

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Distribución del Oso Negro en la Sierra de Zapalinamé,
en el Sureste de Coahuila, México

Por:

CELESTINO PACHECO CORTÉS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Distribución del Oso Negro en la Sierra de Zapalinamé,
en el Sureste de Coahuila, México

Por:

CELESTINO PACHECO CORTÉS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título profesional de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Dra. Michelle Ivonne Ramos Robles

Asesor Principal

Dr. José Antonio Hernández Herrera

Coasesor

Dra. Silvia Yudith Martínez Amador

Coasesor

Dr. Alberto Sandoval Rangel

Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2024

Derechos de Autor y Declaración de No Plagio

Todo material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor de los Estados Unidos Mexicanos, y pertenece al autor principal quien es el responsable directo y 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, gráficas, 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 el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo no ha sido previamente presentado en ninguna otra institución educativa, organización, medio público o privado.

Autor Principal

Asesor Principal



Celestino Pacheco Cortes



Dra. Michelle Ivonne Ramos Robles

DEDICATORIA

A mi padre Humberto Pacheco Gallardo hasta el cielo mi querido "Viejo"

A mi madre querida Zita María Cortés Jiménez.

¡Gracias! por haberme inculcado buenos valores y principios y poder formarme como un mejor ciudadano, por guiarme en el transcurso de mis estudios, por apoyarme incondicionalmente durante este proceso de mi carrera profesional.

Mis hermanos Ofelia Pacheco Cortés, Efraín Pacheco Cortés por haberme apoyado y motivado a seguir con mis estudios y propósitos, por sus consejos y por guiarme en el transcurso de mi estancia en la Universidad.

A mis tíos en especial a mi tío Arq. Juan Pacheco Gallardo por sus consejos y por su apoyo motivacional para seguir adelante y no rendirme.

A mis tías Natalia Pacheco Gallardo, Crecencia Pacheco Gallardo, María Pacheco Gallardo por sus consejos de seguir preparándome para tener un mejor futuro y ser un buen profesionalista.

AGRADECIMIENTOS

A mi ALMA MATER la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por permitirme seguir con mis estudios y formarme como un profesional en el campo de la agronomía y biología.

Al Dr. José Antonio Hernández Herrera por permitirme trabajar en su proyecto, por guiarme y apoyarme en la elaboración y seguimiento de la tesis.

A la Dra. Michelle Ivonne Ramos Robles por apoyarme en el tema de tesis, las materias que me impartió y los conocimientos que me brindó acerca del tema.

A la Dra. Silvia Yudith Martínez Amador, por brindarme los conocimientos necesarios para la elaboración y ejecución del proyecto de tesis, por su

*amabilidad y por las materias que me impartió durante mi estancia en la
universidad.*

*A mis amigos Enoc, Abimael les doy infinitas gracias por estar en las buenas
y malas, y por brindarme su amistad.*

Al Departamento de Recursos Naturales

Al Departamento de Botánica

A todos los colaboradores del Proyecto de Tesis

"ALMA TERRA MATER"

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS	1
ÍNDICE DE FIGURAS	2
I. INTRODUCCIÓN.....	5
II. OBJETIVOS.....	7
2.1 General	7
2.1.1 Específicos	7
III. REVISIÓN DE LITERATURA	8
3.1. Biodiversidad de México	8
3.1.1. Mamíferos de Coahuila	9
3.2. Descripción de la especie de Oso negro (<i>Ursus americanus</i>)	10
3.2.1. Población de la especie de Oso negro (<i>Ursus americanus</i>)	12
3.2.2. Distribución y Hábitat del Oso negro.....	13
3.2.3. Estado de conservación del Oso negro	14
3.2.4. Comportamiento del Oso negro	15
3.2.5. Alimentación y nutrición estacional	15
3.2.6. Amenaza del Oso negro (<i>Ursus americanus</i>)	16
3.3. Áreas Naturales Protegidas	17
3.3.1. Reserva Natural Estatal Sierra de Zapalinamé	19
3.3.2. Historia.....	19
3.3.3. Ubicación	19
3.3.4. Importancia	21
3.3.5. Caracterización ecológica	21
3.3.6. Situación actual de los mamíferos en Zapalinamé.....	22
3.4. Técnicas de estudio de mamíferos.....	22
3.4.1. Transectos lineales	22
3.4.2. Estaciones olfativas	23
3.4.3. Fototrampeo.....	23
3.5. Generalidades de la Interpolación.....	24
3.5.2. Técnicas de interpolación	25
3.5.3. Kriging.....	26
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	28
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35

VI.	CONCLUSIONES.....	45
VII.	LITERATURA CITADA.....	46
VIII.	ANEXOS	55

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Nombre y ubicación de los sitios donde se colocaron las cámaras.....	33
Cuadro 2. Cantidad de osos capturados, observados y muertos (SEMA, 2024).	39
Cuadro 3. Áreas afectadas por incendio y la presencia de ejemplares de oso negro americano (<i>Ursus americanus</i>).	43
Cuadro 4. Datos de los incendios del periodo 2022.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplar de Oso negro (<i>Ursus americanus</i>).....	10
Figura 2. Ubicación de las Áreas Naturales Protegidas en México.....	18
Figura 3. Áreas Naturales del Estado de Coahuila.	20
Figura 4. Ubicación de la Sierra de Zapalinamé (Elaboración propia).	29
Figura 5. Ubicación de las cámaras en la Reserva Natural Estatal Sierra de Zapalinamé	31
Figura 6. Cámara Reconyx Hyperfire y equipo receptor GPS e-trex de Garmin usado en el trabajo de campo.....	32
Figura 7. Herramienta de Análisis Geo estadístico de ArcMap versión 10.5 (interpolación Kriging).	34
Figura 8. Número de avistamiento de oso negro (<i>Ursus americanus</i>) por estación de fototrampeo en diferentes parajes de la Sierra Zapalinamé.....	36
Figura 9. Altitud expresada en metros sobre el nivel del mar (msnm) de cada paraje de la Sierra de Zapalinamé.	37
Figura 10. Capturas, Avistamientos y Decesos de <i>Ursus americanus</i> comprendidas durante el periodo 2012-2023.	40
Figura 11. Áreas afectadas por el incendio dentro del polígono que abarca la Sierra Zapalinamé (Elaboración propia).	41
Figura 12. Presencia de osos y puntos ubicados de los incendios en la Sierra Zapalinamé (Elaboración propia).	42
Figura 13. Captura de oseznos de <i>Ursus americanus</i> aproximadamente de 6-8 meses de edad.	55
Figura 14. Deceso de oso negro (<i>Ursus americanus</i>) probablemente por atropellamiento.....	55
Figura 15. Osezno de <i>Ursus americanus</i> en la Sierra Zapalinamé.	56
Figura 16. Avistamiento de oso negro por medio del fototrampeo en la Sierra Zapalinamé.	56
Figura 17. Incendio forestal dentro de las zonas de la Sierra Zapalinamé en el año 2022.	57

RESUMEN

El oso negro americano (*Ursus americanus*) es una especie de mamífero con la mayor talla en el norte del país. México ocupa el tercer lugar a nivel mundial en cuanto al número de mamíferos. Actualmente el oso negro está catalogado en peligro de extinción por la NOM-059-SEMARNAT-2010 y por ello se han desarrollado proyectos de investigación, monitoreo y actividades de conservación para dicha especie. En el sureste de Coahuila se ha generado un conflicto entre productores agropecuarios y la presencia de osos debido a los daños que estos causan en los cultivos y la depredación de animales domésticos. Como resultado, algunas personas optan por matar a los osos que se acercan a sus propiedades. Este estudio tiene como objetivo evaluar la distribución del oso negro en la sierra Zapalinamé el estado actual del oso negro en la Sierra de Zapalinamé y estimar el número de individuos en las zonas con mayor frecuencia de avistamiento. Se utilizó la técnica de fototrampeo para el registro de presencia de *U. americanus* y el programa ArcMap Versión 10.5 para el mapeo y ubicación de zonas con mayor abundancia de individuos. Los parajes Prado Grande y Cañón de Santa Rosa tuvieron mayor presencia de individuos en comparación con los parajes La encantada y Los Álamos, esto debido a variaciones en la altitud y en el ambiente donde se sitúa la especie. La técnica de fototrampeo fue un método muy práctico y eficiente para el estudio y análisis de *Ursus americanus*.

Palabras clave: Abundancia, Conflicto, Conservación, Mamífero

ABSTRACT

The American black bear (*Ursus americanus*) is a species of mammal with the largest size in the north of the country. Mexico ranks third in the world in terms of the number of mammals. Currently, the black bear is listed as endangered by NOM-059-SEMARNAT-2010 and therefore research projects, monitoring and conservation activities have been developed for this species. In the southeast of Coahuila, a conflict has arisen between agricultural producers and the presence of bears due to the damage they cause to crops and the predation of domestic animals. As a result, some people choose to kill bears that approach their properties. This study aims to evaluate the distribution of the black bear in the Zapalinamé mountain range, the current status of the black bear in the Zapalinamé mountain range and to estimate the number of individuals in the areas with the highest frequency of sightings. The photo-trapping technique was used to record the presence of *U. americanus* and the ArcMap Version 10.5 program for mapping and locating areas with greater abundance of individuals. The Prado Grande and Cañón de Santa Rosa sites had a greater presence of individuals compared to the La Encantada and Los Álamos sites, due to variations in altitude and the environment where the species is located. The photo-trapping technique was a very practical and efficient method for the study and analysis of *Ursus americanus*.

Keywords: abundance, conflict, conservation, mammal

I. INTRODUCCIÓN

México es considerado como un país con una enorme riqueza biológica, y está posicionado en el tercer lugar a nivel mundial en cuanto a diversidad de mamíferos terrestres, con un total de 564 especies según datos de diversos autores (Canche y Solares, 2018). Esto se debe a una variedad de factores que incluye la topografía, la posición geográfica, la historia geológica, la diversidad genética y heterogeneidad de hábitats (Ceballos y Navarro, 1991). Entre las especies de mamíferos terrestres destaca el oso negro americano (*Ursus americanus*), reconocido como el carnívoro de mayor tamaño en el país. Sin embargo, debido a su amplio ámbito hogareño y su amplia adaptabilidad a hábitats con abundante disponibilidad de recursos, como alimento y refugio, se le asocia principalmente con ambientes característicos de sistemas montañosos dentro de su rango de distribución (Garshelis *et al.*, 2016; Navarro-Serment, 2016).

El oso negro americano posee una notable adaptabilidad tanto en bosques de coníferas como en bosques de latifoliados. Sin embargo, estos tipos de vegetación son altamente vulnerables a diversos factores de riesgo ambiental presentes en las zonas donde habitan, tales incendios forestales, cambios en el uso de suelo, deforestación y los efectos actuales del cambio climático (Monroy- Vilchis *et al.*, 2016). En el caso del oso negro americano de Coahuila, México, se han generado importantes conflictos a nivel poblacional, ya que estos grandes mamíferos son clave para mantener el equilibrio dentro de los ecosistemas montañosos (Gavito-Pérez *et al.*, 2012).

La información sobre la distribución del oso negro en el país, y específicamente en el estado de Coahuila es limitada. Sin embargo, diversos estudios han abordado la pérdida de su rango de distribución. Según estimaciones recientes, se ha registrado una disminución del 80 % en la población del oso negro americano en el noreste del país, atribuida principalmente a la caza y al envenenamiento por parte de productores agropecuarios (Delfín-Alfonso *et al.*, 2012).

