



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

**EFFECTO DE LOS INCENDIOS FORESTALES SOBRE LA
FAUNA TERRESTRE EN BOSQUES DE PINO PIÑONERO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

KATHERINE LIZZETH CÁRDENAS CRUZ



**DIRECTOR DE TESIS:
DR. EFRAÍN R. ÁNGELES CERVANTES**

Proyecto PAPIIT IN221614

Noviembre 2015

México, D. F.



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

“ZARAGOZA”

DIRECCIÓN

**JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
PRESENTE.**

Comunico a usted que la alumna **CÁRDENAS CRUZ KATHERINE LIZZETH**, con número de cuenta **305037820**, de la carrera de Biología, se le ha fijado el día **10 de noviembre de 2015** a las **11:00 hrs.**, para presentar examen profesional, el cual tendrá lugar en esta Facultad con el siguiente jurado:

- PRESIDENTE** Biól. CRISTÓBAL GALINDO GALINDO
- VOCAL** Dr. EFRAÍN REYES ÁNGELES CERVANTES
- SECRETARIO** M. en C. GERMÁN CALVA VÁSQUEZ
- SUPLENTE** M. en C. ALBERTO MÉNDEZ MÉNDEZ
- SUPLENTE** Biól. EDUARDO ALBERTO EHNIS DUHNE

El título de la tesis que presenta es: **Efecto de los incendios forestales sobre la fauna terrestre en bosques de pino piñonero.**

Opción de titulación: Tesis.

Agradeceré por anticipado su aceptación y hago propia la ocasión para saludarle.

ATENTAMENTE
“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”
 México, D. F., a 20 de octubre de 2015

DR. VÍCTOR MANUEL MENDOZA NUÑEZ
 DIRECTOR

ZARAGOZA
DIRECCION

RECIBÍ
 OFICINA DE EXÁMENES
 PROFESIONALES Y DE GRADO

VO. BO.
 M. en C. ARMANDO CERVANTES SANDOVAL
 JEFE DE CARRERA

Agradecimientos

Investigación realizada gracias al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la UNAM IN221614, bajo el proyecto titulado "ECOLOGÍA DEL FUEGO EN BOSQUES DE PINO PIÑONERO". Agradezco a la DGAPA-UNAM la beca recibida.

Gracias de todo corazón a mis padres Virginia Leticia Cruz Vallejo y Fermín Eduardo Cárdenas Trujillo, por tanto cariño, apoyo, inspiración y por siempre estar conmigo..... ¡ya está el otro 50%!

A mi hermano Fermín Antonio Cárdenas Cruz, gracias por esas pláticas y peleas, porque estas en las buenas y en las malas.

A Ma'ina, que aunque ya no estas con nosotros tu recuerdo siempre está presente, gracias por tu gran cariño y por ser un ejemplo de lucha y tenacidad.

Al Dr. Efraín Ángeles Cervantes, gracias por su paciencia, dedicación y aliento. Ha sido un gran privilegio contar con su guía y ayuda.

A mis sinodales Biol. Cristóbal Galindo Galindo, M. en C. German Calva Vásquez, M. en C. Alberto Méndez Méndez y Biol. Eduardo Ehnis Duhne, por su atención y recomendaciones.

A Eduardo Fernando Pompa Castillo, gracias por todo el apoyo, consejos, ayuda y especial cariño que me brindaste.

Un agradecimiento especial a la familia Cervantes Gonzáles por su hospitalidad y apoyo durante las salidas en campo.

Para mis compañeros de laboratorio: Zul, Fabiola, Gabriel, Monsecita, Adriana, Abi, Judith, Páez, Maleny, Sandra, Jess, April, Gato, Javier y Helena tengo sólo palabras de agradecimiento por su colaboración, compañía y buenos momentos.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por brindarme la oportunidad para superarme.

CONTENIDO	Página
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
MARCO TEÓRICO.....	3
Bosques de pino piñonero (<i>Pinus cembroides</i>) en México	3
Concepto de incendio forestal.....	3
Incendios en ecosistemas.....	3
Métodos de estudios de la fauna silvestre	4
Métodos directos	4
Métodos indirectos.....	5
Efectos de incendios en la fauna	6
Efectos de los incendios sobre la fauna silvestre en bosques de pino	7
Importancia de la fauna en los bosques de pino piñonero	8
JUSTIFICACIÓN	9
OBJETIVO GENERAL	9
Objetivos particulares.....	9
DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	10
Topografía.....	10
Clima.....	10
Geología	10
Edafología	10
Vegetación	12
MÉTODOS	13
Colecta de rastros y vestigios	15
Muestreo por estaciones olfativas.....	15
Muestreo por el método de pelo de guardia.....	16
Riqueza de especies.....	17
Evaluación de la diversidad beta	17
RESULTADOS	18
Eficiencia del muestreo y Riqueza máxima esperada total	18
Especies registradas en la NOM-059, UICN y CITES.....	20

Efectos de los incendios forestales sobre la mastofauna.....	21
Riqueza de especies.....	21
Especies no afectadas por incendios	21
Especies tolerantes a zonas post incendio superficial.....	22
Especies tolerantes a incendio de copa.....	22
Especies no afectadas por incendios de copa severo	22
Especies afectadas por incendios	23
Índices de Abundancia Relativa.....	23
DISCUSIÓN	25
Riqueza.....	25
Efecto de los incendios en los mamíferos.....	25
Efecto de incendios sobre la heterogeneidad ambiental y diversidad beta.....	26
Mamíferos afectados por incendios	27
Especies favorecidas por los incendios	28
Especies con nuevo registro	28
CONCLUSIONES.....	29
Recomendaciones	29
LITERATURA CITADA.....	30
Bibliomedia	35
ANEXO DE VESTIGIOS DE MAMÍFEROS TERRESTRES.....	36

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
1. Características de los transectos recorridos en el cerro de “La Soledad” en Cardonal, Hidalgo	14
2. Especies mastofaunísticas por tipo de vestigio, presentes en el cerro de “La Soledad”, Cardonal, Hidalgo.....	19
3. Mamíferos terrestres del piñonar y se marcan algunas con alguna categoría de protección en la NOM-059, CITES, UICN o son endémicas.....	20
4. Riqueza de las especies mastofaunísticas en bosques de piñón no afectado por incendio (BNA), bosque afectado por incendio superficial (BIS), bosque afectado por incendio de copa (BIC) y bosque afectado por incendio de copa severo (BICS)	21
5. Mamíferos presentes en Bosque de piñón no afectado por incendio (BNA), bosque afectado por incendio superficial (BIS), bosque afectado por incendio de copa (BIC) y bosque afectado por incendio de copa severo (BICS).....	21
6. Mamíferos presentes en piñonar no afectado por incendio (BNA) y afectado por incendio superficial (BIS)	22
7. Mamíferos presentes en piñonar no afectado por incendio (BNA) y afectado por incendio de copa (BIC)	22
8. Mamíferos presentes en piñonar afectado por incendio de copa severo (BICS)	22
9. Mamíferos presentes en piñonar no afectado por incendio (BNA).....	23
10. Características de los transectos realizados en piñonar no afectado por incendio (BNA), afectado por incendio superficial (BIS), afectado por incendio de copa (BIC) y afectado por incendio de copa severo (BICS).....	23
11. Frecuencia de rastros recolectados en piñonar no afectado por incendio (BNA), afectado por incendio superficial (BIS), afectado por incendio de copa (BIC) y afectado por incendio de copa severo (BICS)	24
12. Índices de abundancia relativa (IAR) en piñonar no afectado por incendio (BNA), afectado por incendio superficial (BIS), afectado por incendio de copa (BIC) y afectado por incendio de copa severo (BICS)	24
13. Índices de abundancia relativa (IAR) de zorra gris, lagomorfos, coyote y gato montés en piñonar no afectado por incendio (BNA), afectado por incendio superficial (BIS), afectado por incendio de copa (BIC) y afectado por incendio de copa severo (BICS).....	28

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. Mapa indicando la ubicación del municipio del Cardonal, Hidalgo	11
2. Fotografía satelital ubicando el cerro de “La Soledad” en Cardonal, Hidalgo ...	11
3. Ubicación de los transectos recorridos en el cerro de “La Soledad” en Cardonal, Hidalgo.....	13
4. Excreta de zorra gris sobre roca	15
5. Huella de coyote.....	15
6. Elaboración de estación olfativa en el Bosque afectado por incendio de copa (BIC)	16
7. Toma de pelos de guardia encontrados en una madriguera	17
8. Riqueza máxima estimada de mamíferos terrestres, con respecto a la riqueza obtenida (R.O.) en un piñonar del estado de Hidalgo, de acuerdo al programa EstimateSwin820.	18
9. Valores de diversidad beta a través del índice de Jaccard para piñonar no afectado por incendio (BNA), afectado por incendio superficial (BIS), afectado por incendio de copa (BIC) y afectado por incendio de copa severo (BICS). .	26

RESUMEN

En el 2011 ocurrió un incendio en el municipio del Cardonal, Hidalgo y afectó a 230 ha de bosques de piñón. Los incendios forestales generan cambios en los ecosistemas, sin embargo se desconocen los efectos sobre la riqueza faunística, por lo que el objetivo fue determinar los efectos de los incendios en la mastofauna de un bosque de pino piñonero.

Se realizaron muestreos en 17 transectos: siete en BNA (Bosque no afectado), tres en BIS (Bosque afectado por incendio superficial), cuatro BIC (Bosque afectado por incendio de copa) y tres en BICS (Bosque afectado por incendio de copa severo). En cada transecto se recolectaron vestigios: excretas, huellas y pelos de guardia, obtenidas en madrigueras y echaderos. Los pelos de guardia se identificaron de acuerdo con Monroy-Vilchis y Rubio (2003); y Pech y Koyoc (2009); las huellas y excretas se determinaron con Aranda (2012). Además se recolectaron mamíferos muertos de los que se tomaron muestras de pelos de guardia.

Se obtuvo un total de 463 muestras, de las cuales cuatro fueron de mamíferos muertos, 314 fueron excretas, 93 pelos de guardia obtenidas de madrigueras y echaderos, así como de 52 huellas. Con estos datos se evaluó la riqueza y diversidad utilizando el programa EstimateSWin820. Se registró una riqueza de 24 especies: 21 en BNA, nueve en BIS, nueve en BIC y tres en BICS, lo que indica que los incendios disminuyen la riqueza de especies en un 86% en BICS y un 55% para BIS y BIC. Las herbáceas abundan en las zonas afectadas por incendios, lo que favorece una alta densidad de lagomorfos, e influye en la presencia de algunos depredadores como *Canis latrans*, *Urocyon cinereoargenteus* y *Lynx rufus*, las cuales no se ven afectadas por los cambios ocasionados por los incendios. Los carnívoros como *Bassariscus astutus*, *Spilogale angustifrons*, *Procyon lotor* y *Leopardus pardalis*, únicamente se presentan en BNA por la mayor cobertura de árboles y arbustos, los cuales utilizan como sitios de refugio, descanso y caza; y se ven afectadas por los efectos de los incendios sobre árboles y arbustos. Además los roedores de mayor peso (*Peromyscus* y *Sciurus*) están presentes en BNA y los de menor peso (*Peromyscus*, *Heteromys*) en los afectados por incendios. En BICS se favoreció el rebrote de herbáceas y fomento el arribo de nuevas especies: *Odocoileus virginianus* y su depredador *Puma concolor*.

Palabras clave: Fuego, *Pinus cembroides*, pelos de guardia, bosques semiáridos y riqueza faunística.

INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales se caracterizan por tener tres componentes: Material combustible, oxígeno y el calor que ocasiona la combustión, que se produce y desarrolla principalmente en zonas naturales, el cual se propaga a través de vegetación leñosa, arbustiva o herbácea, viva o muerta (CONAF, 2011).

Los incendios forestales cambian la composición y estructura del paisaje del hábitat de la fauna (Lyon et al., 2000). Algunos autores consideran que el fuego tiene efectos negativos sobre los animales, debido a la muerte directa o desaparición de refugios, alimento, hábitats y territorios (Debano, 1998, Cochrane, 2003). Mientras que Carrillo (1999) y Lyon et al. (2000) consideran que se presenta un efecto positivo para la fauna en las zonas post incendio.

Ceballos y Arroyo (2012) indican que los mamíferos se encuentran representados por 13 órdenes, 46 familias, 201 géneros y 550 especies, de las cuales 170 son endémicas de México. Los bosques de coníferas alimentan a la fauna silvestre, sin embargo los incendios son parte importante de la dinámica de varios de estos bosques. En 2011 ocurrieron incendios en bosques de pino piñonero (*Pinus cembroides* Zucc) en el estado de Hidalgo. En los bosques de pino piñonero se desconoce la fauna que comúnmente se encuentra, por lo que en este trabajo se estimará la riqueza de mamíferos terrestres en estos bosques de piñoneros, y como los incendios afectan la riqueza y distribución de estas. Además nos permitirá conocer si existen especies protegidas por la NOM-059, la IUCN y la CITES.

Conocer la respuesta de los mamíferos ante estos tipos de disturbios permitirá proponer estrategias para su conservación ya que ante el cambio climático se estima que los incendios serán más frecuentes y de mayor intensidad, así como a un mejor manejo sobre los bosques de pino piñonero, con su principal producto la semilla (piñón), que tiene un alto valor comercial, así como de sus servicios ecosistémicos.

MARCO TEÓRICO

Bosques de pino piñonero (*Pinus cembroides*) en México

México posee la mayor riqueza de especies del género *Pinus* en el mundo; de las más de 100 especies reconocidas, aproximadamente 50% son nativas de México; y de las cuales cerca de una docena son pinos piñoneros (López y Galván, 2011).

La especie más importante en México es *Pinus cembroides*, cuya área de distribución incluye desde Baja California, hasta Tamaulipas, el Norte de Veracruz, México y Puebla (Caballero, y Ávila, 1987). Forma masas puras en la Sierra Madre Oriental al norte del Trópico de Cáncer. Las mayores poblaciones están en: Chihuahua, Durango, Coahuila, Nuevo León, Hidalgo y Zacatecas (Vázquez-Yanes et al., 1999).

En términos generales, los pinos piñoneros crecen en áreas semiáridas bajo condiciones climáticas adversas (Caballero, y Ávila, 1987). Por lo que conforman una vegetación de transición entre las zonas xerofíticas de la altiplanicie mexicana y las vertientes internas de las Sierras Madres Oriental y Occidental (Vázquez-Yanes et al., 1999).

