



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA**

“Riqueza de mamíferos no voladores en sitios post-incendio
en bosques de *Abies religiosa* dentro del Parque Nacional
el Chico, Hidalgo, México”.

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
BIÓLOGO

PRESENTA:
Carlos Fabian Terrazas Tzontecomani

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Efraín Reyes Ángeles Cervantes

Ciudad de México, Noviembre de 2022





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

A mi familia, por apoyarme en cada proyecto, aventura y aprendizaje. No lo hubiera logrado sin ustedes.

A la persona que más amo y admiro, mi mamá Gabelu, por animarme, comprenderme y apoyarme en todo momento, este pequeño logro es para ti.

A mi tío, Gabinin, por sus consejos y apoyo, sin los cuales no hubiera terminado este proyecto.

A mis abuelos, Mamazita y Gabinin, por escucharme y estar ahí para mí, siempre estaremos juntos.

A mis tías y sobrinas, Vicky, Vero, Wiwi y Gato, por hacerme feliz, aunque estén tan lejos.

A mis hermanos, Jony y Karlita, apenas los conozco, pero aún así son parte de mi vida.

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

Esta tesis se realizó con apoyo y participación directa e indirecta, de muchas personas.

Mis compañeros Karlita, Ricardo, Aidé, Ale, y Dany, apoyaron en el trabajo de campo. Gracias por su ayuda y dedicación, sin ustedes no lo hubiera logrado, también les agradezco por hacer divertidas todas esas salidas.

Itzel, fue una persona clave en este trabajo, trabajamos mano a mano en el laboratorio y en las salidas a campo. La vida nos separó, pero agradezco las vivencias y aprendizajes juntos, deseo te vaya muy bien en la vida.

Andrés (Viejito) y Duque, mis amigos de aventuras. Gracias por escucharme, hacerme reír y pintar mi vida de colores cálidos y placenteros. Espero compartamos un montón de aventuras más, siempre seamos grandes amigos y que tengan mucho éxito en su vida.

Atzin, Gaby y Maury, mis grandes amigos(as). Ustedes son invaluable, son personas que aprecio mucho, son una pieza importante en mi vida, son y serán siempre parte de mi. Les deseo una vida llena de triunfos y aprendizajes.

Zam. Gracias por apoyarme y escucharme durante los buenos y malos momentos, gracias por hacerme reír y disfrutar juntos de la vida, gracias por estar ahí cada vez que tropiezo, gracias por compartir un poco de tu tiempo conmigo, gracias. Anhele se cumplan todos tus sueños.

Toda la comunidad universitaria y no universitaria con la que compartí estos años de aprendizaje, fue un placer haberlos conocido, gracias.

AGRADECIMIENTOS ACADÉMICOS

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México, mi *alma máter*, por permitirme ser parte de su comunidad, ayudarme a formar mi identidad y sobre todo por ofrecerme una inmensa cantidad de oportunidades.

A la FES Zaragoza, por permitirme pasear, correr, jugar, aprender y vivir en sus corredores y jardineras, por regalarme un montón de vivencias y aventuras, por hacerme feliz, gracias.

Al Dr. Efraín Reyes Ángeles Cervantes, por la paciencia, amistad, historias y conocimiento, gracias profe. Espero seguir aprendiendo de usted, sabe que cuenta conmigo y le deseo lo mejor.

A la maestra Nicté Ramírez Priego, por haber inculcado en mi, la pasión y amor por los animales. También al Dr. Uri Omar García Vázquez, por abonar esa pasión, con su gran conocimiento sobre mamíferos. Gracias.

A mis sinodales los Dres. Gabriel Gutiérrez, Roberto Méndez y Ezequiel Hernández, por las correcciones y comentarios para la realización de este trabajo. Gracias por regalarme parte de su tiempo y conocimiento.

A la maestra Yolanda Hortelano Moncada y al biólogo José Manuel Vilchis Conde, por permitirnos trabajar en la Colección Nacional de Mamíferos.

A todos los profesores que me transmitieron un poco de su amor y conocimiento sobre la biología, desde mi ingreso hasta mi egreso de esta hermosa carrera. Gracias a toda la comunidad académica.

CONTENIDO

Dedicatoria.....	I
Agradecimientos personales.....	II
Agradecimientos académicos	III
Resumen	VII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MARCO TEÓRICO	2
2.1 Origen y evolución de la mastofauna terrestre	2
2.2 Importancia de mamíferos terrestres.....	2
2.3 Incendios forestales.	4
2.3.1 Causas de incendios forestales.....	4
2.4 Efecto de los incendios de bosques de coníferas en mamíferos. ..	5
2.5 Efecto de los incendios forestales en mamíferos a mediano plazo (10-20 años).....	8
2.6 Bosques de <i>Abies religiosa</i>	10
2.7 Estudios mastofaunísticos en bosques de <i>Abies religiosa</i>	10
2.8 Incendios forestales de 1998 en el PN el Chico, Hidalgo.....	11
3. HIPÓTESIS.....	12
4. OBJETIVO GENERAL.....	12
Objetivos particulares.....	12
5. ZONA DE ESTUDIO	13
Clima.	13
Geología.	13
Edafología.	13
Vegetación.....	13
Mastofauna.....	14
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
6.1 Selección de sitios de estudio.	15
6.2 Muestreo de mastofauna terrestre	17
6.2.1 Muestreo de pelo de guardia	17
6.2.2 Muestreo de huellas por medio de estaciones olfativas	21
6.2.3 Muestreo de excretas y otros vestigios.....	22
6.2.4 Muestreo a través de cámaras trampa.	22
6.3 Trabajo de laboratorio para pelo de guardia	22

6.3.1 Método de aclaramiento medular.	22
6.3.2 Método de Impresión de cutícula.....	23
6.3.3 Montaje y descripción de pelo de guardia.	24
6.3.4 Identificación de pelo de guardia.	24
6.4 Obtención del listado faunístico.	26
6.5 Análisis de riqueza mastofaunística.	26
6.6 Riqueza y tasa de cambio de especies entre sitios, por medio del Índice de Similitud de Jaccard.....	28
6.8 Caracterización del hábitat.....	28
6.9 Relación entre la riqueza mastofaunística y las características del hábitat.	28
6.11 Búsqueda bibliográfica de incendios y mastofauna.....	29
7. RESULTADOS	30
7.1 Riqueza mastofaunística total.	30
7.1.1 Especies observadas, estimadas y eficiencia de muestreo ...	31
7.2 Riqueza mastofaunística por sitio de muestreo.....	32
7.2.1 Bosque No Afectado (BNA).....	32
7.2.2 Bosque Afectado por Incendio de Copa Moderado (BACMOD)	33
7.2.3 Bosque Afectado por Incendio de Copa Severo (BACSEV) ..	35
7.3 Incremento de especies de mastofauna entre sitios	37
7.4 Similitud de especies de mamíferos entre sitios afectados y no afectados.....	37
7.5 Comparación de riqueza mastofaunística entre sitios	38
7.6 Caracterización del hábitat.....	39
7.6.1 Bosque No Afectado.....	39
7.6.2 Bosque Afectado por Incendio de Copa Moderado	39
7.6.3 Bosque afectado por incendio de copa severo	40
7.7 Relación entre riqueza mastofaunística y características del hábitat	41
7.8 Efecto de los incendios sobre la composición y riqueza mastofaunística.	42
7.9 El papel de los incendios sobre la composición mastofaunística en sitios post-incendio.....	42
7.10 Especies registradas en la NOM-059, CITES e IUCN.....	45

8. DISCUSIÓN.....	46
8.1 Riqueza de especies.....	46
8.2 Efecto de los incendios de diferente intensidad sobre la composición mastofaunística.	47
8.3 Efecto de los incendios sobre la presencia de especies de mastofauna.....	48
8.3.1 Especies no afectadas por incendios	48
8.3.2 Especies afectadas negativamente por incendios forestales.	49
8.3.5 Especies favorecidas por incendios forestales	50
8.5 Incendios y especies en la NOM-059.....	52
8.6 Nuevos registros de potenciales de mastofauna para el PN el Chico.....	53
9. CONCLUSIONES	55
10. RECOMENDACIONES.....	56
11. LITERATURA CITADA	57
12. ANEXO	68

RESUMEN

El efecto de los incendios forestales en bosques de oyamel (*Abies religiosa*) a mediano plazo (20 años), sobre la mastofauna, ha sido escasamente estudiado. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue comprender el papel de los incendios forestales de diferente intensidad (20 años post-incendio), sobre la riqueza y composición de la mastofauna en los bosques de *A. religiosa* del Parque Nacional El Chico, Hidalgo, México.

Para ello, se realizó un muestreo equitativo de mamíferos terrestres no voladores, en tres sitios de estudio (Bosque No Afectado, Bosque Afectado por Incendio de Copa Moderado y Bosque Afectado por Incendio de Copa Severo) durante tres años (2018 - 2020), por medio de métodos directos e indirectos. Respectivamente, se emplearon cámaras trampa, además, se diseñaron trampas para obtener pelo de guardia de mamíferos, se realizaron estaciones olfativas para la obtención de huellas y se rastrearon excretas y otros vestigios.

Se obtuvieron 88 registros de mamíferos, distribuidos en 74 muestras de pelo, seis registros en cámaras trampa, cinco conjuntos de huellas, dos sitios con conos roídos, y una excreta. A partir de estas muestras se identificaron 21 especies de mamíferos terrestres no voladores. Además, se emplearon los estimadores no paramétricos de Jackknife y Bootstrap para evaluar la eficiencia de muestreo; y se empleo el índice de similitud de Jaccard, para comparar la composición mastofaunística entre sitios. Por otro lado, se realizó la caracterización de hábitat de cada sitio, y se relacionó con la presencia ó ausencia de cada especie.

Se registraron nueve especies de mamíferos terrestres para los bosques no afectados por incendios forestales, dos exclusivas a este sitio: *Peromyscus difficilis* y un roedor de la familia *Heteromyidae*. Los bosques afectados por incendios de copa moderado presentaron 12 especies de mamíferos, de estas, las siguientes especies fueron registradas exclusivamente en este sitio: *Marmosa mexicana*, *Sorex* sp., *Baiomys taylori*, *Reithrodontomys sumichrasti*, *Oryzomys* sp. y *Oryzomys couesi*. Los bosques afectados por incendios copa severo presentaron nueve especies, de las cuales, cinco fueron exclusivas a este sitio, y son: una musaraña de la familia *Soricidae*, *Sorex saussurei*, *Glaucomys volans*, *Perognathus flavus* y *Reithrodontomys megalotis*

1. INTRODUCCIÓN

La mastofauna en México está representada por 544 especies y ocupa el segundo lugar en diversidad de mamíferos a nivel mundial, solo después de Indonesia (560 spp.) (Ceballos *et al.*, 2014). A nivel estatal, el estado de Hidalgo, registra 147 especies, distribuidos en nueve órdenes, 26 familias y 89 géneros (Rojas-Martínez *et al.*, 2017).

Los mamíferos terrestres juegan un papel importante en la dispersión de semillas (Aubry *et al.*, 2003; Medrano *et al.*, 2014), su germinación (Varela y Bucher, 2006; Villalobos *et al.*, 2014), en el control de plagas (Whitaker y Clem, 1992), los mamíferos pequeños arborícolas y semi-fosoriales son alimento para muchos depredadores y favorecen la dispersión de ectomicorrizas (Aubry *et al.*, 2003); además, los mamíferos voladores contribuyen a la polinización y la variabilidad genética de varias plantas (Casas *et al.*, 1999; Rojas-Martínez y Moreno-Ortega, 2014). Por ello, se les conserva en las diferentes áreas naturales protegidas, como en los parques nacionales.

El Parque Nacional el Chico es importante para la conservación de la mastofauna terrestre porque en el habitan 23 especies, lo que representa aproximadamente el 5% de los mamíferos terrestres no voladores reportados a nivel nacional (Hernández-Flores y Rojas-Martínez, 2010; Rojas-Martínez *et al.*, 2017), además Córdova y Rogel (1998) mencionan que las comunidades cercanas al parque le dan un uso ornamental, gastronómico y medicinal a los mamíferos, y la fauna pueden ser utilizada como atrayente para el turismo.

En 1998 este parque nacional fue afectado por incendios forestales de diferente intensidad y se desconoce la riqueza de mastofauna terrestre en los sitios afectados por estos incendios forestales.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Origen y evolución de la mastofauna terrestre

A nivel mundial el origen de los primeros mamíferos ocurrió hace 220 millones de años (ma) aproximadamente (Meredith *et al.*, 2011) a partir de un ancestro común perteneciente al grupo de los Cynodontes (Kemp, 2005), los cuales sobrevivieron durante 150 ma, siendo en su mayoría, no más grandes a un tlacuache. Fue hasta la Revolución Terrestre del Cretácico, hace 125 a 80 millones de años, cuando aconteció la diversificación basal de los órdenes de mamíferos, y después de la extinción de los dinosaurios durante el Cretácico-Paleógeno, hace 65 millones de años, ocurrió la gran radiación de los mamíferos (Meredith *et al.*, 2011). Actualmente existen más de 5,400 especies de mamíferos, distribuidos en 28 órdenes (Ceballos *et al.*, 2013).

2.2 Importancia de mamíferos terrestres

Los mamíferos terrestres juegan un importante papel en la dispersión y geminación de semillas, así como en la restauración de ecosistemas alterados (Matías, *et al.*, 2008; Medrano, *et al.*, 2014; Varela y Bucher, 2006; Villalobos, *et al.*, 2014).

Matías *et al.* (2008) evaluaron el rol de la endozoocoria ó dispersión de semillas por animales frugívoros, de tres mamíferos medianos el zorro rojo (*Vulpes vulpes*), la garduña (*Martes foina*) y el jabalí (*Sus scrofa*) en la restauración de diferentes mosaicos de vegetación, en Sierra Nevada, España. Encontraron que estos mamíferos dispersan semillas de 16 especies de plantas, y el porcentaje de viabilidad de estas semillas, después de pasar por su tracto digestivo, según la prueba de *tetrazolio*, varió del 62% al 100% en la mayoría de las especies; además, encontraron diferencias significativas en la cantidad de semillas dispersadas en los diferentes tipos de vegetación, siendo mayor en los hábitats degradados que en los bosques nativos; concluyen, que estos mamíferos son dispersadores legítimos de semillas y son el mejor vector para la recolonización de hábitats alterados.

Medrano, *et al.* (2014) determinaron las especies vegetales que son dispersadas por mamíferos a través de sus excretas, en dos tipos de vegetación, selva baja caducifolia y pastizal inducido, en Veracruz, México.

Encontraron que 8 especies de mamíferos, coyote (*Canis latrans*), zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), jaguarundi (*Puma yagouaroundi*), cacomixtle (*Bassariscus* sp.), mapache (*Procyon lotor*), armadillo (*Dasypus novemcinctus*), oso hormiguero (*Tamandua mexicana*) y tlacuache (*Didelphis* sp.) fungen como dispersores de semillas de 36 especies diferentes de plantas, además, registraron semillas de 12 especies de plantas arbustivas y arbóreas de la selva en excretas ubicadas dentro del pastizal, con ello concluyen que los mamíferos dispersan más semillas de la selva al pastizal que viceversa, contribuyendo al proceso de sucesión secundaria en pastizales.

Además, los mamíferos conforman parte de la dieta de una amplia variedad de depredadores (Álvarez-Castañeda, *et al.*, 2004; Estrada, 2008).

Estrada (2008) evaluó la dieta del puma (*Puma concolor*) y del jaguar (*Panthera onca*) en la selva maya (México, Guatemala y Belice), encontró que la dieta de ambos felinos consistió principalmente en mamíferos de diferente talla, con una proporción del 95% para el puma y del 93% para el jaguar. Además, Grajales-Tam y González-Romero (2014) estudiaron los hábitos alimenticios del coyote (*C. latrans*) en la Reserva de la Biósfera Mapimí, México, encontraron que los mamíferos constituyen del 12% al 20% de los componentes alimenticios consumidos por este depredador, siendo los más importantes roedores, conejos y liebres.

Por otro lado, Álvarez-Castañeda, *et al.* (2004), evaluaron los hábitos alimenticios de la lechuza de campanario (*Tyto alba*), en Baja California, México, a través de egagrópilas, encontraron que el 83.3% de su dieta está constituida por roedores. Bravo, *et al.* (2015), analizaron los hábitos alimenticios del águila real (*Aquila chrysaetos*) en Chihuahua, México, encontraron que la dieta de esta ave de presa está compuesta del 80% al 97% de mamíferos, siendo los conejos y liebres los más importantes.

Finalmente, los mamíferos proveen de alimento y vestido al ser humano, son ampliamente utilizados en la medicina tradicional (Alonso-Castro, 2014) y son importantes en la cosmovisión humana al ser fuente de inspiración (Aranda, 2012, López, 2006).

En este sentido, Ballam-Ballote *et al.* (2020), como parte de un inventario mastozoológico, investigaron el uso y aprovechamiento de los mamíferos en cuatro comunidades de Yucatán, México, registraron que 9 especies de

mamíferos son aprovechados como alimento, medicina, artesanías, mascotas o en ceremonias, siendo el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) el más empleado.

Guerrero y Retana (2012), documentaron el conocimiento de indígenas *Tlahuicas* sobre el uso medicinal de la fauna en el municipio de Ocuilan de Arteaga, Estado de México, encontraron que 17 especies de mamíferos son empleados para aliviar algunas dolencias como dolor de huesos y coyunturas (*Puma concolor* y *Mephitis macroura*), dolor de espalda (*Nasua narica*); y enfermedades como ataques epilépticos (*Urocyon cinereoargenteus*) y convulsiones (*Mustela frenata*), por citar algunos.

Por lo anterior, es indispensable preservar y estudiar a los mamíferos, por su importancia ecológica al fungir como especies clave en las redes tróficas y al restaurar ecosistemas alterados mediante su rol de dispersores de semillas; y su valor para la humanidad al fungir como recursos directos proporcionando alimento y medicina, así como fuente de inspiración y tranquilidad para la sociedad en general.

2.3 Incendios forestales.

De acuerdo con la Comisión Nacional Forestal (2010), en adelante CONAFOR, los incendios forestales son la extensión descontrolada del fuego a través de un ecosistema, y en general hay tres tipos de incendios forestales en México:

Superficiales: La propagación del fuego es de forma horizontal, alcanzando hasta un metro y medio de altura, afectando principalmente el estrato herbáceo y arbustivo.

Copa o aéreos: Afectan al arbolado en parte o en su totalidad, llegando a consumir todos los estratos.

Subterráneos: El fuego se propaga debajo del horizonte orgánico del suelo, consumiendo materia orgánica y raíces.

2.3.1 Causas de incendios forestales.

El origen de la mayoría de incendios son ocasionados por el ser humano (90-94%), incluyendo, accidentes (aéreos, ferroviarios, entre otros), negligencia (quemadas agropecuarias, fogatas, quema de basura), intencionales o vandalismo (incendios ocasionados), debido al desarrollo industrial, la cacería

ilegal, la extracción de productos no madereros, entre otros (CONAFOR, 2010; Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2007; en español la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura).

También tienen un origen natural (dos al ocho por ciento), siendo ocasionados, primordialmente, por rayos de tormentas eléctricas. En este sentido los incendios provocados por rayos en Canadá y Rusia son la causa principal de estos fenómenos (FAO, 2007). También pueden ser provocadas por animales, algunas aves transportan brasas hacia pastizales, con el fin de que los roedores salgan de sus madrigueras y las aves puedan alimentarse; otro incendio de origen natural, es el incendio subterráneo, ocasionado por acumulación de gases (metano) debido a la descomposición de organismos muertos en época de sequía, dentro del suelo (Ángeles-Cervantes, comunicación personal, 2021).

En este sentido, la CONAFOR registró que en el 2020 ocurrieron 5,913 incendios en todo el territorio nacional, de los cuales el 85% fueron ocasionados por alguna actividad humana, el 13% por causas desconocidas y solo el 2% por causas naturales (CONAFOR, 2020).

2.4 Efecto de los incendios de bosques de coníferas en mamíferos.

Los incendios forestales afectan a la fauna ocasionando:

A. Mortalidad. Pueden generar una baja ó alta mortalidad sobre la fauna. French y French (1996) apuntan que el incendio de 1988 en el Parque Nacional de Yellowstone, Estados Unidos de América (EUA), eliminó menos del uno por ciento de las poblaciones de venado rojo (*Cervus elaphus*) y bisonte (*Bison bison*), además Singer *et al.* (1989) estimaron una mortalidad del 0.5% al 1% de la población de oso negro (*Ursus americanus*) durante estos incendios; Fecske, *et al.* (2004) reportaron la asfixia solo de un puma adulto hembra (*Puma concolor*), debido a un incendio. En contraparte los incendios ocurridos en la Federación Rusa durante 1998, ocasionaron mortalidad del 70 al 80 por ciento de ardillas y comadrejas, la de jabalíes del 15 al 25 por ciento y la de roedores hasta del 90 por ciento (Shvidenko y Goldammer, 2001).

De este modo, la asfixia o falta de oxígeno es la causa más frecuente de mortalidad de mamíferos, como han registrado French y French (1996) y Singer *et al.* (1989) durante el incendio en Yellowstone, EUA.

B. Supervivencia. Los animales presentan diferencias en el uso de hábitat, los que tienen madrigueras bajo el suelo (fosoriales) evitan el efecto de los incendios, otros de hábitos arborícolas huyen y su velocidad de movimiento es mayor; mientras que los organismos que viven en la superficie pueden ser los más afectados.

En este sentido, Conner *et al.* (2011) observaron que de las 36 ratas algodoneras (*Sigmodon hispidus*), cuyo hábitat es semi-fosorial, monitoreadas durante un incendio forestal controlado, solo 14% murieron debido al incendio en Baker County, Georgia, EUA. Además, Koprowski *et al.* (2006) monitorearon una población de ardillas rojas (*Tamiasciurus hudsonicus grahamensis*), cuyo hábitat es arbóreo, durante un incendio forestal en las Montañas Pinaleño, Arizona, reportando la muerte del 35% (siete individuos, cuatro machos y tres hembras) y la supervivencia del 65% (13 ardillas, cinco machos y ocho hembras).

Por otro lado, animales que viven sobre la superficie forestal o presentan madrigueras cerca o sobre el suelo, pueden presentar menor supervivencia. French y French (1996), reportaron un total de 396 animales perecidos durante el incendio de Yellowstone, EUA, de los cuales el 84.1% (333) fue de venado rojo (*C. elaphus*), 9.1% (36) de venado bura (*Odocoileus hemionus*), 3% (12) de alces (*Alces alcesk*), 2.3 % (nueve) de bisontes (*B. bison*) y 1.5% (seis) de osos pardos (*Ursus americanus*) durante los incendios de 1988 en Yellowstone. Lo que concuerda con lo registrado por Singer *et al.* (1989) inmediatamente después del incendio de 1988. Además, Tevis (1956) monitoreó una población de ratón ciervo (*Peromyscus maniculatus*), especie principalmente terrestre, antes y después de un incendio controlado en California, EUA, registró y marcó 37 individuos de *P. maniculatus* y 4 de *P. truei* antes del incendio forestal, de los cuales, re-capturó solo 13 individuos (32 %) sobrevivientes post-incendio.

