



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

PROGRAMA DE POSTGRADO EN BOTÁNICA

**ASOCIACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE
LA VEGETACIÓN CON MAMÍFEROS
MEDIANOS EN UN BOSQUE
DE PINO E IZOTAL**

EDUARDO FERNANDO POMPA CASTILLO

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2018

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y
DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe **Biól. Eduardo Fernando Pompa Castillo**, alumno de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. Mario Luna Cavazos**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **“Asociación de la estructura de la vegetación con mamíferos medianos en un bosque de pino e izotal”** y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 10 de diciembre de 2018

Eduardo Fernando Pompa Castillo

Firma del
Alumno

Dr. Mario Luna Cavazos

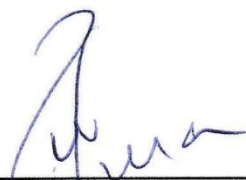
Vo. Bo. del Consejero

La presente tesis titulada: **“Asociación de la estructura de la vegetación con mamíferos medianos en un bosque de pino e izotal”** realizada por el alumno: **Eduardo Fernando Pompa Castillo** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
BOTÁNICA

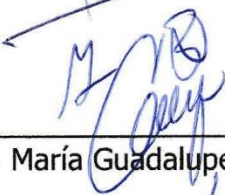
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



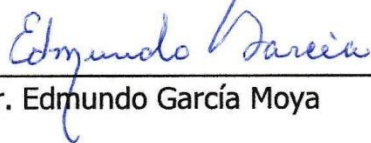
Dr. Mario Luna Cavazos

ASESORA



Dra. María Guadalupe Bravo Vinaja

ASESOR



Dr. Edmundo García Moya

Montecillo, Texcoco, Estado de México, diciembre de 2018

ASOCIACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN CON MAMÍFEROS MEDIANOS EN UN BOSQUE DE PINO E IZOTAL

Eduardo Fernando Pompa Castillo, M en C.

Colegio de Postgraduados, 2018

Resumen

El análisis de la asociación entre la estructura de la vegetación y mamíferos, es fundamental para la gestión de la vida silvestre ante un escenario donde la transformación del hábitat es la principal causa de pérdida de biodiversidad- El objetivo de este estudio fue determinar los atributos estructurales de la vegetación asociados a los mamíferos medianos en un bosque de pino (BP) e izotal (Iz) ubicados en el municipio de Tepeyahualco, estado de Puebla. Se seleccionaron un total de 36, 136 y 136 unidades de muestreo de vegetación para el estrato alto (1,000 m²), medio (16 m²) y bajo (1 m²), distribuidos en el BP e Iz, con el fin de evaluar los atributos estructurales: densidad, cobertura, altura y riqueza. Se recolectaron rastros en 16 transectos del BP y 12 en Iz para registrar mamíferos medianos. Se aplicó un ANOVA para reconocer los atributos de la vegetación con diferencias significativas y se hizo una asociación de Spearman con los mamíferos. La riqueza florística fue 79 y 86 especies, mientras que la riqueza de mamíferos estuvo representada por ocho y cuatro especies en el BP e Iz. *Canis latrans* presentó asociación positiva con la cobertura del estrato alto y la altura del estrato medio del BP, y con la densidad del estrato medio del Iz. *Lepus californicus* se asoció con la densidad de los arbustos en el Iz, mientras que *Sylvilagus cunicularius* y *S. floridanus* se asociaron con la cobertura y altura del estrato bajo en el Iz, debido a que es un recurso alimenticio para estas especies. Los mayores valores de cobertura y densidad del estrato alto y medio tuvieron una influencia más evidente en la presencia de mamíferos, por lo que es necesario conservar y rehabilitar áreas con estas características.

Palabras clave: Hábitat, mastofauna, rastreo, vegetación-mamíferos

ASSOCIATION OF VEGETATION STRUCTURE AND MEDIUM MAMMALS IN A PINE FOREST AND IZOTAL

Eduardo Fernando Pompa Castillo, M en C.

Colegio de Postgraduados, 2018

Abstract

The analysis of the association between vegetation structure and mammal populations is fundamental for wildlife management, facing a scenario where habitat transformation is the main cause of biodiversity loss. The objective of this study was to determine vegetation attributes associated with medium-sized mammals in a pine forest (Pf) and Izotal (Iz), located in the municipality of Tepeyahualco, in the Mexican state of Puebla. Total vegetation sampling units 36, 136 and 136 were selected for the high (1000 m²), medium (16 m²) and low (1 m²) strata, distributed in the Pf and Iz, in order to evaluate ecological structure attributes: density, coverage, height and richness. Traces were collected on transects in Pf (16) and Iz (12) to register medium-sized mammals. An ANOVA was applied to recognize vegetation attributes with significant differences in their association with medium-sized mammals using Spearman coefficient. The floristic richness values were 79 and 86 species, while the richness of mammals was represented by eight and four species in Pf and Iz, respectively. *Canis latrans* presented positive association with the coverage of the high, and the height of the medium strata in Pf, and with the density of the medium stratum in Iz. *Lepus californicus* was associated with shrubs density in Iz; whilst *Sylvilagus cunicularius* and *S. floridanus* were associated with the coverage and height of the low stratum in Iz, because it derives food for these species in this type of vegetation. The higher values of coverage and density in the high and medium strata had a more evident influence on the presence of mammals; therefore, it is necessary to conserve and rehabilitate areas with these attributes.