Concepto de incendio forestal

Un incendio es cualquier tipo de fuego imprevisto e incontrolado (FAO, 2014), con esto se puede definir al incendio forestal como el fuego que se extiende de manera descontrolada en zonas con cualquier tipo de cubierta vegetal, por lo que se afectan a los bosques, selvas, o la vegetación de zonas áridas y semiáridas (CONAFOR, 2010). Existen distintos tipos de incendios forestales los cuales son:

- a) Incendio subterráneo: la materia orgánica acumulada y las raíces se consumen. Generalmente éstos no producen llamas y emiten poco humo.
- b) Incendio superficial: el fuego se propaga en forma horizontal sobre la superficie del terreno y alcanza hasta metro y medio de altura. Éstos afectan combustibles vivos y muertos como pastizales, hojas, ramas, ramillas, arbustos o pequeños árboles de regeneración natural o plantación, troncos, humus, entre otros.
- c) Incendio de copa: comienzan en forma superficial, pero las llamas se propagan por continuidad vertical. Se consideran entre los más destructivos y difíciles de controlar.

Incendios en ecosistemas

La importancia del fuego en los ecosistemas es un asunto de controversia científica. Por un lado se asocia con la destrucción y daño y por otra parte se ha encontrado que algunos ecosistemas han desarrollado adaptaciones para depender de sus efectos, como la reducción de competencia por malezas, el saneamiento y/o control de enfermedades entre las plantas, la liberación e incorporación de nutrientes y en varios casos la repoblación de los bosques, a

través de la apertura de conos y en condiciones postincendio el desarrollo de plántulas (CONAFOR, 2010).

En México entre 1998 y 2012 se han registrado 117,034 incendios; sólo durante el 2012 se registraron un total de 7,170 incendios forestales, los cuales afectaron a 347,226 Ha en todo el país (INEGI, 2013; CONAFOR, 2013). Las causas principalmente se pueden atribuir a la actividades humanas (98% del total nacional) y el resto a causa naturales como descargas eléctricas o erupciones volcánicas (Ressl y Cruz, 2012).

Golicher y Ramirez-Márdial (2003) mencionan que los bosques más propensos al fuego son aquellos con marcada época de sequía, como las selvas bajas caducifolias, o bosques húmedos pero más secos por tala o disturbios causados por efecto humano, por ejemplo, algunos bosques de pino. Estos últimos forman doseles abiertos que permiten que la energía solar llegue al suelo por lo que se acelera la tasa de desecación del material combustible.

Por su crecimiento rápido, los pinos compiten intensamente por el recurso luz, de modo que hay un continuo aporte de hojas y ramas muertas al suelo, lo que favorece a la acumulación de combustible.

Los pinares son comunidades vegetales muy característicos de México y ocupan vastas superficies de su territorio (15% en el territorio nacional); y se calcula que cerca del 80% de la superficie ocupada por este tipo de vegetación está sometida a incendios periódicos (Rzendowski, 2006).

Métodos de estudios de la fauna silvestre

Para el estudio de la fauna silvestre existen varios métodos, se dividen en métodos directos, los cuales son conteos de los animales observados; y los indirectos, los cuales se basan en la interpretación de los rastros que dejan los animales (Arévalo, 2001).

Métodos directos

En los métodos directos o invasivos se utilizan las trampas para la captura, el tipo de trampas más utilizadas son las Trampas Sherman, las cuales se utilizan para pequeños mamíferos; las trampas Tomahawk para mamíferos medianos (Ramírez y Pérez, 2007; Gallina et al., 2008; Pérez-Irineo y Santos-Moreno, 2010).

Para la captura de grandes mamíferos se pueden utilizar las trampas Stepheson, corral-trampa y redes trampa; estas últimas también son utilizadas para la captura de murciélagos (González, 2011a).

La radio telemetría requiere de manejo de los organismos a los cuales se les coloca un transmisor con sistema de posicionamiento global (GPS), esto permite estudiar su posición, movimientos, tamaño de los territorios y la densidad poblacional de la especie, esto sin interferir en su comportamiento (Botero, 2005; Chávez y Ceballos, 2006; Hidalgo y Olvera, 2011).

El método de captura-recaptura es un método muy popular para estimar el tamaño de la población de una especie; este método consiste en que un número de individuos son capturados y marcados de una forma identificable, y liberados en un periodo corto de tiempo; posteriormente se captura nuevamente otra

muestra de la población, algunos de los individuos capturados en la segunda ocasión puede ser identificados como perteneciente a la primera muestra marcada (González, 2011b).

Métodos indirectos

Los métodos indirectos o no invasivos se basan en el rastreo, Aranda (2012) lo define como la “actividad de identificar e interpretar los rastros de los mamíferos”, la definición de un rastro se entiende como “todo vestigio, señal o indicio que dejan los mamíferos durante sus actividades, así como cualquier resto que quede de ellos”; una correcta identificación e interpretación permite obtener valiosa información acerca de los mamíferos.

Los rastros más comunes que se encuentran son huellas, excrementos, marcas en troncos, madrigueras, echaderos de descanso, restos óseos (evidencia de restos dejados por depredador), y olores (Arévalo, 2001).

Fototrampeo. Es una herramienta confiable y no invasiva (Silveira et al., 2003, y Monroy-Vilchis et al., 2009, citados por Monroy-Vilchis et al., 2011), que contribuye a su estudio; sus ventajas incluyen la precisión en la identificación a nivel específico y frecuentemente individual, una eficiencia de detección similar en animales diurnos y nocturnos y la confirmación de especies cuyas huellas no se diferencian (Maffei et al., 2002, Maffei y Noss 2008; citados por Monroy-Vilchis et al., 2011). Este equipamiento consta de un emisor infrarrojo, un receptor y una cámara fotográfica. Cuando el animal corta el rayo infrarrojo, se envía una señal a la cámara que se activa y lo registra. También puede registrarse el día, hora y año de la observación (González, 2005).

Estaciones olfativas. Se ha usado ampliamente en las últimas dos décadas para estimar tendencias temporales en las poblaciones de la fauna (Monroy-Vilchis y Velázquez, 2002). Este método se basa en atrayentes de olor que permite que los animales se acerquen a las estaciones de registro de huellas (Rodríguez - Mazzini, 1996).

Método de pelos de guardia. El pelo es una característica exclusiva de los mamíferos, por lo que no tiene homólogo estructural entre los demás vertebrados; si bien se pueden encontrar estructuras similares en aves, insectos, y hasta en algunas plantas, el pelo epidérmico verdadero es exclusivo de los mamíferos (Arita, 1985; Deblase y Martin, 2000, citado por Baca y Sánchez-Cordero, 2004).

Entre los primeros estudios relacionados con el pelo, en lo referente en la estructura, variación e identificación, se encuentran los de Danforth (1925) y Noback (1951) (citados por Arita, 1985; Monroy-Vilchis y Rubio, 2003).

En México el primer estudio de la descripción de los pelos de guardia en el Valle de México es el de Arita (1985). Monroy-Vilchis y Rubio (1999) realizaron una caracterización e identificación de los pelos de guardia de los mamíferos de la Sierra de Nanchititla, en el Estado de México.

Monroy-Vilchis y Rubio (2003) realizaron una guía dicotómica para la identificación a través del pelo de guardia, de los mamíferos del Estado de México.

Baca y Sánchez-Cordero (2004) formaron un catálogo de pelos de guardia dorsal para los mamíferos del estado de Oaxaca; las muestras de pelo de 149 especies se obtuvieron de ejemplares de colecciones científicas y de colectas de campo. Pech et al. (2009) generaron otra guía para los mamíferos no voladores de Yucatán; en la que se describe por primera vez los pelos de 46 especies, lo que representa el 53% de las especies reconocidas en el estado.

Monroy-Vilchis et al. (2005) determinaron la variación del pelo de guardia dorsal entre individuos de la misma especie y compararon la variación de un individuo en diferentes regiones. Para las variaciones del pelo entre individuos de la misma especie se analizaron en total 530 pelos de 53 organismos de 13 especies; observaron que se llegan a presentar variaciones en la longitud y diámetro de la médula de los pelos de guardia, sin embargo puede realizarse una identificación exitosa de los organismos en un plano específico utilizando una guía. En la comparación individual se describieron 560 pelos de guardia de 14 especies; en las que encontraron diferencias en la longitud total del pelo, en el diámetro de la médula y en la coloración; el único carácter que permaneció constante fue el tipo de médula entre las diferentes regiones de un mismo organismo.

Efectos de incendios en la fauna

Los animales nativos a las áreas con una larga historia de incendios pueden persistir en hábitats conformados por el fuego; muchas especies actualmente prosperan a causa de la influencia del fuego. Esto se debe a la respuesta inmediata del fuego en las que se puede incluir morir o moverse (Lyon et al., 2000; DeBano, 1998).

Harold (1984) (citado por Rodríguez, 1988) menciona que, después de un incendio, hay un incremento del 7% del número de especies de aves y en 2% de mamíferos.

El fuego ha afectado la composición, estructura y patrones del paisaje del hábitat de los animales por milenios, así que es razonable asumir que los animales han coexistido y adaptado para las perturbaciones del fuego periódicas (Komarek, 1974, citado por Rodríguez, 1988; Lyon et al., 2000).

Existen aves, las que consumen principalmente las semillas de la especie dominante, en las que su población aumenta en más de un 50%, después de un incendio; otras como las especies invasoras del hábitat, las cuales disminuye drásticamente sus poblaciones en zonas postincendio (Lyon et al., 2000).

A pesar de la creencias generales que los incendios son devastadores para la fauna, el fuego mata o daña una pequeña proporción de las poblaciones animales. Algunos como los roedores, serpientes, tortugas y salamandras se esconden en lugares subterráneos o debajo de rocas hasta que el fuego pase (DeBano, 1998; Lyon et al., 2000; Moorman, 2002).

Los pequeños mamíferos que se ven afectados por el fuego son las ardillas, roedores, musarañas, entre otros. La supervivencia de ellos depende de factores como: la uniformidad, intensidad, severidad, tamaño y duración de los incendios; la movilidad del animal; y de la posición en que se encuentra con relación de la superficie del suelo durante el incendio (Wright y Bailey, 1982; DeBano, 1998;

Lyon et al., 2000), sin embargo sólo son observaciones. Las temperaturas letales para pequeños mamíferos es de 63°C, sin embargo es más usual que fallezcan a causa de sofocación que de altas temperaturas (Lyon et al., 1978).

Las especies con la mayor vulnerabilidad a los incendios son los pequeños mamíferos, muchos de los cuales tienen un alto nivel de reproductividad; si el hábitat postincendio provee de comida y refugio para ellos, sus poblaciones se recuperan rápidamente.

Lyon et al. (1978) observaron que los pequeños mamíferos responden con pánico al fuego, a diferencia de los de mayor tamaño, los cuales se mantiene en calma en la periferia del incendio.

Al suceder un incendio el hábitat no es “destruido” si no que se transforma, el fuego que quema árboles se convierte en comida para larvas de insectos y provee de perchas a las aves; también proveen de nidos para los pájaros carpinteros y algunos mamíferos (Lyon et al., 2000).

Se ha observado que algunos mamíferos regresan a las áreas donde ocurrió el incendio debido a la cantidad y calidad del alimento, ya que después de que ocurre este, se elimina la hojarasca del suelo y quedan expuestas semillas e insectos (Lyon et al., 2000; Moorman, 2002); o simplemente porque está familiarizado con la zona, sin embargo faltan estudios que cuantifiquen estas observaciones.

Las aves, generalmente abandonan áreas en las que se presenta el incendio para evitar ser heridas y se ha observado que algunas se mantienen en la copa si el incendio es superficial. Algunas especies de aves regresan para sacar ventaja del hábitat alterado, pero otros lo abandonan debido a que el hábitat no provee de estructura y comida para su supervivencia y reproducción.

Se conoce que varias especies de roedores (*Neotoma mexicana* y *Sciurus oculatus*), de aves (*Cyanocitta stelleri* y *Aphelocoma ultramarina*), mamíferos de tamaño medio como el zorro; y los lagartos son importantes dispersores de semillas (Letnic et al., 2004; Rost et al., 2012); esto resulta beneficioso para la sucesión vegetal en la zona perturbada.

Efectos de los incendios sobre la fauna silvestre en bosques de pino

Carrillo-Flores (1999) reporta que los efectos de los incendios superficiales en la fauna presente fueron benéficos desde el punto de vista de alimentación, cobertura y nidos. El fuego elimina el pasto seco del año anterior, lo que permite el rebrote de este, así como de las herbáceas asociadas, además el calor del fuego permitió que los conos de los pinos se abrieran, por lo que quedan expuestas sus semillas, y con las cuales la fauna pudo alimentarse.

La cobertura brinda mayor protección sobre todo para los mamíferos pequeños y algunas aves; aunque inmediatamente después del incendio su cobertura disminuye, sin embargo al resultar incendios superficiales las herbáceas, arbustos presentan nuevos rebrotes, los árboles no se afectan y continúan su crecimiento normal.

En el caso de la anidación se generaron nuevos lugares idóneos para la construcción de nidos y los huecos pequeños ya presentes en los árboles

umentaron de tamaño y profundidad, lo cual representa un buen lugar para anidar especies como las ardillas o conejos.

Para bosques de pino piñonero no existen estudios sobre los efectos de los incendios sobre la fauna.

Importancia de la fauna en los bosques de pino piñonero

Las aves juegan un papel importante con los bosques de pino piñonero ya que han coevolucionado juntos, los piñoneros generan una producción abundante de semillas para satisfacer a sus consumidores y, de igual forma se enriquece el banco de semillas, del cual han de originarse las nuevas poblaciones que mantengan la masa forestal (García et al., 1987).

Lanner (1981) reportó el papel, como dispersor y consumidor, del azulejo (*Gymnorhinus cyanocephalus*) el cual lo denomina como el “mejor silvicultor”, en razón por su preferencia por semillas de buen tamaño, sanas, y que por su dispersión de estas se prevé que originen árboles vigorosos.

Se ha detectado que varias especies de roedores y aves consumen el piñón, entre las principales especies de aves se encuentran: *Aphelocoma coerulescens*, *A. ultramarina*, *Corvus corax*; y entre los roedores: *Peromyscus difficilis*, *P. maniculatos*, *Neotoma mexicana*, *Spermophilus variegatus* y *Sciurus oculatus* (Martínez et al., 1989). Cetina (1984, citado por García et al., 1987) menciona que las aves y roedores consumen hasta el 98% de las semillas en los primeros 15 días.