El presente estudio se centra en el monitoreo de oso negro americano (*Ursus americanus*) en la Sierra de Zapalinamé, al sur de Coahuila, México. Con el objetivo de estimar su población y distribución de la especie, además, de analizar los factores ambientales que provocan su desplazamiento hacia sitios más favorables para su supervivencia. Para ello se emplean técnicas no invasivas de muestreo y se generan mapas mediante programas como el ArcGIS, con el propósito de estimar de una manera más precisa el avistamiento de ejemplares en los parajes de la Sierra de Zapalinamé.

II. OBJETIVOS

2.1 General

Evaluar la distribución actual del oso negro en la Sierra de Zapalinamé, en el sureste de Coahuila, México.

2.1.1 Específicos

1. Estimar la población de oso negro en la Sierra de Zapalinamé, en el sureste de Coahuila, México.
2. Identificar las áreas de mayor presencia de ejemplares de oso negro en la Sierra de Zapalinamé, en el sureste de Coahuila, México.
3. Identificar las áreas de mayor afectación por incendios forestales en la Sierra de Zapalinamé, en el sureste de Coahuila, México.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Biodiversidad de México

México es considerado uno de los países con mayor diversidad biológica, formando parte del grupo de naciones megadiversas que albergan cerca del 70% de la diversidad mundial de especies, incluyendo anfibios, reptiles, aves, mamíferos y plantas vasculares (CONABIO, 2023). El principal criterio para pertenecer a este grupo es el endemismo. Para que un país sea considerado como megadiverso debe albergar al menos 5,000 especies endémicas de plantas y animales (CONABIO, 2023).

La riqueza biológica de México está influenciada por factores como su ubicación geográfica, topografía, variedad de climas. Además, el país se encuentra en una zona de transición entre dos grandes regiones biogeográficas la Neártica y la Neotropical lo que favorece la diversidad genética de especies (Sánchez *et al.*, 2007). El endemismo que se refiere a especies que habitan exclusivamente en una región biogeográfica específica es una característica clave de la biodiversidad. En México las áreas con mayor endemismo se encuentran principalmente en las zonas montañosas y los desiertos (Medina-Macias *et al.*, 2010).

El número de especies reportadas varían según el autor y año de publicación. Por ejemplo, Ramírez-Pulido *et al.*, (2005) reportaron 475 especies de mamíferos terrestres;

Wilson y Reeder (2005) documentaron 489 especies, mientras que Ceballos y Oliva (2005) reportaron 525 especies de mamíferos. Además, trabajos como el de Torres *et al.*, (1999); Ramírez-Pulido *et al.*, (2005); Ceballos y Oliva, (2005); Wilson y Reeder, (2005) registraron en conjunto 564 especies de mamíferos para México incluyendo especies marinas, estas variaciones se deben principalmente a la eliminación de sinonimias y a la descripción de nuevas especies (Tejedor, 2005; Reeder *et al.*, 2007).

3.1.1. Mamíferos de Coahuila

En México la mastofauna se caracteriza por ser una de la más diversa a nivel mundial, con 544 especies nativas representadas por 202 géneros, 46 familias y 13 órdenes, siendo el más representativo Rodentia con 246 especies (Ceballos, 2014). Según Ramírez *et al.*, (2018) la mastofauna de Coahuila está constituida por 126 especies agrupadas en 69 géneros, 25 familias y 8 órdenes entre los cuales destaca Rodentia, Chiroptera y Carnivora. Además, el estado alberga 19 especies endémicas de México y algunas se encuentran en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

En Coahuila, se tiene registro de aproximadamente 83 especies distintas, incluyendo 15 registros con más de una subespecie, tales como: coyote (*Canis latrans*), lince rojo (*Lynx rufus*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), tuza cara amarilla (*Cratogeomys castanops*), tuza norteña (*Thomomys bottae*), rata canguro de Merriam (*Dipodomys merriami*), rata canguro común (*Dipodomys ordii*), ratón de abazones crespo (*Chaetodipus hispidus*), ratón de abazones de Nelson (*Chaetodipus nelsoni*), ratón de cactus (*Peromyscus eremicus*), ratón tobillo blanco (*Peromyscus pectoralis*), ratón

cosechero leonado (*Reithrodontomys fulvecens*), ratón cosechero común (*Reithrodontomys megalotis*), liebre de california (*Lepus californicus*) y conejo serrano (*Sylvilagus floridanus*) (Ramírez-Pulido *et al.*, 2014).

3.2. Descripción de la especie de Oso negro (*Ursus americanus*)



Figura 1. Ejemplar de Oso negro (*Ursus americanus*).

Obtenido de <https://static.inaturalist.org/photos/307636014/original.jpg>

Clasificación taxonómica de la especie (Hall, 1981)

Phylum: Chordata
Clase: Mammalia
Orden: Carnivora
Suborden: Fissipedia

Familia: Ursidae

Subfamilia: Ursinae

Género: *Ursus*

Especie: *americanus* (Pallas, 1780)

Subespecies en México:

U. a. machetes (Elliot, 1903)

U. a. eremicus (Merriam, 1904)

Algunos autores consideran que, en México, solo se distribuyen dos subespecies de oso negro: *U. americanus machetes* que se distribuye en los estados de Sonora, Chihuahua y Durango, y *U. americanus eremicus* presente en Nuevo León, Coahuila y Tamaulipas (Delgadillo *et al.*, 2014). En cuanto a su tamaño, el oso negro mide generalmente 1.5 m a 2 m de longitud con una altura aproximada de 50 a 90 cm. Las hebras pesan entre 40 y 70 kg, mientras que los machos pueden llegar a pesar entre 80 y 130 kg. Sin embargo, estos varían dependiendo el sexo, la edad y la época del año. Durante la hibernación se observa una baja actividad física, acompañada de pérdida de masa y energía, así como una reducción en su catabolismo proteico. En esta etapa la especie atraviesa por procesos clave como la gestación, el parto y la lactancia (Robbins, 2012).

El pelo del oso negro es corto y lacio (Anderson, 1972). Posee cinco dedos con uñas cortas, negras, ganchudas y no retráctiles, que utiliza para desgarrar, excavar y trepar a los árboles (Vaughn, 1987). Estos animales son ágiles y capaces de alcanzar

velocidades de hasta 40 km/hora en distancias cortas, además de ser excelentes trepadores. Su sistema ocular les proporciona una percepción visual profunda y la habilidad de detectar pequeños movimientos a varios cientos de metros de distancia. También cuenta con un sentido auditivo bien desarrollado (PACE, 2012). Su sentido del olfato es el más desarrollado, lo que les permite encontrar frutos y bayas frescas con aroma, siendo un atributo clave para su supervivencia (Doan-Crider, 2005).

3.2.1. Población de la especie de Oso negro (*Ursus americanus*)

En el noreste del país entre los estados de Coahuila y Nuevo León, se han registrado numerosos avistamientos de oso negro en los últimos años. Estos animales debido a su gran tamaño y la constantemente búsqueda de alimento y agua, suelen recorrer y visitar zonas periurbanas. Este comportamiento ha llevado a las autoridades a capturarlos y reubicarlos de lugar (Carrera-Treviño *et al.*, 2019).

Los individuos de oso negro pueden llegar a mostrar poca evasión temporal o espacial entre sí, lo que genera un traslape en el ámbito hogareños y áreas núcleo en hábitats con abundancia de alimento (Horner y Powell, 1990; Powell *et al.*, 1997). Generalmente, los ámbitos hogareños son más extensos en años o áreas con baja disponibilidad de alimento, mientras que se reducen en años o áreas donde la abundancia de comida es abundante. Asimismo, los osos tienden a ser más territoriales cuando la disponibilidad de alimento es baja (Garshelis *et al.*, 1983; Powell *et al.*, 1997).

El tamaño de los ámbitos hogareños difiere considerablemente entre machos y hembras, siendo menores en estas últimas (Fair, 1990; Rogers, 1977). Entre las hembras la territorialidad es más marcada cuando la disponibilidad de alimento es limitada. En estas

circunstancias, delimitan su territorio mediante marcas de orina y lo defiende frente a la incursión de otras hembras e incluso de machos fuera de la época reproductiva. Se ha reportado que los ámbitos hogareños de las hembras oscilan entre 6.5 y 25 km. Por su parte los machos marcan su territorio arañando la corteza de los árboles y orinando. Sus ámbitos hogareños suelen abarcar entre 26 a 124 km y estos pueden variar de tamaño con el paso de los años. Usualmente comprenden varios territorios de hembras, aunque evitan las zonas núcleo de estos (Fair, 1990; Rogers, 1977).

3.2.2. Distribución y Hábitat del Oso negro

El oso negro habita principalmente en las zonas montañosas de México, especialmente en las Sierras Madres Occidental y Oriental, caracterizadas por la vegetación de pino y encino, que seguirá siendo el hábitat predominante en los próximos años (Monroy-Vilchis *et al.*, 2016). En el estado de Coahuila, los osos negros han estado históricamente presentes, y actualmente se reportan avistamientos en 32 de los 38 municipios, destacando Múzquiz, Saltillo y Arteaga como las áreas con mayor población (SEMA, 2023).

A nivel nacional, su distribución incluye la Sierra Madre Oriental en los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, así como en la Sierra Madre Occidental, en bosques de pino-encino en Chihuahua, Sonora, Zacatecas, y pequeñas áreas de Jalisco y Nayarit (Juárez-Casillas y Varas, 2013). Además, se ha registrado su presencia en las Islas del Cielo, cadenas montañosas desérticas de Sonora y parte de Arizona, donde su permanencia está amenazada por la fragmentación del hábitat causada por la

urbanización (Atwood *et al.*, 2011). El oso negro también habita regiones áridas como chaparrales y matorrales xerófilos en Sonora, Chihuahua, Coahuila y Nuevo León, así como en cañadas y riscos donde encuentran alimento y refugio (Rangel-Rojas, 2023).

Un estudio en el Parque Nacional Cumbres de Monterrey (PNCM) realizado en el 2015 y 2016 analizó la densidad poblacional, la relación de sexos y patrones de movimiento de la especie. Los resultados mostraron una mayor proporción de machos que hembras, y que los osos negros pueden llegar a desplazarse hasta 30 kilómetros (Fimbres-Macias, 2017). En el 2014 se confirmó su presencia en bosques tropicales por debajo de los 600 m de altitud en la Reserva El Cielo, Tamaulipas, donde consumen frutos como mango y maíz generando preocupación por posibles conflictos con agricultores (Carrera-Treviño, 2015).

Casos recientes han documentado la presencia de osos fuera de su hábitat habitual. Ejemplo de ello es el caso de un ejemplar encontrado en el estado de Hidalgo posiblemente proveniente de la Sierra Gorda de Querétaro, aunque no se tienen registros históricos continuos en la región (Rojas-Martínez y Juárez-Casilla, 2013).

3.2.3. Estado de conservación del Oso negro

El oso negro americano (*Ursus americanus*), especialmente la subespecie *U. americanus eremicus* enfrenta su principal amenaza en la destrucción del hábitat y la alteración de los patrones espacio-temporales debido a la urbanización lo que incrementa los conflictos humanos (Mattson, 1990). Según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, el oso negro está clasificado en la categoría de “En Peligro de Extinción (P)”, lo que indica que su distribución o población ha disminuido

significativamente debido a la destrucción de su hábitat, explotación no sostenible, enfermedades o depredación (SEMARNAT, 2021).

A nivel internacional, esta enlistado en el Apéndice II de la Conservación sobre el Comercio Internacional de Especies de Flora y Fauna Silvestres (CITES), lo que reconoce su situación de riesgo y regula su comercio para evitar su explotación insostenible (CITES, 2021).