C. Migración y uso de sitios post-incendio. Algunos mamíferos terrestres migran hacia zonas post-incendio y puede estar relacionado con los recursos alimenticios disponibles. De este modo, French y French (1996) y Singer *et al.* (1989) mencionan que coyotes (*Canis latrans*) aprovecharon el

29% de los cadáveres; en tanto los osos grizzli (*Ursus arctos*) consumieron el 27% y el oso negro (*U. americanus*) solo el siete por ciento de los cadáveres de mamíferos muertos durante el incendio de 1988 en Yellowstone, EUA.

Además, Blanchard y Knight (1996) mencionan que la dieta de osos grizzli (*U. arctos*) aumentó en el volumen de carne de ungulados, de 2.9% a 7.7% antes del incendio a 5.2%-28.6% después del incendio.

Tevis (1956) monitoreó una población de ratones ciervo (*Peromyscus maniculatus*) en una zona tratada con una quema controlada, por medio de captura-recaptura de individuos, durante 5 días pre-incendio y 18 días post-incendio, en California, EUA, menciona que el repoblamiento de la zona afectada, por *P. maniculatus*, tardó aproximadamente 7 días y registró un total de 72 individuos no marcados, que inmigraron de la zonas adyacentes no afectadas.

Considerando lo anterior se puede decir que los incendios ocasionan una alta o baja mortalidad de individuos, lo cual puede estar condicionado por la intensidad y magnitud del incendio, además del tipo de hábitos de la mastofauna (arborícolas, fosoriales o terrestres), ya que los animales terrestres pueden presentar una mayor mortalidad debido a estos fenómenos. Otro efecto importante son los recursos disponibles en zonas post-incendio, los cuales influyen en los movimientos y uso de hábitat de la fauna. Lo anterior puede afectar positiva o negativamente a especies con un estado de conservación en la Norma Oficial Mexicana NOM 059 SEMARNAT, 2010 la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), por lo que es importante conocer los efectos de los incendios forestales en la mastofauna.

2.5 Efecto de los incendios forestales en mamíferos a mediano plazo (10-20 años).

Se han llevado a cabo algunos estudios que evalúan el efecto de los incendios forestales en la mastofauna de 10 a 20 años post-incendio en bosques de coníferas, dominados por árboles de oyamel del género *Abies* spp. De manera general han encontrado que algunas especies se ven beneficiadas por los incendios, otras se ven perjudicadas, en algunos casos no mostraron una tendencia o suelen usar estas zonas de forma oportunista.

Walters (1991), evaluó el efecto de la tala y los incendios forestales (14 años post-incendio) sobre la fauna en el Parque Provincial Cypress, Canadá, cuya vegetación dominante es el oyamel del pacífico (*Abies amabilis*). Comparó las comunidades y poblaciones de mamíferos pequeños, encontrando que los ratones ciervo (*P. maniculatus*), especie generalista, puede verse beneficiada por eventos que provoquen un clareo del bosque, pues presentó una mayor densidad poblacional en zonas afectadas (24.6 y 22.2 individuos/hectárea) en comparación con el bosque maduro no afectado (10.2 ind/ha); por otra parte, la población del chincolo de lomo rojo del sur (*Myodes gapperi*) presentó un marcado efecto de borde (distancia del bosque maduro a la zona clareada), pues la probabilidad de captura de estos individuos, entre los primeros 35 metros al borde del bosque maduro, fue significativamente menor ($p < 0.01$) en comparación a las zonas interiores (a más de 50 metros del borde), concluyen que esta especie es afectada por estos eventos, pues evita las zonas claras o abiertas, prefiriendo el interior de bosques maduros donde hay una alta densidad de troncos, musgo y hojarasca.

Roberts *et al.* (2015) analizaron el efecto post-incendio (10-15 años) en las especies de mamíferos del Parque Nacional de Yosemite, EUA, en un bosque de coníferas dominado por *Abies magnifica* y *A. concolor*. Encontraron que la diversidad de especies entre las zonas afectadas y no afectadas no tuvo una diferencia significativa ($P=0.46$), sin embargo, la abundancia de especies fue marginalmente menor ($P=0.10$) en las zonas no incendiadas ($E'=0.54$) que en las incendiadas ($E'=0.71$), lo cual podría estar relacionado con la heterogeneidad del hábitat provocada por los incendios. Además, mencionan que los incendios forestales tienen un efecto negativo en la ardilla voladora del

norte (*Glaucomys sabrinus*), pues presentó un menor porcentaje de captura en las zonas afectadas (31%) que en las no afectadas (69%), además, estos fenómenos tuvieron una ligera influencia negativa sobre la ardilla de la costa oeste (*Tamiasciurus douglasii*), ya que presentó una tendencia baja en el porcentaje de captura en las zonas afectadas (41%) en comparación con las no afectadas (59%) ($P=0.11$); finalmente otras 5 especies de mamíferos pequeños (*Peromyscus maniculatus*, *P. boylii*, *Neotamias quadrimaculatus*, *N. speciosus*, y *Otospermophilus beecheyi*) no mostraron una estricta dependencia a los incendios, por ser en su mayoría especies generalistas y estar presentes en las zonas afectadas y no afectadas.

Vanbianchi *et al* (2017), examinaron el uso de hábitat del lince canadiense (*Lynx canadensis*) con el monitoreo de 14 individuos por medio de radio-collares durante dos años (2007 al 2011), en dos zonas afectadas por incendios forestales en diferente periodo post-incendio (a corto plazo, 1-6 años y a mediano plazo, 17-19 años) en Washington, EUA, la vegetación dominante en zonas altas era el “bosque sub-boreal” dominado por árboles de *Picea engelmannii* y *Abies lasiocarpa*, y en zonas bajas era el “bosque seco” dominado por *Pseudotsuga menziesii* y *Pinus ponderosa*. En este sentido, a mediano plazo, los lince monitoreados no mostraron una preferencia de uso de hábitats quemados o no quemados, pues utilizaron las zonas afectadas y no afectadas; por otra parte el tipo de vegetación sí influyó en el uso de hábitat del lince, pues mostraron una preferencia (mayor probabilidad de ocurrencia) por el uso del “bosque seco” que ofrece mayor cobertura y refugio para la liebre de las nieves (*Lepus americanus*), principal presa de este carnívoro, en comparación con el bosque sub-boreal. Concluyen que la heterogeneidad ambiental ocasionada por los incendios forestales es esencial para el mantenimiento de este carnívoro mediano.

Por lo anterior, podemos concluir que el efecto de los incendios forestales a mediano plazo sobre la mastofauna está relacionado con la estructura del ecosistema, y por la conformación de hábitats heterogéneos ó diferentes, pues los incendios promueven mosaicos de hábitat que tienen diversos efectos en las especies, algunas pueden ser beneficiadas, perjudicadas o pueden usar estos sitios de manera oportunista, por ello al

estudiar el efecto de los incendios a mediano plazo es necesario evaluar la relación entre la estructura de la vegetación y el uso de hábitat por la fauna.

2.6 Bosques de *Abies religiosa*.

Challenger y Soberón (2008), mencionan que los bosques de oyamel, también conocido como “arbolito de navidad” ó “abeto”, son comunidades vegetales densas y altas de hasta 30 metros de altura, distribuidas principalmente en el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur, entre los 2000 y 3,400 msnm. Sin embargo, Rzedowski (2006), menciona que la mayor parte de los casos las comunidades de *Abies* spp. se presentan en forma de manchones aislados, encontrando áreas de mayor extensión en las serranías que circundan el Valle de México.

Es una especie endémica de México, es decir, no se encuentra en ningún otro lugar del mundo, por ello es necesario estudiar y conservar nuestros bosques de coníferas.

2.7 Estudios mastofaunísticos en bosques de *Abies religiosa*.

En los últimos años se han llevado a cabo estudios que evalúan la diversidad de mamíferos en bosques de *A. religiosa*, como:

Ruíz-Soberanes y Gómez-Álvarez (2010), estimaron la riqueza mastofaunística del Parque Nacional “La Malinche”, México, registraron 19 especies de mamíferos terrestres no voladores para el tipo de vegetación de bosques de Pino-Aile (*Pinus-Alnus*) y Oyamel (*A. religiosa*).

Hernández-Flores y Rojas-Martínez (2010), en su estudio de la riqueza mastofaunística del Parque Nacional El Chico, Hidalgo, registraron 20 especies de mamíferos terrestres no voladores (24 incluyendo murciélagos) para los bosques de Oyamel (*A. religiosa*) y Oyamel-Encino (*Abies-Quercus*) del parque.

En este sentido, los bosques de oyamel son comunidades vegetales que pueden albergar una diversidad de mamíferos que va de 20 a 26 especies.

2.8 Incendios forestales de 1998 en el PN el Chico, Hidalgo.

De acuerdo con la CONAFOR (2019) el año de 1998 se caracterizó por ser uno de los más críticos en el número de incendios forestales (14,445) y de superficie afectada (849,632 ha) en México durante el período 1970-2018.

Santander (2004) reporta los incendios forestales ocurridos dentro del Parque Nacional el Chico en 1998, por medio de Puntos de Calor e imágenes satelitales, tomados de la Universidad de Colima y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Además, el diario La Jornada (1998) notifica que el incendio afectó 300 ha de bosques en el parque.

Considerando que una función de los parques nacionales es la conservación de la fauna silvestre y que el Parque Nacional del Chico, la primera área natural protegida de México, fue afectado por incendios de diferente intensidad en 1998, surgen las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Qué riqueza y composición de especies de mastofauna se presentan en los bosques de oyamel no afectados por incendios forestales?
2. ¿Qué riqueza y composición de especies de mamíferos se presentan en los bosques de *A. religiosa* afectados por incendios, en 1998, de diferente intensidad?
3. ¿Los bosques de oyamel (*A. religiosa*) afectados por incendios de copa moderado y de copa severo, presentarán una riqueza y composición mastofaunística terrestre diferente con respecto a un bosque no afectado?

3. HIPÓTESIS.

La riqueza de especies de mastofauna, del bosque de oyamel no afectado por incendios, será similar a la de otros bosques de oyamel, por lo tanto se estima será de 22 especies.

Si los incendios de copa moderado y de copa severo, ocurridos en 1998, alteraron el hábitat y la disponibilidad de alimentos de la mastofauna, entonces la riqueza y composición mastofaunística será diferente con respecto a la que presenta el bosque no afectado.

4. OBJETIVO GENERAL

Comprender el papel de los diferentes tipos de incendios forestales sobre la riqueza y composición de la mastofauna en los bosques de *Abies religiosa* del Parque Nacional El Chico, Hidalgo.

Objetivos particulares

Evaluar la riqueza mastofaunística presente (2020) en bosques de oyamel (*Abies religiosa*) no afectados y afectados por incendios forestales en 1998 del Parque Nacional El Chico, Hidalgo.

Determinar el estatus de conservación de las especies de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SSA1-2015, la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN).

Relacionar el papel de los diferentes incendios sobre la composición y riqueza mastofaunística y sus hábitos (arborícola, terrestre ó fosorial).

5. ZONA DE ESTUDIO

El Parque Nacional El Chico se ubica geográficamente entre las coordenadas 20°10'10" a 20°13'25" latitud Norte y los 98°41'50" a 98°46'02" de longitud Oeste, compartido por los municipios Mineral del Chico, Pachuca y Real del Monte, en el estado de Hidalgo. La altura varía de 2,500 a 3,090 metros sobre el nivel del mar (msnm) (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP], 2006) (Figura 1).

Clima. De acuerdo con Ángeles (2010) el clima es templado semifrío con lluvias en verano, la precipitación media anual es de 1,382 mm y septiembre es el mes con mayor precipitación ($\bar{X} = 302 \text{ mm}$) y la estación seca ocurre de noviembre a mayo (precipitación, $\bar{X} = 21 \text{ mm}$).

Geología. Dentro del parque se elevan grandes estructuras rocosas que fluctúan desde los 2,500 a 3,090 msnm, siendo "Las Ventanas" el punto de elevación máximo del parque, sobresaliendo también otras estructuras como "Peña del Cuervo", "Las Monjas", "El Capulín", "Peña de la Muela", entre otras; además se pueden encontrar grandes valles como "Los Conejos", "Tlaxcalita", "La Presita", "Los enamorados", entre otros (CONANP, 2006).

Edafología. De acuerdo con la CONANP (2006), en el parque se pueden encontrar varias asociaciones de suelos, citando solo las relacionadas con bosques de *Abies sp.* y siguiendo la clasificación de la FAO, encontramos: Andosol húmico - Cambisol húmico; Cambisol húmico - Andosol ócrico - Litosol; Cambisol húmico - Regosol eútrico y Andosol vítrico - Cambisol húmico.

Vegetación. En el parque se distribuyen seis de los nueve géneros de coníferas presentes en México, siendo *Abies religiosa* el más abundante, ocupando aproximadamente el 63 % del área del parque. También hay presencia de bosques de encino (*Quercus spp.*), encino-oyamel (*Abies-Quercus*), oyamel-encino (*Quercus-Abies*), y en menor abundancia bosques de pino (*Pinus spp.*), pino-encino (*Pinus-Quercus*), encino-pino (*Quercus-Pinus*) y *Cupressus lusitánica*, todos estos distribuidos en pequeños manchones dentro del parque, además hay presencia de bosques de *Juniperus monticola* y pastizales (CONANP, 2006).

Por otra parte Ángeles-Cervantes y López-Mata (2009), mencionan que en los bosques de *A. religiosa* del Parque Nacional "El Chico", las especies

dominantes en el estrato arbustivo son *Archibaccharis hieracioides*, *Baccharis conferta*, *Eupatorium hidalguense*, *Fuchsia thymifolia*, *Ribes affine*, *Salvia elegans*, *Senecio agulifolius* y *Stevia monardiflora*, el estrato herbáceo lo dominan *Alchemilla procumbens* y *Ribes affine*, y el estrato rasante está dominada por varias especies del musgo *Thuidum* sp.

Mastofauna. Hernández-Flores y Rojas-Martínez (2010) realizaron un estudio faunístico en el Parque Nacional el Chico, registrando 20 especies de mamíferos terrestres, en bosques de oyamel, agrupadas en seis órdenes, 12 familias y 19 géneros. El orden con el mayor número de especies fue Rodentia con 10 (33.33%) seguido por los carnívoros con ocho especies que representan el 26.67% de los mamíferos en el Parque Nacional el Chico.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Selección de sitios de estudio.

Durante marzo y abril de 1998 ocurrieron una serie de incendios forestales de diferente intensidad en el Parque Nacional el Chico (Ángeles-Cervantes y López-Mata, 2009). En Julio del mismo año, Ángeles (2010) seleccionó sitios específicos donde ocurrieron incendios superficiales, de copa moderado y de copa severo, ubicados en el km 13 de la carretera "Pachuca-Mineral del Chico" (García, 2003) (Figura 1).

En los siguientes 12 años diversos autores llevaron a cabo estudios en estos sitios, evaluaron los efectos de los incendios forestales de diferente intensidad en la vegetación, en el suelo y en la regeneración post-incendio de bosques de *Abies religiosa*, sin embargo, no existen estudios que hayan evaluado la riqueza mastofaunística en los sitios afectados por los incendios forestales.

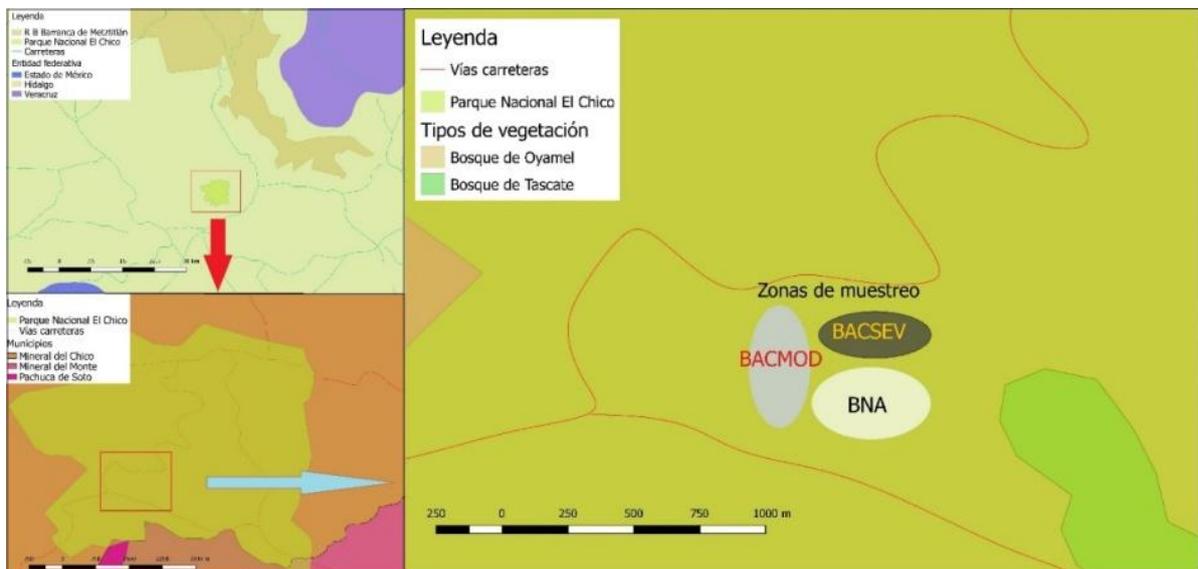


Figura 1. Ubicación geográfica del PN el Chico y áreas donde ocurrieron los incendios forestales en 1998. "BACSEV" Bosque Afectado por Incendio de Copa Severo (11,386 m²), "BACMOD" Bosque Afectado por Incendio de Copa Moderado (4,288 m²) y "BNA" Bosque No Afectado (4,487 m²), según García (2003).

Por lo anterior, el presente estudio se llevó a cabo en los sitios seleccionados con anterioridad por Ángeles (2010), ubicados en el km 13 de la carretera “Pachuca-Mineral del Chico”, dentro del Parque Nacional el Chico, Hidalgo (Figura 1) y de acuerdo a sus características y afectación al hábitat de la fauna se clasificaron en:

Bosque no afectado (BNA): Esta zona fue tomada como testigo, en la cual no se observan daños por incendios en ningún estrato. El tamaño de este sitio fue determinado por García (2003) y tienen un área de 4487 m², similar a los sitios afectados.

Bosque afectado por incendio de copa moderado (BACMOD): El fuego alteró el hábitat y eliminó todo el estrato herbáceo y arbustivo, provocó la muerte de todos los árboles con Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) \leq 30 centímetros (cm) y alturas \leq 20 metros (m). Únicamente sobrevivieron los árboles más grandes con alturas de 35 a 40 m y con DAP entre 35 y 55 cm, además presentaron daños en el 75% de su copa. La marca de la flama sobre el tronco fue de 6 hasta 20 metros de altura (Ángeles-Cervantes y López-Mata, 2009; Ángeles, 2010; Vargas, 2003) afectando un área de 4,288 m² (García, 2003).

Bosque afectado por incendio de copa severo (BACSEV): El fuego alteró todo el hábitat, ya que consumió completamente el estrato herbáceo, arbustivo y todos los árboles de todos los tamaños murieron, algunos de ellos en pie, y la marca de la flama en el tronco alcanzó hasta 30 m de altura (Ángeles-Cervantes y López-Mata, 2009; Ángeles, 2010; Vargas, 2003) afectando un área de 11,386 m² (García, 2003).

6.2 Muestreo de mastofauna terrestre

El estudio se llevó a cabo con muestreos indirectos, a partir de los cuales se obtuvieron muestras de pelo de guardia, huellas y excretas; y un muestreo directo, empleando cámaras trampa.

El esfuerzo de muestreo fue equitativo para los tres sitios de estudio. Se realizaron cuatro muestreos durante tres años, comenzando en el 2018, de la siguiente manera: *Noviembre 1° año, Noviembre 2° año, Marzo 3° año y Noviembre 3° año*. Los muestreos fueron en Noviembre debido a que el parque es un receptor o refugio de la fauna en Otoño e Invierno, y la de Marzo, porque corresponde al período de reproducción de especies (Ángeles, 2021, comunicación personal).

6.2.1 Muestreo de pelo de guardia

Este muestreo se llevó a cabo durante *Noviembre 1° año y Noviembre 2° año* porque es cerca de la época en la que los organismos cambian su pelaje.

Se emplearon dos métodos: I. trampas para pelo de guardia y II. colecta de pelo de guardia de madrigueras y echaderos. De la siguiente manera:

I. Trampas para pelo de guardia (TPG)

I.1 Colocación de trampas para pelo de guardia.

En cada sitio (BACSEV, BACMOD y BNA) se ubicaron 4 transectos de 200 m lineales cada uno, separados entre sí por aproximadamente 100 m (Chia *et al.*, 2015; Roberts *et al.*, 2015).

En cada transecto se ubicaron cuatro puntos a cada 50 metros, dando un total de 16 puntos de muestreo por sitio. En total se colocaron cuatro trampas de pelo de guardia (TPG) para roedores, cuatro trampas para roedores arborícolas, cuatro para musarañas, cuatro para lagomorfos y 12 trampas verticales para mamíferos medianos omnívoros, en cada sitio. **El número total de TPG fue de 28 por sitio, por los tres sitios fueron 84 TPG en todo el muestreo.** A partir de todas las TPG se obtuvieron 53 pelos de guardia en total.

Cada trampa de pelo estuvo acompañada por atrayentes visuales (adornos coloridos y brillantes).

I.2 Diseño y empleo de trampas para pelo de guardia:

Todas las TPG fueron colocadas al atardecer, estuvieron activas durante dos noches consecutivas (38 horas aproximadamente), durante el muestreo de *Noviembre 1° año*.

Con base en el listado faunístico de Hernández–Flores y Rojas-Martínez (2010), las TPG se diseñaron para la mastofauna terrestre, según sus diferencias en tamaño, peso (Ceballos, 2014) y preferencias alimenticias, de la siguiente manera:

I.2.1 Roedores terrestres. Las TPG consistieron en tubos de PVC de 15 cm de largo por 8.9 cm de diámetro, cuyo interior contenía una esponja de poliuretano (3 cm de grosor, 7 cm de ancho y 15 cm de largo), adherida a una tira de tela velcro de 5 cm de ancho por 13 cm de largo (Figura 2-A); además se usó una mezcla de avena, mantequilla de cacahuate y esencia de vainilla como atrayente (Romero-Almaraz *et al.*, 2007; Tirira, 1998). La función de la trampa es que los animales atraídos por el cebo dejen pelo en la tela velcro o en la esponja. Las trampas fueron colocadas sobre el sotobosque, cubiertas con hojarasca y ramas, simulando una oquedad (Figura 2-C).

I.2.2 Musarañas. Las TPG consistieron en tubos de PVC de 15 cm de largo por 8.9 cm de diámetro, cuyo interior contenía una esponja de poliuretano (3 cm de grosor, 7 cm de ancho y 15 cm de largo), adherida a una tira de tela “velcro” de 5 cm de ancho por 13 cm de largo (Figura 2-A), empleando sardina como atrayente (Tirira, 1998). La ubicación de estas trampas fue en el suelo forestal, cubiertas con hojarasca y ramas (Figura 2-C).