Sin embargo solo se han generado estudios de esta índole, por lo que se desconoce el papel de las demás especies faunísticas en el bosque de pinos piñoneros.

JUSTIFICACIÓN

No se ha encontrado literatura sobre efectos de incendios sobre fauna silvestre o de fauna en zonas postincendio de pino piñonero y ante las previsiones que el número de incendios se incrementara en número frecuencia e intensidad, se deben realizar estudios de esta índole sobre la mastofauna de zonas semiáridas, además de que los piñonares son una zona de transición entre los bosques templados y matorrales áridos. Por otra parte algunas especies de mamíferos y aves son importantes dispersores de semillas, ya que pueden transportar semillas por largas distancias y en áreas recientemente perturbadas, este tipo de dispersión puede tener un efecto importante en la dinámica vegetal. La aplicación de métodos no invasivos como la observación de rastros y colecta de pelos de guardia son estudios de bajo costo e igual de confiables que los métodos invasivos.

OBJETIVO GENERAL

Estimar, analizar y comparar la diversidad alfa y beta de las especies mastofaunísticas presentes en una zona afectada por incendios y una zona sin perturbación.

Objetivos particulares

- a) Estimar la riqueza de mamíferos que habitan en los piñonares del área estudiada.
- b) Identificar las especies protegidas por la NOM-059, la IUCN y la CITES en los bosques de pino piñonero estudiados.
- c) Estimar el efecto de los incendios forestales sobre la riqueza y diversidad de los mamíferos terrestres.
- d) Evaluar el efecto de los incendios en la distribución de los mamíferos.

DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se localiza en el cerro de “La Soledad”, el cual se encuentra a 5 km del municipio del Cardonal en el estado de Hidalgo. Sus coordenadas geográficas son 99° 07' 28'' y 99° 05' 44'' longitud Oeste, 20° 37' 11'' y 20° 37' 56'' latitud Norte.

El municipio del Cardonal colinda al norte con los municipios de Nicolás Flores y Tlahuiltepa; al este con los municipios de Tlahuiltapea, Eloxochitlán, Metztlán y Santiago de Anaya; al sur con los municipios de Santiago de Anaya e Ixmiquilpan; al oeste con los municipios de Ixmiquilpan y Nicolás Flores (INEGI, 2009) (Figura 1). Entre los poblados de San Miguel Tlazintla y Santuario Maphete se encuentra una vía terrestre de terracería transitable todo el tiempo (Figura 2).

Topografía

La elevación se encuentra entre 2 100 y 2 700 m de altitud entre los poblados de San Miguel Tlazintla y Santuario Maphete (INEGI, 2001).

Clima

En la temporada seca (noviembre a abril) se presentan temperaturas entre 6° a 21° C, con precipitaciones de 75 a 100 mm, en donde en promedio hay de 0 a 29 días con lluvia. En los meses de diciembre, enero y febrero hay en promedio de 1 a 8 heladas (INEGI, 1985a).

En la región Noroeste se presenta un barlovento que origina vientos con una frecuencia del 29% hacia el Norte, 10% hacia el Noreste, 35% hacia el Este, 10% hacia el Sureste, y 15 % hacia el Sur (INEGI, 1985a).

En la temporada de lluvias (mayo a octubre) las temperaturas van entre los 12° a 24°C, con precipitaciones de 500 a 625 mm, en promedio se presentan 90 a 119 días con lluvia (INEGI, 1985b).

En la parte alta Noreste el barlovento origina vientos con una frecuencia del 40 % hacia el Norte, 5 % hacia el Noroeste, 12.5% hacia el Este, 5 % hacia el Sureste y 30 % hacia el Sur (INEGI, 1985b).

Geología

Principalmente se encuentran rocas caliza sedimentaria del periodo Cretácico inferior y, en la parte baja Suroeste hay presencia de roca de conglomerado sedimentaria del periodo Terciario superior (INEGI, 1983b).

Edafología

El suelo predominante es el Litosol con suelo secundario Rendzina de clase textural media; en la parte baja Suroeste se encuentra el suelo Rendzina en mayor proporción que el Litosol con clase media textural, en esta zona se presenta una fase física petrocálcica (INEGI, 1983a).

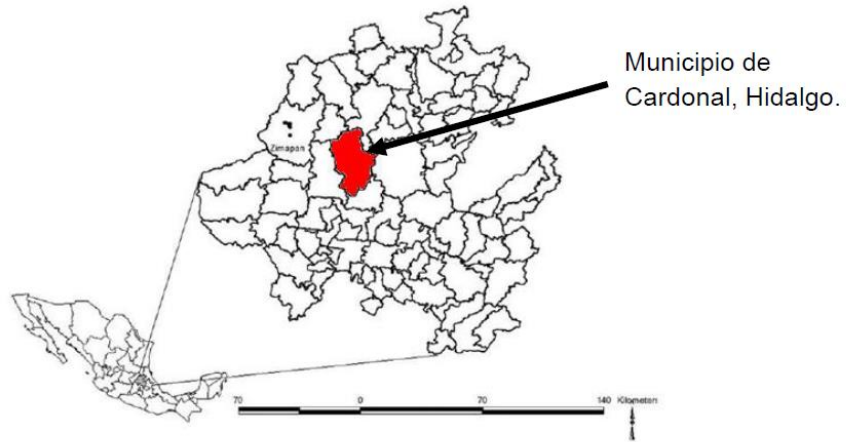


Figura 1. Mapa indicando la ubicación del municipio del Cardonal, Hidalgo.

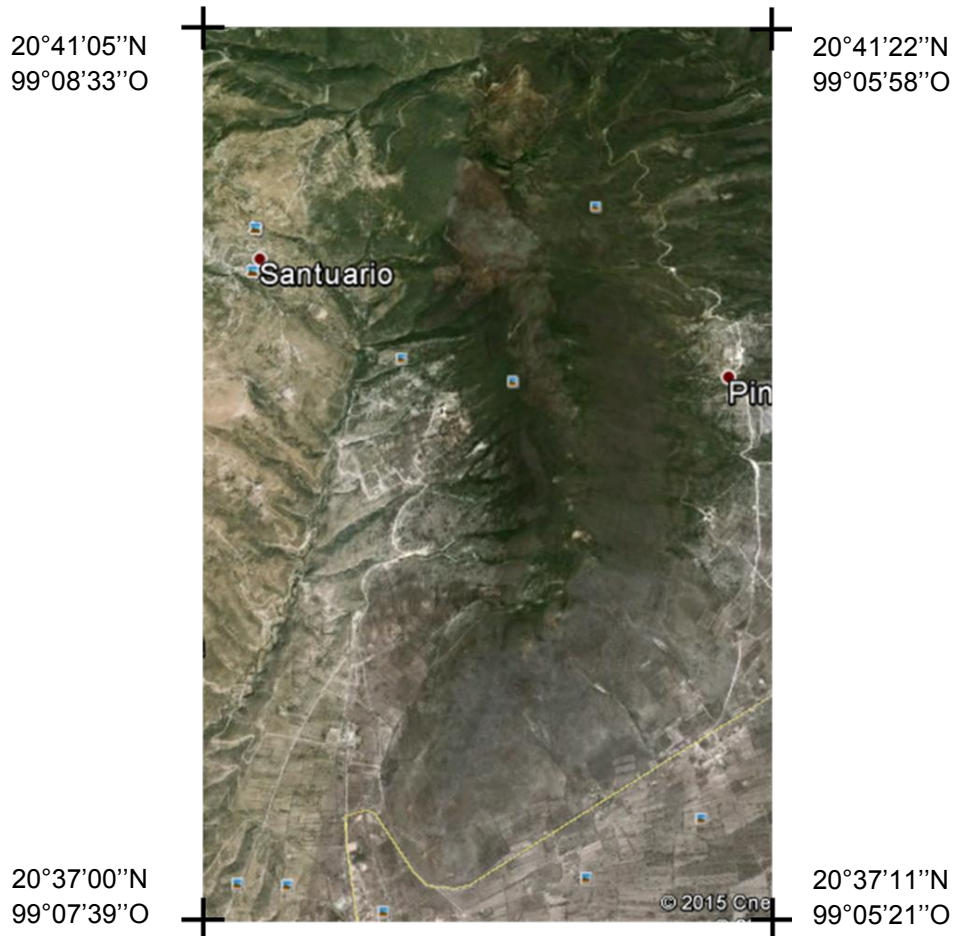


Figura 2. Fotografía satelital ubicando el cerro de “La Soledad” en Cardonal, Hidalgo.

Vegetación

Está constituido por bosque (28.75%), pastizal (20.0%) y matorral (18.0%). El bosque de pino, está constituido principalmente por *Pinus cembroides* acompañado de *Juniperus fláccida*, dominante y subdominante en el estrato arbóreo. En cuanto al estrato arbustivo se presentan variaciones, ya que en las partes inferiores de este cerro *Fluorencia resinosa* es un elemento dominante, en tanto las partes localizadas por encima de los 2300 msnm desaparece y en su lugar se presentan, aunque no con la misma dominancia, especies como *Sargentia gregii*, *Quercus microphylla* y otras. Es importante mencionar que esta comunidad de *Pinus cembroides* se localiza entre la vegetación xerofítica del valle del mezquital y los bosques de pinos y encinos más húmedos de la sierra hidalguense, con las que se encuentran en contacto hacia el sur norte respectivamente (Ángeles, 1984).

MÉTODOS

Se realizaron 6 salidas durante Marzo a Septiembre de 2014, con duración de 3 días cada una. Se recorrieron 17 transectos (10 afectados por incendios y 7 no afectados); dentro de los afectados por incendios se presentan los siguientes tipos: Incendio superficial, incendio de copa e incendio de copa severo. En la zona no afectada por incendio se presenta el bosque de *Juniperos flaccida*, bosque de pino piñonero y una zona de transición de matorral - pino piñonero. (Figura 3).



Figura 3. Ubicación de los transectos recorridos en el cerro de “La Soledad” en Cardonal, Hidalgo.

En total el área de muestro fue de 0.204 km² que es equivalente a 20.4 Ha. Los primeros siete transectos se recorrieron en el bosque no afectado (BNA) con 4.95 km de distancia recorrida y un área cubierta de 11.88 ha; los transectos 8 a 10 fueron en el bosque afectado por incendio superficial (BIS) con 1.25 km de distancia recorrida y un área cubierta de 3 ha; los transectos 11 a 14 se recorrieron en el bosque afectado por incendio de copa (BIC) con 1.77 km de distancia y un área de 4.24 ha; y los últimos transectos del 14 al 17 fueron en el bosque afectado por copa severo (BICS) con 0.53 km de distancia y un área de 1 ha. Las características de cada uno de los transectos se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Características de los transectos recorridos en el cerro de “La Soledad” en Cardonal, Hidalgo.

Transecto	Longitud (km)	Ancho (km)	Repetición	Área total (km ²)	Coordenadas	
					Inicio	Final
1	1	0.008	3	0.024	20° 40' 26" N, 99° 06' 31" O	20° 40' 06" N, 99° 06' 58" O
2	0.51	0.008	3	0.01224	20° 37' 06" N, 99° 07' 01" O	20° 37' 36" N, 99° 06' 53" O
3	1	0.008	3	0.024	20° 41' 41" N, 99° 07' 03" O	20° 40' 21" N, 99° 07' 02" O
4	0.75	0.008	3	0.018	20° 39' 40" N, 99° 06' 06" O	20° 39' 32" N, 99° 06' 31" O
5	0.72	0.008	3	0.01728	20° 39' 30" N, 99° 06' 06" O	20° 39' 21" N, 99° 06' 29" O
6	0.69	0.008	3	0.01656	20° 37' 07" N, 99° 06' 48" O	20° 37' 29" N, 99° 06' 42" O
7	0.28	0.008	3	0.00672	20° 40' 05" N, 99° 07' 23" O	20° 39' 56" N, 99° 07' 25" O
8	0.4	0.008	3	0.0096	20° 40' 01" N, 99° 07' 19" O	20° 40' 07" N, 99° 07' 08" O
9	0.43	0.008	3	0.01032	20° 39' 56" N, 99° 07' 15" O	20° 40' 03" N, 99° 07' 03" O
10	0.42	0.008	3	0.01008	20° 39' 52" N, 99° 07' 12" O	20° 40' 00" N, 99° 07' 00" O
11	0.5	0.008	3	0.012	20° 39' 45" N, 99° 07' 00" O	20° 39' 59" N, 99° 06' 51" O
12	0.33	0.008	3	0.00792	20° 39' 45" N, 99° 06' 54" O	20° 39' 52" N, 99° 06' 45" O
13	0.39	0.008	3	0.00936	20° 39' 27" N, 99° 06' 54" O	20° 39' 45" N, 99° 06' 43" O
14	0.55	0.008	3	0.0132	20° 39' 27" N, 99° 06' 51" O	20° 39' 41" N, 99° 06' 41" O
15	0.22	0.008	3	0.00528	20° 40' 07" N, 99° 07' 08" O	20° 40' 10" N, 99° 07' 00" O
16	0.17	0.008	3	0.00408	20° 40' 03" N, 99° 07' 03" O	20° 40' 07" N, 99° 06' 58" O
17	0.14	0.008	3	0.00336	20° 40' 00" N, 99° 07' 00" O	20° 40' 02" N, 99° 06' 56" O
Total				0.204		

Colecta de rastros y vestigios

En cada transecto se recolectaron todo tipo de vestigios: huellas, excretas y alimentos mordidos. A cada uno de ellos se tomó fotografía, medidas y se recolectaron en bolsas de estraza, donde se anotó el número de muestra, número de transecto en el que fue tomado, fecha y nombre del colector (Figura 4). Para las huella se tomaron moldes con yeso odontológico de las huellas mejor definidas (Figura 5). En el caso de las excretas una vez ya recolectadas se sometieron a secado en el sol, para evitar que se desarrollen hongos o bacterias. En el laboratorio los rastros se identificaron en base al manual de rastros de Aranda (2012).



Figura 4. Excreta de zorra gris sobre roca.



Figura 5. Huella de coyote.

Muestreo por estaciones olfativas

Las estaciones olfativas se colocaron 4 en cada transecto, cada estación estuvo formada en una superficie circular de tierra tamizada de un metro de diámetro, con un atrayente olfativo y visual; se revisaron un día después de colocarlas (Figura 6). Las huellas obtenidas se fotografiaron y se obtuvo un molde en yeso odontológico. Posteriormente se identificaron las huellas con el manual de rastros de Aranda (2012).