3.2.4. Comportamiento del Oso negro

El oso negro es principalmente solitario, aunque puede formar agregaciones temporales en áreas con abundancia de alimento, como en los vertederos de basura o arroyos con salmón (Rogers, 1976). En su hábitat natural, son diurnos, optimizando la búsqueda de bayas y frutos (Larivière *et al.*, 1994). Su actividad diaria varía estacionalmente, alcanzando un pico en agosto-septiembre durante la disponibilidad máxima de alimentos naturales, disminuyendo gradualmente hasta el inicio de la hibernación en octubre-noviembre (Lindzey y Mezlow, 1976; Larivière *et al.*, 1994). Factores climáticos como lluvia, la nieve o las temperaturas extremas también reducen su actividad (Garshelis y Pelton, 1980). En hábitats alterados por los humanos, como huertos, campamentos, basureros o áreas urbanas, los osos negros tienden a volverse nocturnos y más reservados para evitar interacciones humanas (Waddell y Brown, 1984; Ayres *et al.*, 1986; McCutchen, 1990).

3.2.5. Alimentación y nutrición estacional

El oso negro americano (*Ursus americanus*) desempeña un rol ecológico clave como especie carroñera y frugívora, beneficiando a otras especies de animales que puedan

aprovechar los residuos de alimento como bayas o frutos (Montiel, 2013). Aunque clasificado como un carnívoro, su dieta es mayormente vegetal, compuesta mayormente por bayas, flores, hierbas, tubérculos y frutos secos, complementada con carroña, peces, insectos, miel y pequeños roedores como ardillas (Frisch, 1995).

La composición de su dieta varía geográficamente y está formada en un 75% por material vegetal y 25% por material de origen animal. En ausencia de fuentes naturales, pueden acercarse a asentamientos humanos para alimentarse de cultivos, colmenas, basura o incluso atacar ganados como ovejas y cerdos (CONANP, 2009).

Su dieta alta en carbohidratos y baja en proteínas y grasas les permite almacenar importantes reservas de energía para la hibernación. En otoño, su consumo puede alcanzar hasta 20,000 calorías diarias, lo que incluye consumir grandes cantidades de agua. Los alimentos ricos en proteínas aumentan su peso y fecundidad (Doan-Crider, 1995). Sin embargo, el crecimiento y el acceso frecuente a la basura pueden alterar su dieta y energía, favoreciendo interacciones con humanos (Abellán-Borja *et al.*, 2023).

3.2.6. Amenaza del Oso negro (*Ursus americanus*)

Se ha observado que las interacciones entre ejemplares de oso negro y seres humanos ocurren principalmente cuando estos grandes mamíferos descienden a zonas urbanas en búsqueda de alimento. Esto sucede con mayor frecuencia en parcelas productores agrícolas, quienes han resultado afectados debido a la presencia de los osos. Al no encontrar suficiente alimento en su hábitat natural, los osos optan por consumir cosechas de frutales y maíz; además, pueden atacar ganado y ovejas. Estas situaciones generan

conflictos con las personas, ya que algunos productores, en su intento por proteger sus recursos, recurren a prácticas como el envenenamiento y la caza de estos animales (SEMA, 2021).

3.3. Áreas Naturales Protegidas

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son fundamentales para la conservación de especies prioritarias como el oso negro. Según la LGEEPA (1988), estas áreas son territorios con ambientes que no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano, o que requieren restauración y preservación (CONANP, 2023).

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), administra 203 ANP federales cubriendo 91,608,327.23 millones de hectáreas, y apoya 395 Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación con 701,760 hectáreas (CONANP, 2023). Estas áreas se dividen en siete categorías: Reservas de la Biosfera, Parques Nacionales, Áreas de Protección de Flora y Fauna, Áreas de Protección Recursos Naturales, Monumentos Naturales, Santuarios y Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación. Estas acciones buscan garantizar la preservación de ecosistemas críticos para la biodiversidad (CONANP, 2023).



Figura 2. Ubicación de las Áreas Naturales Protegidas en México.

Fuente: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, (2023). Tomado de Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas Gobierno gob.mx

En Coahuila existen 13 Áreas Naturales Protegidas (ANP) de carácter federal y 37 a nivel estatal, que abarcan una superficie de 2,696,974.81 hectáreas. Entre estas, destacan las Reservas Naturales Estatales, Parques Estatales y Reservas Naturales Voluntarias, que cuentan con un esquema de protección fortalecido. La Reserva Natural Voluntaria San Marcos y Pinos es la más grande del país, con una extensión de 102,317.38 hectáreas (SEMA, 2023).

3.3.1. Reserva Natural Estatal Sierra de Zapalinamé

La Reserva Natural Estatal Sierra de Zapalinamé forma parte de la Gran Sierra Plegada, en el noreste de México. Se ubica en una zona de transición entre la Sierra Madre Oriental y el Altiplano (Hernández, 2022).

3.3.2. Historia

La Reserva recibió su nombre en honor al guerrero Huahuichil Zapalinamé, quien, junto con Cilaván, se sublevó contra los españoles en tiempos de la fundación de Saltillo. Esta sierra ha estado históricamente ligada al desarrollo de la ciudad, siendo su principal fuente de agua, reguladora del clima y elemento clave en la estética paisajística (SEMA, 2022).

La Reserva Natural Estatal Sierra de Zapalinamé fue decretada el 15 de octubre de 1996 como Zona Sujeta a Conservación Ecológica, abarcando una parte de la serranía conocida como Zapalinamé (SEMA, 2022).

3.3.3. Ubicación

Esta Reserva se encuentra en el estado de Coahuila (Figura 3), específicamente en los municipios de Saltillo y Arteaga, y comprende una superficie de 25,768.28 hectáreas (SEMA, 2022).

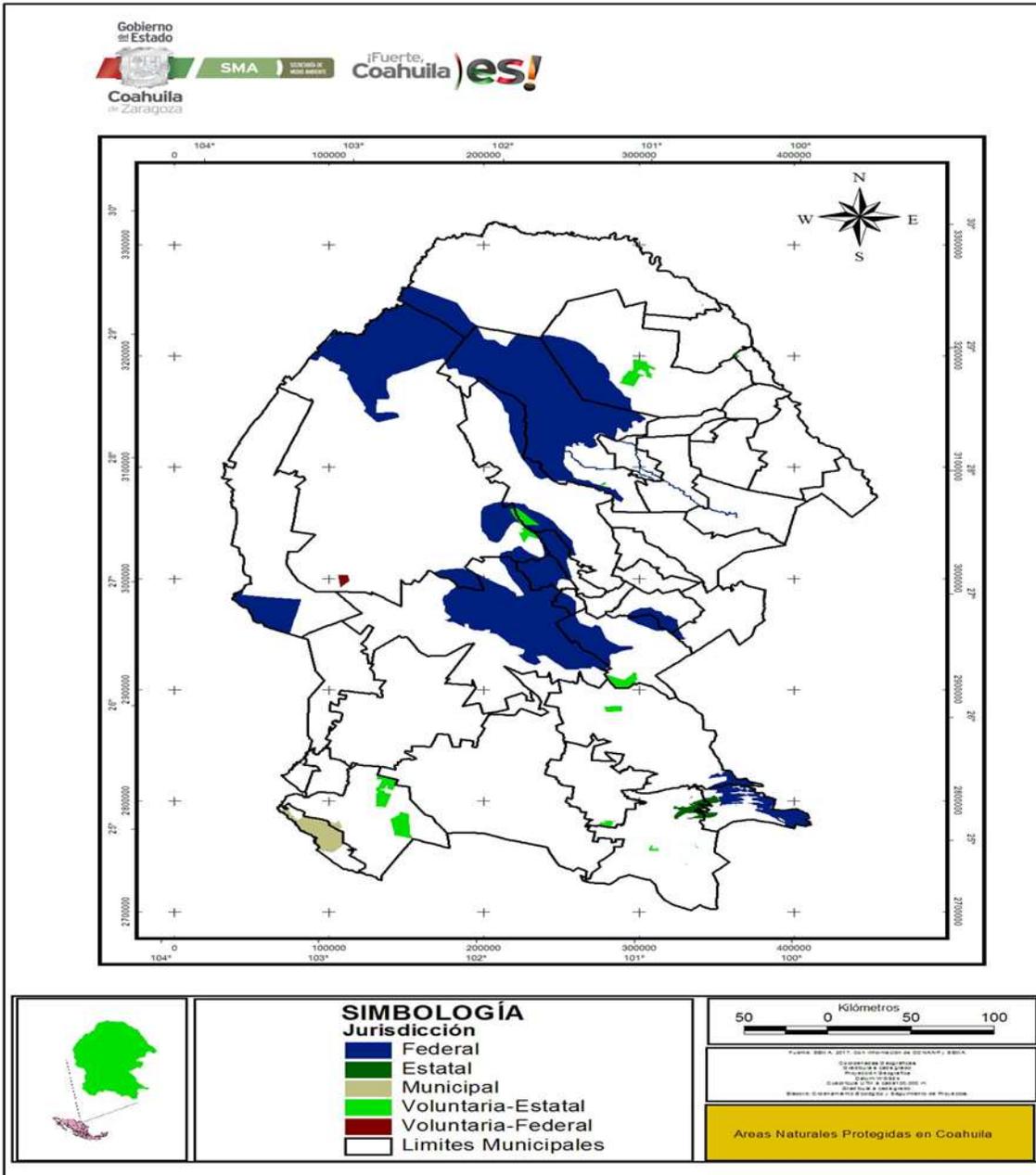


Figura 3. Áreas Naturales del Estado de Coahuila.

Fuente: SEMA, (2022).

3.3.4. Importancia

La sierra de Zapalinamé es un área muy importante para los habitantes de Saltillo, Ramos Arizpe y Arteaga, ya que representa la principal reserva de agua para estos municipios. Además, es crucial para la conservación de diversas especies de flora y fauna endémicas del estado (Ortiz, 2012).

3.3.5. Caracterización ecológica

La Sierra de Zapalinamé es un espolón de la cordillera de la Sierra Madre Oriental y alberga una gran diversidad de flora y fauna (Rzedowski, 2006; Rzedowski, 2015). Es un centro importante de especies endémicas del sureste de Coahuila (Villareal-Quintanilla y Encina-Domínguez, 2005). Su topografía irregular contribuye a la alta riqueza de especies de plantas y animales (Arce y Marroquín, 1985).

En las laderas bajas predominan el matorral rosetófilo y el matorral pie de monte (Muller, 1945; Henrickson y Johnston, 1986; Villareal-Quintanilla y Valdez-Reyna, 1993; Arce y Marroquín, 1995; Encina-Domínguez *et al.*, 2012). En las zonas altas con clima templado semiseco, domina el bosque de pino piñonero (Ortiz y Badillo, 2010). En áreas con mayor humedad se desarrollan bosques de oyameles y robles (Encina-Domínguez *et al.*, 2009).

3.3.6. Situación actual de los mamíferos en Zapalinamé

En el caso de los osos negros, se han identificado diferentes factores que pueden atraer a estos animales hacia los asentamientos humanos. Entre ellos se encuentran: contenedores de alimentos y de basura, utensilios de cocina con olores de comida, recipientes de reciclaje, alimentos para mascotas y ganado, comederos para pájaros, colmenas, huertos o árboles frutales, parrillas utilizadas carne asada en el bosque, bloques de sal y minerales, así como alimento para venados (PROFAUNA, 2021).