I.2.3 Roedores arborícolas. Consistieron en tubos de PVC de 8.9 cm de diámetro, por 20 cm de largo, con cinta adhesiva en la parte superior y un contenedor en la parte inferior para el atrayente (Figura 2-B), siguiendo el método establecido por Fasola *et al.* (2005) y Romero-Almaraz *et al.* (2007); el cebo empleado fue avena, mantequilla de cacahuate y esencia de vainilla nkjansjk (Tirira, 1998; Romero-Almaraz *et al.*, 2007). Se situaron sobre ramas gruesas en los árboles, durante dos noches consecutivas (Figura 2-D).



Figura 2. Trampas para pelo de guardia de mamíferos pequeños herbívoros. A. Trampa para roedores terrestres y musarañas. B. Trampa para roedores arborícolas. C. Ubicación de trampas de roedores y musarañas. D. Ubicación de trampas para roedores arborícolas.



Figura 3. Trampa para pelo de guardia de Lagomorfos. A. Diseño de trampas. B. Ubicación de trampas.

I.1.4 Lagomorfos (conejos y liebres). Consistieron en botellas de plástico gruesas (p.e. envase de 3 L), con doble entrada y con cinta adhesiva en la parte superior (Figura 3-A); se cebaron con una mezcla de col, lechuga, zanahoria, pan (Tirira, 1998) y manzana, de este modo los animales entrarían por el cebo y dejarían pelo en la cinta adhesiva. Las trampas se colocaron en el suelo, camufladas con ramas y hojarasca simulando una oquedad (Figura 3-B), durante dos noches consecutivas.

I.1.5 Mamíferos medianos omnívoros. Se utilizaron trampas verticales de tela velcro y atrayente olfativo. Consistieron de una tira de tela velcro de 20 cm de ancho (Figura 4-A) (Ramírez-Priego, comunicación personal, 2018) ó una esponja de poliuretano cubierta por fibras polipropilénicas (Figura 4-B) bañados con perfume de la marca “Calvin Klein para hombres” (López-González *et al.*, 2011) u orina de perro (hembra). Se sujetaron al tronco de los árboles a una altura de 15 a 30 cm, el objetivo es que los animales se restrieguen en la trampa (debido al olor) y el pelo quede atrapado.



Figura 4. Trampa para pelo de guardia de mamíferos medianos. A. Trampa vertical de tela velcro. B. Trampa vertical de esponja.

II. Colecta de pelo de guardia en madrigueras y echaderos (PGME).

Este muestreo se realizó en *Noviembre 2° año*. En cada transecto se buscaron madrigueras y echaderos para obtener pelo de guardia de mamíferos medianos. La obtención de estos, se realizó palpando las paredes y el piso de las madrigueras o echaderos con cinta adhesiva, el objetivo es extraer todas las muestras de pelo posible (Revueltas, 2017; Vallejo, 2013), finalmente cada cinta adhesiva se guardó en una bolsa de papel cera, con su rótulo correspondiente, para su traslado al laboratorio. **Se obtuvieron un total de 28 muestras de madrigueras y echaderos. En estas se obtuvieron 21 pelos de guardia.**

6.2.2 Muestreo de huellas por medio de estaciones olfativas

Este muestreo se llevó a cabo durante *Noviembre 2° año* y *Marzo 3° año*.

Para obtener huellas de mamíferos se emplearon estaciones olfativas, cebadas con sardina, whiskas o pollo (Tirira, 1998; López-González, *et al.*, 2011). Las estaciones olfativas consistieron en círculos de 1 m de diámetro en los cuales se empleó arena cernida humedecida con agua (Figura 5), además, cada estación tenía un adorno colorido y se esparció el aroma de los atrayentes en árboles circundantes; las estaciones se cebaron al atardecer, y se revisaron dos veces, al anochecer y al amanecer, durante dos noches consecutivas (38 horas aproximadamente), empleando una estación por sitio (BACSEV, BACMOD y BNA).

De las 5 huellas obtenidas se tomó el molde con yeso y se identificaron con la guía de Aranda (2012).



Figura 5. Estación olfativa cebada con sardina y Wiskas

6.2.3 Muestreo de excretas y otros vestigios

Además, durante el recorrido de cada transecto se buscaron excretas o rastros (huellas, vestigios de sitios de alimentación), esqueletos de mamíferos (Figura 6), y se identificaron con la guía de Aranda (2012), y con Ceballos (2014).



Figura 6. Vestigios de mamíferos. A. Conos de oyamel roídos. B. Excretas

6.2.4 Muestreo a través de cámaras trampa.

El muestreo de mamíferos medianos por medio de cámaras trampa se llevó a cabo en *Noviembre 3º año*. Se colocó una cámara trampa (de la marca Bushnell) en cada sitio de muestreo (BACSEV, BACMOD y BNA). Las tres cámaras se activaron al atardecer y permanecieron activas durante 2 noches consecutivas (38 horas aproximadamente), empleando sardina como atrayente olfativo, para asegurar el registro de la fauna.

6.3 Trabajo de laboratorio para pelo de guardia

6.3.1 Método de aclaramiento medular.

La obtención y aclaramiento medular de pelo de guardia se realizó siguiendo el procedimiento descrito por Arita (1985) de la siguiente manera:

Muestras de trampas para pelo de guardia (TPG). Las TPG se examinaron con un microscopio-estereoscopio para la búsqueda y obtención de pelo. Las muestras obtenidas se sumergieron en agua con jabón durante 24 horas para retirar el exceso de grasa. Para el aclaramiento medular, el pelo de guardia fue sumergido en Xileno dentro de recipientes o cajas Petri durante 12, 24, 72 horas o más, durante este período las muestras fueron extraídas del

Xileno, se revisaron en el microscopio, y sí se observaba el patrón medular (Figura 7) se colocaron en porta objetos para su posterior uso y revisión, el tiempo fue variable dependiendo del grosor del pelo.

Muestras de madrigueras y echaderos (PGME). Estas muestras fueron sumergidas en agua con jabón durante un periodo de tiempo variable (una a 24 horas), hasta retirar el exceso de material vegetal adherido a la cinta. Posteriormente se filtraron con papel filtro de poro mediano. Por último, se buscaron y recolectaron los pelos de guardia del papel filtro y de la cinta adhesiva.

Para el aclaramiento medular se realizó el mismo procedimiento antes descrito, las muestras se sumergieron en Xileno dentro de recipientes o cajas Petri durante un periodo de tiempo de 12, 24, 72 horas o más, y se monitorearon con un microscopio hasta que se observó el patrón medular (Figura 7).

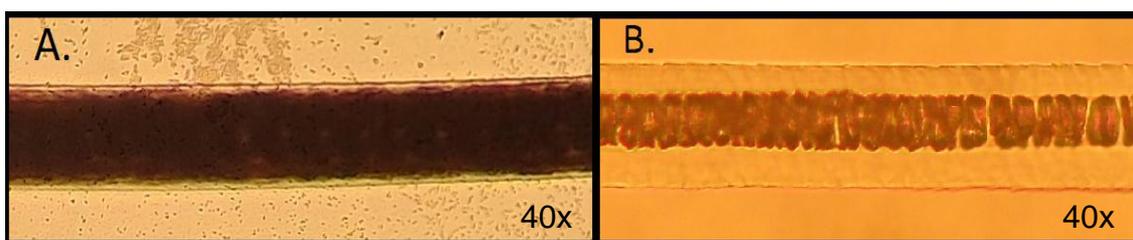


Figura 7. Ejemplo de patrón medular de pelo de guardia con aumento de 40x. A. Pelo de guardia con médula no aclarada. B. Pelo de guardia con médula clara.

6.3.2 Método de Impresión de cutícula

Los pelos de guardia ya aclarados, se sometieron al método de impresión de cutícula descrito por Weingart (1973), con modificaciones de Arita (1985). La técnica consiste en colocar sobre un cubreobjetos una gota de acetona, a la cual se añade barniz, se extiende uniformemente sobre el cubreobjetos, y se deja secar durante 15 minutos. Posteriormente se colocó el pelo en el cubreobjetos barnizado, y este último, entre dos portaobjetos, colocando a los lados un poco de cinta adhesiva para evitar el movimiento, al cual llamamos “Porta-escama”.

Siguiendo el diseño de Williamson (1951), se construyó una prensa de madera, en la cual se colocó el porta-escama a presión durante 20 minutos. Al término de los 20 minutos se abrió la prensa y se separó el pelo del porta-escama, obteniendo el molde de las escamas en el cubreobjetos barnizado (Figura 8).

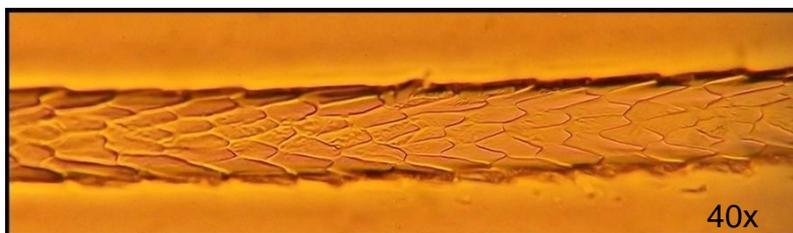


Figura 8. Ejemplo de patrón cuticular de pelo de guardia, con objetivo de 40X.

6.3.3 Montaje y descripción de pelo de guardia.

Las muestras aclaradas de pelo de guardia y sus moldes de escamas cuticulares se fijaron y rotularon en porta objetos, y quedaron en la colección en el laboratorio de Ecología e Hidrología de Bosques, laboratorio 8, primer piso, edificio UMIEZ, FES Zaragoza.

Siguiendo la nomenclatura de Arita (1985) y Monroy-Vilchis y Rubio-Rodríguez (2002), se describieron las características morfológicas de la médula y la cutícula, de la siguiente manera:

Empleando un estereoscopio, se midió su longitud (milímetros) y se describió su bandeo y color. Con un microscopio (10X y 40X), se describió la presencia de constricciones, escudo y su forma; también se determinó y fotografió el patrón medular y cuticular en tres secciones del pelo: raíz, espatular y punta. Finalmente, con un microscopio óptico calibrado se midió el diámetro del cañón (μm) y de la médula (μm), en la sección más ancha del pelo.

6.3.4 Identificación de pelo de guardia.

Para su identificación, se emplearon las guías de Arita (1985) y Monroy-Vilchis y Rubio-Rodríguez (2002), además de los catálogos de pelo de guardia de Baca (2002), Baca y Sánchez-Cordero (2004), Baca *et al.* (2010), Barros Díaz (2017), Debelica y Thies (2009), Juárez *et al.* (2010), Monroy-Vilchis *et al.*

(2005), Pech-Canché *et al.* (2009), Revueltas (2016), Ruíz (2014), Teerink (1991), Tumilson (1983) y Valdez (2014).

Además, las muestras de pelo de guardia se cotejaron con los patrones medulares y cuticulares de pelo de guardia de los mamíferos de la Ciudad de México (Vilchis, 2020) en la Colección Nacional de Mamíferos (CNMA) del Instituto de Biología, UNAM. Por último, se consultó la distribución de la especie determinada, de acuerdo con Ceballos, *et al.*, (2014).

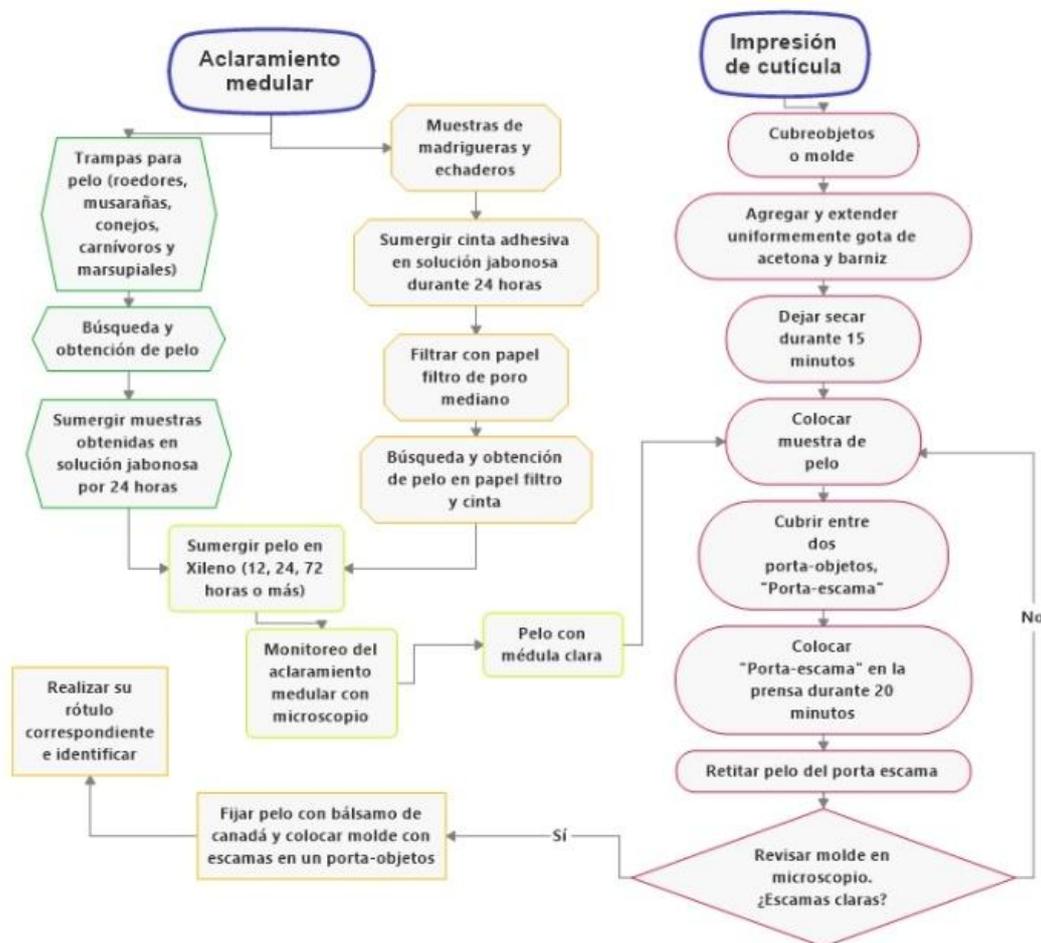


Figura 9 Diagrama de flujo de aclaramiento medular y revelado de escamas de pelos de guardia.

6.4 Obtención del listado faunístico.

Una vez identificadas las muestras, se elaboró un listado faunístico para cada sitio siguiendo la nomenclatura de Ramírez-Pulido *et al.* (2014). Además, en el presente trabajo se incluyó el estatus de protección de cada especie de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM 059 SEMARNAT, 2010, la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) y la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN Red List) importantes indicadores del estatus de protección de especies en México y a nivel mundial.

6.5 Análisis de riqueza mastofaunística.

El análisis de riqueza mastofaunística se llevó a cabo mediante el programa EstimateS 9.1.0 (Colwell, 2013).

Se obtuvieron curvas de acumulación de especies para cada una de los sitios, para obtener la riqueza estimada y representar gráficamente el esfuerzo de muestreo (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003; Moreno, 2001), además se emplearon los estimadores no paramétricos, Jackknife 1 y Bootstrap, de acuerdo a los siguientes supuestos:

1. Los datos cumplen con los siguientes requisitos necesarios para emplear un “estimador no paramétrico” (Escalante, 2003; Gotelli y Colwell, 2011):
 - Los datos no siguen un tipo de distribución en particular.
 - No tenemos supuestos que los ajusten a un modelo determinado.
 - Es empleado en muestras pequeñas ($n \leq 30$).
 - Se pueden emplear variables cuantitativas o cualitativas.
2. Los datos son de presencia-ausencia (Villareal *et al.*, 2006).
3. El uso de varios estimadores para observar tendencias y el desempeño en las estimaciones son recomendados por Villareal *et al.* (2006).

Por lo anterior en este trabajo se utilizaron los siguientes estimadores:

Jacknife 1 orden

Este estimador ha sido empleado con éxito en diferentes estudios mastofaunísticos (Tobler, *et al.*, 2008; Hannibal y Veves-Godoi, 2005; Ramesh, *et al.*, 2016).

Colwell (2013), emplea la siguiente ecuación:

$$S_j = S_{obs} + Q_1 \left(\frac{m-1}{m} \right)$$

Donde:

S_{obs} = Es el número de especies observadas en el muestreo

m = Número de muestreos, transectos

Q_1 = Número de especies representadas en una muestra (únicos).

Bootstrap

El estimador Bootstrap ha sido empleado en diferentes estudios mastofaunísticos (Martin, *et al.*, 2012; Rodrigues, *et al.*, 2019).

Se calcula con la siguiente ecuación (Colwell, 2013):

$$S_B = S_{obs} + \sum_{j=1}^{S_{obs}} (1 - P_j)^n$$

Donde:

S_{obs} = Es el número de especies observadas en el muestreo

P_j = La proporción de cuadrantes ó unidades de muestreo que contienen a la especie j.

n = Número de unidades de muestreo

6.6 Riqueza y tasa de cambio de especies entre sitios, por medio del Índice de Similitud de Jaccard.

Se realizó una gráfica de caja y bigotes, para comparar la riqueza mastofaunística entre BNA, BACMOD y BACSEV. Para evaluar la tasa de cambio de especies entre los sitios afectados y no afectado se utilizó la recomendación de Chauvat *et al.* (2011) a través del coeficiente de similitud de Jaccard para evaluar el grado de cambio de especies entre el sitio no afectado (BNA) y afectados (BACMOD y BACSEV) (Moreno, 2001; Villareal, *et al.*, 2006). Según el cual, dos muestras son similares si el índice de Jaccard es igual ó cercano a uno, por otra parte, dos muestras son diferentes si el índice es igual ó cercano a cero.

En este sentido, el coeficiente de Jaccard se calcula (Moreno, 2001):

$$J = \frac{A}{B+C-A}$$

Donde:

A = Es el número de especies compartidas en la muestra B y C.

B = Es el número de especies de la muestra B.

C = Es el número de especies de la muestra C.

6.8 Caracterización del hábitat

Se evaluaron cualitativamente cinco variables: la densidad vegetal en el estrato herbáceo, arbustivo y arbóreo, se midió el grosor de la capa de hojarasca ó musgo sobre el suelo forestal, y la abundancia de troncos caídos ó muertos en pie.

6.9 Relación entre la riqueza mastofaunística y las características del hábitat.

Se realizo un análisis de correlación simple, usando el programa Excel (V.2007; Microsoft) y Stata/MP 14.0, para indicar el tipo de relación existente entre las características del hábitat (densidad de vegetación herbácea, arbustiva y arbórea, grosor de la hojarasca, y árboles muertos en pie ó caídos) y la riqueza de especies observada y estimada.

6.11 Búsqueda bibliográfica de incendios y mastofauna.

Se realizó una búsqueda bibliográfica en las siguientes plataformas y revistas científicas:

- Fire Effects Information System.
- International Journal of Wild Land Fire
- Science Direct
- Web of Science
- Biblioteca digital UNAM
- Journal of Mammalogy
- Revista Mexicana de Mastozoología
- Therya
- Therya Notes

Siguiendo la recomendación de Volkman *et al.*, (2020), se busco por: *nombre científico de la especie + fire ó wildfire*, posteriormente, se seleccionaron los artículos que tuvieran sitios de estudio dominados por bosques de coníferas (*Abies sp.*, *Pinus sp.*, *Pseudotsuga sp.*, *Picea sp.*, ó *Cupressus sp.*)

En este sentido, se estimó el efecto de los incendios forestales, sobre cada especie, como positivo, negativo ó sin efectos, de acuerdo a la presencia ó ausencia de cada especie en los diferentes sitios de estudio (BNA, BACMOD y BACSEV) y se comparó con la bibliografía.

7. RESULTADOS

7.1 Riqueza mastofaunística total.

El esfuerzo de muestreo abarcó 3,192 horas de trampas para pelo de guardia (TPG); 228 horas de estaciones olfativas; y 114 horas de cámaras trampa. Además, se recorrieron 2.5 km en transectos. A partir de los cuales se obtuvieron 88 registros, distribuidos en 74 muestras de pelo, seis registros en cámaras trampa, cinco conjuntos de huellas, dos sitios con conos roídos, y una excreta. Obteniendo lo siguiente:

Cuadro 1. Riqueza y composición de órdenes, familias y especies de mamíferos registrados en el Parque Nacional el Chico, Hidalgo.

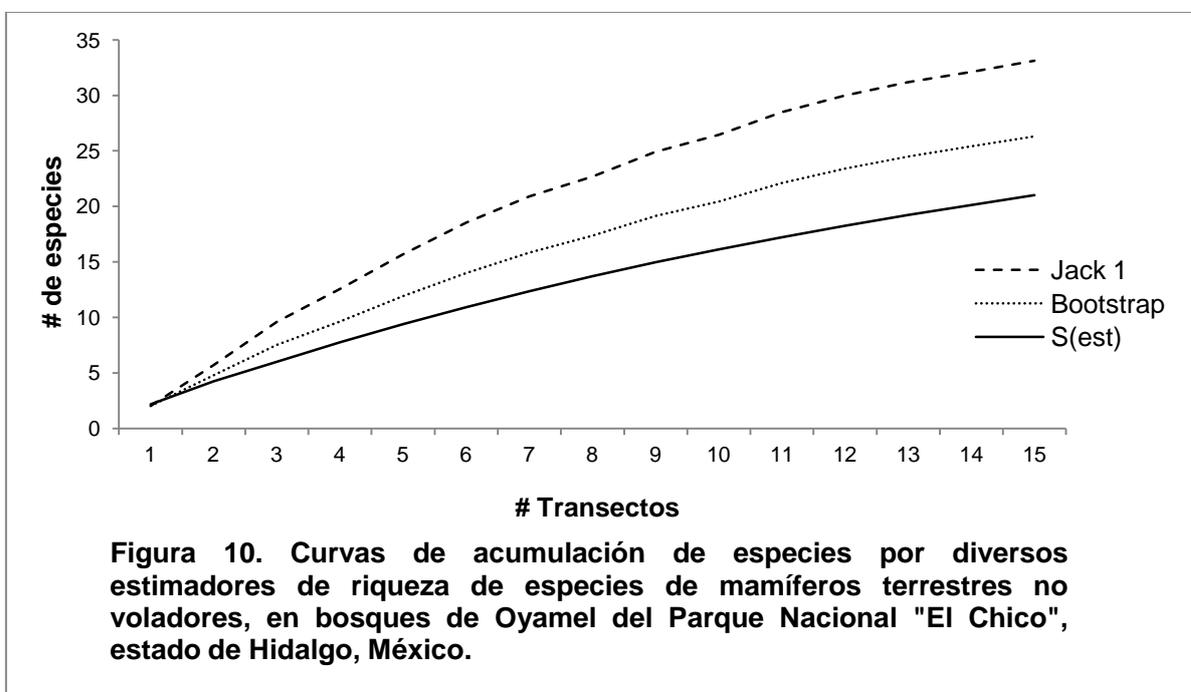
Orden	Familia	Especie
Didelphimorphia (Gil, 1872)	Didelphidae (Gray, 1821)	<i>Marmosa mexicana</i> (Merriam, 1897)
		ND
Soricomorpha (Gregory, 1910)	Soricidae (Fischer, 1814)	<i>Sorex</i> sp.
		<i>Sorex saussurei</i> (Merriam, 1892)
Rodentia (Bowdich, 1821)	Sciuridae (G. Fischer, 1817)	ND
		<i>Sciurus oculatus</i> (Peters, 1863) <i>Glaucomys volans</i> (Linnaeus, 1758)
	Heteromyidae (Gray, 1868)	ND
		<i>Perognathus flavus</i> (Baird, 1855)
		<i>Baiomys taylori</i> (Thomas, 1887)
		<i>Peromyscus difficilis</i> (J. A. Allen, 1891)
	Cricetidae (G. Fischer, 1817)	<i>Reithrodontomys megalotis</i> (Baird, 1858)
		<i>Reithrodontomys sumichrasti</i> (de Saussure, 1860)
		<i>Oryzomys</i> sp.
		<i>Oryzomys couesi</i> (Alston, 1877)
Carnívora	Canidae (G. Fishes, 1817)	<i>Canis lupus familiaris</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Urocyon cinereoargenteus</i> (Schreber, 1775)
	Mephitidae (Dragoo y Honeycutt, 1997)	<i>Spilogale gracilis</i> (Merriam, 1890)
		Mustelidae (G. Fisher, 1817)
	Procyonidae (Gray, 1825)	
		<i>Procyon lotor</i> (Linnaeus, 1758)

Se obtuvo una riqueza observada de 21 especies, 19 géneros, 10 familias y cuatro órdenes. En este sentido, el orden Rodentia fue el mejor representado con el 52% de las especies (11), seguido por el orden Carnívora con 28.6% (seis especies), el orden Soricomorpha con tres especies y Didelphimorphia representado solo por una especie (Cuadro 1).