Figura 6. Elaboración de estación olfativa en el Bosque afectado por incendio de copa (BIC).

Muestreo por el método de pelo de guardia

Se utilizó el método de Colecta de pelos de guardia descrito por Vallejo-Fernández (2013). En cada transecto y en cada madriguera y echaderos se recolectaron pelos de guardia con fragmentos de cinta adhesiva expuesta sobre el piso y las paredes de la madriguera (Figura 7). La cinta adhesiva se colocó en bolsas enceradas etiquetadas. Utilizando la técnica de separación de componente de las heces fecales descrita por Aranda et al. (1995), la cual consiste en lavar las muestras con agua corriente y jabón, dejar reposar por 24 horas para que los componentes se separen y enjuagar el material en tamices con distintas aberturas. Ya limpias las muestras se colocaran en una charola para separar manualmente todos los componentes como pelos, huesos y materia vegetal, con ayuda de pinzas y agujas de disección. En este caso particular se obtuvieron los pelos de guardia. Los cuales se determinaron mediante la técnica descrita por Monroy-Vilchis y Rubio (2003); la cual consiste en observar los pelos en el microscopio estereoscopio y se separar los pelos más largos. Pasarlos por un proceso de lavado, sumergiéndolos en una solución de detergente antigrasa, por un tiempo de 24 horas aproximadamente; posteriormente se enjuagar y dejar secar. Una vez las muestras secas se midieron su longitud y patrón de tonalidad, esto observándolos con el microscopio estereoscópico. Después los pelos se sumergieron en Xilol absoluto, el cual sirve de aclarador para la observación de la estructura interna (médula) por 8 días. Se realizaron las preparaciones en portaobjetos, montando el pelo en bálsamo de Canadá como fijador. Una vez secado las preparaciones, se caracterizó la médula bajo microscopio óptico (40X). Para su identificación se utilizaron los catálogos de pelos de guardia de Arita (1985); Monroy-Vilchis y Rubio (2003); Baca y Sánchez-Cordero (2004); y, Pech et al. (2009). Las muestras de pelos de guardia quedaron depositados en el Laboratorio de Ecología de bosques e hidrología, edificio de investigación de la FES Zaragoza.



Figura 7. Toma de pelos de guardia encontrados en una madriguera.

Riqueza de especies

Se realizó una curva de acumulación de especies con los resultados para determinar la suficiencia del muestreo, así como del número de especies estimadas, por medio del programa EstimateSwin820. Se utilizaron los estimadores de riqueza como Bootstrap, Chao 2 y Jackknife 2 ya que solamente requieren datos de presencia-ausencia.

Evaluación de la diversidad beta

Se determinó la diversidad beta con el índice de Jaccard, el cual expresa la similitud entre dos hábitats evaluados, presenta la fórmula:

$$Jaccard = \frac{a}{(a + b + c)}$$

Dónde:

a= las especies compartidas

b= las especies presentes en B

c= las especies presentes en C

RESULTADOS

Se obtuvieron 463 muestras, de las cuales 4 fueron de mamíferos muertos, 314 fueron excretas, 93 pelos de guardia obtenidas de madrigueras y echaderos, así como de 52 huellas. Con los pelos de guardia se determinaron 20 especies, con las huellas 9 especies y con las excretas se determinó a 6 especies. Se registró un total de 7 ordenes, 13 familias, 20 géneros y 24 especies mastofaunísticas

Eficiencia del muestreo y Riqueza máxima esperada total

De acuerdo con Estimates la curva de acumulación de especies muestra que con los estimadores Jackknife 2, Chao 2 y Bootstrap tienden a una asíntota, lo cual indica que el muestreo fue suficiente (Figura 8) y la riqueza máxima estimada de especies se ubica entre 29 y 39 especies, indicando que la eficiencia del muestreo representa entre el 60% y 84% de la riqueza estimada.

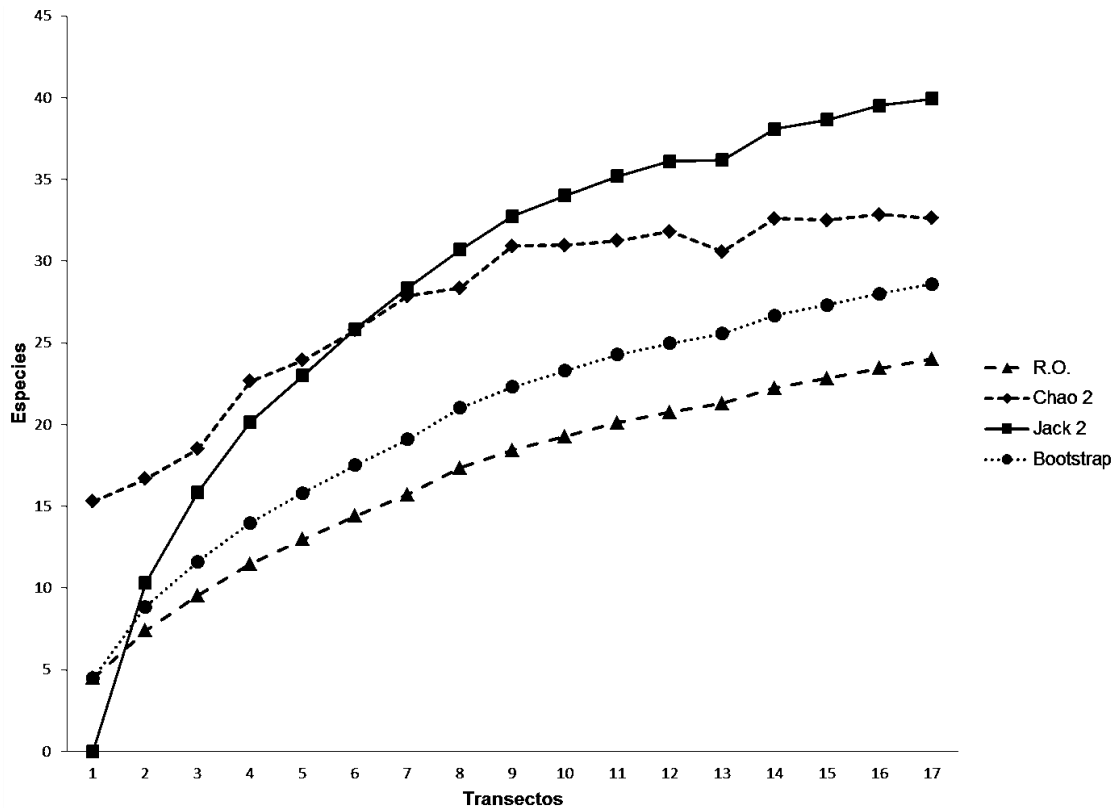


Figura 8. Riqueza máxima estimada de mamíferos terrestres, con respecto a la riqueza obtenida (R.O.) en un piñonar del estado de Hidalgo, de acuerdo al programa EstimateSwin820.

Los organismos más abundantes pertenecen al orden carnívora con 10 especies seguidos por los roedores con 7 especies (Cuadro 2).

Cuadro 2. Especies mastofaunísticas por tipo de vestigio, presentes en el cerro de “La Soledad”, Cardonal, Hidalgo.

Orden	Familia	Género	Especie	Tipo de vestigio				
				Excreta	Huella	Pelo de guardia	Otro	
Cingulata	Dasypodidae	Dasypus	<i>Dasypus novemcinctus</i> (Linnaeus, 1758)		X	X		
Didelphimorphia	Didelphidae	Tlacuatzin	<i>Tlacuatzin canescens</i> (J. A. Allen, 1893)			X		
Carnivora	Canidae	Canis	<i>Canis latrans</i> (Say, 1823)	X	X	X	X	
		Urocyon	<i>Urocyon cinereoargenteus</i> (Schreber, 1775)	X	X	X		
	Felidae	Leopardus	<i>Leopardus pardalis</i> (Linnaeus, 1758)			X		
		Lynx	<i>Lynx rufus</i> (Schreber, 1777)	X	X	X		
		Puma	<i>Puma concolor</i> (Linnaeus, 1771)				X	
	Memphitidae	Mephitis	<i>Mephitis macroura</i> (Lichtenstein, 1832)			X	X	
		Spilogale	<i>Spilogale angustifrons</i> (Howell, 1902)		X	X		
	Mustelidae	Mustela	<i>Mustela frenata</i> (Lichtenstein, 1831)			X		
			<i>Mustela putorius</i> (Linnaeus, 1758)		X	X		
Procyonidae	Bassariscus	<i>Bassariscus astutus</i> (Linnaeus, 1758)	X	X				
		<i>Procyon lotor</i> (Linnaeus, 1758)		X		X		
Lagomorpha	Leporidae	Sylvilagus	<i>Sylvilagus cunicularius</i> (Waterhouse, 1848)	X		X		
		<i>Sylvilagus floridanus</i> (J. A. Allen, 1890)	X	X	X	X		
Rodentia	Heteromidae	Liomys	<i>Liomys irroratus</i> (Gray, 1868)			X		
		Heteromys	<i>Heteromys sp.</i>			X	X	
	Muridae	Peromyscus	<i>Peromyscus aztecus</i> (Saussure, 1860)			X		
			<i>Peromyscus truei</i> (Shufeldt, 1885)			X		
			<i>Peromyscus sp. 1</i>			X		
			<i>Peromyscus sp. 2</i>			X		
	Sciuridae	Sciurus	<i>Sciurus aureogaster</i> (F. Cuvier, 1829)			X		
Insectivora	Soricidae	Cryptotis	<i>Cryptotis parva</i> (Say, 1823)			X		
		Sorex	<i>Sorex sp. 1</i>			X		
Artiodactyla	Cervidae	Odocoileus	<i>Odocoileus virginianus</i>		X		X	
Total: 7		13	20	24	6	9	20	7

*Siguiendo la propuesta de Wozencraft, 2005 de que los zorrillos *Spilogale putorius* son *S. angustifrons* (Howell, 1902).

Otros: Avistamientos, olor, sonidos y avistamiento por pobladores.

Especies registradas en la NOM-059, UICN y CITES

De las 24 especies registradas se encontró cuatro de interés: una especie está catalogada como endémica, dos especies en el CITES en el apéndice I; y dos especies citadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como en peligro y sujeta a protección especial (Cuadro 3).

Cuadro 3. Mamíferos terrestres del piñonar y se marcan algunas con alguna categoría de protección en la NOM-059, CITES, UICN o son endémicas.

Especie	Nombre común	Estado de conservación			
		NOM-059	CITES	UICN	Endémica
<i>Dasybus novemcinctus</i>	Armadillo				
<i>Tlacuatzin canescens</i>	Ratón tlacuache				
<i>Canis latrans</i>	Coyote				
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris				
<i>Leopardus pardalis</i>	Ocelote	P	I		
<i>Lynx rufus</i>	Gato montés				
<i>Puma concolor</i>	Puma		I		
<i>Mephitis macroura</i>	Zorrillo listado				
<i>Spilogale angustifrons</i>	Zorrillo manchado				
<i>Mustela frenata</i>	Oncilla				
<i>Bassariscus astutus</i>	Cacomixtle norteño				
<i>Procyon lotor</i>	Mapache				
<i>Sylvilagus cunicularius</i>	Conejo				Sí
<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo				
<i>Liomys irroratus</i>	Ratón				
<i>Peromyscus aztecus</i>	Ratón ocotero				
<i>Peromyscus truei</i>	Ratón piñonero				
<i>Peromyscus</i> sp. 1	Ratón				
<i>Peromyscus</i> sp. 2	Ratón				
<i>Heteromys</i> sp.	Ratón				
<i>Sciurus aureogaster</i>	Ardilla gris				
<i>Cryptotis parva</i>	Musaraña	Pr			
<i>Sorex</i> sp. 1	Musaraña				
<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca				

Efectos de los incendios forestales sobre la mastofauna

Riqueza de especies

Los incendios forestales disminuyen la riqueza mastofaunística, y a mayor intensidad mayor afectación ya que en la Zona BNA se registraron 21 especies, mientras que en BIS e BIC se presentaron nueve (45%) y en BICS solo 3 (14%) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Riqueza de las especies mastofaunísticas en bosques de piñón no afectado por incendio (BNA), bosque afectado por incendio superficial (BIS), bosque afectado por incendio de copa (BIC) y bosque afectado por incendio de copa severo (BICS).

Zonas	Número de especies Observados	Número de especies estimadas
BNA	21	32-25
BIS	9	15-11
BIC	9	20-11
BICS	3	6

Especies no afectadas por incendios

En el cuadro 5 se muestran a las especies que se registraron en todas las zonas, lo que indica que no son afectadas por los incendios y por lo tanto son recolonizadores de los mismos. En general son lagomorfos y carnívoros medianos. También muestra que los incendios de copa severo son las que más afectan y solo dos especies vuelven a colonizarlas.

Cuadro 5. Mamíferos presentes en Bosque de piñón no afectado por incendio (BNA), bosque afectado por incendio superficial (BIS), bosque afectado por incendio de copa (BIC) y bosque afectado por incendio de copa severo (BICS).

Especies	Zonas			
	BNA	BIS	BIC	BICS
<i>Lynx rufus</i>	X	X	X	
<i>Canis latrans</i>	X	X	X	X
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	X	X	X	X
<i>Sylvilagus cunicularius</i>	X	X	X	
<i>Sylvilagus floridanus</i>	X	X	X	
<i>Sorex sp. 1</i>	X	X	X	

Especies tolerantes a zonas post incendio superficial

En el cuadro 6, se muestra que tres especies registraron vestigios en zonas afectados por incendio superficial y por tanto son colonizadores de sitios afectados por incendio superficiales.

Cuadro 6. Mamíferos presentes en piñonar no afectado por incendio (BNA) y afectado por incendio superficial (BIS).

Especies	Zonas			
	BNA	BIS	BIC	BICS
<i>Dasyopus novemcinctus</i>	X	X		
<i>Procyon lotor</i>	X	X		
<i>Heteromys</i> sp.	X	X		

Especies tolerantes a incendio de copa

Se registraron tres pelos de guardia de: *Mustela frenata* en una madriguera; *Tlacuatzin canescens* y *Peromyscus* sp.2 en excretas de dos especies, coyote y zorra, únicamente en esta zona (Cuadro 7).

Cuadro 7. Mamíferos presentes en piñonar no afectado por incendio (BNA) y afectado por incendio de copa (BIC).