3.4. Técnicas de estudio de mamíferos

El uso de distintos métodos y técnicas para el estudio de mamíferos terrestres y voladores como las redes de neblina, las cámaras trampa, trampas cajas, trampas huella, son muy útiles para obtener información de interés acerca de una especie (Aranda, 2012; Díaz-Pulido y Payan, 2012; Santos-Filho *et al.*, 2015).

3.4.1. Transectos lineales

El método de transectos lineales es ampliamente utilizado para estimar la densidad y abundancia de poblaciones de mamíferos pequeños y aves, principalmente mamíferos pequeños, así como el estudio de aves (Buckland *et al.*, 1993; Buckland, 2006; Buckland *et al.*, 2010). El método consiste en que el observador camina lentamente a lo largo de un sendero establecido de manera al azar dentro del sitio de estudio, cada vez que el observador registra un individuo de la especie de interés mide la distancia entre el animal y el observador, y el ángulo formado entre la distancia radial y el sendero (Buckland *et al.*, 2015). Además, con esta medida se puede calcular la distancia perpendicular desde

el animal al transecto utilizando trigonometría (Pérez, 1999; Plumptre, 2000; Thomas *et al.*, 2002; Buckland *et al.*, 2010; Buckland *et al.*, 2015).

3.4.2. Estaciones olfativas

Es un método adecuado para evaluar la presencia de especies, monitorear poblaciones y analizar tendencias mediante índices de abundancia (Shaw, 1985; Manen, 2001; Jones, 2005). Con esta técnica podemos estimar el índice de abundancia de oso negro (*Ursus americanus*) en una zona determinada (Hellgren, 1993; Edwards y Clark, 2002).

3.4.3. Fototrampeo

Las fototruampas son cámaras fotográficas análogas o digitales, provistas de un sensor infrarrojo que obturan automáticamente al paso de cualquier objeto o cuerpo en movimiento en su intervalo de detección (Wemmer *et al.*, 1996; Karanth y Nichols, 1998; Botello, 2004). Las fototruampas tienen algunas ventajas sobre métodos tradicionales utilizados para efectuar inventarios biológicos; es posible obtener registros de especies con mínima perturbación, los animales no tienen que ser capturados y los registros de muestreo pueden cubrir extensas áreas con un mínimo de esfuerzo. Son ideales para detectar especies que son difíciles de capturar con técnicas tradicionales (Wemmer *et al.*, 1996). Además, el uso de foto trauampas es particularmente importante en el estudio de especies amenazadas, vulnerables y en peligro de extinción en las cuales su captura o colecta está restringida o inclusive prohibida (Sánchez-Cordero *et al.*, 2005).

La técnica de fototrampeo en estudios poblacionales de mamíferos es una herramienta eficaz y no invasiva (Silveira *et al.*, 2003; Pinto de Sá Alves y Andriolo, 2005; Monroy-Vilchis *et al.*, 2009), que contribuye a su estudio y ofrece ciertas ventajas en comparación con otras técnicas como el trampeo directo y la telemetría ya que estas dos últimas técnicas mencionadas resultan ser más costosas, proporcionando un reducido número de registros además de que alteran el comportamiento y la dinámica de los individuos (Krausman, 2002).

Sus ventajas incluyen la precisión en la identificación a nivel específico y frecuentemente individual, una eficiencia de detección similar en animales diurnos y nocturnos y la confirmación de especies cuyas huellas no se diferencian (Maffei *et al.*, 2002; Trolle y Kéry, 2003; Wallace *et al.*, 2003; Karanth *et al.*, 2004; Maffei *et al.*, 2004; Di Bitetti *et al.*, 2006; Soisalo y Cavalcanti, 2006; Dillon y Kelly, 2008; Maffei y Noss, 2008).

3.5. Generalidades de la Interpolación

Tiene su origen en la cuadratura del círculo de Wallis en 1655, posteriormente fue perfeccionado por Newton en 1676, al derivar las series binómicas (Casallas-Pinzón *et al.*, 2008). La interpolación estadística se emplea para estimar valores desconocidos a partir de datos conocidos, reduciendo la cantidad de información requerida en campo (Murillo, *et al.*, 2012).

3.5.2. Técnicas de interpolación

Distancia Inversa Ponderada (IDW)

La técnica de interpolación por Distancia Inversa Ponderada, conocida por sus siglas en inglés IDW (*Inverse Distance Weighted*) ponderan los puntos de muestreo durante el proceso de la interpolación, de manera que la influencia de un punto disminuye con forma aumenta la distancia respecto al punto desconocido que se desea estimar (Beltrán, 2020). La ponderación se asigna a los puntos de muestreo mediante un coeficiente que controla cómo disminuye la influencia, conforme crece la distancia hacia el punto desconocido. A medida que el coeficiente de ponderación aumenta, el efecto de los puntos más lejanos disminuye, y los valores estimados se acercan más al valor del punto de observación más cercano (Beltrán, 2020).

Spline

El método *spline* utiliza una función matemática para estimar valores, minimizando la curvatura general de la superficie. Esto genera una superficie suave que pasa exactamente por los puntos de entrada. Matemáticamente, las *splines* son funciones polinómicas por tramos; en lugar de emplear un único polinomio para todo un intervalo, se utiliza uno específico para cada tramo, ajustándose mejor a la variabilidad de los datos (López y Gualpa, 2022).

Kriging Ordinario (KO)

El KO es el método *Kriging* más común utilizado dentro de la técnica de interpolación geoestadística. Presupone que el valor medio de la función aleatoria estacionaria es

desconocido, una hipótesis razonable a menos que haya una razón para rechazarla (Núñez *et al.*, 2024).

En este método, los pesos λ_i dependen de un modelo ajustado a los puntos medidos, la distancia a la ubicación donde se realiza la predicción y las relaciones espaciales entre los valores medidos en las proximidades (Beltrán, 2020).

Kriging Universal (KU)

El método KU se utiliza cuando los datos presentan una tendencia espacial, es decir, cuando los valores medios aumentan o disminuyen en alguna dirección dentro del área de estudio. Para aplicarlo es necesario contar con una variable de apoyo que permita modelar dicha tendencia (Núñez *et al.*, 2024).

3.5.3. Kriging

El Kriging es un proceso geoestadístico avanzado que genera una superficie estimada a partir de un conjunto de puntos dispersados con valores z (Beltrán, 2020). Este método de interpolación se basa en la autocorrelación espacial de las variables, donde las ponderaciones se calculan no solo considerando la distancia entre los puntos medidos y la ubicación de la predicción, sino también su disposición espacial (Lai *et al.*, 2009).

A diferencia de los métodos deterministas, el Kriging no solo genera una superficie de predicción, sino también proporciona una medida de precisión para las estimaciones. Esto incluye errores estándar o variaciones de Kriging que cuantifican el grado de incertidumbre en las predicciones realizadas en ubicaciones no muestreadas, identificando las áreas donde la interpolación es menos confiable (Jerrett *et al.*, 2005).

La fórmula general del Kriging se define como una suma ponderada de los datos:

$$Z_{(s_0)} = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z_{(s_i)}$$

En donde $Z(s_i)$ es el valor medio de la variable en cuestión en la ubicación i , λ_i es una ponderación desconocida para el valor medio en la ubicación i , s_0 es la ubicación de la estimación y N la cantidad de valores observados (Beltrán, 2020).

El proceso Kriging puede resumirse en 2 pasos principales:

1. Ajustar el modelo: Crear el variograma y las funciones de covarianza para calcular la autocorrelación espacial, lo que permite modelar la dependencia estadística entre los puntos.
2. Estimar: Predecir los valores desconocidos en ubicaciones donde no se cuenta con observaciones directas.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio de estudio

La fase experimental se llevó a cabo en la sierra Zapalinamé la cual es una formación montañosa situada en la parte norte de la Sierra Madre Oriental (NASA, 2020). Esta formación se encuentra ubicada en los municipios de Saltillo y Arteaga, Coahuila, se extiende entre las coordenadas $25^{\circ} 15'$ y $25^{\circ} 25'$ latitud norte y $100^{\circ} 47'$ y $101^{\circ} 05'$ longitud oeste. Su altitud varía entre 1,590 msnm en el piedemonte y 3,140 msnm en el Cerro El Penitente, con valles intermontanos que alcanzan en promedio los 2,200 msnm (UAAAN, 1998).

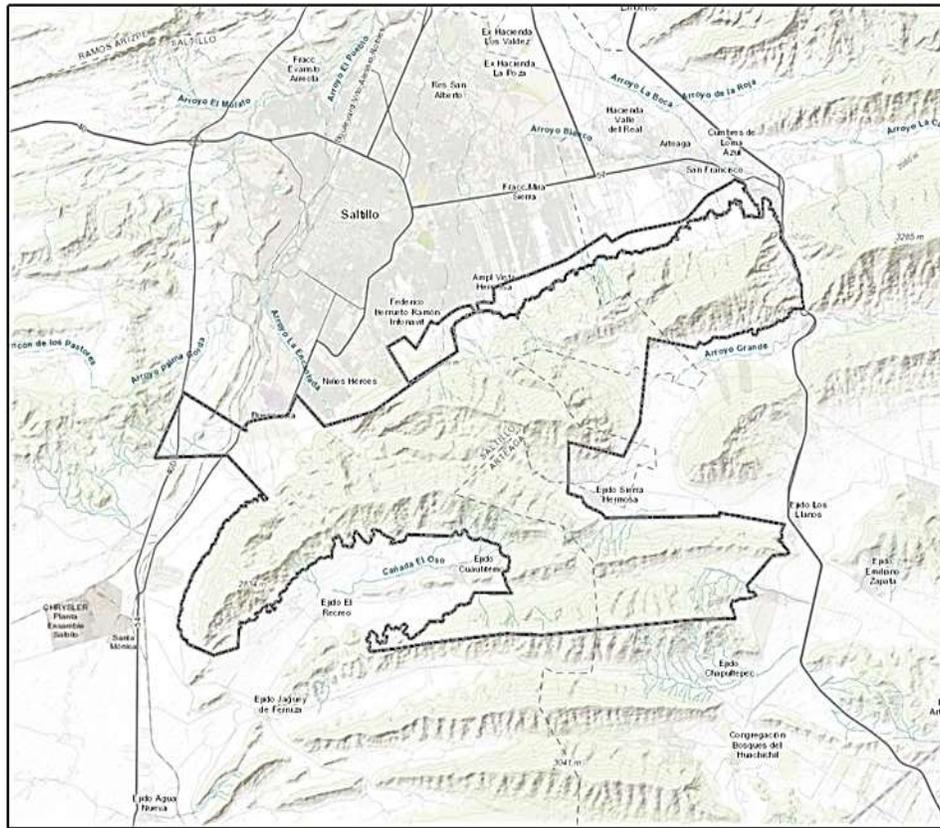


Figura 4. Ubicación de la Sierra de Zapalinamé (Elaboración propia).

El clima predominante en la región es de tipo estepario continental monzónico (BSkw), en las partes altas el clima es de tipo semicálido subhúmedo C(w₀). La temperatura media anual es de 16.9°C mientras que la precipitación media anual es de 498 mm, las lluvias son de tipo convectivo coincidiendo con los meses calientes del año (UAAAN, 1998).

La cubierta vegetal de las áreas con exposición sur está representada por matorrales de tipo rosetófilo y micrófilo. Mientras que, en las partes altas a 2,600 y 3,000 msnm de altitud, está integrada por bosque de pino y oyamel (Ramírez-Martínez, 1998), en los

cañones se localizan los bosques de encino y en las laderas bajas de exposición norte y oeste presentan el matorral denso inerme parvifolio de rosáceas (Marroquín, 1976; Arce-González y Marroquín, 1985).