7.1.1 Especies observadas, estimadas y eficiencia de muestreo

La riqueza observada fue de 21 especies y la riqueza estimada, de acuerdo a los estimadores Bootstrap y Jackknife 1 fue 26 y 33 especies, respectivamente, lo que indica que posiblemente faltan por registrar, entre cinco y 12 especies. Sin embargo esta riqueza coincide con la registrada en otros estudios de bosque de oyamel (Ruíz-Soberanes y Gómez-Álvarez, 2010).

La eficiencia del muestreo fue del 80% de acuerdo a Bootstrap, y del 63% de acuerdo a Jack 1 (Figura 10), sin embargo faltan registrar mamíferos medianos como el lince (*Lynx rufus*), y mamíferos pequeños, como lagomorphos, ardillas y musarañas.



7.2 Riqueza mastofaunística por sitio de muestreo

7.2.1 Bosque No Afectado (BNA)

Se identificaron nueve especies. El orden Carnívora con cinco especies y el orden Rodentia con cuatro especies (Cuadro 2).

Cuadro 2. Riqueza y composición de órdenes, familias y especies de mamíferos registrados en el sitio de estudio *Bosque No Afectado* en el Parque Nacional el Chico.

Orden	Familia	Especie
Rodentia	Sciuridae	ND
		<i>Sciurus oculatus</i> (Peters, 1863)
	Heteromyidae	ND
	Cricetidae	<i>Peromyscus difficilis</i> (J. A. Allen, 1891)
Carnívora	Canidae	<i>Canis lupus familiaris</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Urocyon cinereoargenteus</i> (Schreber, 1775)
	Mephitidae	<i>Spilogale gracilis</i> (Merriam, 1890a)
	Mustelidae	<i>Mustela frenata</i> (Lichtenstein, 1831)
	Procyonidae	<i>Basariscus astutus</i> (Lichtenstein, 1830)

Por otro lado, la riqueza observada fue de nueve especies, la riqueza estimada es de 12 y 15 especies de acuerdo a Bootstrap y Jack 1, respectivamente (Figura 11). La eficiencia de muestreo fue del 77 % y 58%, respectivamente. Debido a ello falta registrar entre tres y seis especies.

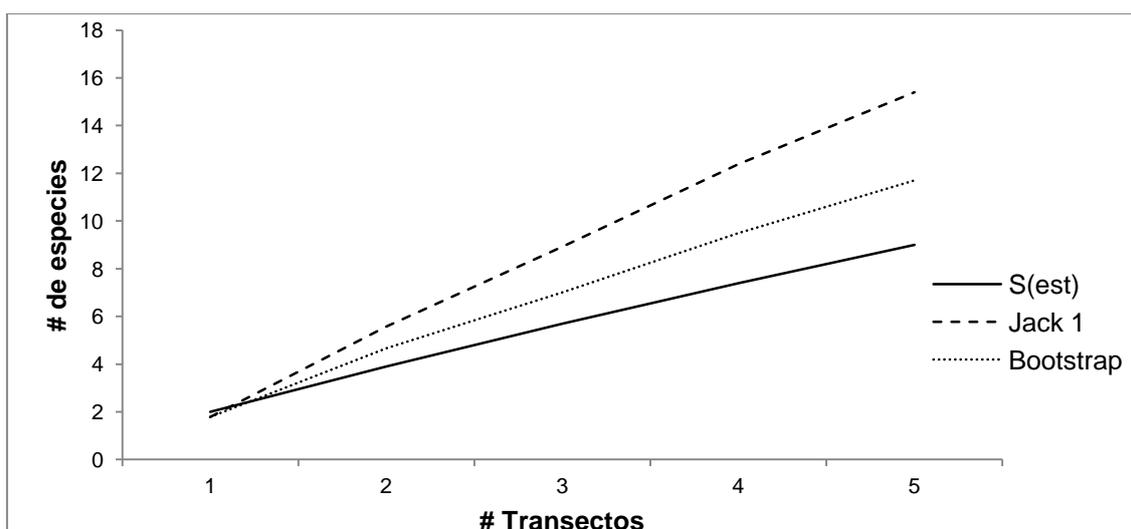


Figura 11. Curvas de acumulación para el sitio "Bosque No Afectado", dentro del bosque de Oyamel en el Parque Nacional "El Chico", Hidalgo, México.

7.2.2 Bosque Afectado por Incendio de Copa Moderado (BACMOD)

La riqueza fue de 12 especies (Cuadro 3), a partir de 10 muestras de pelo, huellas, excretas, tres registros en cámaras trampa y un comedero con conos roídos (Figura 13).

Cuadro 3 Riqueza y composición de órdenes, familias y especies de mamíferos registrados en el sitio de estudio *Bosque Afectado por Incendio de Copa Moderado* del Parque Nacional el Chico.

Orden	Familia	Especie
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Marmosa mexicana</i> (Merriam, 1897)
Soricomorpha	Soricidae	<i>Sorex</i> sp.
Rodentia	Sciuridae	-
		<i>Sciurus oculatus</i> (Peters, 1863)
		<i>Baiomys taylori</i> (Thomas, 1887)
	Cricetidae	<i>Reithrodontomys sumichrasti</i> (Saussure, 1861)
		<i>Oryzomys</i> sp. <i>Oryzomys couesi</i> (Alston, 1877)
Carnívora	Canidae	<i>Urocyon cinereoargenteus</i> (Schreber, 1775)
	Mustelidae	<i>Mustela frenata</i> (Lichtenstein, 1831)
	Procyonidae	<i>Basariscus astutus</i> (Lichtenstein, 1830)
		<i>Procyon lotor</i> (Linnaeus, 1758)

Por otra parte, el estimador Bootstrap calculó 15 y Jack 1 20 especies (Figura 11). La eficiencia de muestreo fue del 76 y 58%, respectivamente, además no se alcanzó la asíntota en la curva, lo cual indica que faltan entre tres y ocho especies por registrar.

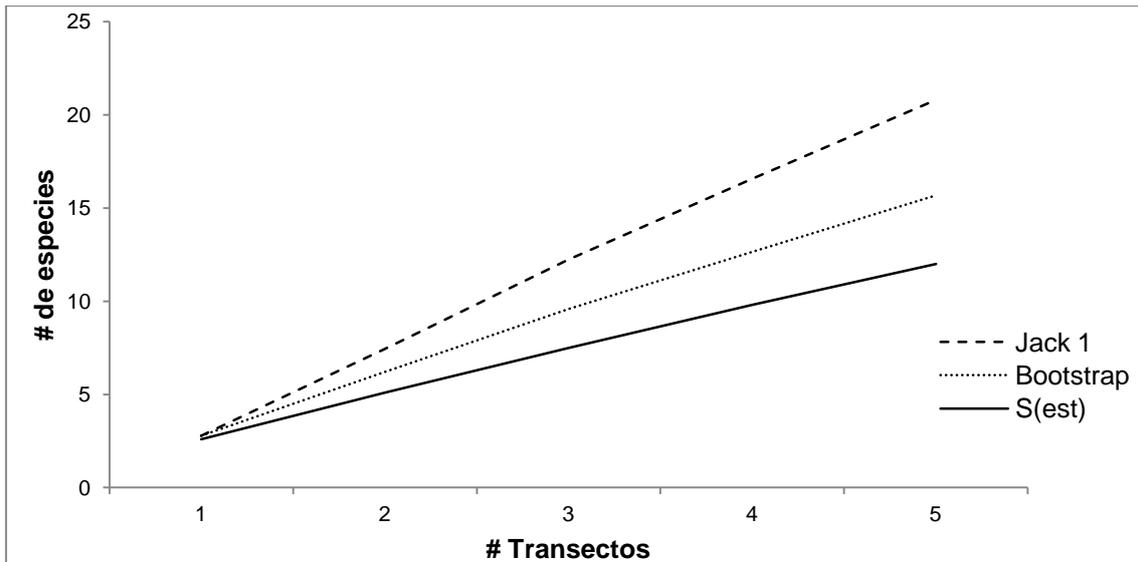


Figura 12. Curvas de acumulación para el sitio "Bosque Afectado por Incendio de Copa Moderado", dentro del bosque de Oyamel en el Parque Nacional "El Chico", Hidalgo, México.



Figura 13. Ejemplo de tres tipos de registros en el sitio BACMOD. A-fototrampeo. B-Excreta. C-Huella.

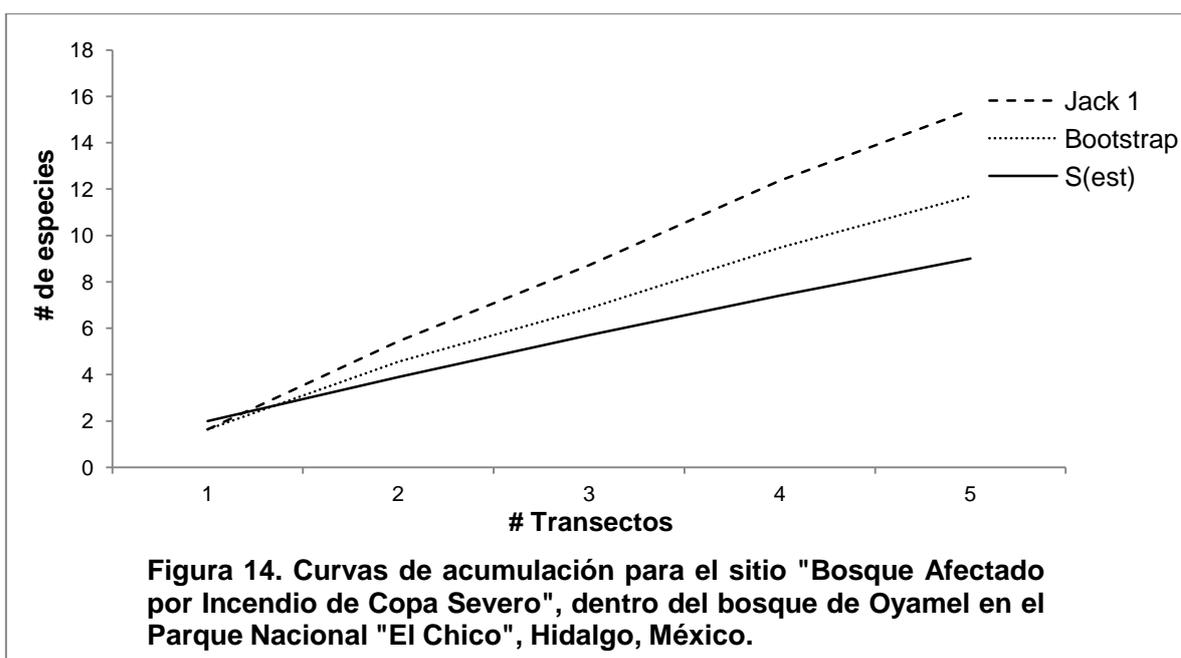
7.2.3 Bosque Afectado por Incendio de Copa Severo (BACSEV)

La riqueza fue de nueve especies (Cuadro 4). El orden mejor representado fue Carnívora con cuatro especies, seguido por Rodentia con tres y finalmente Soricomorpha con dos especies.

Cuadro 4 Riqueza y composición por órdenes, familias y especies de mamíferos registrados en el sitio de estudio *Bosque Afectado por Incendio de Copa Severo* en el Parque Nacional el Chico.

Orden	Familia	Especie
Soricomorpha	Soricidae	- <i>Sorex saussurei</i> (Merriam, 1892)
	Sciuridae	<i>Glaucomys volans</i> (Linnaeus, 1758)
Rodentia	Heteromyidae	<i>Perognathus flavus</i> (Baird, 1855)
	Cricetidae	<i>Reithrodontomys megalotis</i> (Baird, 1858)
Carnívora	Canidae	<i>Canis lupus familiaris</i> (Linnaeus, 1758)
	Mephitidae	<i>Spilogale gracilis</i> (Merriam, 1890a)
	Mustelidae	<i>Mustela frenata</i> (Lichtenstein, 1831)
	Procyonidae	<i>Procyon lotor</i> (Linnaeus, 1758)

Por otra parte, el estimador Bootstrap calculó 12 especies y Jackknife 1 estimó 15 especies (Figura 12), la eficiencia de muestreo fue de 77% y 58% respectivamente. Lo anterior indica que faltan por registrar de tres a seis especies.

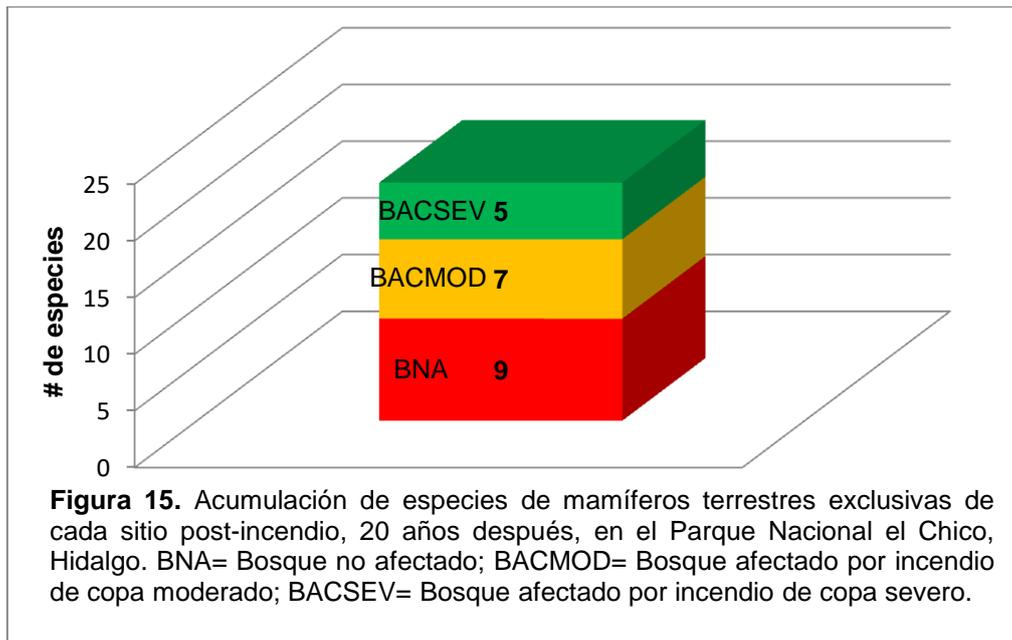


Cuadro 5 Listado de especies de mamíferos presentes en el Parque Nacional El Chico, por sitio (BACSEV, BACMOD y BNA) y por tipo de muestra, donde PG-Pelo de guardia, EX-Excreta, HU-Huellas, FT-Foto trampeo, y O-Otros vestigios.

Orden	Familia	Género	Especie	Sitio			Tipo de vestigio				
				BNA	BACMOD	BACSEV	PG	EX	HU	FT	O
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Marmosa</i>	<i>Marmosa mexicana</i> (Merriam, 1897)		X		X				
		-	-			X	X				
Soricomorpha	Soricidae	<i>Sorex</i>	<i>Sorex</i> sp.		X		X				
			<i>Sorex saussurei</i> (Merriam, 1892)			X	X				
		-	-	X	X						x
	Sciuridae	<i>Sciurus</i>	<i>Sciurus oculatus</i> (Peters, 1863)	X	X					x	x
		<i>Glaucomys</i>	<i>Glaucomys volans</i> (Linnaeus, 1758)			X	X				
		-	-	X			X				
	Heteromyidae	<i>Perognathus</i>	<i>Perognathus flavus</i> (Baird, 1855)			X	X				
		<i>Baiomys</i>	<i>Baiomys taylori</i> (Thomas, 1887)		X		X				
Rodentia		<i>Peromyscus</i>	<i>Peromyscus difficilis</i> (J. A. Allen, 1891)	X			X				
			<i>Reithrodontomys megalotis</i> (Baird, 1858)			X	X				
	Cricetidae	<i>Reithrodontomys</i>	<i>Reithrodontomys sumichrasti</i> (de Saussure, 1860)		X		X				
		<i>Oryzomys</i>	<i>Oryzomys</i> sp.		X		X				
			<i>Oryzomys couesi</i> (Alston, 1877)		X		X				
	Canidae	<i>Canis</i>	<i>Canis lupus familiaris</i> (Linnaeus, 1758)	X		X				x	
		<i>Urocyon</i>	<i>Urocyon cinereoargenteus</i> (Schreber, 1775)	X	X						x
	Mephitidae	<i>Spilogale</i>	<i>Spilogale gracilis</i> (Merriam, 1890)	X		X	X				
Carnívora	Mustelidae	<i>Mustela</i>	<i>Mustela frenata</i> (Lichtenstein, 1831)	X	X	X	X		x		
	Procyonidae	<i>Bassariscus</i>	<i>Basariscus astutus</i> (Lichtenstein, 1830)	X	X			x	x	x	
		<i>Procyon</i>	<i>Procyon lotor</i> (Linnaeus, 1758)		X	X	X				
Total	10	19	21	9	12	9					

7.3 Incremento de especies de mastofauna entre sitios

El sitio no afectado (BNA) registró nueve especies de mamíferos terrestres. En el sitio afectado por incendio de copa moderado (BACMOD) se registraron siete especies diferentes y en el sitio afectado por incendio de copa severo (BACSEV) se adicionan cinco especies distintas, lo que da un total de 21 especies, que es la riqueza total obtenida (Figura 15).



7.4 Similitud de especies de mamíferos entre sitios afectados y no afectados.

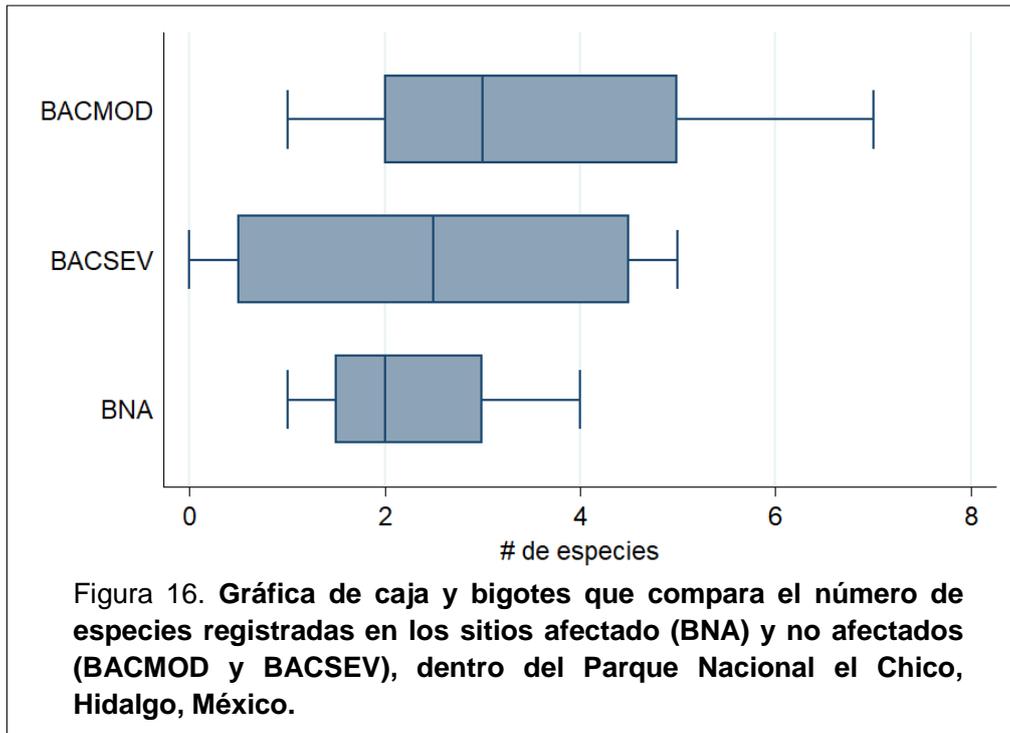
Como se observa en el cuadro 6, la magnitud del coeficiente de Jaccard fue menor a 0.24, por ende, los sitios afectados y no afectados son diferentes ambientalmente entre sí, y presentan una composición mastofaunística diferente. Los incendios generan ambientes y composición faunística diferente.

Cuadro 6 Índice de similitud de especies (I. de Jaccard) de sitios no afectado y afectados por incendio en el Parque Nacional el Chico, 20 años después de ocurrido el incendio.

	Indices de Jaccard	
	BNA	BACMOD
BACMOD	0.24	-
BACSEV	0.20	0.11

7.5 Comparación de riqueza mastofaunística entre sitios

Como se puede observar en la figura 16, los sitios afectados (BACMOD y BACSEV) tienen un mayor número de especies, en comparación con el sitio no afectado (BNA). Resultados similares han sido registrados por Piña *et al.* (2019).



7.6 Caracterización del hábitat

7.6.1 Bosque No Afectado

Este sitio de estudio se caracteriza por poseer una gruesa capa de musgo en el suelo de 10 cm de profundidad, la presencia de árboles caídos, densa vegetación en el estrato herbáceo y arbustivo, y árboles maduros de oyamel (70 a 100 años de edad y altura ≥ 35 m) (Figura 17) (Ángeles, 2010).



Figura 17. Características del hábitat del sitio no afectado (BNA), del Parque Nacional el Chico, Hidalgo. A. El suelo forestal está cubierto con una gruesa capa de musgo (10 cm en promedio) y algunos árboles caídos. B y C. Alta densidad vegetal en el estrato herbáceo y arbustivo. D. Estrato arbóreo dominado por árboles maduros de oyamel (edad de 70 a 100 años y altura ≥ 35 m).

7.6.2 Bosque Afectado por Incendio de Copa Moderado

Este sitio se caracteriza por tener una delgada capa de hojarasca en el suelo forestal, la presencia de árboles muertos en pie y troncos caídos, la supervivencia de árboles maduros (edad de 70 a 100 años, DAP ≥ 35 cm y altura ≥ 35 m), y una alta regeneración natural de oyameles (Figura 18) (Ángeles, 2010; Sánchez, 2007).