Especies	Zonas			
	BNA	BIS	BIC	BICS
<i>Mustela frenata</i>	X		X	
<i>Tlacuatzin canescens</i>			X	
<i>Peromyscus</i> sp. 2			X	

Especies no afectadas por incendios de copa severo

Se registraron tres especies que se encuentran presentes en la zona con mayor afectación de los incendios (Cuadro 8).

Cuadro 8. Mamíferos presentes en piñonar afectado por incendio de copa severo (BICS).

Especies	Zonas			
	BNA	BIS	BIC	BICS
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	X	X	X	X
<i>Canis latrans</i>	X	X	X	X
<i>Odocoileus virginianus</i>				X

Especies afectadas por incendios

Se encontraron 11 especies (casi el 52%) que son afectadas en su distribución por los incendios ya que se encuentran únicamente en la zona BNA y no se registraron en las zonas afectadas por incendios (Cuadro 9).

Cuadro 9. Mamíferos presentes en piñonar no afectado por incendio (BNA).

Especies	Zonas			
	BNA	BIS	BIC	BICS
<i>Leopardus pardalis</i>	X			
<i>Puma concolor</i>	X			
<i>Mephitis macroura</i>	X			
<i>Spilogale angustifrons</i>	X			
<i>Bassariscus astutus</i>	X			
<i>Lyomis irroratus</i>	X			
<i>Peromyscus aztecus</i>	X			
<i>Peromyscus truei</i>	X			
<i>Peromyscus</i> sp. 1	X			
<i>Sciurus aureogaster</i>	X			
<i>Cryptotis parva</i>	X			

Índices de Abundancia Relativa

Para obtener este índice, se muestra la siguiente información:

Área de muestreo. El cuadro 10 presenta las zonas muestreadas, kilómetros recorridos y el área del muestreo que se abarcó para calcular el índice de abundancia relativa (IAR).

Cuadro 10. Características de los transectos realizados en piñonar no afectado por incendio (BNA), afectado por incendio superficial (BIS), afectado por incendio de copa (BIC) y afectado por incendio de copa severo (BICS).

Zonas	Numero de transectos	Longitud de transectos (Km)	Distancia total recorrida (Km)	Área cubierta (Km²)
BNA	7	0 – 1	4.95	0.1188
BIS	3	0 – 1	1.25	0.0300
BIC	4	0 – 1	1.77	0.0424
BICS	3	0 – 1	0.53	0.01272
Total	17		8.5	0.204

Frecuencia de rastros. Se registraron en total 168 rastros en el Bosque no afectado, 53 en el Bosque de incendio superficial, 50 en Bosque de incendio de copa y cinco en Bosque de incendio de copa severo (Cuadro 11).

Cuadro 11. Frecuencia de rastros recolectados en piñonar no afectado por incendio (BNA), afectado por incendio superficial (BIS), afectado por incendio de copa (BIC) y afectado por incendio de copa severo (BICS).

Especie	Frecuencia de rastro			
	BNA	BIS	BIC	BICS
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	83	20	19	4
<i>Sylvilagus cunicularius</i>	22	10	17	0
<i>Sylvilagus floridanus</i>	17	6	10	0
<i>Canis latrans</i>	17	2	2	1
<i>Bassariscus astutus</i>	14	10	0	0
<i>Sciurus aureogaster</i>	6	0	0	0
<i>Lynx rufus</i>	4	2	2	0
<i>Dasypus novemcinctus</i>	2	2	0	0
<i>Procyon lotor</i>	1	1	0	0
<i>Puma concolor</i>	1	0	0	0
<i>Spilogale angustifrons</i>	1	0	0	0
Total	168	53	50	5

Índice de abundancia relativa. La especie con mayor IAR es *Urocyon cinereoargenteus* registrado en todas las zonas (BNA, BIS, BIC y BICS). Mientras que en BNA, BIS y BIC las especies con mayor IAR son *Sylvilagus cunicularius*, *S. floridanus* y *Canis latrans*. (Cuadro 12).

Cuadro 12. Índices de abundancia relativa (IAR) en piñonar no afectado por incendio (BNA), afectado por incendio superficial (BIS), afectado por incendio de copa (BIC) y afectado por incendio de copa severo (BICS).

Especie	IAR			
	BNA	BIS	BIC	BICS
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	16.768	16.000	10.734	7.547
<i>Sylvilagus cunicularius</i>	4.444	8.000	9.605	-
<i>Sylvilagus floridanus</i>	3.434	4.800	5.650	-
<i>Canis latrans</i>	3.434	1.600	1.130	1.887
<i>Bassariscus astutus</i>	2.828	8.000	-	-
<i>Sciurus aureogaster</i>	1.212	-	-	-
<i>Lynx rufus</i>	0.808	1.600	1.130	-
<i>Dasypus novemcinctus</i>	0.404	1.600	-	-
<i>Procyon lotor</i>	0.202	0.800	-	-
<i>Puma concolor</i>	0.202	-	-	-
<i>Spilogale angustifrons</i>	0.202	-	-	-

DISCUSIÓN

Riqueza

La riqueza total de este bosque de piñonero, es de 24 especies, lo que representa el 15.58% de mamíferos reportados para el estado de Hidalgo (Mejenes -López et al., 2010). Esta riqueza es similar a la reportada en El Parque Nacional El Chico, con 23 especies de mamíferos no voladores (Hernández-Flores y Rojas-Martínez, 2010), y es alta comparada con otra zona semiárida registrado por Mesa-Zavala et al. (2011) en Baja California, quienes registran siete especies, en muestreos cercanos a riveras de ríos. A nivel nacional la riqueza de especies es similar a la obtenida en la Presa el Cajon, en Jalisco con 21 especies (Ortega-Reyes, 2004) y a la región del Tuito, Jalisco (Nuñez et al., 1981) ambas en con selva baja caducifolia. Por lo que para bosques templados y semiáridos los piñonares muestran una alta diversidad. La curva de riqueza máxima estimada indica que se tuvo del 60 al 80% de eficiencia de muestreo y falta obtener de 5 a 15 especies, sin embargo la comparación con otros estudios permiten inferir que faltan 5 especies y posiblemente sean roedores.

La alta riqueza mamíferos terrestres en los piñonares se puede atribuir a la presencia de recursos disponibles como el piñón, el fruto de *Juniperus*, *Phytolacca*, *Comarostaphylis polyfolia*, *Solanum*, *Rhus sp.*, observadas en las excretas de los diversos animales, los cuales brindan alimento (por su contenido de grasas y proteínas) a insectos, roedores, lagomorfos y aves; es decir a las principales presas de los carnívoros mayores y medianos (zorra gris, coyote, puma, ocelote, gato montés, entre otros).

Comparado con bosques tropicales, la riqueza del piñonar es relativamente menor con respecto a lo registrado en la región de la costa de Oaxaca con vegetación de selva alta y mediana subperennifolia, con 34 especies, en tanto 31 especies se registran para selvas del Istmo de Tehuantepec según López et al. (2009). Para una parte del Parque Nacional Cumbres de Monterrey se registraron 41 especies de vertebrados terrestres no voladores, presentes en bosques, matorrales y pastizales.

Efecto de los incendios en los mamíferos

Los incendios provocan una pérdida en la riqueza de mamíferos terrestres, y a mayor intensidad del fuego es mayor el efecto, del 57 al 86% (21, 9, 9 y 3 especies para BNA, BIS, BIC y BICS, respectivamente). Esto se atribuye a que los incendios provocaron pérdida de refugios, y por consiguiente de alimentos para algunos depredadores, además provocó heterogeneidad ambiental, lo que concuerda con Squeo et al. (2004) quienes mencionan que los incendios forestales juegan un rol en la heterogeneidad de los bosques, debido a la formación de hábitats con diferente estructura en la vegetación y suelo. Esta heterogeneidad no es favorable para la riqueza de mamíferos terrestres.

Efecto de incendios sobre la heterogeneidad ambiental y diversidad beta

Los incendios generaron heterogeneidad ambiental y a mayor intensidad mayor generación de heterogeneidad. El BNA con el bosque afectado por incendio superficial (BIS) tiene un índice de 0.43, lo que significa que el incendio superficial modificó el estrato herbáceo y arbustivo y esto provocó heterogeneidad ambiental. El bosque afectado por incendio de copa (BIC) mostró un índice de 0.30 y con el BICS presenta un índice de 0.09.

Entre zonas afectadas BIC y BIS el índice es de 0.50, entre BIS con BICS tiene un índice de 0.20 al igual que entre BIC y BICS; lo que indica que la intensidad de incendios también provocó heterogeneidad ambiental con impactos negativos a la fauna silvestre terrestre (Figura 9). En bosque templado sometido a aprovechamiento forestal, Sullivan et al. (2009) no encuentran diferencias significativas en cuanto a riqueza y diversidad de especies entre los bosques maduros y de viejo crecimiento contra las plantaciones y bosques con aclareos. Caudill et al. (2015) encuentra que la destrucción del bosque tropical o su conversión a cafetales ocasionan una pérdida de la riqueza de un 43 al 83%, con base a lo anterior los incendios en piñonares tienen mayor efecto que los tratamientos silvícolas y son comparables con la transformación de bosques a cafetales o a zonas agrícolas o pastizales.

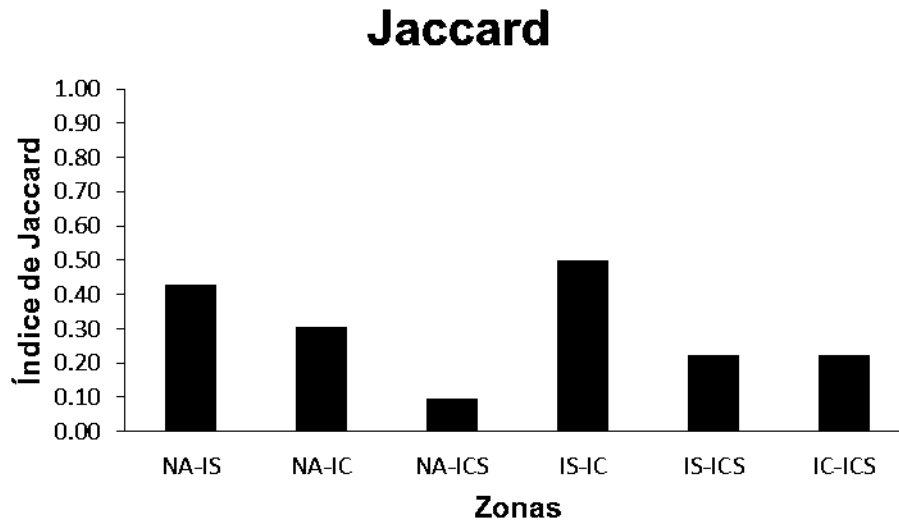


Figura 9. Valores de diversidad beta a través del índice de Jaccard para piñonar no afectado por incendio (BNA), afectado por incendio superficial (BIS), afectado por incendio de copa (BIC) y afectado por incendio de copa severo (BICS).

Mamíferos afectados por incendios

Las especies que son afectadas por los incendios son:

Sciurus aureogaster es de hábito arborícola (Ceballos y Oliva, 2005) por lo que se encuentra en BNA y *Pinus cembroides* es la fuente principal de alimento (Leopold, 1965). Los incendios afectaron su zona de actividad y por lo tanto no se presentan en BIS, BIC y BICS.

Procyon lotor y *Bassariscus astutus* pertenecen a la familia de los prociónidos por lo que son dependientes de la cobertura arbórea (SEMARNAT, 2014) esto es porque sus madrigueras están generalmente en árboles huecos (Leopold, 1965), y por lo tanto la pérdida de la abundancia de árboles por los incendios de copa limita su distribución a las zonas donde se conservan (BNA y BIS). Además *Procyon lotor* se alimenta principalmente de frutos y semillas, constituye desde un 48% hasta más del 70% de su dieta (Sanderson, 1987, citado por Ceballos y Oliva, 2005). Por lo que busca su alimento en las zonas donde se presenta la mayor cantidad de arbustos y árboles con frutos y semillas, BNA y BIS.

Leopardus pardalis es un felino presente en hábitats con mayor cobertura vegetal, utiliza como refugio las cuevas, troncos huecos, áreas arbustivas densas y ocasionalmente las ramas de los árboles (Ceballos y Oliva, 2005). Además Leopold (1965) menciona que *Leopardus pardalis* se alimenta esencialmente de pequeños y medianos roedores al igual que de aves, los cuales caza en el suelo o sobre los árboles. La presencia de los roedores de mayor tamaño en BNA los cuales son presas para el ocelote.

Spilogale angustifrons se limita a las áreas con cobertura vegetal densa que provee de sitios de refugio, ya que los zorrillos manchados son trepadores y más que defenderse evita a sus depredadores trepando a las ramas de los árboles según Doty y Dowler (2006), además pasa la mayor parte de las horas calurosas del día en un tronco hueco o su madriguera subterránea (Leopold, 1965).

Dasypus novemcinctus construye sus madrigueras en zonas donde hay mayor cobertura de vegetación para evitar ser descubiertas fácilmente, igualmente para resguardarse en su escondite al verse ven en peligro por sus depredadores como el coyote y puma (Leopold, 1965). Además la pérdida de estratos arbustivos y arbóreo genera espacios abiertos lo que lo hacen vulnerable a la depredación (Leopold, 1965). Asimismo los suelos que se presentan en las zonas afectadas por incendios de copa son duros y poco profundos, por lo que el armadillo no puede formar su madriguera en suelo, ya que prefieren suelos arenosos o arcillosos para la construcción de estas (SEMARNAT, 2012). También la poca profundidad no brinda el requerimiento de tamaño de sus madrigueras las cuales son de una altura de 14.30 ± 2.70 cm, un ancho de 18.12 ± 4.27 cm (McDonough et al., 2000).

Especies favorecidas por los incendios

Las especies que presentan un beneficio por los incendios superficiales y de copa son los conejos, gato montés, coyote y zorra gris.

Sylvilagus cunicularius y *S. floridanus* En BIS y BIC presentan el mayor índice de abundancia relativa (IAR; cuadro 13). Lo que se atribuye al rebrote de herbáceas, lo que significa una mayor cantidad de alimento. El rebrote se debe por su capacidad de continuo crecimiento de sus hojas de los meristemos intercalares; y porque los retoños presentan yemas protegidas (Duabemire, 1968, citado por Bond y Wilgen, 1996). Este efecto positivo concuerda con lo que menciona Carrillo (1999) en donde las áreas afectadas por incendios presentaron cantidades abundantes de pastos y herbáceas, por lo que la mayor cantidad de alimento mantiene a las poblaciones de lagomorfos sin verse afectada por la depredación por zorra gris, coyote y gato montés, lo cual concuerda con Leopold (1965) quien menciona que las poblaciones pueden soportar una intensa cacería sin que se presente una reducción apreciable en su densidad, si se presentan las condiciones ambientales favorables.