Entre los mamíferos de mayor tamaño y por su nivel de importancia en la NOM-059-SEMARNAT-2010 se destaca el oso negro (*Ursus americanus*). Además, se encuentran especies como el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), el coyote (*Canis latrans*), la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), el gato montez (*Lynx rufus*), el cacomixtle (*Brassariscus astutus*). Así como ardillas terrestres (*Spermophilus* sp.), la comadreja (*Mustela frenata*), el zorrillo (*Conepatus mesoleucus*), el tlacuache (*Didelphis virginiana*), el murciélago de cabeza plana (*Myotis planiceps*), el conejo (*Sylvilagus floridanus*), y pequeños roedores de diferentes especies (Hernández, 2022).

Instalación de cámaras

Se colocaron las cámaras en 17 sitios (Cuadro 1; Figura 5). Se emplearon cámaras de los modelos: Cuddeback H-1453, Bushnell Trophy y Bushnell Prime y Reconyx Hyperfire (Figura 6), todas con sensor infrarrojo y una velocidad de disparo promedio de 0.20 segundos. Las cámaras se instalaron a una altura de 35 a 50 cm del suelo, sujetas al tronco de un árbol.

Los dispositivos se colocaron y se establecieron de forma no sistemática, en áreas con evidencia reciente de actividad animal, y en el caso particular del oso negro, en veredas y brechas donde se identificaron excretas, huellas o marcas de desgarramiento en árboles. La distancia entre estaciones fue de 500 m y 1 km, se trató de abarcar todos los

tipos de vegetación presentes dentro del área de estudio. Las coordenadas de las cámaras fueron registradas con un receptor GPS e-trex de Garmin (Global Positioning System) (Figura 6).



Figura 5. Ubicación de las cámaras en la Reserva Natural Estatal Sierra de Zapalinamé
Elaboración: Erika Jazmín Cruz-Bazán.



Figura 6. Cámara Reconyx Hyperfire y equipo receptor GPS e-trex de Garmin usado en el trabajo de campo.

Análisis de datos

Las imágenes fueron descargadas en una computadora portátil y se seleccionaron aquellas que mostraban actividad de osos negros. Se analizaron las imágenes comprendidas del 2015 al 2021, donde con las coordenadas geográficas de los sitios y el número de individuos observados, se organizaron en una tabla utilizando el programa de Microsoft Excel.

Cuadro 1. Nombre y ubicación de los sitios donde se colocaron las cámaras.

Paraje	Longitud W	Latitud N	Altitud (msnm)
El Penitente	100.901	25.346	3070
La joya del afligido	100.825	25.394	2760
La joya del afligido II	100.825	25.394	2760
Prado Grande	100.930	25.328	2370
Los Álamos	100.826	25.375	2070
La Bandera	100.902	25.302	2740
Manto de la Virgen	100.963	25.338	2250
La Encantada	101.059	25.301	1940
Llano Largo	100.969	25.327	2320
Cañón de Santa Rosa	100.951	25.328	2510
Cañón de Santa Rosa II	100.960	25.327	2420
Tres Caminos	100.953	25.342	2410
Arenales	100.981	25.322	2320
El Manzanillal	100.945	25.271	2320
La Cuesta	100.911	25.294	2500
La Sabanilla	100.934	25.274	2340
Las Norias	100.910	25.296	2540

Los datos fueron importados al programa ArcMap versión 10.5. Para ello el archivo de Excel se transformó a formato CSV (*Comma-Separated Values*/delimitado por comas) y posteriormente se convirtió en un archivo tipo Shapefile (.shp).

Adicionalmente se descargaron los registros de avistamientos, capturas y decesos de osos correspondientes al periodo 2012-2023 para comparar los datos obtenidos para

cada año de estudio, desde la página oficial de la Secretaria de Medio Ambiente (SEMA, 2024): <https://sma.gob.mx/manejo-de-oso/>.

Análisis geoestadístico

En ArcMap versión 10.5 se cargó las coordenadas de los puntos de conservación de los osos y se convirtieron en archivo shapefile (.shp). Posteriormente se aplicó un análisis geoestadístico mediante el método de interpolación conocido como Kriging (Figura 7), el cual permitió identificar las áreas con mayor número de ejemplares. Este método permitió estimar con mayor precisión la distribución espacial de los osos negros en el área de estudio.

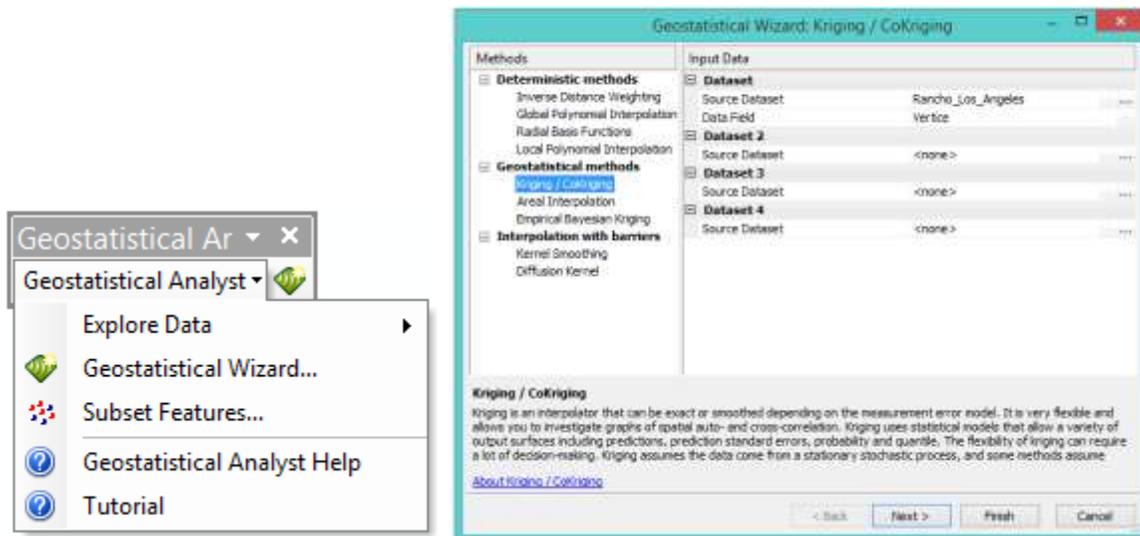


Figura 7. Herramienta de Análisis Geo estadístico de ArcMap versión 10.5 (interpolación Kriging).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Presencia de ejemplares

Durante los años de evaluación, se registró un total de 504 ejemplares de oso negro, destacando los años 2019 y 2021, con más de 130 observaciones cada uno. Los sitios con mayor número de avistamientos fueron Cañón de Santa Rosa y Prado Grande, con 80 y 106 individuos, respectivamente (Figura 8). Este patrón podría estar relacionado con la disponibilidad de recursos alimenticios y las condiciones ambientales favorables en estas áreas, las cuales se ubican en las partes altas de la sierra, a más de 2,320 metros sobre el nivel del mar.

Los parajes con menor número de avistamientos de ejemplares fueron La Encantada y Los Álamos, con solo 2 y 4 registros, respectivamente. Esto sugiere que las condiciones ambientales en estas áreas podrían ser más propicias para la caza del oso negro. En el caso de La Encantada, su proximidad a zonas habitacionales en el sur de la ciudad de Saltillo podría estar favoreciendo el desplazamiento de los osos hacia zonas más altas y menos urbanizadas.

Se identificaron diferencias significativas en la concentración y el número de avistamientos de oso negro en la Sierra de Zapalinamé. En las zonas con mayor altitud, se registró una mayor actividad y dinamismo de los individuos, lo que sugiere una interacción más estable, favoreciendo la conservación de la población. Sin embargo, a medida que la altitud disminuye, también lo hace el número de avistamientos. Esto puede deberse a la menor disponibilidad de alimento, el aumento de la competencia por este, y

una mayor interacción con los seres humanos, otros factores ambientales. Estas condiciones llevan a que los ejemplares se trasladen a las áreas con mayor altitud, donde tienden a concentrarse en mayor número. Esto se debe a el hábitat en dichas zonas les brinda protección y condiciones ambientales más idóneas para su permanencia.

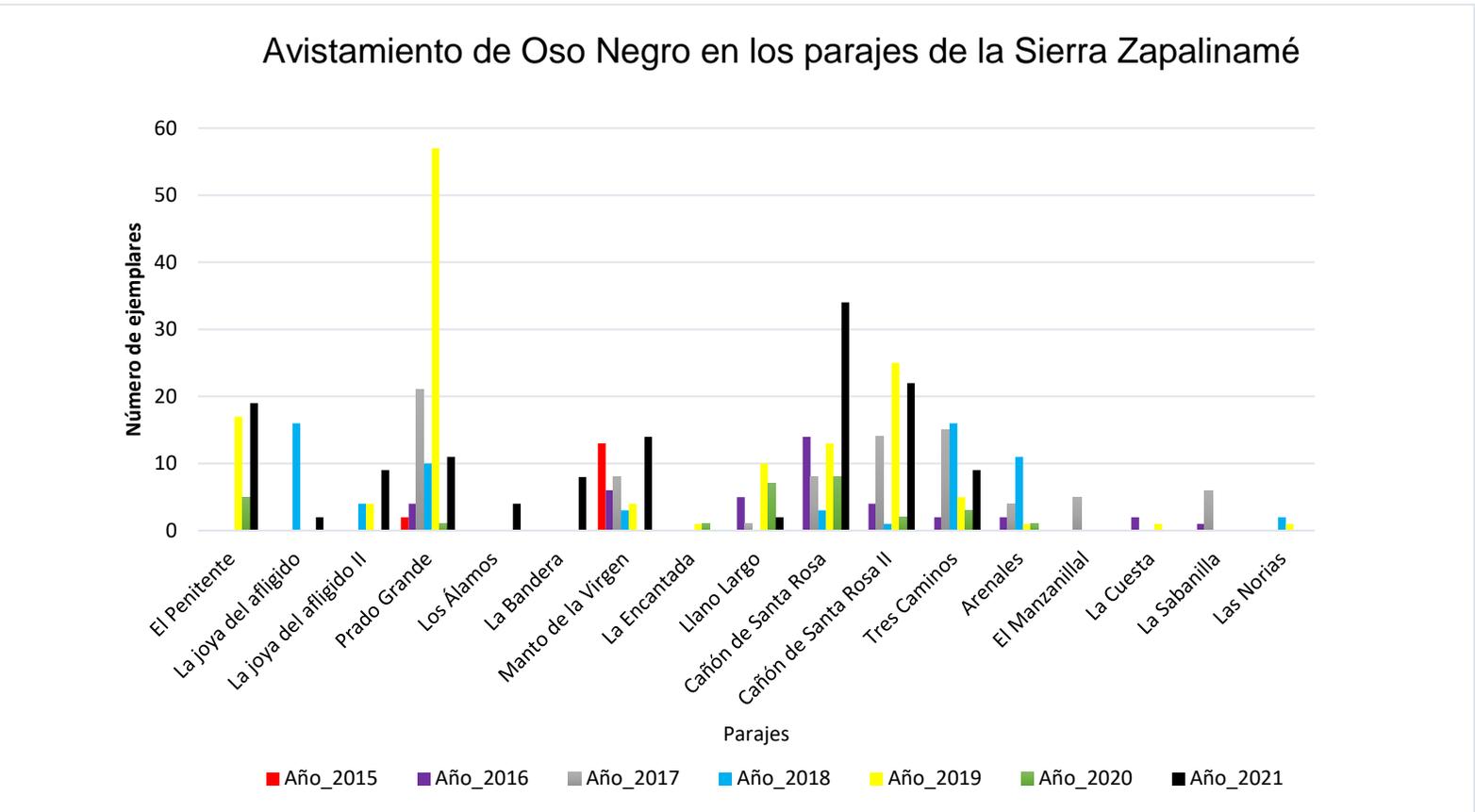


Figura 8. Número de avistamiento de oso negro (*Ursus americanus*) por estación de fototrampeo en diferentes parajes de la Sierra Zapalinamé.