Key words: Habitat, mammals, traces, vegetation-mammals

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada, No. 456356 para la realización de mi postgrado.

A mis padres: **Elisa Castillo García** y **Fernando Pompa Ramírez** por su apoyo, cariño y confianza. Un escalón más ha llegado. Gracias totales.

A mi hermana Ilse Areli Pompa Castillo, por ser una razón para seguir adelante y por su paciencia cada que la molestaba.

Al Dr. Mario Luna Cavazos por ser paciente, sus consejos, opiniones, aportaciones y disposición a siempre ayudarme.

Al Dr. Edmundo García Moya por tener siempre las puertas abiertas para cualquier situación y ser un modelo a seguir.

A la Dra. María Guadalupe Bravo Vinaja por las facilidades y apoyo brindado, además de estar dispuesta a escuchar.

Al Dr. Juan Felipe Martínez Montoya por sus aportaciones y disposición a ser sinodal.

A Katherine Lizzeth Cárdenas Cruz por su ayuda, consejos, aportaciones y especial compañía y cariño en la vida.

Al Colegio de Postgraduados campus Montecillo y en especial al posgrado en Botánica por las facilidades prestadas para la realización de esta investigación.

A la Dra. Heike Vibrans Lindemann y M en C. Ricardo Vega Muñoz por el apoyo y facilitación del uso de las instalaciones, equipo y acervo del herbario Hortorio-CHAPA.

A la familia Castillo García por las facilidades y apoyo brindado. En especial al Sr. Mauricio Castillo García y Sr. Heliodoro Castillo García por ser fundamentales en campo, al guiarme y trabajar conmigo.

A todos mis compañeros del postgrado que me acompañaron en esta etapa de mi vida.

A mis padres:

Elisa Castillo García

Fernando Pompa Ramírez

“Que la tierra se una a la planta de tu pie y te mantenga firme, que sostenga tu cuerpo cuando éste pierda el equilibrio.

Que el viento refresque tu oído y te dé a toda hora la respuesta, que cure todo aquello que tu angustia invente.

Que el fuego alimente tu mirada y purifique los alimentos que nutrirán tu alma.

Que la lluvia sea tu aliada, que te entregue sus caricias, que limpie tu mente y alma de todo aquello que no le pertenece.”

Laura Esquivel

Contenido

	Página
Resumen	III
Abstract	IV
Lista de cuadros	X
Lista de figuras	XI
Introducción	1
Antecedentes	3
Estructura y composición florística de bosque de pino.....	3
Estructura y composición florística de izotal.....	4
Mamíferos en bosque de pino	4
Mamíferos en izotal	5
Asociaciones entre vegetación y mamíferos	6
Objetivo general	9
Objetivos particulares	9
Hipótesis	9
Material y métodos	10
Zona de estudio.....	10
Tipos de vegetación y unidades de muestreo	11
Caracterización ecológica	12
Registro de flora	12
Muestreo por estratos	12
Determinación de especies y cotejo de ejemplares	13
Cálculo de atributos ecológicos	14
Registro de mamíferos	15

	Página
Transectos	15
Colecta de rastros.....	16
Muestreo por estaciones olfativas.....	17
Registro por pelos de guardia	18
Determinación de rastros de las especies y cotejo	19
Estimación de riqueza e Índices de diversidad para flora y mamíferos	19
Asociación de la estructura de la vegetación con mamíferos	21
Resultados	22
Riqueza florística	22
Composición florística	23
Caracterización ecológica y estructura del bosque de <i>Pinus pseudostrobus</i>	29
Caracterización ecológica y estructura del izotal de <i>Nolina parviflora</i>	37
Diversidad alfa y semejanza florística	46
Rastros de mamíferos	47
Riqueza de mamíferos	49
Abundancia relativa de mamíferos	51
Diversidad alfa y semejanza de mamíferos.....	51
Asociación de la estructura de la vegetación con mamíferos	52
Discusión	55
Riqueza florística	55
Composición florística	55
Caracterización ecológica y estructura del bosque de <i>Pinus pseudostrobus</i>	56
Caracterización ecológica y estructura del izotal de <i>Nolina parviflora</i>	58
Diversidad alfa y semejanza florística	59

	Página
Riqueza de mamíferos	59
Abundancia relativa de mamíferos	60
Diversidad alfa y semejanza de mamíferos.....	61
Asociación de la estructura de la vegetación con mamíferos	62
Conclusiones	65
Literatura citada	66
Anexo A. Catálogo fotográfico florístico	79
Anexo B. Catálogo fotográfico de rastros de mamíferos	102

