAAN.
- Retana-Guiascón, O. G.** 2006. Fauna silvestre de México. Aspectos históricos de su gestión y conservación. México. FCE. Universidad Autónoma de Campeche. ISBN: 968-168-1223. 211 p.
- Roberts, C.W., B.L. Pierce, A.W. Braden, R.R. López, N.J. Silvy, P.A. Frank y D. Ranzom.** 2006. Comparison of camera and road survey estimates for white-tailed deer. *J. Wildlife Manage.* 70: 263-267.
- Rovero, F., Zimmermann, F., Berzi, D., y Meek, P.** 2013. "Which camera trap type and how many do I need?" A review of camera features and study designs for a range of wildlife research applications. *Hystrix*.
- Rumiz, D. I.** 2010. Roles ecológicos de los mamíferos medianos y grandes. Distribución, ecología y conservación de los mamíferos medianos y grandes de Bolivia, 2, 53-73.
- Rzedowski, J.** 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana*, 14, 3–21

- Salazar O., C. A.** 2019. Impacto de la fauna silvestre en la producción de maíz amarillo (*Zea mays*) en la reserva de biósfera del manu comunidad de Lucuybamba–Cusco 2018.
- Salinas-Camarena, M. A.** 2015. Ecología del oso negro (*Ursus americanus*) en el noroeste del Parque Nacional Cumbres de Monterrey, Nuevo León, México. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Sánchez-Cordero, V., Botello, F., Flores-Martínez, J. J., Gómez-Rodríguez, R. A., Guevara, L., Gutiérrez-Granados, G., y Rodríguez-Moreno, Á.** 2014. Biodiversity of Chordata (*Mammalia*) in Mexico. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85, S496-S504.
- Sánchez-Rojas G, Aguilar-Miguel C, Hernández-Cid E.** 2009. Estudio poblacional y uso de hábitat por el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en un bosque templado de la Sierra de Pachuca, Hidalgo, México. *Tropical Conservation Science*.
- Sarukhán, J., Koleff, P., Carabias, J., Soberón, J, Dirzo, R., Llorente-Bousquets, J., Halffter, G., González, R., March, I., Mohar, A., Anta, S., y de La Maza, J.** 2009. Capital Natural de México: Conocimiento actual, evaluación y perspectivas de Sustentabilidad. Síntesis. México, D.F.: CONABIO.
- SEMA** (Secretaría de Medio Ambiente). 2012. Programa Estatal de Medio Ambiente 2011-2017 Coahuila de Zaragoza. Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, Secretaría de Medio Ambiente.
- Semarnat.** Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental y Crecimiento Verde. Edición 2015. México. 2016
- SEMARNAT – CONANP.** Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2009. Programa de Acción para la Conservación de la Especie: Berrendo (*Antilocarpa americana*). México.

- Sergeyev, M., Richards, K. A., Ellis, K. S., Hall, L. K., Wood, J. A., y Larsen, R. T.** 2020. Behavioral differences at scent stations between two exploited species of desert canids. *Plos one*, 15(5).
- Shannon, C. E., y Weaver, W.** 1949. The mathematical theory of communication. Univ.
- Simpson, E. H.** 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163(4148), 688-688.
- Sosa-Escalante, J. E., Sánchez-Rojas, G., Briones-Salas, M., Hortelano-Moncada, Y., y Magaña-Cota, G.** 2016. Riqueza y conservación de los mamíferos mexicanos con una visión estatal. *Riqueza y Conservación de los Mamíferos en México a Nivel estatal*, 23-3.
- Stoner, K.E. y M. Henry.** 2009. Seed dispersal and frugivory in tropical ecosystems. International Commission on Tropical Biology and Natural Resources, Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS).
- Tobler, M. W., Zúñiga Hartley, A., Carrillo-Percastegui, S. E., y Powell, G. V.** 2015. Spatiotemporal hierarchical modelling of species richness and occupancy using camera trap data. *Journal of Applied Ecology*, 52(2), 413-421.
- Trolle, M. y M. Kéry.** 2003. Estimation of ocelot density in the Pantanal using capture–recapture analysis of camera–trapping data. *Journal of Mammalogy* 84: 607–614.
- Trolliet, F., Vermeulen, C., Huynen, M. C., y Hambuckers, A.** 2014. Use of camera traps for wildlife studies: a review. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 18(3).
- Tuomisto, H.** 2011. Do we have a consistent terminology for species diversity? Yes, if we choose to use it. *Oecologia*. *Oecologia* 167:903–911.
- UAAAN, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.** 1998. Programa de manejo de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica “Sierra de Zapalinamé”. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

- Ulrich, D. H., M. Almeida-Neto y N. J. Gotelli.** 2009. A consumer's guide to nestedness analysis. *Oikos* 118:3–17.
- Valdés, C. M., Terry, E. A., Villarreal, A. A., y Niño, D. A.** 2013. Historias de protección y depredación de los recursos naturales en el Valle de Saltillo y la Sierra de Zapalinamé. 189 p.
- Van Wyk, A. E., y Smith, G. F.** 2001. Regions of floristic endemism in southern Africa: a review with emphasis on succulents. Umdaus press.
- Vargas, R., O.** 2011. Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. *Acta Biológica Colombiana*, 16(2), 221-246.
- Vellend, M.** 2001. Do commonly used indices of β -diversity measure species turnover? *Journal of Vegetation Science* 12:545–552.
- WCPA, I.** 2012. Parks. *The international journal of protected areas and conservation*, 18(1).
- Webster, S. C., y Beasley, J. C.** 2019. Influence of lure choice and survey duration on scent stations for carnivore surveys. *Wildlife Society Bulletin*, 43(4), 661-668.
- Whittaker, R. H.** 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs* 30:279–338.
- Whittaker, R. H.** 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21(2-3), 213-251.
- WWF.** 2020. Informe Planeta Vivo 2020: Revertir la curva de la pérdida de biodiversidad. Resumen. Almond, R.E.A., Grooten M. y Petersen, T. (Eds). WWF, Gland, Suiza.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Fauna silvestre de la Clase Mammalia observados en las cámaras de captura.