La interpolación utilizada para generar los mapas acerca de presencia de ejemplares indica que las mayores concentraciones de los individuos se encuentran en Prado Grande, Cañón de Santa Rosa y El Penitente, que corresponde con las áreas con una

elevación promedio, idóneo para los osos negros (Figura 9). En estas zonas se han estimado entre 81 y 100 ejemplares, lo que sugiere que estos parajes son idóneos para la observación y monitoreo de las poblaciones de oso negro.

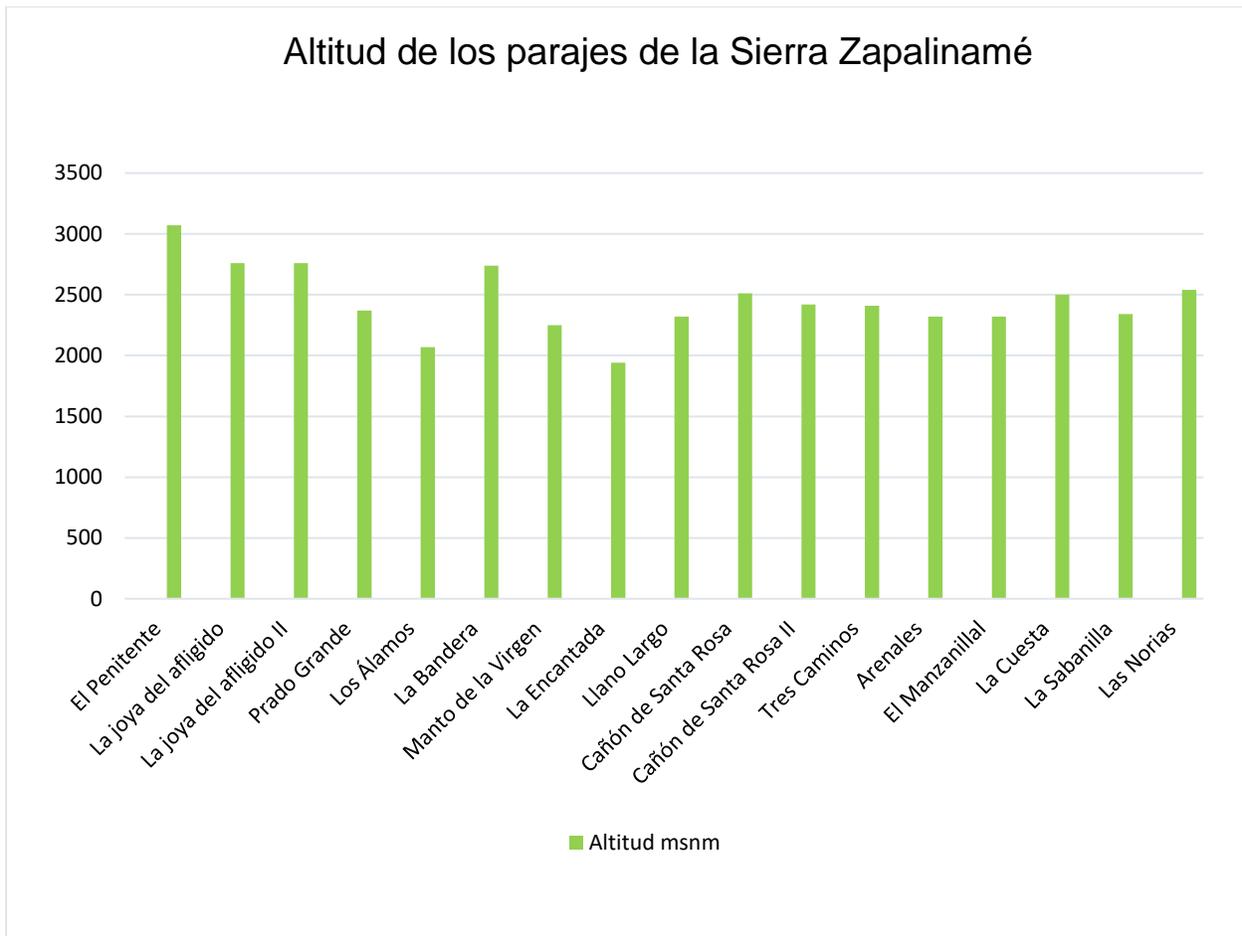


Figura 9. Altitud expresada en metros sobre el nivel del mar (msnm) de cada paraje de la Sierra de Zapalinamé.

La altitud de los parajes influye en la dinámica de los osos negros, y el hábitat ideal para esta especie se encuentra a una altitud promedio de 2400-2500 msnm.

Comportamiento de ejemplares capturados, ejemplares observados y ejemplares muertos

El total de eventos registrados (capturas, avistamientos y decesos) ha mostrado un incremento continuo, alcanzando su punto álgido en 2022, con 219 eventos reportados (Cuadro 2). Este año se considera el más crítico en términos de manejo de la población, ya que refleja un aumento significativo en la interacción entre la especie y los humanos. Además, este aumento podría estar asociado a un mayor esfuerzo en la recolección de datos durante este periodo.

Entre 2012 y 2023, se ha observado un crecimiento considerable tanto en avistamientos como en capturas, lo que sugiere que la población de osos negros podría estar aumentando o expandiéndose. Este fenómeno incrementa su visibilidad, pero también los conflictos potenciales con los humanos.

El aumento en el número de muertes es un indicador alarmante de los desafíos que se enfrenta esta especie, como la urbanización y la presión sobre su hábitat natural. El rápido crecimiento de las ciudades de Saltillo y Arteaga está reduciendo el territorio disponible para los osos negros, lo que los obliga a descender a áreas urbanas en busca de alimento, ya sea en viviendas o en contenedores de basura. Este comportamiento los expone a diversos peligros, como ser atropellados, principalmente por vehículos pesados o familiares, lo que ha contribuido al incremento de la tasa de mortalidad.

Cuadro 2. Cantidad de osos capturados, observados y muertos (SEMA, 2024).

Año	Ejemplares capturados	Ejemplares observados	Ejemplares muertos	Total
2012	22	19	7	48
2013	7	20	2	29
2014	8	35	2	45
2015	8	37	0	45
2016	13	56	4	73
2017	12	56	14	82
2018	15	38	3	56
2019	29	60	5	94
2020	22	71	11	104
2021	5	55	4	64
2022	53	137	29	219
2023	24	88	15	127
Total	218	672	96	986

Actualmente, se observa una tendencia al alza en la interacción entre los osos negros y el entorno humano, lo que demanda una atención focalizada para minimizar los conflictos y fomentar la concientización sobre la conservación de la especie. El incremento en capturas, avistamientos y decesos destaca la urgencia de implementar estrategias más

efectivas para gestionar la coexistencia entre los osos y la población humana. Es crucial analizar los factores que están llevando a los osos a desplazarse hacia áreas urbanas, con el objetivo de mitigar los riesgos tanto para los animales como para las comunidades humanas.

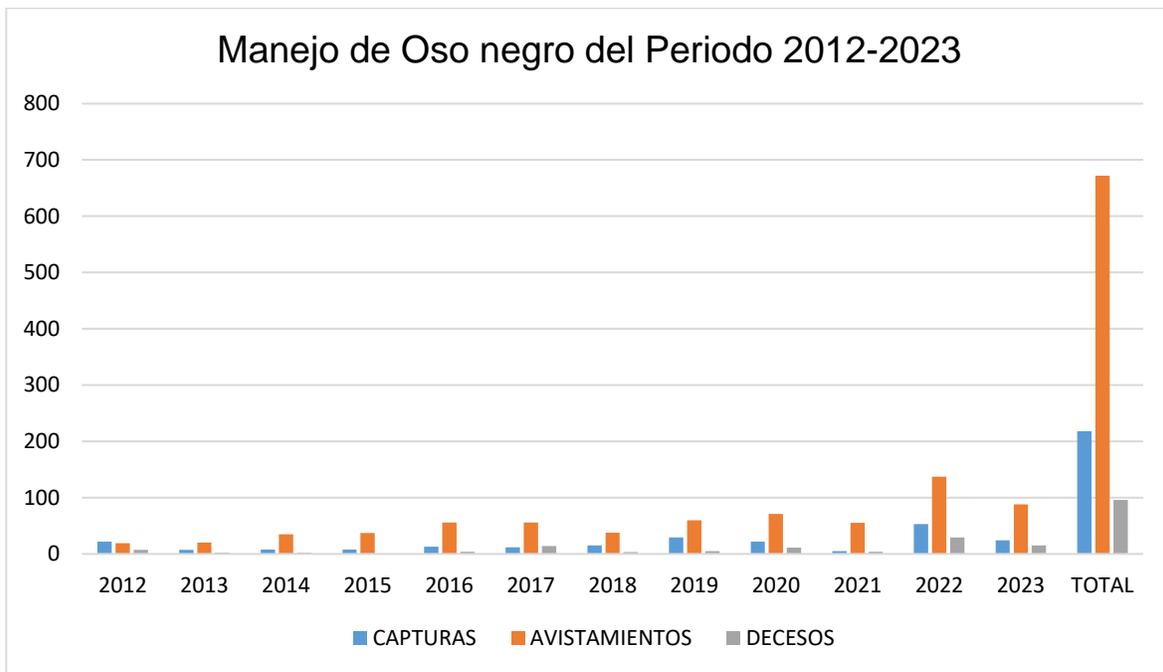


Figura 10. Capturas, Avistamientos y Decesos de *Ursus americanus* comprendidas durante el periodo 2012-2023.

Fuente: Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Coahuila, (2024).

Afectaciones por presencia de incendio en el 2022

Durante el año 2022, se registraron incendios en varios parajes de la Sierra Zapalinamé, afectando un total de 1,503.33 hectáreas distribuidas en seis zonas. Entre los predios más afectados destacan Santa Rosa y Llano Largo. En Santa Rosa, el incendio dañó 1,333.34 hectáreas, mientras que en Llano Largo se vieron afectadas 130.11 hectáreas.

de prevención y manejo de incendios forestales. Las afectaciones en estos dos parajes son especialmente preocupantes, ya que se consideran áreas clave para perpetuar la especie. Estos sitios ofrecen refugio y alimento esenciales, según los datos obtenidos de observaciones recientes.