Figura 18. Características del hábitat del sitio afectado por incendio de copa moderado (BACMOD), del Parque Nacional el Chico, Hidalgo. A y B. Suelo forestal cubierto por una delgada capa de hojarasca y ramas, además presenta una escasa cobertura vegetal en el estrato herbáceo y múltiples troncos caídos. C y D. Alta densidad vegetal de árboles jóvenes (edad = 20 años) de oyamel (*A. religiosa*), algunos árboles maduros (edad de 70 a 100 años, DAP \geq 35 cm y altura \geq 35 m) y troncos en pie.

7.6.3 Bosque afectado por incendio de copa severo

Este sitio se caracteriza por poseer una gruesa capa de hojarasca (acículas de pino) de 10 cm de profundidad en el suelo forestal, árboles muertos en pie y troncos caídos, y presenta regeneración natural de oyamel (*Abies religiosa*) (Ángeles, 2010). Sin embargo, fue reforestada con árboles de pino (*Pinus patula*) y ciprés (*Cupressus lusitanica*) que presentan un gran desarrollo (Ángeles, comunicación personal, 2022) (Figura 19).

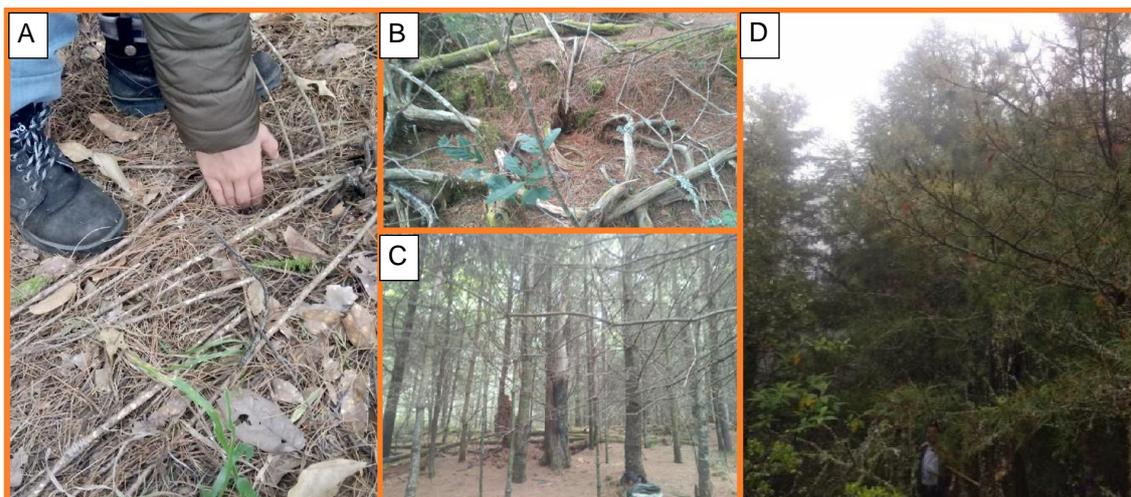


Figura 19. Características del hábitat del sitio afectado por incendio de copa severo (BACSEV), del PN. el Chico, Hidalgo. A y B. Suelo forestal cubierto por una gruesa capa de hojarasca (10 cm de profundidad). C. Escasa cobertura vegetal en los primeros 2 metros de altura, presencia de troncos en pie y en el suelo forestal. D. Densidad vegetal en el estrato arbóreo (10 m de altura) con presencia de árboles jóvenes (20 años) de pino (*Pinus* sp.), ciprés (*Cupressus* sp.) y oyamel (*A. religiosa*).

7.7 Relación entre riqueza mastofaunística y características del hábitat

Como se observa en el cuadro 7, no existe correlación entre la riqueza de especies y la densidad de herbáceas ($r = -0.1513$), y los árboles muertos en pie y caídos ($r = 0.1513$).

Cuadro 7. Nivel de correlación entre las variables ambientales y la riqueza de especies, para los sitios de estudio (BNA, BACMOD, BACSEV), del Parque Nacional el Chico, Hidalgo, México. También se presenta el nivel de significancia (p) de cada correlación.

Análisis de Correlación Simple				
	Densidad Herbáceas/Arbustos	Árboles muertos	Profundidad hojarasca	Densidad Arbórea
Riqueza de especies	-0.1513	0.1513	-0.542	0.4725
p=	0.6976	0.6976	0.1317	0.199

Además, se encontró una tendencia negativa en la correlación de la variable profundidad de la hojarasca y la riqueza de especies ($r = -0.542$) (Cuadro 7). En otras palabras, se podría incrementar el número de especies con la disminución en el grosor de la capa de hojarasca en el suelo forestal, no obstante, esta correlación no es estadísticamente significativa ($p = 0.1317 \geq 0.05$).

Por último, se muestra una tendencia positiva en la correlación de la variable densidad arbórea y la riqueza de especies ($r = 0.4725$) (Cuadro 7). Es decir, aparentemente se incrementa la riqueza de especies con el aumento en la densidad arbórea, sin embargo, esta correlación no es estadísticamente significativa ($p = 0.199 \geq 0.05$).

7.8 Efecto de los incendios sobre la composición y riqueza mastofaunística.

Los incendios de diferente intensidad tienen un efecto positivo sobre la composición mastofaunística en los bosques de oyamel del PN el Chico, Hidalgo. Esto se ve reflejado en el incremento en la composición de especies lo que conduce a una riqueza acumulada de especies. Es decir, los incendios forestales de diferente intensidad promueven la heterogeneidad ambiental y por lo tanto cambia la composición de especies entre sitios.

7.9 El papel de los incendios sobre la composición mastofaunística en sitios post-incendio

En el cuadro 8, se presenta la riqueza mastofaunística post-incendio, de acuerdo a la presencia ó ausencia de las especies en los diferentes sitios (BNA, BACMOD y BACSEV); así como, la búsqueda bibliográfica de estudios que evalúen el efecto de los incendios en bosques de coníferas, sobre las especies de mamíferos.

Especie no afectada por incendios. En este sentido, se nota que solo la comadreja (*M. frenata*) no fue afectada por los cambios ambientales ocasionados por los incendios forestales, pues está presente en los tres sitios de estudio.

Especies afectadas negativamente por incendios. Se determinaron cinco especies afectadas negativamente por los incendios de 1998. De esta manera, el ratón de las rocas del sur (*P. difficilis*) solo se registró en el sitio no afectado (BNA); el zorrillo manchado del oeste (*S. gracilis*) no se registró en el sitio BACMOD; y la ardilla mexicana (*S. oculatus*), la zorra gris (*U. cinereoargenteus*) y el cacomixtle (*B. astutus*), ya que no fueron registrados en el sitio BACSEV (Cuadro 8).

Especies favorecidas por incendios. Además, se encontró que los sitios afectados por incendios forestales en 1998 generaron heterogeneidad ambiental que favorecieron la presencia de nueve especies de mamíferos. En tal sentido, el mapache (*P. lotor*) solo se registró en los sitios post-incendio (BACMOD y BACSEV); el ratón tlacuache mexicano (*M. mexicana*), el ratón pigmeo del norte (*B. taylori*), el ratón cosechero de montaña (*R. sumichrasti*) y la rata arrocera del golfo (*O. couesi*), fueron registradas exclusivamente en el sitio BACMOD; y la musaraña común de montaña (*S. saussurei*), el ratón de abazones sedoso (*P. flavus*), el ratón cosechero común (*R. megalotis*), y la ardilla voladora del sur (*G. volans*), fueron registradas exclusivamente en el sitio BACSEV (Cuadro 8).

Por otro lado, de acuerdo al análisis de correlación simple, la densidad del estrato arbóreo y la profundidad de la hojarasca, son características del hábitat que pueden influir en la composición de especies, pero no en la riqueza de especies (Cuadro 8).

Con base en la composición de las especies de mamíferos, se puede deducir que los incendios forestales de diferente intensidad generan ambientes favorables para, al menos, nueve especies de mamíferos; y desfavorables sobre cinco especies; y solo una especie no resultó afectada por incendios forestales.

Cuadro 8. Presencia de mastofauna 20 años después de ocurridos incendios de diferente intensidad en sitios de Oyamel afectados y no afectados por incendios en 1998, del Parque Nacional El Chico, Hidalgo. Donde S/R= Sin registros bibliográficos de incendios en bosques de coníferas; ICMOD= Incendios de Copa Moderado; ICSEV= Incendios de Copa Severo.

Especie	Sitio			Efecto de incendios según bibliografía			Conclusión	Referencias
	BNA	BACMOD	BACSEV	Positivo (+)	Negativo (-)	Sin efectos (+/-)		
<i>Mustela frenata</i>	x	x	X		S/R		Sin efectos	-
<i>Peromyscus difficilis</i>	x				S/R		Negativo	-
<i>Spilogale gracilis</i>	X		X		S/R		Negativo, ICMOD	-
<i>Sciurus oculatus</i>	x	x			S/R			
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	x	x		X	X		Negativo, ICSEV	Borchet, et al. (2012); Cunningham, et al. (2006); Green, et al. (2022)
<i>Bassariscus astutus</i>	x	x			S/R			-
<i>Procyon lotor</i>		x	X	X	X		Positivo	Jones, et al. (2004); Marcelo, et al. (2020)
<i>Marmosa mexicana</i>		x			S/R			-
<i>Baiomys taylori</i>		x			S/R			-
<i>Reithrodontomys sumichrasti</i>		x			S/R		Positivo, ICMOD	-
<i>Oryzomys couesi</i>		x			S/R			-
<i>Sorex saussurei</i>			X		S/R			-
<i>Perognathus flavus</i>			X		S/R			-
<i>Reithrodontomys megalotis</i>			X		S/R		Positivo, ICSEV	-
<i>Glaucomyx volans</i>			X	X				Karmacharya et al. (2013)

7.10 Especies registradas en la NOM-059, CITES e IUCN

Los incendios forestales generaron condiciones favorables que permitieron la presencia de tres especies registradas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, y están catalogadas como: bajo protección, amenazadas y endémicas, como se puede ver en el cuadro siguiente:

Cuadro 9 Mamíferos terrestres de bosques de oyamel, en el Parque Nacional el Chico, Hidalgo, su categoría de riesgo según la NOM-059, CITES e IUCN, y su endemismo. Nombre común de acuerdo a Álvarez-Castañeda y González-Ruíz (2018).

Especies	Nombre común	Estado de conservación			
		NOM-059	CITES	IUCN	Endémica
<i>Marmosa mexicana</i>	Ratón tlacuache mexicano			LC	
Soricidae					
<i>Sorex</i> sp.					
<i>Sorex saussurei</i>	Musaraña común de montaña			LC	Sí
Sciuridae					
<i>Sciurus oculatus</i>	Ardilla mexicana	Pr		LC	Sí
<i>Glaucomys volans</i>	Ardilla voladora del sur	A		LC	
Heteromyidae					
<i>Perognathus flavus</i>	Ratón de abazones sedoso			LC	
<i>Baiomys taylori</i>	Ratón pigmeo del norte			LC	
<i>Peromyscus difficilis</i>	Ratón de las rocas del sur			LC	Sí
<i>Reithrodontomys megalotis</i>	Ratón cosechero común			LC	
<i>Reithrodontomys sumichrasti</i>	Ratón cosechero de montaña			LC	
<i>Oryzomys</i> sp.					
<i>Oryzomys couesi</i>	Rata arrocera del golfo			LC	
<i>Canis lupus familiaris</i>	Perro doméstico				
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris			LC	
<i>Spilogale gracilis</i>	Zorrillo manchado del oeste			LC	
<i>Mustela frenata</i>	Comadreja			LC	
<i>Basariscus astutus</i>	Cacomixte			LC	
<i>Procyon lotor</i>	Mapache			LC	

Sin embargo, una especie (*P. difficilis*) (endémica) fue afectada por los incendios forestales.

8. DISCUSIÓN

8.1 Riqueza de especies

Se obtuvo una riqueza de 21 especies de mamíferos no voladores para bosques de oyamel del parque Nacional el Chico, Hidalgo.

En el sitio no afectado (BNA) se obtuvo una riqueza de nueve especies. Al respecto Hernández-Flores y Rojas-Martínez (2010) encontraron una riqueza máxima de 7 especies por sitio de colecta en bosques de oyamel, lo cual concuerda con lo registrado en este trabajo para el sitio no afectado (BNA). Sin embargo los incendios de copa moderado y severo incrementan y mantienen la diversidad mastofaunística al adicionar 12 especies diferentes.

Además la riqueza total de 21 especies para esta pequeña porción del Parque Nacional el Chico (2 Ha aproximadamente), resalta la importancia ecológica de los incendios forestales al aumentar la heterogeneidad del hábitat e incrementar la riqueza mastofaunística.

Por otro lado, al comparar la riqueza obtenida con otras Áreas Naturales Protegidas que presentan bosques de oyamel, esta es similar a la obtenida por Ruiz-Soberanes y Gómez-Álvarez (2010), registraron 19 especies para el Parque Nacional La Malinche, Tlaxcala y Puebla.

Por último es importante resaltar que la riqueza de mamíferos terrestres en bosques de oyamel del PN Chico, estimada por Hernández-Flores y Rojas-Martínez (2010) de 20 especies, más las cuatro especies adicionadas en este trabajo, dan un total de 24 especies y se acerca a lo señalado por el estimador Bootstrap, que es de 26 especies.

Con base en lo anterior la conservación de mamíferos dentro del Parque Nacional el Chico está funcionando ya que presenta una riqueza relativamente alta comparada con otros sitios. Además el uso de estaciones para obtención de pelo de guardia con los métodos aquí utilizados, son adecuados y pueden considerarse para otros muestreos, sin embargo es altamente recomendable continuar con muestreos en otros años, fundamentalmente años húmedos.

8.2 Efecto de los incendios de diferente intensidad sobre la composición mastofaunística.

La composición mastofaunística de un bosque de oyamel no afectado y afectado por incendios forestales no es similar en una misma región, pero tampoco es similar comparada con bosques de otras regiones, lo cual se puede ver en el cuadro 10.

Cuadro 10. Comparación de la composición mastofaunística entre los sitios de estudio (BNA, BACMOD y BACSEV) del Parque Nacional el Chico, Hidalgo, con lo registrado por Hernández-Flores y Rojas-Martínez (2010) para la misma región, y con lo obtenido por Ruiz-Soberanes y Gómez-Álvarez (2010) para el PN La Malinche, Tlaxcala y Puebla.

	PN la Malinche	PN el Chico (2010)
Especies exclusivas	15	10
Especies compartidas	4	11
Total	19	21

Al comparar la composición mastofaunística de los sitios de estudio con todo el Parque Nacional el Chico (Hernández-Flores y Rojas-Martínez, 2010), esta es diferente. Lo mismo ocurre al comparar la riqueza de los sitios, con lo obtenido por Ruiz-Soberanes y Gómez-Álvarez (2010), en el Parque Nacional la Malinche. Por lo tanto, se puede inferir que los incendios generan heterogeneidad ambiental, y posiblemente esto lleve a promover el incremento de especies en bosques de oyamel en los diferentes sitios del país. La riqueza varía de 19 a 21 especies, y la composición también cambia de 21 a 46 especies diferentes, para bosques de oyamel de diferentes regiones.

8.3 Efecto de los incendios sobre la presencia de especies de mastofauna

8.3.1 Especies no afectadas por incendios

Mustela frenata: Su presencia en los tres sitios de estudio podría deberse a la disponibilidad de presas, pues la presencia de roedores de la familia *Cricetidae* y *Heteromyidae* en BNA, y las musarañas (*Soricidae*), ardillas (*Sciuridae*) y roedores (*Cricetidae*) presentes en los sitios BACMOD y BACSEV son potenciales presas para este depredador según Ceballos y Oliva (2014), y Steven y Howard (1997) (Cuadro 11). En este sentido Steven y Howard (1997) mencionan que la diversidad de presas, es un factor que puede influir en la presencia, densidad y ámbito hogareño de este mustélido, además su ámbito hogareño que va de 4 a 120 hectáreas (Ha) (Ceballos y Oliva, 2014) le permitiría estar en constante movimiento entre sitios buscando presas para alimentarse.

Cuadro 11 *Mustela frenata* y la presencia de sus presas potenciales en bosques no afectados y afectados por incendios en el Parque Nacional el Chico, estado de Hidalgo, según Ceballos y Oliva (2014), y Steven y Howard (1997)

Especies	Sitio		
	BNA	BACMOD	BACSEV
<i>Mustela frenata</i>	X	X	X
Presas			
<i>Peromyscus difficilis</i>	X		
<i>Sorex</i> sp.		X	
<i>Sciurus oculatus</i>		X	
<i>Baiomys taylori</i>		X	
<i>Reithrodontomys sumichrasti</i>		X	
<i>Oryzomys</i> sp.		X	
<i>Oryzomys couesi</i>		X	
<i>Sorex saussurei</i>			X
<i>Perognathus flavus</i>			X
<i>Reithrodontomys megalotis</i>			X

8.3.2 Especies afectadas negativamente por incendios forestales.

Peromyscus difficilis: fue registrado exclusivamente en el sitio BNA. En este sentido se infiere que el ratón de las rocas del sur podría estar presente debido a la alta presencia de herbáceas y arbustos (Figura 18 y 19), ya que son fundamentalmente herbívoros y se alimentan de semillas y tallos de plantas (Chávez y Ceballos, 2014).

Spilogale gracilis: Solo se registró en los sitios BNA y BACSEV. De este modo, se infiere que su presencia se debe a la gruesa capa de musgo, hojarasca y la abundancia de troncos en el suelo forestal (Figura 17 y 19), donde pueden encontrar alimento y refugio, pues prefiere alimentarse de insectos y mamíferos pequeños (Romero, 2014; Verts, *et al.*, 2001), condición que no se presenta en el bosque afectado por incendio de copa moderado, donde la capa de hojarasca es menos profunda.

Sciurus oculatus. Se infiere que su presencia en los sitios BNA y BACMOD se debe a la existencia de oyameles maduros productores de conos (Figura 17 y 18), pues las semillas de oyamel son una fuente importante de alimento para las ardillas (Ramos-Lara y López-González, 2017), condición que no se presenta en BACSEV, pues no hay árboles maduros productores de conos en este sitio.

Urocyon cinereoargenteus: Se argumenta que la zorra gris está presente en BNA debido a la densidad de vegetación arbustiva, pues requiere de vegetación densa para buscar sitios de refugio (Figura 17), y en BACMOD debido a la alta densidad de árboles de oyamel de 20 años de edad y los troncos caídos, que constituyen sitios de refugio (Figura 18) (Fritzel y Haroldson, 1982; Sullivan, 1996), lo que no ocurre en el sitio BACSEV donde la cobertura vegetal es escasa.

Por otro lado se infiere que esta especie puede ser afectada negativamente por incendios de copa moderado, lo cual concuerda con Cunningham *et al.* (2006), estos autores concluyen que los incendios severos tienen un efecto negativo sobre este meso-depredador durante los primeros 3

años post-incendio al disminuir la cobertura vegetal, y positivo después de los primeros 3 años post-incendio al incrementar la cobertura vegetal. Sin embargo, lo anterior contrasta con Borchet (2012), y Green *et al.* (2022), quienes mencionan que los incendios de intensidad moderada y severa pueden influir positivamente en la zorra gris al alterar la competencia y el uso de hábitat con otros carnívoros como el coyote (*Canis latrans*), el lince (*Lynx rufus*) ó la marta pescadora (*Pekania pennanti*).

Bassariscus astutus: Se registró exclusivamente en los sitios BNA y BACMOD. En este sentido, se infiere que su presencia en BNA se debe a la cobertura vegetal en el estrato herbáceo y arbustivo (Figura 17) y en BACMOD debido a la alta densidad de árboles de oyamel de 20 años de edad y los troncos caídos (Figura 19), pues requiere de vegetación densa para ocultarse de sus presas y depredadores, así como para buscar alimento, pues su dieta incluye un importante porcentaje de hojas, frutos y semillas (más del 80% de las excretas contienen materia vegetal), y mamíferos (presentes en más del 40% de las excretas) (Alexander, et al., 1994, Ceballos y Nava, 2014; Harrison, 2012; Poglayen-Neuwall y Toweill, 1988).

8.3.5 Especies favorecidas por incendios forestales

Procyon lotor: la presencia del mapache (*P. lotor*) en los sitios afectados (BACMOD y BACSEV), puede deberse a la alta cantidad de ramas y troncos en descomposición, lo que favorece el desarrollo de larvas e insectos que son el alimento principal de esta especie (Figura 18 y 19), además sus madrigueras las realiza en troncos caídos (Tesky, 1995; Valenzuela, 2014) situación que sucede en menor medida en el bosque no afectado, pues la cantidad de troncos es menor.

Por otro lado, se infiere que los incendios podrían tener un efecto positivo en la presencia de este depredador, lo cual, concuerda con lo mencionado por Jones *et al.* (2004), pues mencionan que los incendios controlados tuvieron un efecto positivo sobre el uso de hábitat de los mapaches pero solo a corto plazo (0-1 año post-incendio). Sin embargo, lo anterior contrasta con Marcelo *et al.* (2020), quienes concluyen que los incendios

forestales no tienen un efecto significativo sobre la abundancia de este depredador en sitios afectados a mediano plazo (10-20 años), en un bosque dominado por *Pinus palustris*, Florida, EUA, lo cual podría estar relacionado con la productividad de la vegetación.

Marmosa mexicana: La presencia del tlacuache ratón mexicano en BACMOD puede estar relacionado con la alta densidad del estrato arbóreo (Figura 18), pues son principalmente arborícolas (Alonso-Mejía y Medellín, 1992; Medellín, 2014), condiciones que se presentan en menor medida en BNA y en BACSEV.

Baiomys taylori: Se infiere que la presencia de esta especie en BACMOD se debe a la cobertura por troncos caídos en el suelo forestal (Figura 18), pues esta especie prefiere hábitats abiertos, con cobertura en el estrato herbáceo y rocas (Chávez y Espinosa, 2014; Eshelman y Cameron, 1987), condiciones que no se presentan en BNA y BACSEV.

Reithrodontomys sumichrasti y *Oryzomys couesi*: La presencia de estas especies en BACMOD, puede deberse a la alta densidad arbórea (Figura 18), pues son principalmente semi-arborícolas (Benson y Gehlbach, 1979; Juárez, 1992; López y Medellín, 2014; Poindexter, *et al.*, 2012; Ramírez-Pulido, *et al.*, 2014), condiciones que se presentan en menor medida en BNA y BACSEV.

Sorex saussurei: Su presencia en BACSEV podría deberse a la gruesa capa de hojarasca en el suelo (Figura 19), pues prefieren hábitats con capas profundas de hojarasca y humus (Carraway, 2014), condiciones que no se presentan en BNA y BACMOD donde la capa de hojarasca es menor.

Glaucomys volans: Se infiere que la presencia de la ardilla voladora en BACSEV se debe a la presencia de pinos (*Pinus ayacahuite*) en este sitio (Figura 19), pues los conos y semillas de pino son una importante fuente de alimento para esta ardilla (Ceballos y Manzano, 2014; Dolan y Carter, 1977), además se infiere que prefiere las semillas de pino porque presentan menos

resina en comparación con las de oyamel (Ángeles Cervantes, comunicación personal, 2022).