Cuadro 13. Índices de abundancia relativa (IAR) de zorra gris, lagomorfos, coyote y gato montés en piñonar no afectado por incendio (BNA), afectado por incendio superficial (BIS), afectado por incendio de copa (BIC) y afectado por incendio de copa severo (BICS).

Especie	IAR			
	BNA	BIS	BIC	BICS
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	16.768	16.000	10.734	7.547
<i>Sylvilagus cunicularius</i>	4.444	8.000	9.605	-
<i>Sylvilagus floridanus</i>	3.434	4.800	5.650	-
<i>Canis latrans</i>	3.434	1.600	1.130	1.887
<i>Lynx rufus</i>	0.808	1.600	1.130	-

La abundancia de lagomorfos presenta un beneficio a sus principales depredadores: *Lynx rufus*, *Canis latrans* y *Urocyon cinereoargenteus*. De manera similar al ser especies consideradas como oportunistas presentan un mayor espectro de alimento por lo que pueden tolerar las perturbaciones que se presentan a causa de los incendios.

Especies con nuevo registro

Las especies con nuevo registro en la zona, según los pobladores, y que fueron registrados en los muestreos después del incendio de copa, son el venado cola blanca y puma.

El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) se registró en las zonas con mayor afectación por los incendios (BICS) y se atribuye a la dominancia del estrato herbáceo. En BICS Pompa-Castillo (2015) registro que el estrato herbáceo ocupa la mayor cobertura, además Flores y Gómez (2009) y Carrillo-Flores (1999) mencionan que esta especie requiere de forraje fresco que surge después de un incendio.

En el caso de *Puma concolor* se registró su presencia en BNA sitio que utiliza como sitio de refugio y descanso, lo que concuerda con lo que reporta Sunquist y Sunquist (2002, citado por Monroy-Vilchis y Soria-Díaz, 2013) donde menciona que el puma prefiere las zonas con cobertura densas de dosel y sotobosque, debido a que proveen lugares para esconderse y descansar. Al parecer el puma está presente en esta zona porque también se ha observado al venado cola blanca, el cual constituye su alimento preferido (Leopold, 1965).

CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos se presentan las siguientes conclusiones:

- Los bosques de pino piñonero presentan una alta riqueza de mamíferos terrestres.
- En el bosque de piñón se encuentran dos especies citadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como en peligro y sujeta a protección especial: *Leopardus pardalis* y *Cryptotis parva*, respectivamente, dos especies en el CITES en el apéndice I: *Leopardus pardalis* y *Puma concolor*.
- Los incendios de 2011 en bosques semiáridos reducen del 57 al 86% de la riqueza mastofaunística en bosque de pino piñonero.
- El coyote, zorro y gatos montes no se ven afectada por incendios, ya que su dieta diversificada le permiten alimentarse de especies de los bosques semiáridos.
- *Sylvilagus cunicularis* y *S. floridanus* no se ven afectados por los incendios superficiales y de copa debido al rebrote de las herbáceas y arbustos.
- Los incendios favorecen el desarrollo del estrato herbáceo y arbustivo y por tanto a la presencia de *Odocoileus virginianus* y con ello a su principal depredador el *Puma concolor*.

Recomendaciones

- Realizar reforestaciones para recuperar el bosque de piñonero y generar un plan de manejo para la conservación de las especies en peligro o sujetas a protección especial.

LITERATURA CITADA

- Ángeles, E. 1984. Producción de semillas de un piñonar del estado de Hidalgo, México. Tesis licenciatura en biología. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 61
- Aranda, M.; N. López y L. López. 1995. Hábitos alimentarios del coyote (*Canis latrans*) en la Sierra del Ajusco, México. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie), núm. 65. pp. 89-99
- Aranda, M. 2012. Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México. CONABIO. México. pp. 255
- Arévalo, J. 2001. Manual de campo para el monitoreo de mamíferos terrestres en áreas de conservación. Asociación Conservacionista de Monteverde. pp. 16
- Arita, H. 1985. Identificación de los pelos de guardia dorsales de los mamíferos silvestres del Valle de México. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México. pp. 128
- Baca I. y V. Sánchez-Cordero. 2004. Catálogo de pelos de guardia dorsal en mamíferos del estado de Oaxaca, México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie zoológica 75(2): 383-437
- Botero, J. 2005. Métodos para estudiar las aves. Biocarta: 8.
- Bond, W. y B. Wilgen. 1996. Fire and plants. CHAPMAN & HALL. New York. USA. pp. 38
- Caballero, M y R. Ávila, 1987. Importancia actual y potencial de los pinos piñoneros en México. Memorias del segundo Simposio Nacional sobre Pinos Piñoneros. Universidad Autónoma Chapingo. México, pp. 18-22
- Carrillo-Flores, R., 1999. Impacto de los incendios forestales sobre el hábitat de la fauna silvestre en el ejido Llano grande, Mpio. de Durango, DGO. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo.
- Caudill S., F. DeClerck y T. Husband. 2015. Connecting sustainable agriculture and wildlife conservation: Does shade coffee provide habitat for mammals?. Agriculture, Ecosystems and Environment 199. pp 85-93
- Ceballos, G y J, Arroyo. 2012. Lista actualizada de los mamíferos de México 2012. Revista Mexicana de Mastozoología Nueva Época. Año 2. Número 2.: 27-80
- Ceballos G. y G. Oliva, 2005. Los mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Fondo de Cultura Económica, México, D.F.
- Chávez, C. y G. Ceballos. 2006. Memorias del Primer Simposio, El Jaguar mexicano en el siglo XXI: Situación actual y manejo. CONABIO. México. pp. 88
- Cochrane, M. A. 2003. Fire science for rainforests. Nature Publishing Group. Vol. 421.
- CONAF, 2011. Manual con medidas para la prevención de incendios forestales. Chile. pp. 73

- CONAFOR, 2010. Incendios forestales, Guía práctica para comunicadores. México. pp. 56
- Danforth, C. 1929. Hair in its relation to question of homology and phylogeny. En: Arita, H. 1985. Identificación de los pelos de guardia dorsales de los mamíferos silvestres del Valle de México. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México. pp. 128
- DeBano, L. 1998. Fire: its effects on soil and other ecosystem resource. United States. pp.333
- Doty J. y R. Dowler. 2006. Denning ecology in sympatric populations of skunks (*Spilogale gracilis* and *Mephitis mephitis*) in West-Central Texas. Journal of Mammalogy 87(1): 131-138
- Flores-Garnica J.G. y L. P. Gómez, 2009. Efecto del fuego sobre la fauna en ecosistemas naturales. En Flores-Garnica J.P. Impacto ambiental de incendios forestales. Ediciones Paraninfo. pp. 181-192
- Gallina, S., A. González-Romero y R. Manson. 2008. Mamíferos pequeños y medianos. En: Manson, R.; V. Hernández-Ortiz; S. Gallina y K. Mehlreter, (Eds.), Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: Biodiversidad, manejo y conservación. Instituto de Ecología. México. pp. 161-178
- García, E., F. Zavala y H. Benavides. 1987. Biología de los Pinos Piñoneros Mexicanos. Memorias del segundo Simposio Nacional sobre Pinos Piñoneros. Universidad Autónoma Chapingo. México, pp. 151-161
- Golicher, D. y N. Ramírez-Marcial. 2003. Causas ecológicas de los incendios forestales. Ecofronteras. 18: 6-9
- González, S. 2005. Métodos de muestreo no invasivo para el diagnóstico de la diversidad de mamíferos. Agrociencia. Vol. IX Núm. 1 y Núm. 2: 545-550
- González, A. 2011 (a). Métodos de estimación, captura y contención de mamíferos. En: Gallina, S. y C. González (eds.), Manual de técnicas para el estudio de fauna. Vol. 1. Instituto de Ecología Universidad Autónoma de Querétaro. pp. 124-132
- González, A. 2011 (b). Cinco métodos sencillos para estimar el tamaño de las poblaciones de fauna silvestre. En: Gallina, S. y C. González (eds.), Manual de técnicas para el estudio de fauna. Vol. 1. Instituto de Ecología Universidad Autónoma de Querétaro. pp. 161-177
- Harold, W. 1984. Introducción a la biología forestal. En: Rodríguez, D. 1988. Efectos de los incendios en los ecosistemas forestales. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Hernández-Flores S.D. y A.E. Rojas-Martínez, 2010. Lista actualizada y estado de conservación de los mamíferos del Parque Nacional El Chico, Hidalgo, México. Acta Zoológica Mexicana 26(3): 563-583
- Hidalgo, M. y L. Olivera. 2011. Radiotelemetría de vida silvestre. En: Gallina, S. y C. González (eds.), Manual de técnicas para el estudio de fauna. Vol. 1. Instituto de Ecología Universidad Autónoma de Querétaro. México. pp. 178-220
- INEGI. 1983 (a). Carta edafológica de Pachuca. Escala 1:250 000. México
- INEGI. 1983 (b). Carta geológica de Pachuca. Escala 1:250 000. México

- INEGI. 1985 (a). Carta climática Noviembre a Abril de Pachuca. Escala 1:250 000. México
- INEGI. 1985 (b). Carta climática Mayo a Octubre de Pachuca. Escala 1:250 000. México
- INEGI. 2001. Carta topográfica de Tasquillo. Escala 1:50 000. México
- Lanner, R. 1981. The piñon pine: A natural and cultural history. University of Nevada Press. United States of America. pp 191
- Leopold A. S., 1965. Fauna silvestre de México: Aves y mamíferos de caza. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México, D.F.
- Letnic, M., C. Dickman, M. Tischler, B. Tamayo y C. Behb. 2004. The responses of small mammals and lizards to post-fire succession and rainfall in arid Australia. *Journal of Arid Environments* 59: 85-114
- López J., C. Lorenzo, F. Barragán y J. Bolaños, 2009. Mamíferos terrestres de la zona lagunar del istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:491-505
- López, L. y I. Galván, 2011. Extracción de semillas de *Pinus maximartinezii* y sus consecuencias poblacionales. *CONABIO. Biodiversitas* 98: 1-7
- Lyon, L., H. Crawford, E. Czuhaj, R. Fredriksen, R. Harlow, L. Metz y H. Pearson. 1978. Effects of fire on fauna: A state of knowledge review. USDA. Forest Service. General Technical Report WO-6. Washington, DC. pp 22
- Lyon, L., M. Huff, R. Hopper, E. Telfer, D. Schreiner y J. Smith. 2000. Wildland fire in ecosystems: effects of fire on fauna. Gen. Tech. Rep. Vol.1. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station. pp. 83
- Martínez, E., E. Mellink, E. García. 1989. Consumo de piñón por aves y roedores en la Amapola, San Luis Potosí. *Memorias del tercer Simposio Nacional sobre Pinos Piñoneros*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. pp. 87- 89
- McDonough C.M., M. A. Delaney, P. Quoc y M.S. Blackmore ,2000. Burrow characteristics and hábitat associations of armadillos in Brazil and the United States of America. *Rev. Biol. Trop.* 48: 109-120
- Mejenes -López, S.A, M. Hernández-Bautista, J. Barragán-Torres y J. Pacheco-Rodríguez ,2010. Los mamíferos en el estado de Hidalgo, México. *THERYA*, Vol. 1(3): 161-188
- Mesa-Zavala E., S. Álvarez- Cárdenas, P. Galina-Tessaro, E. Troyo-Diéguez e I. Guerrero-Cárdenas, 2012. Vertebrados terrestres registrados mediante foto-trampeo en arroyos estacionales y cañadas con agua superficial en un hábitat semiárido de Baja California Sur, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 235-245
- Monroy-Vilchis, O. y R. Rubio. 1999. Identificación de mamíferos de la sierra de Nanchititla a través de pelo. Universidad Autónoma del Estado de México. México. pp. 45
- Monroy-Vilchis, O. y A. Velázquez. 2002. Distribución regional y abundancia del lince (*Lynx rufus escuinape*) y el coyote (*Canis latrans cagottis*) por medio de estaciones olfativas: un enfoque espacial. *Ciencias Naturales y Agropecuarias*. Vol. 9- 3 Noviembre 2002- febrero 2003: 293-300

- Monroy-Vilchis, O y R. Rubio. 2003. Guía de identificación de mamíferos terrestres del Estado de México, a través del pelo de guardia. Universidad Autónoma del Estado de México. pp. 115
- Monroy-Vilchis O., C. García, R. Rubio, A. Hernández, J. Medina, U. Aguilera y A. Ortiz. 2005. Variación intraespecífica e individual de los pelos de mamíferos del Estado de México: implicaciones en la identificación interespecífica. *Ciencia Ergo Sum*. Vol. 12, núm. 3, noviembre-febrero: 264-270
- Monroy-Vilchis, O.; M. Zarco- González; C. Rodríguez-Soto; L. Soria-Díaz y V. Urios. 2011. Fototrampeo de mamíferos en la Sierra Nanchititla, México: abundancia relativa y patrón de actividad. *Rev. Biol. Trop*. Vol. 59: 373-383
- Moorman, C. 2002. Using fire to improve wildlife habitat. North Carolina State University. United States. pp. 15
- Noback, C. 1951. Morphology and phylogeny of hair. En: Arita, H. 1985. Identificación de los pelos de guardia dorsales de los mamíferos silvestres del Valle de México. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México. pp. 128
- Núñez, G. A., C. Chávez y C. Sánchez, 1981. Mamíferos silvestres de la Región del Tuito, Jalisco, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica* 51: 647-668
- Ortega-Reyes J. 2004. Composición de la fauna mastozoológica de la presa Cajón de Peña, Tomatlán, Jalisco. Instituto de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Pech, J., J. Sosa y M. Koyoc. 2009. Guía para la identificación de pelos de guardia de mamíferos no voladores del estado de Yucatán, México. *Revista Mexicana de Mastozoología*. Vol. 13: 7-33
- Pérez-Irineo, G. y A. Santos-Moreno. 2010. Diversidad de una comunidad de mamíferos carnívoros en una salva mediana del noroeste de Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana*. Vol. 26: 721-736
- Pompa-Castillo E. F., 2015. Efecto de los incendios sobre la diversidad florística en el Bosque de pino piñonero en Cardonal, Hidalgo. Tesis Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ramírez, H. y W. Perez. 2007. Mamíferos de un fragmento de bosque de roble en el departamento del Cauca, Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, Vol. 11: 65-79.
- Ressl, R. e I. Cruz. 2012. Detección y monitoreo de incendios forestales mediante imágenes de satélite. *CONABIO. Biodiversitas*, 100:12-13
- Rodríguez, D. 1988. Efectos de los incendios en los ecosistemas forestales. Universidad Autónoma de Chapingo. México. pp. 27
- Rodríguez-Mazzini, R. 1996. Uso de la técnica de estaciones olfativas (scent-station technique) en estudios de ecología de mamíferos. *Documentos de Trabajo*: 8. pp. 11
- Rost, J., P. Pons y J. Bas. 2012. Seed dispersal by carnivorous mammals into burn forests: An opportunity for non-indigenous and cultivated plant species. *Basic and Applied Ecology* 13: 623-630.

- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ra Edición digital. CONABIO. México. pp. 504
- Sandersons G. C. 1987. Raccon. En Ceballos G. y G. Oliva. 2005. Los mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Fondo de Cultura Económica, México, D.F.
- SEMARNAT, 2012. Plan de manejo tipo para armadillo de nueve bandas (*Dasypus novemcinctus*) Modalidad intensiva. pp. 8
- SEMARNAT, 2014. Plan de manejo tipo para la conservación y aprovechamiento sustentable de carnívoros pequeños modalidad extensivo.
- Silveira, L., A. Ja'como y J. Diniz-Filhoa. 2003. Camera trap, line transect census and track surveys: a comparative evaluation. En: Monroy-Vilchis, O.; M. Zarco- González; C. Rodríguez-Soto; L. Soria-Díaz y V. Urios. 2011. Foto trampeo de mamíferos en la Sierra Nanchititla, México: abundancia relativa y patrón de actividad. Rev. Biol. Trop. Vol. 59: 373-383
- Sullivan T., D. Sullivan, P. Lindgren y D. Ransome. 2009. Forest ecology and Management. 2585: S127-S141
- Sunquist M. y F. Sunquist. 2002. Changing landscapes: consequences for carnívoros. En Monroy- Vilchis O. y L. Soria-Díaz. 2013. Ecología del *Puma concolor* en la Sierra Nanchititla, México. Universidad Autónoma del Estado de México. pp. 45-63
- Squeo, F., G. Arancio y J. Novoa-Jerez. Heterogeneidad y diversidad florística dl Bosque de Fray Jorge. 2004. En Squeo, F., J. Gutierrez y I. Hernandez. 2004. Historia Natural del Parque Nacional Bosque Fray Jorge. Ediciones Universidad de La Serena. Chile. pp 173-185
- Vallejo-Fernández, A. 2013. La conservación del jaguar en áreas naturales protegidas por certificación voluntaria (ANPCV) y centros ecoturísticos de autogestión comunitaria (CEAGC). Tesis Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Vázquez -Yanes, C., A. Batis, M. Alcocer, M. Gual y C. Sánchez. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO - Instituto de Ecología, UNAM.
- Wright, H. y A. Bailey. 1982. Fire ecology, United States and southern Canada. New York, NY. pp. 501

Bibliomedia

CONAFOR, 2013:

<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/7/4339Campa%C3%B1a%20de%20contra%20incendios%202013.pdf>

FAO, 2014: <http://www.fao.org/forestry/firemanagement/es/>

INEGI, 2009: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/13/13015.pdf>

INEGI, 2013:

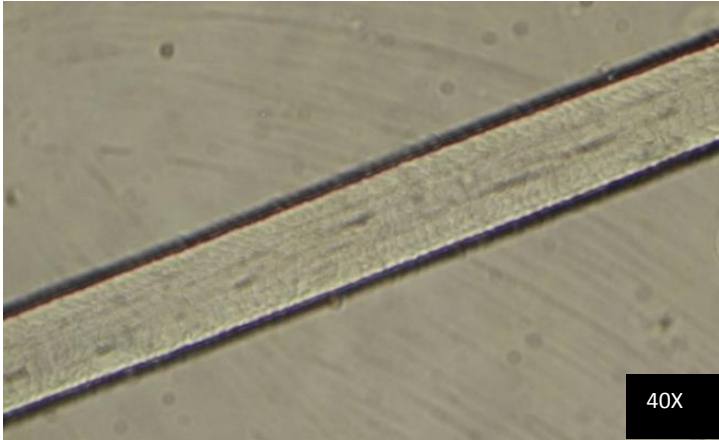
<http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/Contenidos/estadisticas/2013/forestal0.pdf>

FPA, 2012. Manual sobre metodologías de investigación en vida silvestre:

[http://www.fpa.mma.gob.cl/archivos/2012/proyectos/Manual de metodologias de investigacion en fauna silvestre final.pdf](http://www.fpa.mma.gob.cl/archivos/2012/proyectos/Manual_de_metodologias_de_investigacion_en_fauna_silvestre_final.pdf)

ANEXO DE VESTIGIOS DE MAMÍFEROS TERRESTRES

1. Orden: Cingulata
Familia: Dasypodidae
Nombre científico: *Dasypus novemcinctus*
Nombre común: Armadillo
Medio de identificación: Pelo de guardia y huella



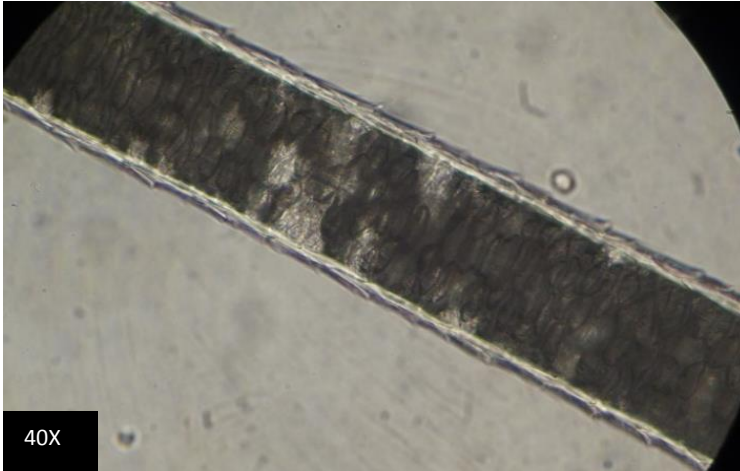
Datos pelo de guardia:
Fecha: 15-Marzo-2014
Origen: Excreta de coyote
Numero de muestra: M48.2
Color: Claro
Patrón de color: Claro
Forma: sin escudo
Tipo de médula: Ausente
Longitud: 4 mm
Diámetro total: 0.060 mm

Identificación: *Dasypus novemcinctus* según Monroy- Vilchis y Rubio, 2003.
Se presenta mismo patrón de color, tipo de médula y longitud reportadas en Monroy- Vilchis y Rubio, 2003
Observaciones: Pelo fragmentado



Datos de huella:
Fecha: 27-Junio-2014
Número de muestra: M8
Medidas: 5 cm L X 4 cm A
Identificación: *Dasypus novemcinctus* según Aranda, 2012.

2. Orden: Carnivora
Familia: Canidae
Nombre científico: *Canis latrans*
Nombre común: Coyote
Medio de identificación: Pelo de guardia, huellas y excreta.



Datos pelo de guardia:
Fecha: 15-Marzo-2014
Origen: Excreta de coyote
Numero de muestra: M22
Color: Con bandas
Patrón de color: C-O-C-O
Forma: sin escudo,
Tipo de médula: Celdillas
Longitud: 40 mm,
Diámetro total: 0.15 mm

Identificación: *Canis latrans* según Monroy- Vilchis y Rubio, 2003
Se presenta mismo tipo de médula y patrón de tonalidad a las reportadas, difiere en la longitud y diámetro total a lo reportado en Monroy- Vilchis y Rubio, 2003.



Datos de excreta:
Fecha: 27-Junio-2014
Numero de muestra: M1
Medidas: 10 cm L X 2 cm A
Identificación: *Canis latrans* según Aranda, 2012.



Datos huella mano:
Fecha: 27-Junio-2014
Numero de muestra: MH5
Medidas: 7 cm L X 6 cm A
Identificación: *Canis latrans* según Aranda, 2012.



Datos huella pata:
Fecha: 27-Junio-2014
Numero de muestra: MH6
Medidas: 6.5 cm L X 5 cm A
Identificación: *Canis latrans* según Aranda, 2012.

3. Orden: Carnivora
Familia: Canidae
Nombre científico: *Urocyon cinereoargenteus*
Nombre común: Zorra gris
Medio de identificación: Pelo de guardia, excreta y huella



Datos pelo de guardia:
Fecha: 15-Marzo-2014
Origen: Excreta de zorra gris
Numero de muestra: M48
Color: Con bandas,
Patrón de color: O-C-O,
Forma: Sin escudo,
Tipo de médula: Celdillas
Longitud: 10 mm
Diámetro total: 0.16 mm

Identificación: *Urocyon cinereoargenteus* según Monroy- Vilchis y Rubio, 2003
Se presenta mismo tipo de médula, diámetro total a las reportadas en Monroy-
Vilchis y Rubio, 2003.
Observaciones: Pelo fragmentado

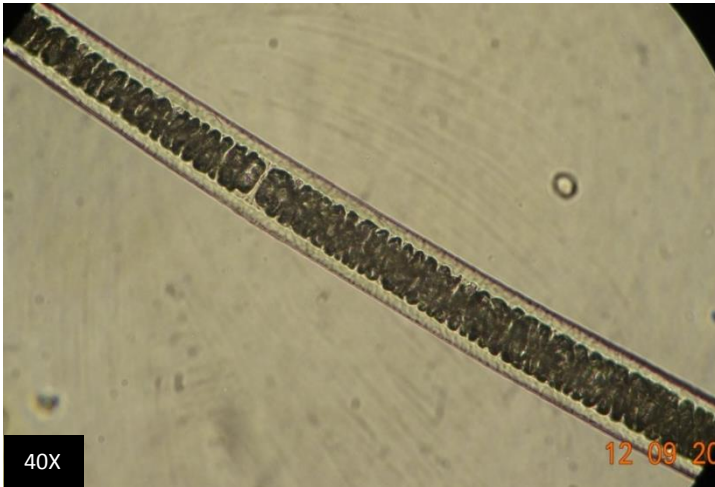


Datos excreta:
Fecha: 7-Septiembre-2014
Numero de muestra: M.C.10
Medidas: 7 cm L X 1 cm A
Identificación: según Aranda, 2012.



Datos huella:
Fecha: 20-Septiembre-2014
Numero de muestra: MH5.2
Medio de identificación: Huellas
Medidas: 4 cm L X 3.5 cm A
Identificación: según Aranda,
2012.

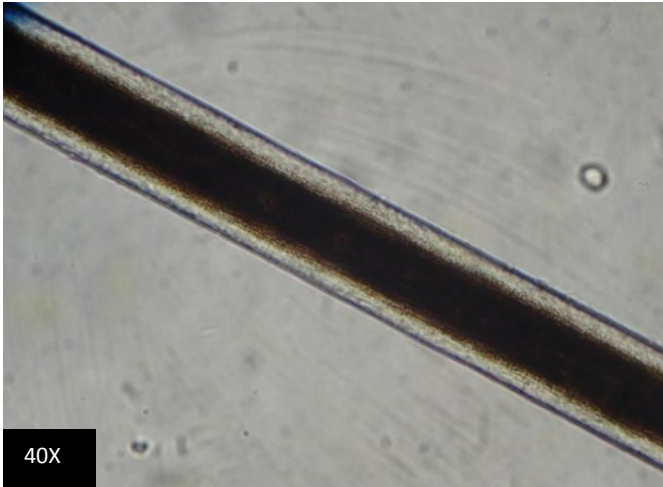
4. Orden: Carnivora
Familia: Felidae
Nombre científico: *Leopardus pardalis*
Nombre común: Ocelote
Medio de identificación: Pelo de guardia



Datos pelo de guardia:
Fecha: 14-Marzo-2014
Origen: Excreta en
madriguera
Numero de muestra: M9
Color: Bicolor
Patrón de color: C-O
Forma: Con escudo
Tipo de médula: Intrusiones
corticales
Longitud: 20 mm
Diámetro total: 0.069 mm

Identificación: *Leopardus pardalis* según Pech, 2003

5. Orden: Carnivora
Familia: Felidae
Nombre científico: *Lynx rufus*
Nombre común: Gato montés
Medio de identificación: Pelo de guardia y huella



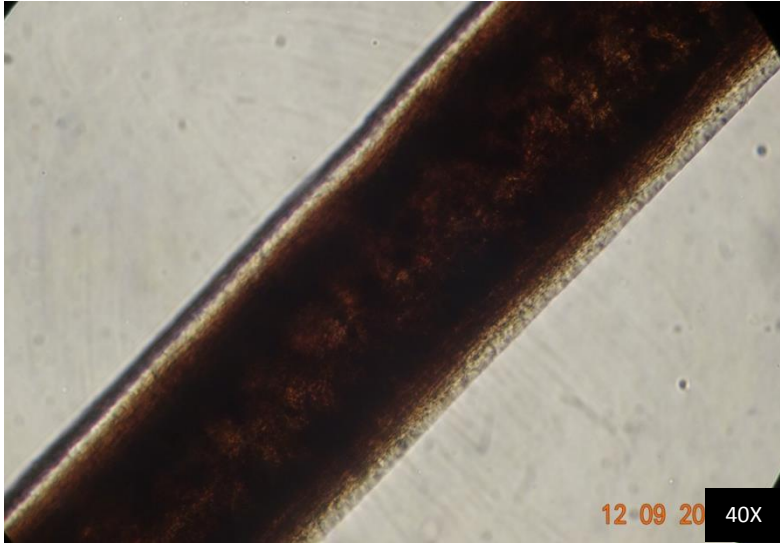
Datos pelo de guardia:
Fecha: 14-Septiembre -2014
Origen: Pelo en madriguera
Numero de muestra: M 3.1
Color: Con bandas
Patrón de color: O-C-O
Forma: Sin escudo
Tipo de médula: Vacuolada
Longitud: 16 mm
Diámetro total: 0.019 mm

Identificación: *Lynx rufus* según Monroy- Vilchis y Rubio, 2003.



Datos huella:
Fecha: 18-Septiembre-2014
Número de muestra: MH2
Medidas: 6 cm L X 5.5 cm A
Identificación: *Lynx rufus* según Aranda, 2012.