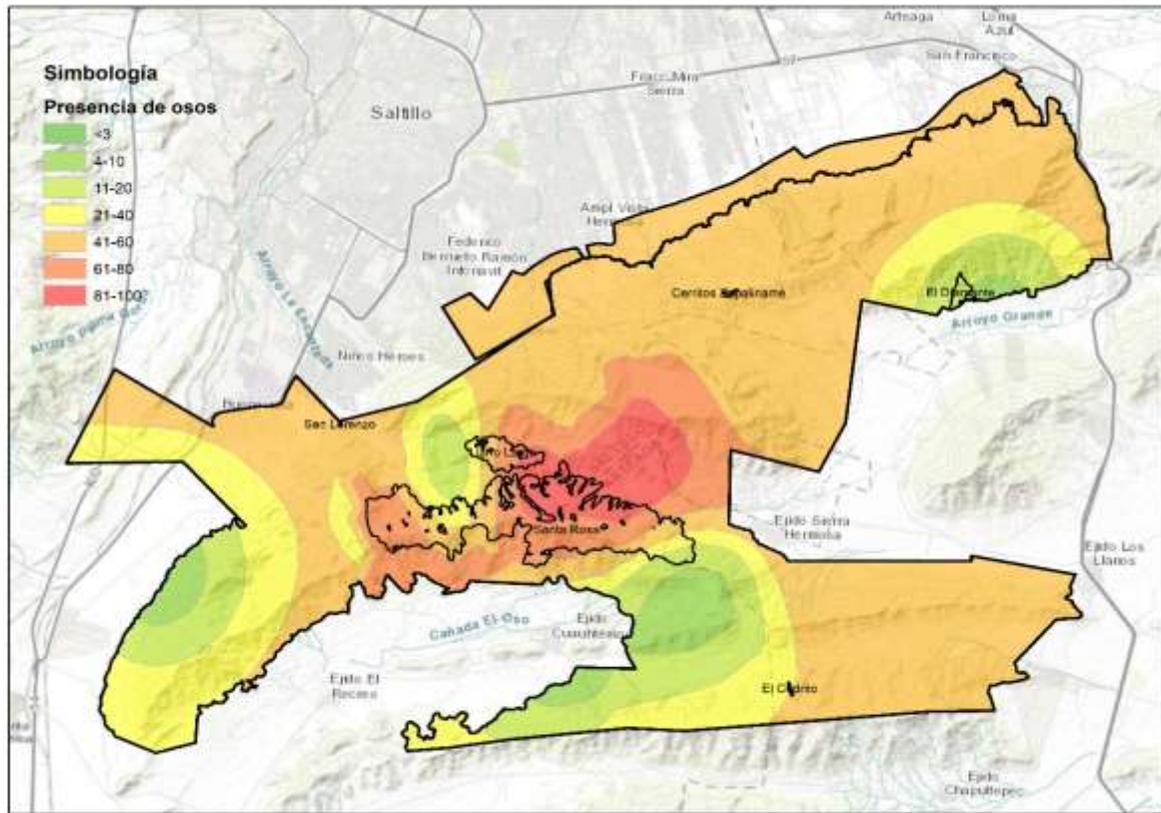


Figura 12. Presencia de osos y puntos ubicados de los incendios en la Sierra Zapalinamé (Elaboración propia).

La afectación de 1,463.45 hectáreas en estos dos parajes es especialmente relevante, ya que la zona coincide con áreas de alta presencia de osos negros, según la interpolación de datos. Esto implica que la recuperación de la vegetación será un proceso prolongado. Además, los incendios no solo destruyen la cobertura vegetal, sino que también dejan el suelo desnudo, incrementando el riesgo de erosión y deslizamientos,

especialmente en parajes con una topografía escarpada y accidentada. Por ello, es crucial implementar medidas de mitigación que promuevan la regeneración del ecosistema afectado.

La superficie afectada por los incendios muestra que las áreas con mayor densidad de osos (rango de 61-80 y 81-100 individuos) han sufrido un impacto considerable. Esto destaca la importancia de desarrollar estrategias de conservación y manejo en las zonas con altas concentraciones de osos para mitigar los efectos de los incendios y proteger estos hábitats críticos. Por otro lado, las áreas con menores poblaciones de osos también han sido afectadas, aunque en menor medida, lo que sugiere que el impacto de los incendios varía según la densidad de población en cada área (Cuadro 3).

Cuadro 3. Áreas afectadas por incendio y la presencia de ejemplares de oso negro americano (*Ursus americanus*).

Rango de Cantidad de osos	Superficie afectada por incendio (Ha)
4-10	1.57
11-20	65.81
21-40	131.21
41-60	311.71
61-80	656.50
81-100	336.51
Total	1503.33

Las implicaciones de los incendios en áreas con una alta densidad de osos negros pueden causar daños significativos, como:

Pérdida de hábitat: Los osos dependen de su entorno para acceder a alimentos, refugio y áreas de reproducción. Los incendios pueden destruir estos recursos, obligándolos a emigrar a otras áreas. Esto podría incrementar los avistamientos en áreas urbanas y, a su vez, elevar el número de atropellamientos de la especie.

Desplazamiento de especies: Si los osos no encuentran suficientes recursos en las afectadas por los incendios, podrían desplazarse a zonas urbanas o agrícolas. Esto aumentaría los conflictos con humanos en las colonias cercanas a la Sierra, además de poner en peligro a los osos debido a accidentes o caza furtiva.

Impacto en la cadena trófica: La destrucción del hábitat de los osos puede repercutir en otras especies dentro de la cadena alimentaria. Como depredadores o carroñeros claves, su ausencia o desplazamiento podría alterar el equilibrio ecológico, afectando tanto a especies presas como a competidores.

Alteraciones en la biodiversidad: Las áreas con una alta densidad de osos suelen albergar una biodiversidad importante. Los incendios reducen la flora y fauna en estas zonas, dificultando la regeneración de los ecosistemas y afectando la diversidad de especies.

Conservación de la especie: Si las áreas con altas densidades de osos se ven recurrentemente afectadas por incendios, la población podría disminuir drásticamente. Esto resalta la necesidad de estrategias de conservación más agresivas, como la restauración de hábitats y la reubicación de individuos en zonas más seguras.

VI. CONCLUSIONES

En este estudio, se logró realizar el muestreo espacial y la estimación de ejemplares de oso negro (*Ursus americanus*) utilizando el programa ArcMap versión 10.5. A través del proceso denominado “Kriging”, se generó un mapa cartográfico que permitió identificar y analizar las zonas y los parajes en donde se concentran el mayor y el menor número de individuos. El método de fototrampeo mostró ser práctico y eficiente, proporcionando los datos necesarios para poder analizar y estudiar a esta especie de úrsido.

Asimismo, se analizaron zona y parajes con mayor número de avistamiento de osos negros, considerando los factores ambientales que influyen en las variaciones observadas en los sitios de estudio. Factores como la altitud, la vegetación, la disponibilidad de alimento y los diferentes estratos de hábitat resultaron ser factores determinantes para las densidades de poblaciones. Adicionalmente variables como la humedad relativa y la precipitación también impactan la dinámica poblacional y las interacciones entre especies.

El monitoreo de fauna silvestre es una herramienta clave para entender y estudiar las poblaciones de especies de interés, lo que a su vez permite desarrollar estrategias efectivas para la conservación de la biodiversidad.

VII. LITERATURA CITADA

- Abellán-Borja, A., Rodríguez-Sánchez, I. P., Carrera-Treviño, R., Villanueva-Segura, O. K., Zapata-Morin, P. A., Martínez-Villareal, L. E., y Guzmán-Velasco, A. 2023. Free amino acid and acylcarnitine values in *Ursus americanus* Pallas 1780 (Black bear) from Northeastern México. Plos one, 18(2), e0272979.
- Ancrenaz, M., Hearn, A.J., Ross, J., Sollmann, R., y Wilting, A. 2012. Handbook for wildlife monitoring using camera-traps, 1-2.
- Atwood, T. C., Young, J. K., Beckman, J. P., Breck, S. W., Fike, J. Rhodes, O. E. and Bristow, K. D. 2011. Modeling connectivity of black bears in a desert sky island archipelago. Biological Conservation 144: 2851-2862.
- Baker, R. H., y J. K. Grer. 1962. Mammals of Mexican state of Durango. Publication of the Museum, Michigan State University. Biological Series 2:29-154.
- Beltrán-Ortega, P. A. 2020. Comparación de técnicas de interpolación espacial (IDW y Kriging) utilizando medidas de campo eléctrico en la comuna dos de la ciudad de San José de Cúcuta.
- Botello, F., Monroy, G., Illoldi-Rangel, P., Trujillo-Bolio, I., y Sánchez-Cordero, V. 2007. Sistematización de imágenes obtenidas por fototrampeo: una propuesta de ficha. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 78(1), 207-210.

- Brooks, T. M., R.A. Mittermeier, G.A.B. da Fonseca, J. Gerlach, M. Hoffmann, J.F. Lamoreux, C.G. Mittermeier, J.D. Pilgrim, J. D. and A.S.L. Rodrigues. 2006. Global Biodiversity Conservation Priorities. *Science*, 313 (5783), 58.
- Canché, J. M. P. y Solares del Ángel, J.I. 2018. Diversidad de mamíferos terrestres de la Reserva Ecológica Sierra de Otontepec, Veracruz. Tesis de doctorado. Universidad veracruzana. 1-63.
- Carrera-Treviño R, Zarco MM, Castillo NM, Monroy-Vilchis O. 2018. Manejo y conservación del oso negro (*Ursus americanus*) en México. En Situación actual de los grandes depredadores, Monroy V.O, Zarco U.M.V., Zarco G.M.M (eds). Ediciones Académicas Colofon. Ciudad de México, pp. 137-154.
- Carrera-Treviño, R., Martínez-García, L., y Lira-Torres, I. 2015. First record of the American black bear *Ursus americanus eremicus* (Carnivora: Ursidae) in the tropical rainforest of El Cielo Biosphere Reserve, Tamaulipas, Mexico. *Therya*, 6(3), 653-659.
- Casallas-Pinzón, W. J., Thiriat, W. G., y Sarmiento, E. S. 2008. Algunos métodos de interpolación para generar un modelo digital de elevación. *Revista de Topografía AZIMUT*, 2, 18-24.
- Ceballos, G., Arroyo-Cabrales, J., y Medellín, R. A. 2002. Mamíferos de México. Diversidad y conservación de los mamíferos neotropicales, 377-413.
- Ceballos, G., Arroyo-Cabrales, J., Medellín, R. A., y Domínguez-Castellanos, Y. 2005. Lista actualizada de los mamíferos de México. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 9, 21-71.

- CITES, 2021. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre (Apéndices I, II y III). Obtenido de <https://cites.org/esp/app/index.php>
- CONABIO, 2023. Biodiversidad Mexicana. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Obtenido de <https://www.biodiversidad.gob.mx/>
- CONABIO, 2011. Fichas de especies prioritarias. Oso negro americano (*Ursus americanus*). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F.
- CONANP, 2023. Áreas Naturales Protegidas. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Obtenido de Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas Gobierno gob.mx
- Corchero, M. N., y del Puerto Centeno, M. 2014. Análisis de dos métodos de interpolación y sus parámetros, para temperatura y precipitación mensuales, en Extremadura. *Acta de las Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española*, 33.
- Cordero, V. S., Botello, F., Martínez, J. J. F., Rodríguez, R. A. G., Guevara, L., Granados, G. G., y Moreno, Á. R. 2014. Biodiversidad de Chordata (Mammalia) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 27.
- Delfín-Alfonso, C. A., López-González, C. A., y Lara-Díaz, N. E. 2011. El oso negro americano en el noroeste de México: recuperación de registros de ocurrencia. *Acta Zoológica Mexicana*, 27(3), 777-801.