Por otro lado, se infiere que los incendios de copa severo tienen un efecto positivo sobre esta especie, lo cual concuerda con lo mencionado por Karmacharya *et al.* (2013), pues mencionan que los incendios controlados tuvieron un efecto positivo sobre la supervivencia de esta ardilla voladora pero solo a corto plazo (0-9 meses post-incendio).

Perognathus flavus y *Reithrodontomys megalotis*: Se infiere que la presencia de estos roedores en BACSEV se debe a la escasa cobertura de herbáceas (Figura 19), pues prefieren hábitats abiertos y raramente habitan en sitios de densa vegetación (Best y Skupski, 1994; Hernández-Flores y Rojas-Martínez, 2010; Mellink, 1995; Oliva, 2014; Sánchez y Oliva, 2014; Webster y Jones, 1982), además la vegetación cercana corresponde a pastizales, condiciones que no se presentan en BNA y en BACMOD.

8.5 Incendios y especies en la NOM-059

Se registraron dos especies bajo una categoría según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, la ardilla mexicana (*Sciurus oculatus*) bajo protección (Pr) y la ardilla voladora del sur (*Glaucomys volans*) como amenazada (A). Además ambas fueron registradas en sitios afectados por incendios forestales.

La ardilla mexicana (*S. oculatus*) fue registrada en el sitio no afectado y afectado por incendio de copa moderado. En este trabajo se infiere que el efecto de los incendios forestales (20 años post-incendio) sobre esta ardilla arborícola está relacionado con la disponibilidad de alimento (conos y semillas de oyamel) en bosques de *Abies religiosa*. Además no existen estudios que hayan evaluado el efecto de los incendios forestales a corto, mediano ó largo plazo, sobre esta ardilla en bosques de coníferas. Así al ser endémica de México y estar catalogada bajo protección (Pr) según la NOM-059, debe considerarse el efecto de los incendios sobre esta especie.

La ardilla voladora del sur (*G. volans*) se registró exclusivamente en el sitio afectado por incendio de copa severo. Se infiere que su presencia en este sitio se debe a la disponibilidad de conos de pino (*Pinus ayacahuite*), sin embargo no hay estudios que hayan evaluado el efecto de los incendios forestales en bosques de coníferas sobre esta ardilla a mediano ó largo plazo. En este sentido y al estar catalogada como amenazada (A) según la NOM-059, es necesario considerar el efecto benéfico de los incendios forestales sobre esta especie.

Por último es necesario incrementar el conocimiento del efecto de los incendios forestales sobre la mastofauna, especialmente sobre aquellas especies que están catalogadas bajo alguna protección especial, a fin de promover y mejorar su conservación.

8.6 Nuevos registros de potenciales de mastofauna para el PN el Chico.

En este trabajo se adicionan cuatro especies potencialmente nuevas para el Parque Nacional el Chico, Hidalgo, y son: el tlacuache ratón mexicano (*Marmosa mexicana*), el ratón de abazones sedoso (*Perognathus flavus*), el ratón pigmeo del norte (*Baiomys taylori*) y la rata arrocera del golfo (*Oryzomys coues*), todos registrados para el estado de Hidalgo (Rojas-Martínez, *et al.*, 2017) y en sitios afectados por incendios forestales. Es importante mencionar que estas especies fueron registradas a través de pelo de guardia (Anexo), por lo tanto se recomienda corroborar estos registros con muestreos directos.

El Tlacuache ratón mexicano (*M. mexicana*) habita una amplia variedad de hábitats como bosques tropicales lluviosos, bosques secos, campos de cultivo y vegetación secundaria (Alonso-Mejía y Medellín, 1992; Medellín, 2014), y se ha asociado a bosques de coníferas (pino, oyamel) en Chiapas (Lorenzo, 2017). En este trabajo se registró en el sitio BACMOD a partir de muestras de pelo de guardia, y se infiere su presencia debido a la densidad de vegetación en el estrato arbustivo y arbóreo, pues es exclusivamente arborícola, además necesita de huecos de árboles, troncos y raíces para buscar alimento, refugio ó sitios de descanso (Alonso-Mejía y Medellín, 1992; Medellín, 2014). Sin embargo se ha registrado a una altura máxima de 1800 metros sobre el nivel del mar (msnm) (Medellín, 2014), por ende es

recomendable realizar su captura y liberación, para la toma de muestras de pelo de guardia y corroborar la presencia de esta especie.

El Ratón de abazones sedoso (*P. flavus*) se registró en BACSEV, su presencia se debe a la escasa vegetación en el estrato herbáceo de este sitio pues prefiere hábitats abiertos y con poca vegetación (Best y Skupski, 1994; Mellink, 1995; Oliva, 2014), sin embargo es una especie asociada a hábitats desérticos (Oliva, 2014), por lo que se recomienda corroborar la presencia de esta especie por medio de muestreos directos.

El Ratón pigmeo del norte (*B. taylori*) se registró en el sitio BACMOD debido a la cobertura que ofrecen los troncos caídos y la cercanía del sitio con zonas abiertas de matorrales y rocas, pues esta especie prefiere hábitats con cobertura en el estrato herbáceo y rocas (Chavez y Espinosa, 2014; Eshelman y Cameron, 1995), en este sentido se infiere que este ratón habita en pastizales y matorrales del PN el Chico, y puede visitar los bosques de oyamel que posean poca vegetación en el estrato herbáceo y troncos en el suelo forestal que funcionen como sitios de refugio y descanso. Además fue registrado para el estado de Hidalgo dentro del Parque Ecológico Cubitos (Rojas-Martínez, 2017), sin embargo se recomienda realizar muestreos directos para corroborar la presencia de esta especie.

La Rata arrocera del golfo (*O. couesi*) se registró en BACMOD, lo cual puede estar relacionado con la densa vegetación en el estrato arbóreo y la disponibilidad de troncos caídos y en pie (potenciales sitios para madrigueras), pues esta especie es de hábitos arborícolas, además prefiere hábitats con densa vegetación y suelen hacer sus madrigueras en huecos de árboles (Benson y Gehlbach, 1979; López y Medellín, 2014; Poindexter, *et al.*, 2012;), por ende es muy probable que esta rata pueda ser registrada en zonas con densa vegetación y árboles muertos en pie, dentro del PN el Chico, sin embargo se recomienda realizar muestreos directos para corroborar la presencia de esta especie.

Finalmente es importante mencionar que los incendios de diferente intensidad pueden fomentar el repoblamiento y mantenimiento de nuevas especies de mastofauna en bosques de oyamel en el Parque Nacional el Chico, Hidalgo.

9. CONCLUSIONES

- En el área afectada por incendios forestales en 1998, actualmente se registra una riqueza total de 21 especies.
- Se registraron nueve especies de mamíferos terrestres para los bosques no afectados por incendios forestales, dos exclusivas a este sitio: *Peromyscus difficilis* y un roedor de la familia *Heteromyidae*.
- Los bosques afectados por incendios de copa moderado presentan 12 especies de mamíferos, de estas, las siguientes especies fueron registradas exclusivamente en este sitio: *Marmosa mexicana*, *Sorex* sp., *Baiomys taylori*, *Reithrodontomys sumichrasti*, *Oryzomys* sp. y *Oryzomys couesi*.
- Los bosques afectados por incendios copa severo presentan nueve especies, de las cuales, cinco fueron exclusivas a este sitio, y son: una musaraña de la familia *Soricidae*, *Sorex saussurei*, *Glaucomys volans*, *Perognathus flavus* y *Reithrodontomys megalotis*.
- Los incendios de copa moderado y copa severo alteraron el hábitat de la mastofauna, e incrementan la composición de especies entre sitios afectados y no afectados, en bosques de *Abies religiosa*.
- La composición mastofaunística de los sitios no afectados y afectados por incendios forestales es diferente a otros bosques de oyamel.
- Todas las especies registradas en la NOM-059 y las que son endémicas a México están en sitios afectados por incendios, por lo tanto el efecto de los incendios forestales a mediano plazo (20 años) favorece el mantenimiento de estas especies.

10. RECOMENDACIONES

- El uso de estaciones para obtención de pelo de guardia con los métodos aquí descritos pueden considerarse para otros muestreos, sin embargo, es altamente recomendable complementarlos con métodos directos de muestreo de fauna. Además, el estudio del efecto de los incendios sobre la mastofauna a partir de muestreos indirectos con trampas para pelo ha sido empleado con éxito por algunos autores como Mazzamuto, *et al.* (2020) y Mazzella y Koprowski (2020), por lo tanto se recomienda emplear estos métodos para evaluar el efecto de los incendios forestales sobre las especies de mamíferos.

11. LITERATURA CITADA

- Alexander, L. F., Verts, B. J. y Farrell, T. P. (1994). Diet of Ringtails (*Bassariscus astutus*) in Oregon. *Northwestern Naturalist*, 75(3), 97-101.
<https://doi.org/10.2307/3536831>
- Alonso-Castro, A. J. (2014). Use of medicinal fauna in Mexican traditional medicine. *Journal of Ethnopharmacology*, 152(1), 53-70.
<https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.01.005>
- Alonso-Mejía, A. y Medellín, R. A. (1992). Marmosa mexicana. *Mammalian Species*, (421), 1-4.
<https://doi.org/10.2307/3504312>
- Álvarez-Castañeda, S. T., Cárdenas, N. y Méndez, L. (2004). Analysis of mammal remains from owl pellets (*Tyto alba*), in a suburbana rea in Baja California. *Journal of Arid Enviroments*, 59(1), 59-69.
<https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2004.01.009>
- Álvarez-Castañeda, S. T. y González-Ruíz, N. (2018). Spanish and English Vernacular Names of Mammals of North America. *Therya*, 9(1), 73-84.
<https://doi.org/10.12933/therya-18>
- Ángeles-Cervantes, E. y López-Mata, L. (2009). Supervivencia de una cohorte de plántulas de *Abies religiosa* bajo diferentes condiciones postincendio. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 84, 25-33.
<https://doi.org/10.17129/botsoci.2289>
- Ángeles, E. (2010). *Efectos ecológicos de los incendios forestales sobre el bosque de oyamel*. Tesis de doctoral. Colegio de postgraduados, campus Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Aranda, J. M. (2012). *Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Arita, H. T. (1985). *Identificación de los pelos de guardia dorsales de los mamíferos silvestres del valle de México*. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Aubry, K. B., Hayes, J. P., Biswell, B. L. y Marcot, B. G. (2003). The ecological role of three dwelling mammals in western coniferous forest. En C. Zabel (ed.) *Management and conservation in the forest of western North America* (1 ed., pp. 415-443) Cambridge University Press.
- Baca, I. I. (2002). *Catálogo de pelos de guardia dorsal en mamíferos terrestres del estado de Oaxaca, México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Baca, I. I. y Sánchez-Cordero, V. (2004). Catálogo de pelos de guardia dorsal en mamíferos del estado de Oaxaca, México. *Anales del Instituto de Biología, UNAM, Serie Zoología*, 75(2), 383-437.
- Baca, I. I., Sánchez-Cordero, V. y Stoner, K. E. (2010). Morfología del pelo en mamíferos terrestres. *Aportaciones al conocimiento y conservación de los mamíferos mexicanos*. UNAM, pp 89-102.
- Balam-Ballote, Y. del R., Cimé-Pool, J. A., Hernández-Betancourt, S. F., Pech-Canché, J. M., Sarmiento-Pérez, J. C. y Canul-Yah, S. (2020). Mastofauna del ejido de X-Can, Yucatán, México. *Revista Mexicana de Mastozoología, nueva época*, 10(2), 01-16
<https://doi.org/10.22201/ie.20074484e.2020.10.2.313>

- Barros Diaz (2017). *Caracterización morfológica de los pelos de guardia de mamíferos terrestres (Clase Mammalia) del occidente del Ecuador como una alternativa en la identificación taxonómica*. Tesis de licenciatura. Universidad de Guayaquil.
- Benson, D. L. y Gehlbach, F. R. (1979). Ecological and Taxonomic Notes of the Rice Rat (*Oryzomys couesi*) in Texas. *Journal of Mammalogy*, 60(1), 225-228.
<https://doi.org/10.2307/1379783>
- Best, T. L. y Skupski, M. P. (1994). *Perognathus flavus*. *Mammalian Species*, (471), 1-10.
<https://doi.org/10.2307/3504251>
- Borchet, M. I. (2012). Mammalian carnivore use of a high-severity burn in conifer forests in the San Bernardino mountains of Southern California, USA. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, 23(2), 51-57.
<https://doi.org/10.4404/hystrix-23.2-5610>
- Blanchard, B., y Knight, R. (1996). Effects of wildfire on Grizzly bear movements and food habits. En J. M., Greenlee (Ed.). *The ecological implications of fire in Greater Yellowstone*. (pp. 113-116). International Association of Wildland Fire.
https://www.nps.gov/yell/learn/nature/upload/2ndconf_proceedings.pdf
- Bradstock, R. A., Bedward, M., Gill, A. M. y Cohn, J. S. (2005). Which mosaic? A landscape ecological approach for evaluating interactions between fire regimes, habitat and animals. *Wildlife Research*, 32(5), 409-423.
<https://doi.org/10.1071/WR02114>
- Bravo V., M. G., Mireles M., C., Zúñiga M., J. y Carreón H., E. (2015). Composición y amplitud de la dieta del águila real en Chihuahua, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 31(1), 116-119.
<https://doi.org/10.21829/azm.2015.311523>
- Carraway, L. N. (2014). *Sorex saussurei* (Merriam, 1892). En G. Ceballos (Ed.), *Mammals of Mexico* (pp. 483-484). Johns Hopkins University Press, USA.
- Casas, A., Valiente-Banuet, A., Rojas-Martínez, A. y Dávila, P. (1999). Reproductive biology and the process of domestication of the columnar cactus *Stenocereus stellatus* in Central Mexico. *American Journal of Botany*, 86(4), 534-542.
<https://doi.org/10.2307/2656814>
- Ceballos, G., List, R., y Valdéz, R. (2013). *Mamíferos del mundo regiones biogeográficas*. Fundación TELMEX.
- Ceballos, G (Ed.) (2014). *Mammals of Mexico*. Johns Hopkins University Press, USA.
- Ceballos, G., Arroyo-Cabrales, J., Medellín, R. A., Medrano, L. y Oliva, G. (2014). Diversity and Conservation. En G. Ceballos (Ed.), *Mammals of Mexico* (pp. 564-565). Johns Hopkins University Press, USA.
- Ceballos, G. y Manzano, P. (2014). *Glaucomys volans* (Linnaeus, 1758). En G. Ceballos (Ed.), *Mammals of Mexico* (pp. 150-152). Johns Hopkins University Press, USA.
- Ceballos, G. y Nava, V. (2014). *Bassariscus astutus* (Lichtenstein, 1830). En G. Ceballos (Ed.), *Mammals of Mexico* (pp. 1-44). Johns Hopkins University Press, USA.

- Ceballos, G. y Oliva, G. (2014). *Mustela frenata* (Lichtenstein, 1831). En G. Ceballos (Ed.), *Mammals of Mexico* (pp. 546-547). Johns Hopkins University Press, USA.
- Chauvat, M., Titsch, D., Zaytev, A. S., y Wolters, V. (2011). Changes in soil faunal assemblages during conversion from pure to mixed forest stands. *Forest ecology and Management*, 262(3), 317-324.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.03.037>
- Chavez, J. C. y Ceballos G. (2014). *Peromyscus difficilis* (J. A. Allen, 1891). En G. Ceballos (Ed.), *Mammals of Mexico* (pp. 351-352). Johns Hopkins University Press, USA.
- Chavez, C. B. y Espinosa, L. A. (2014). *Baiomys taylori* (Thomas, 1887). En G. Ceballos (Ed.), *Mammals of Mexico* (pp. 282-284). Johns Hopkins University Press, USA.
- Chia, E. K., Bassett, M., Leonard, S. W., Holland, G. J., Ritchie, E. G., Clarke, M. y Bennett A. (2015). Effects of the fire regime on mammal occurrence after wildfire: Site effects vs landscape context in fire-prone forests. *Forest Ecology and Management*, 363, 130-139.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.12.008>
- Challenger, A. y J. Soberón (2008). Cap. 3 Los ecosistemas terrestres. En *Capital natural de México, vol I: Conocimiento actual de la biodiversidad* (pp 87-108). CONABIO.
<https://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/6456.pdf>
- Colwell, R. K. (2013). *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples*. Version 9. User's Guide and application.
<http://purl.oclc.org/estimates>.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2006). *Programa de Conservación y Manejo, Parque Nacional el Chico, México*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- Comisión Nacional Forestal (2010). *Incendios forestales. Guía práctica para comunicadores*.
<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/10/236Gu%C3%ADa%20pr%C3%A1ctica%20para%20comunicadores%20-%20Incendios%20Forestales.pdf>
- Comisión Nacional Forestal (2019). *Programa de manejo del fuego, 2019 gerencia de manejo del fuego*.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/464834/PROGRAMA_DE_MANEJO_DEL_FUEGO_2019.pdf
- Comisión Nacional Forestal (2020). *Reporte semanal nacional de incendios forestales, cierre del 01 Enero al 31 de Diciembre de 2020*.
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/604834/Cierre de la Temporada 2020.PDF](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/604834/Cierre_de_la_Temporada_2020.PDF)
- Conner, M., Castleberry, S., y Derrick, A. (2011). Effects of mesopredators and prescribed fire on Hispid cotton rat survival and cause-specific mortality. *The Journal of Wildlife Management*, 75(4), 938-944.
<http://www.jstor.org/stable/41418122>
- Córdova, A. y Rogel, M. (1998). *Uso de la fauna silvestre en el Parque Nacional el Chico, Hidalgo*. Tesis de licenciatura. Departamento de suelos, Universidad Autónoma Chapingo. México

- Cunningham, S. C, Kikendall, L. y Ballard, W. (2006). Gray fox and coyote abundance and diet responses after a wildfire in centra Arizona. *BioOne*, 66(2), 169-180.
[http://dx.doi.org/10.3398/1527-0904\(2006\)66\[169:GFACAA\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.3398/1527-0904(2006)66[169:GFACAA]2.0.CO;2)
- Debelica, A. y Thies, M. L. (2009). *Atlas and key to the hair of terrestrial Texas Mammals. Special publications*, Museum of Texas Tech University.
<https://doi.org/10.5962/bhl.title.142652>
- Dolan, P. G. y Carter, D. C. (1977). *Glaucomys volans*. *Mammalian Species*, (78), 1-6.
<https://doi.org/10.2307/3504026>
- Doumas, S. L. y Koprowski, J. L. (2013). Effect of heterogeneity in burn severity on Mexican fox squirrels follow the return of fire. *International Journal of Wildland Fire*, 22(3), 405-413.
<https://doi.org/10.1071/WF12046>
- Escalante, T. E., (2003). ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de CHAO. *Elementos: ciencia y cultura*, 52, 53-56.
- Eshelman, B. D. y Cameron, G. N. (1987). *Baiomys taylori*. *Mammalian Species*, (285), 1-7.
<https://doi.org/10.2307/3503776>
- Estrada, C. G. (2008). Dieta, uso de hábitat y patrones de actividad del puma (*Puma concolor*) y el jaguar (*Panthera onca*), en la selva maya, Centroamérica. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 12(1), 113-130.
<https://doi.org/10.22201/ie.20074484e.2008.12.1.48>
- Fasola, L., Bello, M., y Guichón, M. L. (2005). Uso de trampas de pelo y caracterización de los pelos de la ardilla de vientre rojo (*Callosciurus erythraeus*). *Mastozoología Neotropical*, 12(1), 9-17.
- Fecske, D. M., Jenks, J. A. y Lindzey, F. D. (2004). Mortality of an Adult Cougar Due to a Forest Fire. *The Prairie Naturalist* 36(2), 137-140.
<https://digitalcommons.unl.edu/usgsstaffpub/125>
- Fisher, J. T. y Wilkinson L. (2005). The response of mammals to forest fire and timber harvest in the North American boreal forest. *Mammal Review*, 35(1), 51-81.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2907.2005.00053.x>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2007). *Fire management global assessment 2006*.
<http://www.fao.org/3/a0969e/a0969e00.htm>
- French, M. G. y French, S. P. (1996). Large mammal mortality in the 1988 Yellowstone fires. En J. M., Greenlee (Ed.). *The ecological implications of fire in Greater Yellowstone*. (pp. 113-116). International Association of Wildland Fire.
https://www.nps.gov/yell/learn/nature/upload/2ndconf_proceedings.pdf
- Fritzell, E. K. y Haroldson, K. J. (1982). *Urocyon cinereoargenteus*. *Mammalian Species*, (189), 1-8.
<https://doi.org/10.2307/3503957>
- García, O. (2003). *Propiedades físicas y químicas de los suelos afectados por incendios en un bosque de Abies religiosa (H.B.K) Schlt. et Cham*. Del parque nacional "El Chico" Hidalgo. Tesis de licenciatura. UNAM. México.

- Green, D. S., Martin, M. L., Powel, R. A., McGregor, E. L., Gabriel, M. W., Pilgrim, K. L., Schwartz, M. K. y Matthews, S. M. (2022). Mixed-severity wildfire and salvage logging affect the populations of a forest-dependent carnivoran and competitor. *Ecosphere*, 13(1), 1-22.
<https://doi.org/10.1002/ecs2.3877>
- Gotelli, N. J. y Colwell, R. K. (2011). Estimating species richness. En A. E. Magurran y B. J. McGill (Eds.). *Biological diversity. Frontiers in Measurement and Assessment* (pp. 39-54). Oxford University Press.
<https://www.uvm.edu/~ngotelli/manuscriptpdfs/Chapter%204.pdf>
- Grajales-Tam, K. M., y González-Romero, A. (2014). Determinación de la dieta estacional del coyote (*Canis latrans*) en la región norte de la Reserva de la Biósfera Mapimi, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(2), 553-564.
<http://dx.doi.org/10.7550/rmb.35226>
- Kemp, T. S. (2005). *The Origin and Evolution of Mammals*. Oxford University Press.
- Guerrero O., S. y Retana G., O. G. (2012). Nota científica: Uso medicinal de la fauna silvestre por indígenas Tlahuicas en Ocuilan, México. *Etnobiología*, 10(3), 28-33.
- Hannibal, W. y Neves-Godoi, M. (2015). Non-volant mammals of the Maracaju Mountains, southwestern Brazil: composition, richness and conservation. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86(1), 217-225.
<http://dx.doi.org/10.7550/rmb.48618>
- Harrison, R. L. (2012). Ringtail (*Bassariscus astutus*) ecology and behavior in central New Mexico, USA. *Western North American Naturalist*, 72(4), 495-506.
- Hernández-Flores, S. y Rojas-Martínez, A. (2010). Lista actualizada y estado de conservación de los mamíferos del Parque Nacional el Chico, Hidalgo, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 26(3), 563-583.
<https://doi.org/10.21829/azm.2010.263800>
- Hortelano-Moncada, Y., Cervantes, F. y Rojas-Villaseñor, R. (2016). Riqueza y conservación de los mamíferos de la Ciudad de México. En M. Briones-Salas, Y. Hortelano-Moncada, G. Magaña-Cota, G. Sánchez-Rojas, y J. E. Sosa-Escalante (eds.), *Riqueza y conservación de los mamíferos de México a nivel estatal* (179-220). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Asociación Mexicana de Mastozoología A. C. y Universidad de Guanajuato.
- Jennings, M., Lewison, R., Vickers, T. y Boyce, W. (2015). Puma Response to the Effects of Fire and Urbanization. *The Journal of Wildlife Management*, 80(2), 221-234.
<https://doi.org/10.1002/jwmg.1018>
- Jiménez-Valverde, A. y Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 8, 151-161.
- Jones, D. D., Conner, L. M., Storey, T. H., y Warren, R. J. (2004). Prescribed fire and raccon use of longleaf pine forest: implication for managing nest predation?. *Wildlife Society Bulletin*, 32(4), 1255-1259.
[https://doi.org/10.2193/0091-7648\(2004\)032\[1255:PFARUO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2193/0091-7648(2004)032[1255:PFARUO]2.0.CO;2)
- Juárez G., J. R. (1992). *Distribución altitudinal del roedores en la sierra de Atoyac de Alvarez, Guerrero*. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.