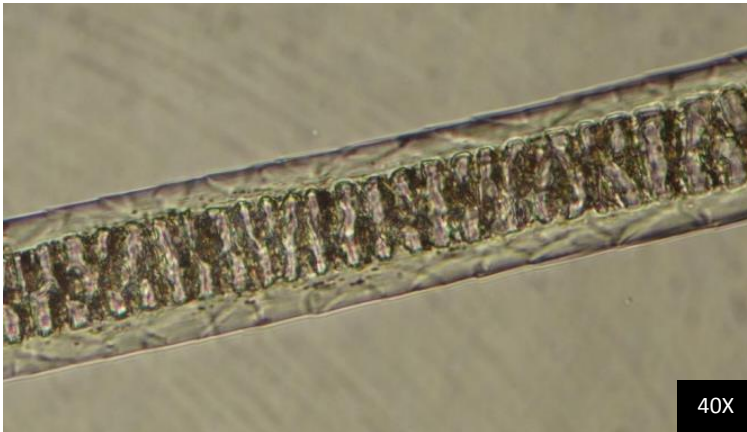
6. Orden: Carnivora
Familia: Mephitidae
Nombre científico: *Mephitis macroura*
Nombre común: Zorrillo listado
Medio de identificación: Pelo de guardia



Dato de pelo de guardia:
Fecha: 7-Junio-2014
Origen: Especimen muerto
Numero de muestra: M Z
Color: Uniforme
Patrón de color: O
Forma: Con escudo
Tipo de médula: Celdillas
Longitud total: 55 mm
Diámetro total: 0.126 mm

Identificación: *Mephitis macroura* según Monroy- Vilchis y Rubio, 2003. Se presenta el patrón de tonalidad, forma y tipo de médula descritos en el manual aunque el diámetro total no concuerda.

7. Orden: Carnivora
Familia: Mephitidae
Nombre científico: *Spilogale angustifrons*
Nombre común: Zorrillo manchado
Medio de identificación: Pelo de guardia y huellas



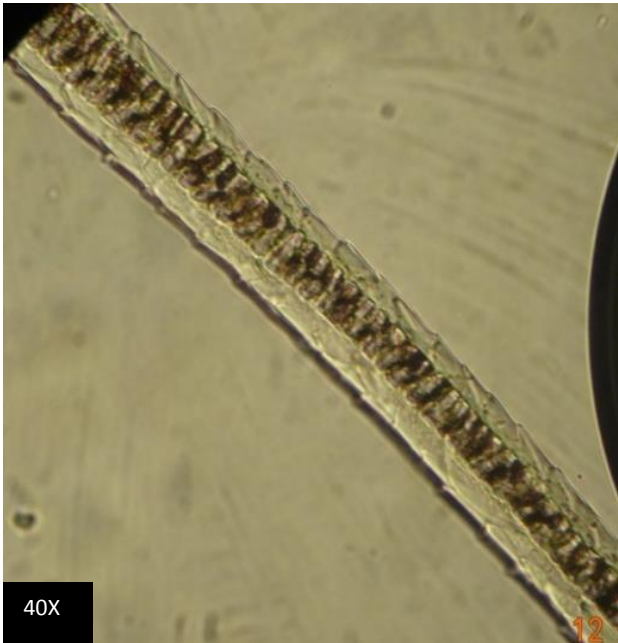
Datos pelo de guardia:
Fecha: 15- Marzo -2014
Origen: Excreta de coyote
Numero de muestra: M2
Color: Uniforme
Patrón de color: O
Forma: Con escudo
Tipo de médula: celdillas
Longitud total: 20 mm
Diámetro total: 0.046 mm

Identificación: *Spilogale putorius* según Monroy- Vilchis y Rubio, 2003. Se presenta el patrón de tonalidad, forma y tipo de médula descritos en el manual aunque el diámetro total no concuerda. Se sigue la propuesta de Wozencraft, 2005 de que los zorrillos *Spilogale putorius* son *S. angustifrons* (Howell, 1902).



Datos huella:
Fecha: 7-Junio-2014
Número de muestra: ME2
Medidas: 2.5 cm L X 2 cm A
Identificación: *Spilogale* sp.
según Aranda, 2012.

8. Orden: Carnivora
Familia: Mustelidae
Nombre científico: *Mustela frenata*
Nombre común: Oncilla
Medio de identificación: Pelo de guardia



Dato pelo de guardia:
Fecha: 15-Marzo-2014
Origen: Excreta de zorro
Numero de muestra: M45
Color: Bicolor
Patrón de color: C-O
Forma: Con escudo
Tipo de médula: Intrusiones corticales
Longitud: 20 mm,
Diámetro total 0.160 mm

Identificación: *Mustela frenata* según Pech, 2003 presenta mismo tipo de médula y diámetro reportadas, difiere en el patrón de tonalidad el cual es similar el reportado en Monroy- Vilchis y Rubio, 2003

9. Orden: Carnivora
Familia: Procyonidae
Nombre científico: *Bassariscus astutus*
Nombre común: Cacomixtle norteco
Medio de identificación: Huella



Dato huella:

Fecha: 20-Septiembre -2014

Numero de muestra: MH6

Medidas: 3 cm L X 3 cm A

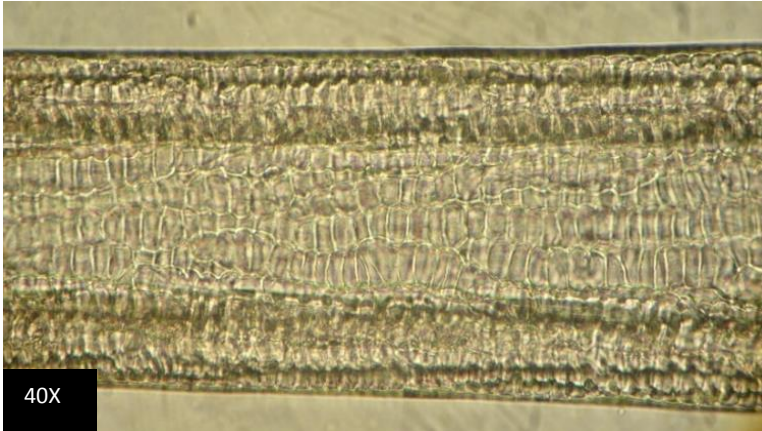
Identificación: *Bassariscus astutus* según Aranda, 2012.

10. Orden: Carnivora
Familia: Procyonidae
Nombre científico: *Procyon lotor*
Nombre común: Mapache



Dato huella:
Fecha: 18- Septiembre -2014
Numero de muestra: MH2
Identificación: *Procyon lotor*
según Aranda, 2012.

11. Orden: Lagomorpha
Familia: Leporidae
Nombre científico: *Sylvilagus cunicularius*
Nombre común: Conejo de monte
Medio de identificación: Pelo de guardia y excreta



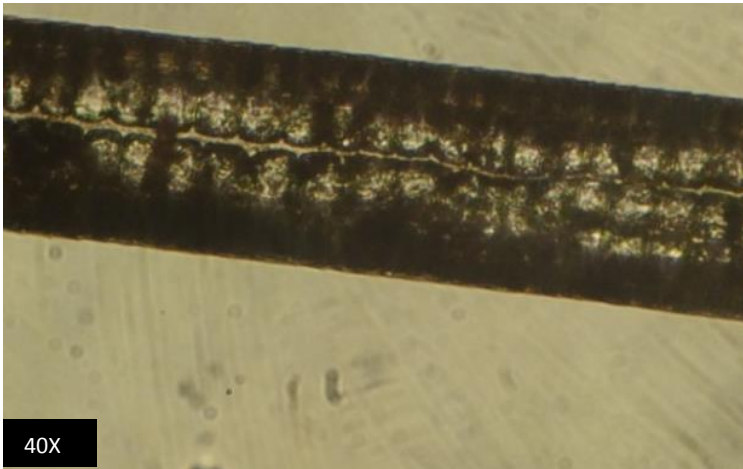
Dato pelo de guardia:
Fecha: 15- Marzo -2014
Origen: Excreta de zorro
Numero de muestra: M45
Color: Con bandas
Patrón de color: O-C-O
Forma: Con escudo
Tipo de médula:
Escalonada multiserial
Longitud: 25 mm,
Diámetro total: 0.127 mm

Identificación: *Sylvilagus cunicularius* según Monroy- Vilchis y Rubio, 2003



Dato excreta:
Fecha: 12- Abril -2014
Numero de muestra: M2
Medidas: 1.5 cm Diámetro
Identificación: *Sylvilagus cunicularius* según Aranda, 2012.

12. Orden: Lagomorpha
Familia: Leporidae
Nombre científico: *Sylvilagus floridanus*
Nombre común: Conejo de campo
Medio de identificación: Pelo de guardia y excreta



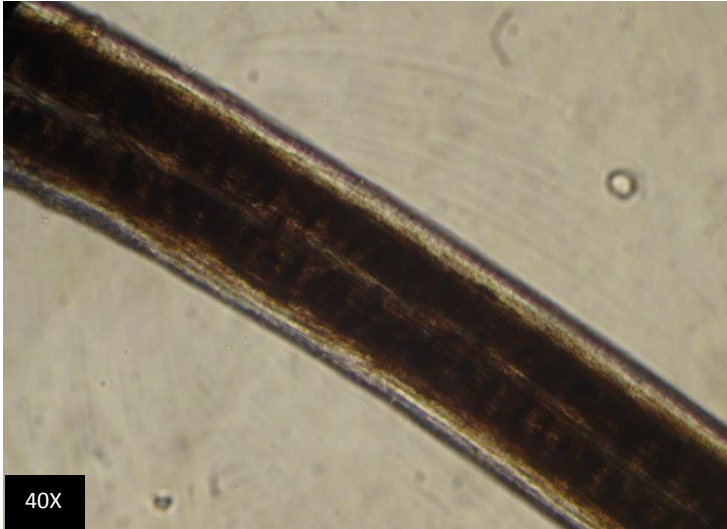
Datos pelo de guardia:
Fecha: 15-Marzo-2014
Origen: Especimen muerto
Numero de muestra: M Con
Color: Con bandas
Patrón de color: O-C-O
Forma: Con escudo
Tipo de médula: Escalonada multiserial
Longitud total: 20 mm
Diámetro total: 0.104 mm

Identificación: *Sylvilagus floridanus* según Pech, 2003. Presenta el mismo tamaños de diámetro, patrón de tonalidad y tipo de médula reportadas.



Datos excreta:
Fecha: 15- Marzo -2014
Numero de muestra: M25
Medidas: 1 cm Diámetro
Identificación: *Sylvilagus floridanus* según Aranda, 2012.

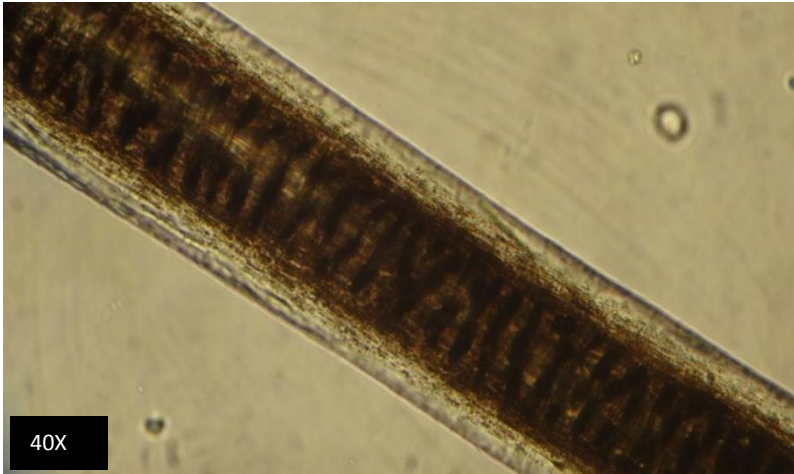
13. Orden: Rodentia
Familia: Heteromidae
Nombre científico: *Lyomis* sp.
Medio de identificación: Pelo de guardia



Dato pelo de guardia:
Fecha: 6-Junio-2014
Origen: Excreta de coyote
Numero de muestra: M12
Color: Bicolor
Patrón de color: C-O
Forma: Con escudo
Tipo de médula: Intrusiones
corticales y surco
Longitud: 22 mm
Diámetro total: 0.5 mm

Identificación: Presenta las intrusiones corticales y el surco el cual se presenta en forma común en las especies del género *Lyomis* según lo reportado por Monroy-Vilchis y Rubio, 2003

14. Orden: Rodentia
Familia: Cricetidae
Nombre científico: *Peromyscus aztecus*
Nombre común: Ratón ocotero
Medio de identificación: Pelo de guardia



Dato pelo de guardia:
Fecha: 15- Marzo -2014
Origen: Excreta
Numero de muestra: M58
Color: Bicolor
Patrón de color: O-C
Forma: Con escudo
Tipo de médula:
Intrusiones corticales
Longitud total: 20 mm
Diámetro total: 0.030 mm

Identificación: *Peromyscus aztecus* según Monroy- Vilchis y Rubio, 2003. Presenta mismo patrón de color, forma y tipo de médula descritos, sin embargo hay diferencia en la longitud total y el diámetro, siendo mayor la longitud y de menos diámetro al reportado.

15. Orden: Soricomorpha
Familia: Soricidae
Nombre científico: *Cryptotis parva*
Nombre común: Musaraña
Medio de identificación: Pelo de guardia



Dato pelo de guardia:
Fecha: 16-Marzo-2014
Origen: Excreta
Numero de muestra: M7
Color: Con bandas
Patrón de color: O-C-O
Forma: Con escudo
Tipo de médula:
Escalonada uniserial
Longitud: 12 mm
Diámetro total: 0.03 mm

Identificación: *Cryptotis parva* según Monroy- Vilchis y Rubio, 2003. Mismo color, patrón de tonalidad, forma, tipo de médula y diámetro total.

16. Orden: Soricomorpha
Familia: Soricidae
Nombre científico: *Sorex* sp.
Medio de identificación: Pelo de guardia



Dato pelo de guardia:
Fecha: 15-Marzo -2014
Origen: Excreta
Numero de muestra: M48
Color: Con bandas
Patrón de color: O-C-O
Forma: Con escudo
Tipo de médula:
Escalonada uniserial
Longitud: 30 mm
Diámetro total:

Identificación: *Sorex* sp. según Monroy- Vilchis y Rubio, 2003, ya que muestra características similares a las descritas en el género *Sorex*.