- Delgadillo, J.A., Gibert, S., García, M., Velázquez, R. 2014. Oso negro. En: Ecología y manejo de fauna silvestre en México. Valdez, R y Ortega S, J.A. (eds). Biblioteca Básica de Agricultura. Editorial del Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma de Chapingo-IICA. Guadalajara, Jalisco. México, pp. 311-330.
- Doan-Crider, D. L., Tri, A. N., y Hewitt, D. G. 2017. Woody cover and proximity to water increase American black bear depredation on cattle in Coahuila, Mexico. *Ursus*, 28(2), 208-217.
- Doan-Crider, D.L., y Hellgren, E.C. 1996. Population characteristics and winter ecology of black bears in Coahuila, México. *The Journal of wildlife management*. 398-407.
- Encina-Domínguez, J. A., Lupercio, A. Z., Valdez-Reyna, J., y Villareal-Quintanilla, J. A. 2007. Caracterización ecológica y diversidad de los bosques de encino de la sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (81), 51-63.
- Encina-Domínguez, J. A., Castellón, E. E., Villareal-Quintanilla, J. A., Villaseñor, J. I., Ayala, C. M. C., y Arévalo, J. R. 2016. Floristic richness of the Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Phytotaxa*, 283 (1), 1-42.
- Encina-Domínguez, J. A., Encina-Domínguez, F. J., Mata-Rocha, E., y Valdez-Reyna, J. 2008. Aspectos estructurales, composición florística y caracterización ecológica del bosque de oyamel de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (83), 13-24.
- Encina-Domínguez, J. A., Villarreal-Quintanilla, J. A., Estrada-Castellón, E., Rueda-Moreno, O. 2019. Situación actual de la vegetación de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Botanical Sciences*, 97(4), 630-648.
- Escalante, T., Espinosa, D., y Morrone, J. J. 2002. Patrones de distribución geográfica de los mamíferos terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana*, (87), 47-65.

- Espinosa-Martínez, D. V., Ríos-Muñoz, C. A., González-Ruíz, 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.
- Fimbres-Macías, J. P. 2017. Estimación de la densidad poblacional de oso negro (*Ursus americanus*) en el Parque Nacional Cumbres de Monterrey, a través del análisis de ADN. Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Nuevo León. 1-73.
- Gillman, S. J., McKenney, E. A., y Lafferty, D. J. 2022. Human-provisioned foods reduce gut microbiome diversity in American black bears (*Ursus americanus*). *Journal of Mammalogy*, 103(2), 339-346.
- Hernández-Moreno, O. 2022. Diversidad de mamíferos terrestres en la reserva natural Estatal Sierra de Zapalinamé, en el Sureste de Coahuila, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, Mexico. 1-78
- Hubbard, T., Cove, M. V., y Lafferty, D. J. 2022. Human recreation impacts seasonal activity and occupancy of American black bears (*Ursus americanus*) across the anthropogenic-wildland interface. *Scientific Reports*, 12(1), 122.
- Juárez-Casillas, L.A., y Varas, C. 2013. Revisión bibliográfica actualizada del oso negro en México. *Therya*. 4(3): 447-465
- Larivière, S. 2001. *Ursus americanus*. *Mammalian species*, 2001(647), 1-11.
- Lira-Torres, I., y Briones-Salas, M. 2012. Abundancia relativa y patrones de actividad de los mamíferos de los Chimalapas, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 28(3), 566-585.

- Llorente-Bousquets, J., y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota, en *Capital Natural de México*, vol. I: *Conocimiento Actual de la Biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 283-322.
- López-Farías, A., Monroy-Vilchis, O., y Carrera-Treviño, R. 2019. Oso negro en México: un gigante en peligro de extinción. *Revista Ciencia UANL*, 22(95), 8-13.
- López, G. A., y Gualpa, H. M. 2022. Interpolación espacial y estructuras espaciales. Estadística. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. *Facultad de Ciencias*.
- López-Tello, E., y Mandujano, S. 2017. Paquete camtrapR para gestionar datos de fototrampeo: Aplicación en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Época)*, 7(2), 13-37.
- Martínez-Muñoz, A. 2001. Capacidad de carga para el oso negro (*Ursus americanus eremicus*) de los ecosistemas de las Serranías del Carmen Coahuila. *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Proyecto Q*, 6.
- Montiel-Reyes, F. J. 2013. Diversidad y estructura genética poblacional del Oso Negro Americano (*Ursus americanus*) en Ambientes Discontinuos de la Franja Central del Estado de Nuevo León, México. Tesis de Licenciatura. Instituto Politécnico Nacional.
- Monroy-Vilchis, O., Castillo-Huitrón, N. M., Zarco-González, M. M., y Rodríguez-Soto, C. 2016. Potential distribution of *Ursus americanus* in Mexico and its persistence: Implications for conservation. *Journal Nature Conservation*, 29, 62-68.

- Monroy-Vilchis, O., Zarco-González, M. 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.
- Moctezuma-Orozco, O., y Doan-Crider D. L. 2005. Oso negro americano. Pp. 419-422.
- Murillo, D., Ortega, I., Carrillo, J. D., Pardo, A., y Rendón, J. 2012. Comparación de métodos de interpolación para la generación de Mapas de Ruido en entornos urbanos. *Ingenierías USBMed*, 3(1), 62–68.
- Navarro-Serment, Carlos J. 2016. El oso negro en el noreste de México, guía para conocerlo mejor y vivir en paz con él. Ciudad de México. Conabio. Pp.72
- NASA, 2020. The Sierra Madre Oriental is part of a chain that stretches across three continents. Obtenido de <https://earthobservatory.nasa.gov/images/147588/a-silver-of-mexicos-mother-mountain-range>
- Ortiz-Badillo, R. M., y Valdez-Reyna J. 2010. Estructura y Diversidad del bosque de (*Pinus cembroides* zucc.) de la sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. Tesis de Licenciatura. UAAAN, Buenavista Saltillo Coahuila, México.1-58.
- PACE, 2012. Programa de Acción para la Conservación de la Especie. Oso negro americano (*Ursus americanus*). 12-14.
- PROFAUNA, 2021. Protección de la Fauna Mexicana, A.C. Atención de Incidentes con Oso Negro (*Ursus americanus*). 1-51.

Ramírez-Pulido, J., González-Ruiz, N., Gardner, A. L., y Arroyo-Cabrales, J. 2014. List of recent land mammals of Mexico.

Rangel-Rojas, J. M. 2023. Evaluación de la distribución y conectividad del oso negro mexicano (*Ursus americanus eremicus*: Ursidae) en la Sierra Madre Oriental. Tesis de doctorado. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1-107.

Robbins, C.T., Lopez-Alfaro, C., Rode, K.D., Toien, O., Nelson, O.L. 2012. Hibernation and seasonal fasting in bears: the energetic costs and consequences for polar bears. *Journal of Mammalogy* 93: 1493-1503.

Rojas-Martínez, A. E., y Juárez-Casillas, L. A. 2013. Primer registro de oso negro americano (*Ursus americanus*) para el estado de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(3), 1018-1021.

Sánchez, L. I. 2014. Estado del conocimiento actual de los mamíferos terrestres en México. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. 1-40

Sánchez-Cordero, Víctor, Botello, Francisco, Flores-Martínez, José Juan, Gómez-Rodríguez, Ruth A., Guevara, Lázaro, Gutiérrez-Granados, Gabriel, y Rodríguez-Moreno A. 2014. Biodiversidad de Chordata (Mammalia) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(Supl. ene), S496-S504.

Salinas-Camarena, M. A. 2015. Ecología del oso negro (*Ursus americanus*) en el noroeste del Parque Nacional Cumbres de Monterrey, Nuevo León, México. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León. 1-68

Semarnat, 2010. (Norma Oficial Mexicana) NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación.

SEMARNAT, 2021. Conoce las categorías de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 para especies de flora y fauna. Obtenido de <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/conoce-las-categorias-de-riesgo-de-la-nom-059-semarnat-2010-para-especies-de-flora-y-fauna?state=published>

SEMA, 2023. Informe Conservación y Convivencia con el Oso Negro en el estado de Coahuila de Zaragoza 2012-2023 (*Ursus americanus eremicus*). Obtenido de [FINAL-INFORME-OSO-NEGRO-2012-2023-SMA-24-nov.-Patydoc.pdf](#)

SEMA, SEMARNAT, y CONANP. 2012. Programa de Acción para la Conservación de la Especie: Oso negro americano (*Ursus americanus*). México. 1-61.

Valbuena-García, A. M., y Rodríguez-Villamizar, L. A. 2018. Análisis espacial en epidemiología: revisión de métodos. *rev. univ. ind. Santander. salud* [online]. vol.50, n.4, pp.358-365.

Zarco-González, Z., Carrera-Treviño, R., y Monroy-Vilchis, O. 2023. Conservation of black bear (*Ursus americanus*) in Mexico through GPS tracking: crossing and roadkill sites. *Wildlife Research*.

VIII. ANEXOS

Anexo fotográfico.



Figura 13. Captura de oseznos de *Ursus americanus* aproximadamente de 6-8 meses de edad.



Figura 14. Deceso de oso negro (*Ursus americanus*) probablemente por atropellamiento.



Figura 15. Osezno de *Ursus americanus* en la Sierra Zapalinamé.

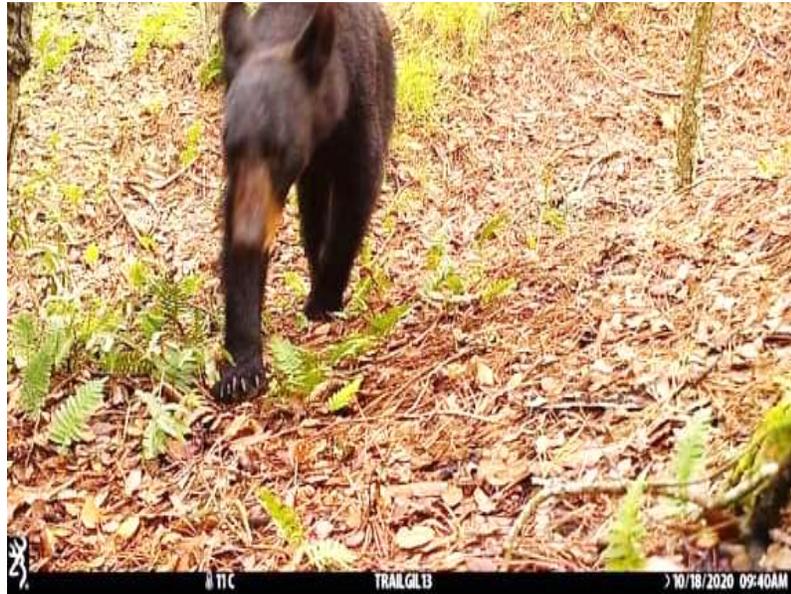


Figura 16. Avistamiento de oso negro por medio del fototrampeo en la Sierra Zapalinamé.



Figura 17. Incendio forestal dentro de las zonas de la Sierra Zapalinamé en el año 2022.

Anexo de cuadro.

Cuadro 4. Datos de los incendios del periodo 2022

Paraje	Municipio	Causa	Tipo de incendio	Fecha de inicio	Fecha de liquidación	Tipo de vegetación afectada	Tamaño de impacto	Superficie Ha
Santa Rosa	Saltillo	Naturales	Mixto	2022-05-11	2022-05-31	Bosque de Pino	Moderado	1333.34
Llano Largo	Saltillo	Naturales	Mixto	2022-05-12	2022-05-24	Bosque de Pino	Moderado	130.11
San Lorenzo	Saltillo	Desconocida	Superficial	2022-03-10	2022-03-11	Matorral Desértico Rosetófilo	Mínimo	0.10
El Diamante	Arteaga	Otras actividades productivas	Superficial	2022-04-14	2022-04-16	Bosque de Pino	Mínimo	33.14
El Cedrito	Arteaga	Naturales	Superficial	2022-06-07	2022-06-08	Bosque de Pino	Mínimo	2.62
Cerritos Zapalinamé	Saltillo	Desconocida	Superficial	2022-06-23	2022-06-24	Bosque de Pino	Mínimo	4.02