- Juárez, D., Estrada, C., Bustamante, M., Quintana, Y., Moreira, J., y López, J. E. (2010). *Guía ilustrada de pelos para la identificación de Mamíferos medianos y mayores de Guatemala*. Dirección General de Investigación (DIGI), Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Karmacharya, B., Hostetler, J. A., Conner, L. M., Morris, G., y Oli, M. K. (2013). The influence of mammalian predator exclusion, food supplementation, and prescribed fire on survival of *Glaucomys volans*. *Journal of Mammalogy*, 94(3), 672-682.
<https://doi.org/10.1644/12-MAMM-A-071.1>
- Koehler, G. M. y Hornocker, M. G. (1977). Fire effects on marten habitat in the Selway-Bitterroot Wilderness. *The Journal of Wildlife Management*, 41(3): 500-505.
<https://doi.org/10.2307/3800522>
- Koprowski, J., Leonard, K., Zugmeyer, C., y Jolley, J. (2006). Direct effects of fire on endangered Mount Graham red squirrels. *The Southwestern Naturalist*, 51(1), 59-63.
[https://doi.org/10.1894/0038-4909\(2006\)51\[59:DEOFOE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1894/0038-4909(2006)51[59:DEOFOE]2.0.CO;2)
- La Jornada (11 de Abril de 1998). Al menos 16 incendios forestales en 7 estados; 3, fuera de control. Periódico *La Jornada*. México.
<https://www.jornada.com.mx/1998/04/11/incendios.html>
- López, A. (2006). *Los Mitos del Tlacuache caminos de la mitología mesoamericana* (2ª reimpresión). Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones antropológicas.
<https://antropologiawordpress.files.wordpress.com/2016/11/321617304-los-mitos-del-tlacuache-pdf1.pdf>
- López M., X. y Medellín A., R. (2014). *Oryzomys couesi* (Alston, 1877). En G. Ceballos (Ed.), *Mammals of Mexico* (pp. 328-329). Johns Hopkins University Press, USA.
- López-González, C. A., Gutiérrez-González, C. E., y Lara-Díaz, N. E. (2011). Cap. 6 Carnívoros: Inventarios y Monitoreo. (Gallina, S. y López C. A, ed). *Manual de técnicas para el estudio de la fauna* (133-160). México. Universidad Autónoma de Querétaro, Instituto de Ecología.
- Lorenzo, C., Bolaños-Citalán, J., Sántiz, E. y Navarrete, D. (2017). Diversidad y conservación de los mamíferos terrestres de Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(4), 735-754.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2017.06.003>
- Marcelo, H. G., Garrison, E. P., Conner, L. M., y Cherry, M. J. (2020). Fire and land cover predator abundances in a pyric landscape. *Forest Ecology and Management*, 461, 1-11.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.117939>
- Martin, P. S., Gheler-Costa, C., Lopes, P. C., Rosalino, L. M., y Verdade, L. M. (2012). Terrestrial non-volant small mammals in agro-silvicultural landscapes of Southeastern Brazil. *Forest Ecology and Management*, 282, 185-195.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.07.002>
- Matías, L., Zamora, R., Mendoza, I. y Hódar, J. (2008). Seed Dispersal Patterns by Large Frugivorous Mammals in a Degraded Mosaic Landscape. *Restoration Ecology*, 18(5), 619-627.
<https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2008.00475.x>

- Mazzamuto, M. V., Mazzella, M. N., Merrick, M. J. y Koprowski, J. L. (2020). Fire impacts on a forest obligate: western gray squirrel response to burn severity. *Mammalian Biology*, 100, 295-303.
<https://doi.org/10.1007/s42991-020-00024-y>
- Mazzella, M. N. y Koprowski, J. L. (2020). Response to fire by a forest specialist in isolated montane forest. *Forest Ecology and Management*, 462, 1-7.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.117996>
- Medellín, R. A. (2014). *Marmosa mexicana* (Merriam, 1897). En G. Ceballos (Ed.), *Mammals of Mexico* (pp. 78-79). Johns Hopkins University Press, USA.
- Medrano, R., Ramírez, M., y Guevara, S. (2014). Una mirada a la dispersión de semillas en las excretas de mamíferos. *Cuadernos de Biodiversidad*, 46, 19-28.
<https://doi.org/10.14198/cdbio.2014.46.03>
- Mellink, E. (1995). Uso del hábitat, dinámica poblacional y estacionalidad reproductiva de roedores en el altiplano potosino, México. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 1(1), 1-8.
<https://doi.org/10.22201/ie.20074484e.1995.1.1.155>
- Meredith, R., Janecka, J., Gatesy, J., Ryder, O., Fisher, C., Teeling, E., Goodbla, A., Eizirik, E., Simao, T., Stadler, T., Rabosky, D., Honeycutt, R., Flynn, J., Ingram, C., Steiner, C., Williams, T., Ayoub, N., Springer, M., y Murphy, W. (2011). Impacts of the Cretaceous Terrestrial Revolution and KPg Extinction on Mammal Diversification. *Science*, 334(6055), 521-524.
<https://doi.org/10.1126/science.1211028>
- Monroy-Vilchis y Rubio-Rodríguez (2002). *Guía de identificación de mamíferos terrestres del Estado de México, a través del pelo de guardia*. Toluca, México. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Monroy-Vilchis, O., García-Morales, C., Rubio-Rodríguez, R., Hernández-Saint, M., Medina-Castro, J. P., Aguilera-Reyes, U. y Ortiz-García, A. (2005). Variación interespecífica e individual de los pelos de mamíferos del Estado de México: implicaciones en la identificación interespecífica. *Ciencia ergo sum*, 12(3) 264-270.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10412305>
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la diversidad*. M & T-Manuales y Tesis SEA [Monografía]. Vol. 1. Zaragoza, España.
<http://seaentomologia.org/Publicaciones/ManualesTesis/ManualesTesis.htm>
- Oliva V., G. A. (2014). *Perognathus fl avus* (Baird, 1855). En G. Ceballos (Ed.), *Mammals of Mexico* (pp. 241-242). Johns Hopkins University Press, USA.
- Pech-Canché, J. M., Sosa-Escalante, J. E. y Koyoc-Cruz, M. E. (2009). Guía para la identificación de pelos de guardia de mamíferos no voladores del estado de Yucatán, México. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 13, 7-33.
<http://www.revmexmastozoologia.unam.mx/ojs/index.php/rmm/article/view/33/29>
- Piña, T. E., Carvalho, W. D, Rosalino, L. M., y Hilário, R. R. (2019). Drivers of mammal richness, diversity and occurrence in heterogeneous

- landscapes composed by plantation forest and natural environment. *Forest Ecology and Management*, 449, 1-10.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117467>
- Poglayen-Neuwall, I. y Toweill, D. E. (1988). *Bassariscus astutus*. *Mammalian Species*, (327), 1-8.
<https://doi.org/10.2307/3504321>
- Poindexter, C. J., Schnell, G. D., Sánchez-Hernández, C., Romero-Almaraz, M. de L., Kennedy, M. L., Best, T. L., Wooten, M. C. y Owen, R. D. (2012). Variation in habitat use of coexisting rodent species in a tropical dry deciduous forest. *Mammalian Biology*, 77(4), 249-257.
<https://doi.org/10.1016/j.mambio.2012.03.004>
- Ramesh, T., Kalle, R. y Downs, C. (2016). Predictors of mammal species richness in KwaZulu-Natal, South Africa. *Ecological Indicators*, (60), 385-393.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.07.011>
- Ramírez-Pulido, J., González-Ruíz, N., Gardner, A. L. y Arroyo-Cabrales, J. (2014). List of Recent Land Mammals of Mexico, 2014. *Special Publications, Museum of Texas Tech University*, (63), 1-69.
<https://www.depts.ttu.edu/nsrl/publications/downloads/SP63.pdf>
- Ramírez-Pulido, J., Quijano P., R., Aguilera, U. y Castro-Campillo, A. (2014). *Reithrodontomys sumichrasti* (Saussure, 1861). En G. Ceballos (Ed.), *Mammals of Mexico* (pp. 415-416). Johns Hopkins University Press, USA.
- Ramos-Lara, N. y López-González, C. (2017). Niche segregation between *Sciurus aureogaster* y *S. oculatus* in a disturbed forest in central Mexico. *American Society of Mammalogists*, 98(6), 1780-1790.
<https://www.jstor.org/stable/26497329>
- Revueltas, S. E. (2016). *Mamíferos terrestres de la Sierra de Cardonal, Hidalgo*. Tesis de licenciatura. FES Zaragoza, UNAM. México.
- Roberts, S., Kelt, D., Wagtendonk, J., Miles, K. y Meyer, M. (2015). Effects of fire on small mammal communities in frequent-fire forest in California. *Journal of Mammalogy*, 96(1), 107-119.
<https://doi.org/10.1093/jmammal/gyu011>
- Rodrigues, M. F., Oliveria, M. A. y Montes, M. A. (2019). Implications of an agricultural mosaic in small mammal communities. *Mammalian Biology*, 99, 19-26.
<https://doi.org/10.1016/j.mambio.2019.09.010>
- Rojas-Martínez, A. E. y Moreno-Ortega, C. E. (2014). Los servicios ambientales que general los mamíferos silvestres. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 2(3).
<https://doi.org/10.29057/icbi.v2i3.532>
- Rojas-Martínez, A., Aguilar-López, M., Castillo, J., Cornejo-Latorre, C. y Noguera-Cobos, O. (2017). Los mamíferos del estado de Hidalgo. En A., Ramírez-Bautista, A., Sánchez-González, G., Sánchez-Rojas, y C., Cuevas-Cardona, (Eds.), *Biodiversidad del estado de Hidalgo*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, CONACYT. México.
- Romero-Almaraz, M. L., Sánchez-Hernández, C., García-Estrada, C. y Owen, R.D. (2007). *Mamíferos pequeños. Manual de técnicas de captura, preparación, preservación y estudio*. Universidad Nacional Autónoma de México, D.F.

- Romero, F. R. (2014). *Spilogale gracilis* (Merriam, 1890). En G. Ceballos (Ed.), *Mammals of Mexico* (pp. 558-559). Johns Hopkins University Press, USA.
- Ruiz, V. (2014). *Índices de abundancia relativa de mamíferos en la parte occidental del Parque Nacional Pico de Orizaba, Puebla*. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ruiz-Soberanes, J. A. y Gómez-Álvarez, G. (2010). Estudio mastofaunístico del Parque Nacional Malinche, Tlaxcala, México. *Therya*, 1(2), 97-110.
<https://doi.org/10.12933/therya-10-15>
- Rzedowski, J. (2006). Cap 17. Bosque de coníferas. En *Vegetación de México 1ra edición digital* (pp.295-327). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Limusa.
https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf
- Sánchez H., M. R. (2007). *Tipos de incendio y su relación con la recuperación y la diversidad del estrato herbáceo, en el Parque Nacional el Chico, Hidalgo*. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Sánchez, O. y Oliva, G. A. (2014). *Reithrodontomys megalotis* (Baird, 1858). En G. Ceballos (Ed.), *Mammals of Mexico* (pp. 409-410). Johns Hopkins University Press, USA.
- Santander, M. (2004). *Caracterización de materia orgánica por espectroscopía de infrarrojo (FT-IR) y su relación con nitrógeno y fósforo en suelo post-incendio de un bosque de Oyamel*. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Schaefer, J. A., y Pruitt, W. O. (1991). Fire and Woodland Caribou in Southeastern Manitoba. *Wildlife Monographs*, (116), 3-39.
<https://www.jstor.org/stable/3830581>
- Shvidenko, A. y Goldammer, J. G. (2001). Fire situation in Russia. En J. G., Goldammer (Ed.). *International Forest Fire News, No. 24 - April 2001* (pp. 41-59). United Nations Economic Commission for Europe y Food and Agriculture Organization of the United Nations.
https://gfmc.online/iffn/iffn_24/iffn24.pdf
- Singer, F. J., Schreier, W., Oppenheim, J. y Garton, E. O. (1989). Drought, Fires, and Large Mammals: Evaluating the 1988 severe drought and large-scale fires. *BioScience*, 39(10), 716-722.
<https://doi.org/10.2307/1311003>
- Spiegel, M. R., Stephens, L. J., y Alcántara, D. M (2020). Estadística, serie Schaum (6ª Ed). McGrawHill.
- Steven, R. S. y Howard, H. T. (1997). *Mustela frenata*. *Mammalian Species*, (570), 1-9.
<https://doi.org/10.1644/0.570.1>
- Sullivan, J. (1996). *Urocyon cinereoargenteus*. En *Fire Effects Information System, (Online)*. United States Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory.
<https://www.fs.fed.us/database/feis/animals/mammal/urci/all.html>
- Tobler, M. W., Carrillo-Percegui, S. E., Pitman, E. L., Mares, R. y Powell, G. (2008). An evaluation of camera traps for inventoring large- and medium-

- sized terrestrial rainforest mammals. *Animal Conservation*, 11(13), 169-178.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2008.00169.x>
- Teerink B.J (1991). *Hair of West-European Mammals*. Cambridge University. New York.
- Tesky, J. L. (1995). Procyon lotor. En *Fire Effects Information System, (Online)*. United States Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory.
<https://www.fs.fed.us/database/feis/animals/mammal/prlo/all.html>
- Tevis, L. (1956). Effect of slash burn on forest mice. *The Journal of Wildlife Management*, 20(4), 405-409.
<https://doi.org/10.2307/3797152>
- Tirira S., D. (1998). Técnicas de campo para el estudio de mamíferos silvestres. En S., Tirira (Ed.), *Biología, sistemática y conservación de los Mamíferos del Ecuador* (pp. 93-125). Quito, Ecuador, Publicación especial 1, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Tumilson R. (1983). An annotated key to the dorsal guard hairs of Arkansas, game mammals and furbearers. *The Southwestern Naturalist*. 28(3): 315-323. <https://www.jstor.org/stable/i286396>
- Valdez, C. M. (2014). Catálogo de los pelos de guardia dorsal de los mamíferos terrestres en el municipio de Hermosillo, Sonora, México. Tesis de licenciatura. Universidad de Sonora, México
- Valenzuela, D. (2014). *Procyon lotor* (Linnaeus, 1758). En G. Ceballos (Ed.), *Mammals of Mexico* (pp. 571-573). Johns Hopkins University Press, USA.
- Vallejo, A. (2013). *La conservación del jaguar en las áreas naturales protegidas por certificación voluntaria (ANPCV) y centros ecoturísticos de autogestión comunitaria (CEAGC)*. Tesis de licenciatura. FES Zaragoza, UNAM. México.
- Vanbianchi, C., Murphy, M. y Hodges, K. (2017). Canada lynx use of burned areas: Conservation implications of changing fire regimes. *Ecology and Evolution*, 7(7), 2382-2394.
<https://doi.org/10.1002/ece3.2824>
- Varela, O. y Bucher, E. H. (2006). Passage time, viability, and germination of seeds ingested by foxes. *Journal of Arid Environments*, 67(4), 566-578.
<https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.03.013>
- Vargas, A. R. (2003). *Regeneración natural post-incendio en el Parque Nacional el Chico*. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza, UNAM. México.
- Verts, B. J., Carraway, L. N. y Kinlaw, A. (2001). *Spilogale gracilis*. *Mammalian Species*, (674), 1-10.
<https://doi.org/10.2307/0.674.1>
- Vilchis C., J. M. (2020). *Catálogo de pelos de guardia de los mamíferos de la Ciudad de México, México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Villalobos, A., Buenrostro-Silva, A. y Sánchez-de la Vega, G. (2014). Dieta de la Zorra gris *Urocyon cinereoargenteus* y su contribución a la dispersión de semillas en la costa de Oaxaca, México. *Therya*, 5(1), 355-363.
<https://doi.org/10.12933/therya-14-143>

- Villareal H., M., Álvarez, S., Córdoba, F., Escobar, G., Fagua, F., Gast, H., Mendoza, M., Ospina, y Umaña A.M. (2006). Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de biodiversidad. En C. M. Villa (Ed.) *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad* (pp. 185-197). Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Volkman, L. A., Hitchen, J. y Hodges, K. E. (2020). Trends in carnivore and ungulate fire ecology research in North American conifer forest. *Forest Ecology* 451, 1-10.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117691>
- Walters, B. (1991). Small mammals in a Subalpine Old-growth Forest and Clearcuts. *Northwest Science*, 65(1), 27-31.
- Webster, D. y Jones, J. K. (1982). *Reithrodontomys megalotis*. *Mammalian Species*, (167), 1-5.
<https://doi.org/10.2307/3504020>
- Weingart, E. L (1973). A simple Technique for Revealing Hair Scale Patterns. *American Midland Naturalist*, 90(2), 508-509.
<https://www.jstor.org/stable/2424481?origin=crossref&seq=1>
- Whitaker, J. O. y Clem, P. (1992). Food of the Evening Bat *Nycticeius humeralis* from Indiana. *The American Midland Naturalist*, 127(1), 211-214.
<https://doi.org/10.2307/2426339>
- Williamson, V. H. (1951). Determination of hairs by impressions. *Journal of Mammalogy* 32(1), 80-84.
<https://doi.org/10.2307/1375415>

ANEXO

Catálogo de pelo de guardia, huellas y excretas de mamíferos terrestres identificados en bosques de *Abies religiosa* del PN el Chico, Hidalgo.

Marmosa mexicana (Merriam, 1897).

Nombre común: Ratón tlacuache mexicano.

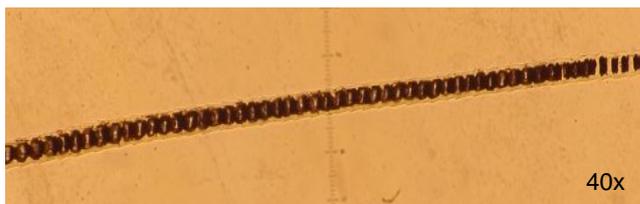
Identificación: Dos muestras de pelo de guardia.

Patrón medular:



Características:

Longitud: 9 mm
Bandeo: Claro-Obscuro
Color: -
Constricciones: 2 - 3
Escudo: Sí



Patrón medular: escalonada uniserial, a todo lo largo del pelo.

Patrón cuticular: Hastadas asimétricas, a todo lo largo del pelo. *Distancia:* Intermedia, *Margen:* liso, *Divergencia:* divergente.

Patrón cuticular:



Diámetro del cañón: 12 – 14 μm

Diámetro de médula: 8 - 10 μm



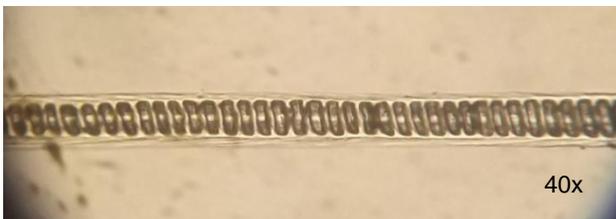
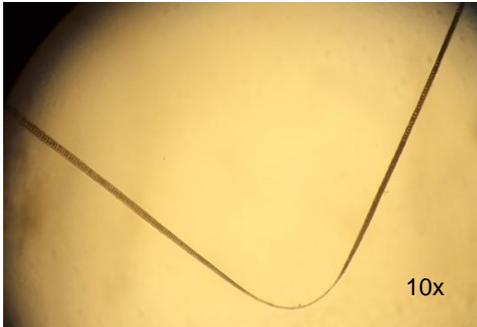
Observaciones: Las medidas corresponden con lo descrito por Monroy-Vilchis y Rubio-Rodríguez (2002), para *Marmosa canecens*. Sin embargo, se identificó como *M. mexicana* al comparar el patrón medular con Baca (2002), y se corroboró su posible distribución con Ceballos *et al.* (2014).

Sorex saussurei (Merriam, 1892)

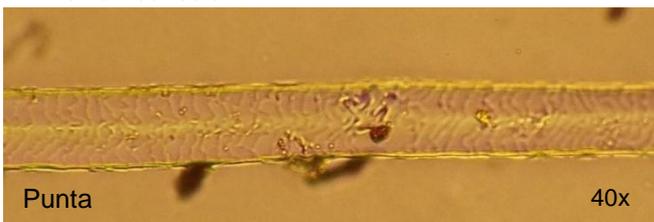
Nombre común: Musaraña común de montaña.

Identificación: Tres muestras de pelo de guardia.

Patrón medular:



Patrón cuticular:



Características:

Longitud: 7 - 10 mm

Bandeo: Claro-Obscuro

Color: Bicolor, con acumulación de pigmento en la punta.

Constricciones: 2 - 5

Escudo: Sí

Patrón medular: escalonada uniserial, a todo lo largo del pelo.

Patrón cuticular:

Punta: Crenadas irregulares; distancia: Intermedia; margen: Crenado a Rizado; divergencia: Adpresas.

Espatular: Mosaico irregular; distancia: Intermedia; margen: Crenado; divergencia: Divergente.

Raíz: Mosaico irregular; distancia: Intermedia; margen: Crenado a Liso.

Diámetro del cañón: 12 – 24 μ m

Diámetro de médula: 12 – 23 μ m

Observaciones: El patrón medular, el tamaño y las constricciones, corresponden con el género *Sorex* sp., de acuerdo con Arita, (1985). Se identificó como *S. saussurei* debido a su distribución y registro en el Parque Nacional el Chico, Hidalgo (Ceballos *et al.*, 2014; Hernández-Flores y Rojas-Martínez, 2010).

Glaucomys volans (Linnaeus, 1758)

Nombre común: Ardilla voladora del sur.

Identificación: Una muestra de pelo de guardia.

Patrón medular:



Características:

Longitud: 25 mm
Bandeo: Claro-Obscuro
Color: Bicolor
Constricciones: 5
Escudo: Sí

Patrón medular:

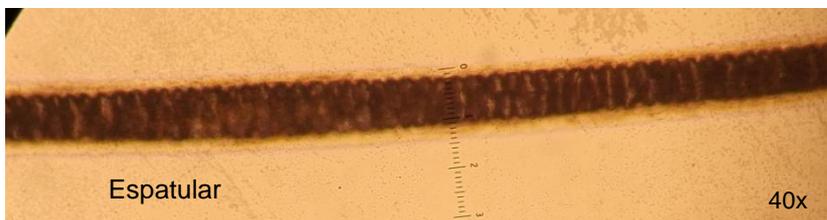
Punta: escalonada uniserial.