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común
Artiodactyla	Cervidae	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado de cola blanca
	Tayassuidae	<i>Pecari tajacu</i>	Pecarí de collar
Carnivora	Canidae	<i>Canis familiaris</i>	Perro feral
		<i>Canis latrans</i>	Coyote
		<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris
	Felidae	<i>Lynx rufus</i>	Gato montés
		<i>Puma concolor</i>	Puma
	Mephitidae	<i>Conepatus leuconotus</i>	Zorrillo de espalda blanca norteño
		<i>Mephitis macroura</i>	Zorrillo listado sureño
	Mustelidae	<i>Taxidea taxus</i>	Tlalcoyote, Tejón
	Procyonidae	<i>Bassariscus astutus</i>	Cacomixtle
		<i>Nasua narica</i>	Coatí
		<i>Procyon lotor</i>	Mapache
Ursidae	<i>Ursus americanus</i>	Oso negro	
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache norteño
Lagomorpha	Leporidae	<i>Lepus californicus</i>	Liebre cola negra
		<i>Sylvilagus audubonii</i>	Conejo del desierto
		<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo serrano
Rodentia	Cricetidae	<i>Reithrodontomys megalotis</i>	Ratón cosechero común
	Sciuridae	<i>Otospermophilus variegatus</i>	Ardillón de roca
		<i>Sciurus alleni</i>	Ardilla de Nuevo León

Anexo 2. Memoria fotográfica



Figura 7. Fotografía de oso negro (*Ursus americanus*) en el Manto de la virgen



Figura 8. Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en el bosque de pino



Figura 9. Captura en el atardecer de un ejemplar de zorra (*Urocyon cinereoargenteus*) en Manto de la Virgen



Figura 10. Ejemplar de venado cola blanca en las áreas de pastizal cerca del ejido Cuauhtémoc



Figura 11. Captura de venado cola blanca en el bosque de pino piñonero



Figura 12. Captura de un ejemplar de un gato montés (*Lynx rufus*) en el Cañon de Cuauhtémoc



Figura 13. Coyote (*Canis latrans*) en el paraje La Sabanilla, con vegetación de bosque de pino

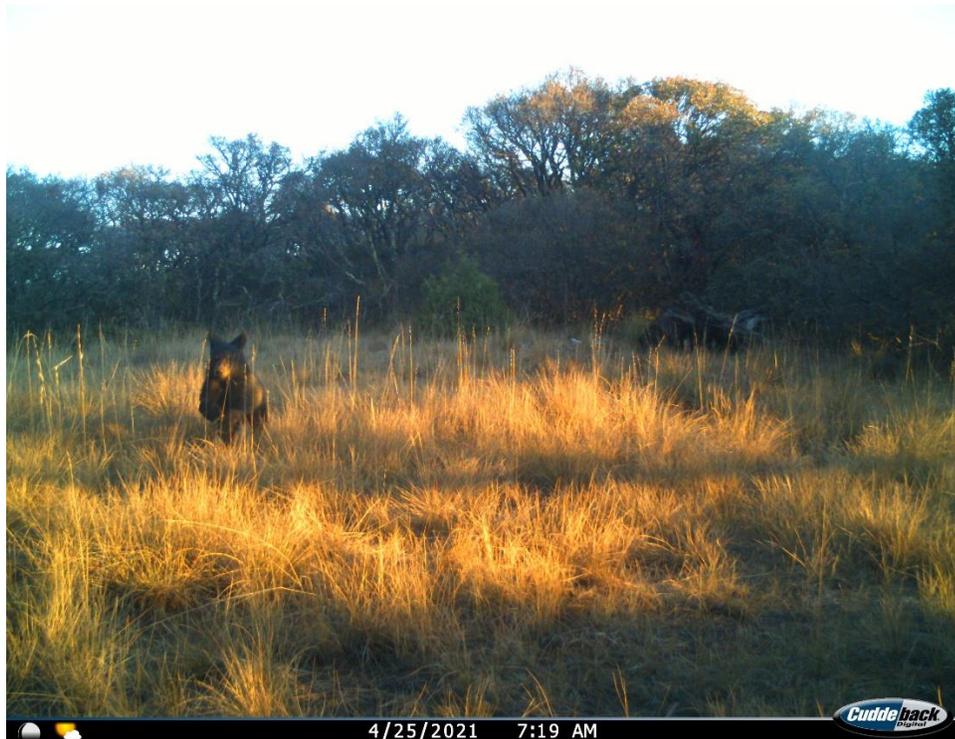


Figura 14. Oso negro (*Ursus americanus*) en el Penitente a 3100 msnm