Espatular: continua con intrusiones corticales

Patrón cuticular: -

Diámetro del cañón: 36 μ m

Diámetro de médula: 26 μ m



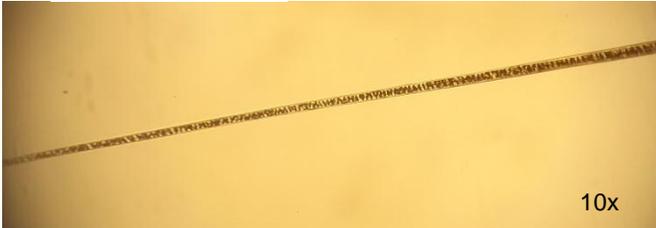
Observaciones: El patrón medular y el tamaño corresponden con *Glaucomys volans*, de acuerdo con Arita, (1985), además, se corroboró con su distribución y registro en el Parque Nacional el Chico, Hidalgo (Ceballos *et al.*, 2014; Hernández-Flores y Rojas-Martínez, 2010).
No fue posible tomar las escamas.

Perognathus flavus (Baird, 1855)

Nombre común: Ratón de abazones sedoso.

Identificación: Una muestra de pelo de guardia.

Patrón medular:



Características:

Longitud: 8 mm
Bandeo: Claro-Obscuro
Color: Bicolor.
Constricciones: No
Escudo: Sí



Patrón medular:
Punta: escalonada uniserial.
Espatular: continua con intrusiones corticales.
Raíz: escalonada uniserial.



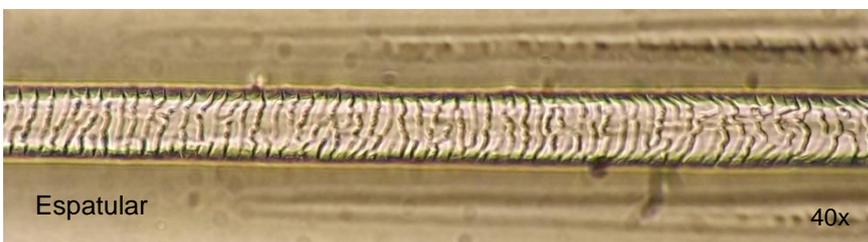
Patrón cuticular:
Punta: -
Espatular: Crenadas irregulares; distancia: Intermedia; margen Crenado; divergencia: Adpresas.
Raíz: Hastadas asimétricas; distancia: Intermedia; margen: Liso; divergencia: Divaricadas.

Patrón cuticular:



Diámetro del cañón: 31 μm

Diámetro de médula: 29 μm



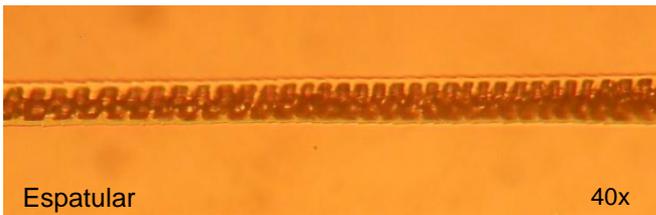
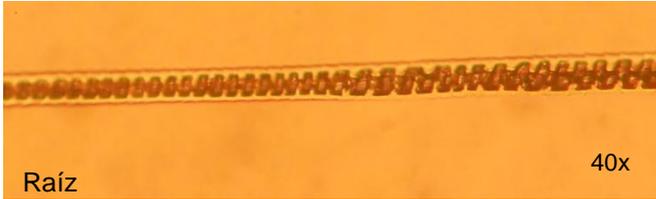
Observaciones: El patrón medular y el tamaño corresponden con *Perognathus flavus*, de acuerdo con Arita, (1985), se corroboró con su distribución según Ceballos et al. (2014).

Baiomys taylori (Thomas, 1887)

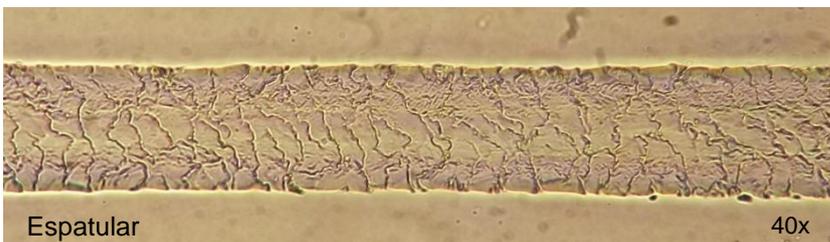
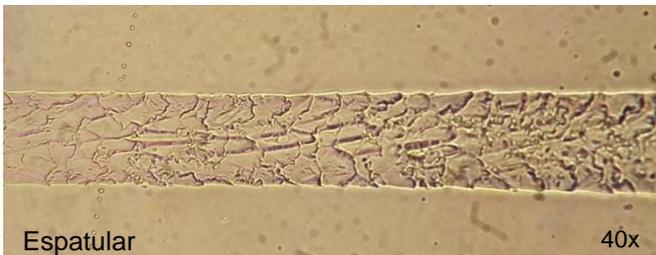
Nombre común: Ratón pigmeo del norte

Identificación: Una muestra de pelo de guardia.

Patrón medular:



Patrón cuticular:



Características:

Longitud: 4 mm
Bandeo: Claro-Obscuro
Color: Bicolor
Constricciones: 1
Escudo: Sí

Patrón medular:
Punta: continua con intrusiones corticales.

Espatular: continua con intrusiones corticales.

Raíz: escalonada uniserial.

Patrón cuticular:

Punta: -

Espatular: Mosaico irregular; distancia: Cercana; margen Rizado.

Raíz: Mosaico ondulado; distancia: Cercano; margen: Liso.

Diámetro del cañón: 24 μ m

Diámetro de médula: 19 μ m

Observaciones: El patrón medular coincide con lo reportado por Arita (1985) y Baca y Sánchez-Cordero (2004). Por otro lado, las escamas difieren con lo reportado por Arita (1985). Se corroboró con su distribución de acuerdo con Ceballos *et al.* (2014). No se obtuvieron las escamas de la punta.

Peromyscus difficilis (J. A. Allen, 1891)

Nombre común: Ratón de las rocas del sur.

Identificación: Una muestra de pelo de guardia.

Patrón medular:



Características:

Longitud: 13 mm
Bandeo: Claro-Obscuro
Color: Bicolor
Constricciones: No
Escudo: Sí



Patrón medular:
Punta: continua con intrusiones corticales.
Epatular: continua con intrusiones corticales.
Raíz: escalonada uniserial.

Patrón cuticular:



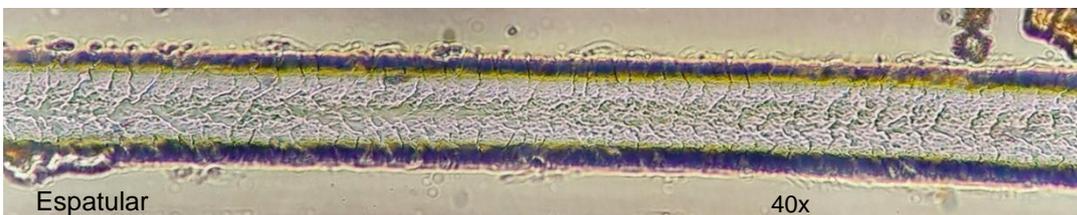
Patrón cuticular:
Punta: Hastadas asimétricas; distancia: Lejana; margen: Crenado; divergencia: Divergente.
Epatular: Mosaico ondulado; distancia: Intermedia; margen: Crenado.



Raíz: Pétalo romboidal; distancia: Lejana; margen: Liso; divergencia: Divergente.

Diámetro del cañón: 36 μm

Diámetro de médula: 29 μm



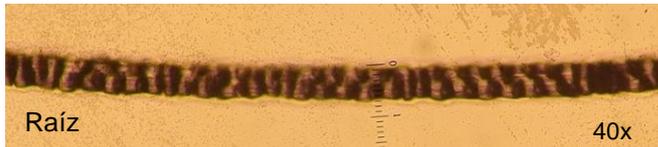
Observaciones: El patrón medular coincide con lo reportado por Monroy-Vilchis y Rubio-Rodríguez (2002) y Baca y Sánchez-Cordero (2004). Se corroboró con su distribución de acuerdo con Ceballos *et al.* (2014).

Reithrodontomys megalotis (Baird, 1858)

Nombre común: Ratón cosechero común.

Identificación: Una muestra de pelo de guardia.

Patrón medular:



Patrón cuticular:



Características:

Longitud: 7 mm

Bandeo: Oscuro-Claro-Oscuro

Color: -

Constricciones: Sí, antes del escudo

Escudo: Sí

Patrón medular:

Punta: escalonada uniserial

Espatular: continua con intrusiones corticales.

Raíz: continua con intrusiones corticales.

Patrón cuticular:

Punta: Emarginadas; distancia: Cercana; margen: Liso; divergencia: Divergente.

Espatular: Mosaico regular; distancia: Intermedia; margen: Liso.

Raíz: Hastadas asimétricas; distancia: Intermedia; margen: Liso; divergencia: Adpresa.

Diámetro del cañón: 22 μm

Diámetro de médula: 17 μm

Observaciones: El patrón medular coincide con lo reportado por Arita (1985) y Monroy-Vilchis y Rubio-Rodríguez (2002). Se corroboró con su distribución de acuerdo con Ceballos *et al.* (2014).

Reithrodontomys sumichrasti (de Saussure, 1860)

Nombre común: Ratón cosechero de montaña.

Identificación: Una muestra de pelo de guardia.

Patrón medular:



Patrón cuticular:



Características:

Longitud: 4 mm
Bandeo: Oscuro
Color: -
Constricciones: No
Escudo: Sí

Patrón medular:
Punta: -
Espatular: continua con intrusiones corticales.
Raíz: -

Patrón cuticular:
Punta: Crenadas irregulares; distancia: Cercana; margen: Crenado; divergencia: Adpresas.
Espatular: Mosaico ondulado; distancia: Intermedia a Cercana; margen: Liso a Crenado.
Raíz: Hastadas asimétricas; distancia: Cercana; margen: Liso; divergencia: Divaricadas.

Diámetro del cañón: 39 μm

Diámetro de médula: 36 μm

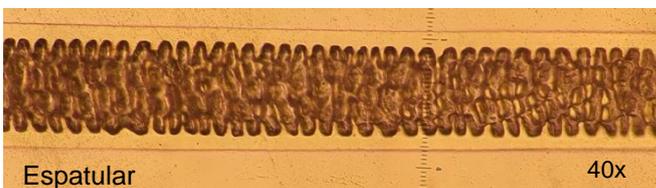
Observaciones: El patrón medular coincide con lo reportado por Arita (1985) y Monroy-Vilchis y Rubio-Rodríguez (2002). Además, está registrado en el PN el Chico (Hernández-Flores y Rojas-Martínez, 2010). Se corroboró con su distribución de acuerdo con Ceballos *et al.* (2014).

Oryzomys couesi (Alston, 1877)

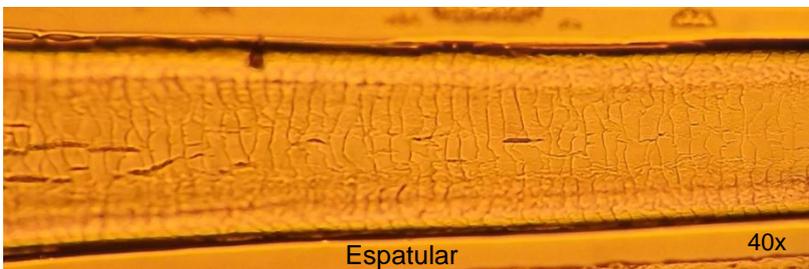
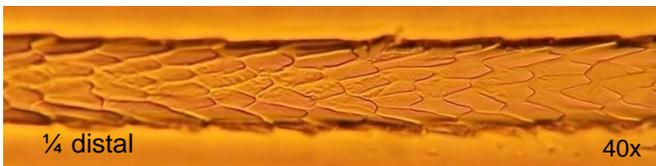
Nombre común: Rata arrocera del golfo.

Identificación: Una muestra de pelo de guardia.

Patrón medular:



Patrón cuticular:



Características:

Longitud: 10.5 mm

Bandeo: Claro-Oscuro-Claro

Color: -

Constricciones: Sí, antes del escudo.

Escudo: Sí

Patrón medular:

Punta: Continua con intrusiones corticales

Espatular: continua con intrusiones corticales.

Raíz: Escalonada uniserial.

Patrón cuticular:

Punta: Erosas; distancia: Intermedia; margen: Crenado; divergencia: Adpresas.

Espatular: Ondulado irregular; distancia: Cercana; margen: Liso.

Raíz: Pétalo regular; distancia: Intermedia; margen: Crenado; divergencia: Divergente.

Diámetro del cañón: 67 µm

Diámetro de médula: 50 µm

Observaciones: El patrón medular coincide con lo reportado por Arita (1985). Se corroboró con su distribución de acuerdo con Ceballos *et al.* (2014).

Canis lupus familiaris (Linnaeus, 1758)

Nombre común: Perro doméstico.

Identificación: Con cámaras trampa y observación directa.



Bosque No Afectado

07-11-2020 20:03:45

Observaciones: El perro doméstico fue registrado por medio de cámaras trampa, en dos sitios, el Bosque No Afectado (BNA) y el Bosque Afectado por Incendio de Copa Severo (BACSEV). Además, se avistó directamente, el mismo individuo, en e sitio BACSEV.

Urocyon cinereoargenteus (Schreber, 1775)

Nombre común: Zorra gris.

Identificación: Con cámaras trampa.



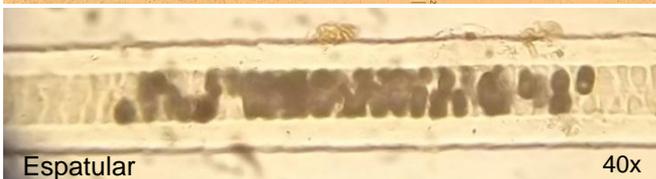
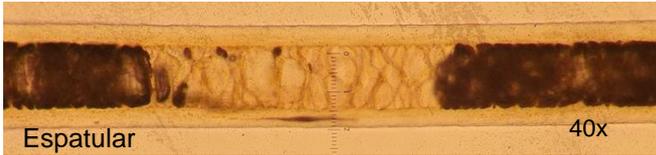
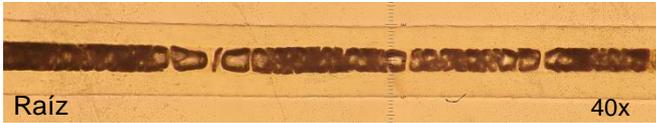
Observaciones: La zorra gris se registró por medio de cámaras trampa, en dos sitios, el Bosque No Afectado (BNA) y el Bosque Afectado por Incendio de Copa Moderado (BACMOD).

Spilogale gracilis (Merriam, 1890) *Procyon lotor* (Linnaeus, 1758)

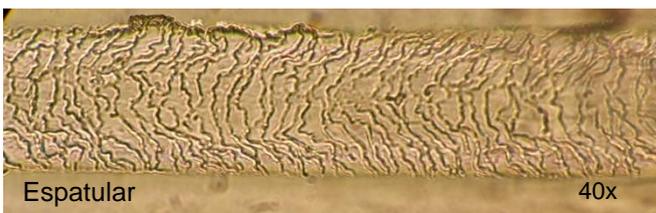
Nombre común: Zorrillo manchado del oeste.

Identificación: Cinco muestras de pelo de guardia.

Patrón medular:



Patrón cuticular:



Características:

Longitud: 20 - 45 mm
Bandeo: Claro-Oscuro
Color: Bicolor
Constricciones: No
Escudo: Sí

Patrón medular:

Punta: Celdillas
Espatular: Celdillas
Raíz: Celdillas.

Patrón cuticular:

Punta: Ondulado irregular;
distancia: Cercana; *margen:*
Crenado.

Espatular: Ondulado irregular;
distancia: Intermedia; *margen:*
Crenado; *divergencia:*
Divergentes.

Raíz: Erosas a Mosaico ondulado;
distancia: Intermedia; *margen:*
Liso.

Diámetro del cañón: 41-67 μm

Diámetro de médula: 29-43 μm

Observaciones: Se presenta el patrón medular de dos pelos de guardia, y el patrón cuticular de una muestra.

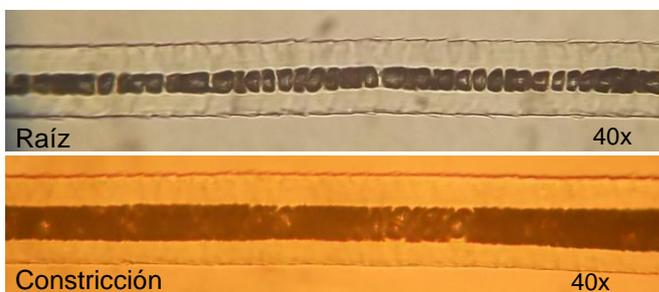
Las muestras coinciden con lo reportado por Arita (1985). Se corroboró con el registro de esta especie para el PN el Chico, Hidalgo (Hernández-Flores y Rojas-Martínez, 2010) y su distribución, de acuerdo con Ceballos *et al.* (2014).

Mustela frenata (Lichtenstein, 1831)

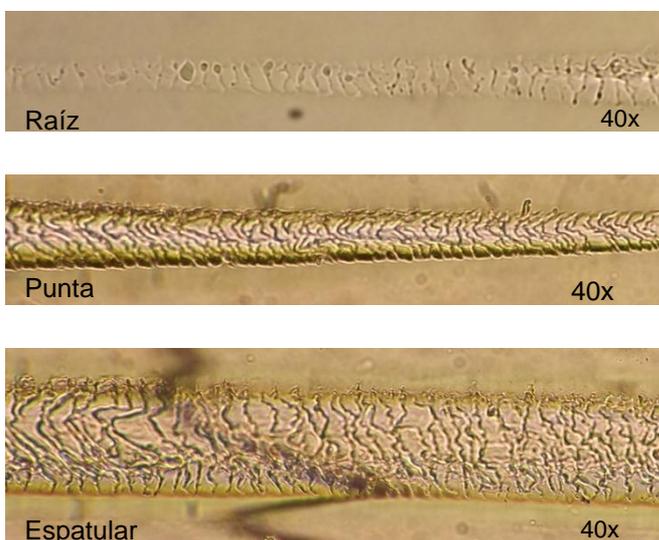
Nombre común: Comadreja u onza.

Identificación: Tres muestras de pelo de guardia y huellas en una estación olfativa.

Patrón medular:



Patrón cuticular:



Características:

Longitud: 5 - 10 mm

Bandeo: Claro-Oscuro

Color: Café-Amarillo

Constricciones: No

Escudo: Sí

Patrón medular:

Punta: Escalonada uniserial

Espatular: Celdillas

Raíz: Escalonada uniserial.

Patrón cuticular:

Punta: Erosas a Ondulado irregular; distancia: Cercana; margen: Crenado.

Espatular: Ondulado irregular; distancia: Intermedia; margen: Crenado; divergencia: Divergentes.

Raíz: Erosas a Mosaico ondulado; distancia: Intermedia; margen: Liso.

Diámetro del cañón: 41-67 μ m

Diámetro de médula: 29-43 μ m



Observaciones: Las muestras coinciden con lo reportado por Arita (1985). Se corroboró con el registro de esta especie para el PN el Chico, Hidalgo (Hernández-Flores y Rojas-Martínez, 2010) y su distribución, de acuerdo con Ceballos *et al.* (2014).

Las huellas se identificaron con la guía de Aranda (2012).

Basariscus astutus (Lichtenstein, 1830)

Nombre común: Cacomixtle.

Identificación: Con cámaras trampa, huellas en estaciones olfativas y una excreta.



Registros de cacomixtle para los distintos sitios. Donde: a) Fototrampa; b) Huella y c) su molde; y d) Excreta.

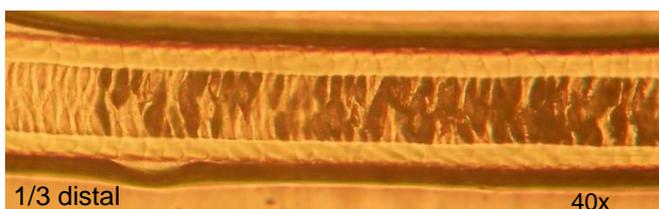
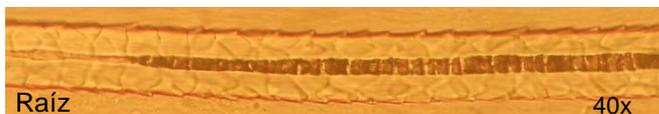
Observaciones: El Cacomixtle se registró por medio de cámaras trampa, huellas y excretas en el sitio Afectado por Incendio de Copa Moderado (BACMOD). Además, fue registrado en BNA por medio de huellas. La identificación de las fototrampas, huellas y excretas se realizó de acuerdo con Aranda (2012) y Ceballos *et al.* (2014).

Procyon lotor (Linnaeus, 1758)

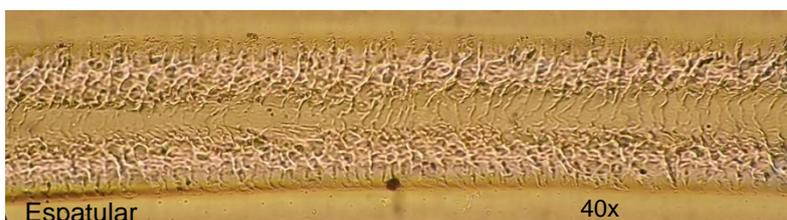
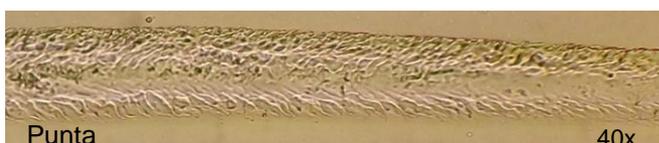
Nombre común: Mapache.

Identificación: Tres muestras de pelo de guardia.

Patrón medular:



Patrón cuticular:



Características:

Longitud: 6 - 13 mm

Bandeo: Claro-Oscuro

Color: Bicolor y Blanco

Constricciones: No

Escudo: Sí

Patrón medular: Celdillas a todo lo largo del pelo.

Patrón cuticular:

Punta: Ondulado irregular; distancia: Cercana; margen: Liso ó Rizado.

Espatular: Ondulado irregular; distancia: Cercana; margen: Crenado.

Raíz: Erosas ó Mosaico ondulado; distancia: Intermedia; margen: Liso; divergencia: Adpresas.

Diámetro del cañón: 89 - 115 μ m

Diámetro de médula: 54 - 70 μ m

Observaciones: El patrón medular y cuticular coinciden con lo reportado por Teerink (1991) y con muestras de la Colección Nacional de Mamíferos (Vilchis, 2020). Sin embargo, la longitud de las muestras no coincide con lo reportado por Arita (1985), Monroy-Vilchis y Rubio-Rodríguez (2002) y Valdez (2014). Se corroboró, por su previo registro para el PN el Chico (Hernández-Flores y Rojas-Martínez, 2010) y su distribución, de acuerdo con Ceballos *et al.* (2014).