Lista de cuadros

Número	Página
1. Características de los transectos establecidos en el bosque de <i>Pinus pseudostrobus</i> (BP) e izotal de <i>Nolina parviflora</i> (Iz).....	16
2. Composición florística.	23
3. Estructura del estrato alto en el bosque de <i>Pinus pseudostrobus</i>	31
4. Estructura del estrato medio en el bosque de <i>Pinus pseudostrobus</i>	33
5. Estructura del estrato bajo en el bosque de <i>Pinus pseudostrobus</i>	35
6. Estructura del estrato alto en el izotal de <i>Nolina parviflora</i>	39
7. Estructura del estrato medio en el izotal de <i>Nolina parviflora</i>	41
8. Estructura del estrato bajo en el izotal de <i>Nolina parviflora</i>	44
9. Diversidad florística alfa	46
10. Rastros de mamíferos	48
11. Presencia de mamíferos	50
12. Frecuencia de rastros e índice de abundancia relativa	51
13. Diversidad alfa de mamíferos.....	51
14. Valores del análisis de varianza por estratos entre el bosque de <i>P. pseudostrobus</i> e izotal de <i>N. parviflora</i>	52
15. Valores de la correlación de Spearman entre los mamíferos y los atributos estructurales de los estratos de la vegetación en el bosque de <i>Pinus pseudostrobus</i> ..	54
16. Valores de la correlación de Spearman entre los mamíferos y los atributos estructurales de los estratos de la vegetación en el izotal de <i>Nolina parviflora</i>	54

Lista de figuras

Número	Página
1. Zona de estudio.....	10
2. Transectos y unidades de muestreo	15
3. Elaboración de una estación olfativa.....	17
4. Riqueza florística observada y estimada	22
5. Bosque de <i>Pinus pseudostrobus</i> incendiado	30
6. Estrato alto del bosque de <i>Pinus pseudostrobus</i>	30
7. Estrato medio del bosque de <i>Pinus pseudostrobus</i>	32
8. Estrato bajo del bosque de <i>Pinus pseudostrobus</i>	34
9. Izotal de <i>Nolina parviflora</i> incendiado.....	38
10. Estrato alto del izotal de <i>Nolina parviflora</i>	38
11. Estrato medio del izotal de <i>Nolina parviflora</i>	40
12. Estrato bajo del izotal de <i>Nolina parviflora</i>	43
13. Especies exclusivas por tipo de vegetación	46
14. Riqueza observada y estimada de mamíferos	49

Introducción

Los ecosistemas terrestres de México han estado expuestos a diversas presiones causadas por actividades humanas, tal circunstancia se observó desde que ingresaron al territorio nacional cazadores-recolectores al final del Pleistoceno, aproximadamente hace 13500-11000 años, y que resultó en una extinción de 78 especies de mega fauna herbívora (Challenger, 2014).

Las actividades humanas han causado un detrimento de la biodiversidad, sin embargo, varios autores (McNeely *et al.*, 1990; Dirzo y García, 1992; Trejo y Dirzo, 2000; Bray *et al.*, 2004; González-Rebeles y Méndez, 2014) indican que el factor más importante es la fragmentación y degradación del hábitat, así como el cambio de uso de las tierras. Esto tiene mayor relevancia si se estima una tasa de deforestación actual para el territorio nacional de 0.26-1.5 millones de ha·año⁻¹ (González-Rebeles y Méndez, 2014). Al respecto, la IUCN (2014) indica que desde 1500 se han extinguido entre 77-111 mamíferos a nivel mundial, a una tasa 14 a 20 veces mayor que la histórica (dos por cada millón de especies por año; Ceballos *et al.*, 2015). En México, Baena y Halffter (2008) identificaron 18 especies de mamíferos extintos en los últimos años, mientras que la NOM-059-SEMARNAT (2010) reporta la extinción de seis especies vegetales.

La gestión de la vida silvestre y su conservación a través del tiempo, requiere determinar cuáles especies están presentes en un área geográfica, además de comprender la estrecha relación vegetación-fauna (Ojasti, 2000; Gallina, 2011) ya que la estructura, diversidad y funcionamiento de los hábitats, son dependientes de los servicios ecológicos que proporciona la fauna silvestre (Valdez, 2014). Lo anterior tiene mayor relevancia en ecosistemas donde se extinguieron la mayoría de la mega fauna del Pleistoceno en México, como son los bosques de pino e izotal que cubren 3.8% y 6.21% del territorio nacional, respectivamente (Challenger y Soberón, 2008).

Derivado de lo anterior, surgen las siguientes interrogantes:

- ¿Cuál es la riqueza y diversidad florística en un bosque de pino e izotal?
- ¿Cuál es la riqueza y diversidad de mamíferos medianos en un bosque de pino e izotal?
- ¿Qué atributos estructurales de la vegetación están más asociados con la abundancia de mamíferos medianos?

La respuesta a estas interrogantes proporcionará conocimiento sobre los requerimientos del hábitat de la fauna silvestre e influirá en la rehabilitación del ecosistema con énfasis en la estructura y composición de la comunidad vegetal (Morrison, 2009).

Antecedentes

Estructura y composición florística de bosque de pino

Los bosques de *Pinus*, y su asociación con *Quercus* en el estado de Puebla abarcan una extensión de 99 mil 593 ha (CONABIO, 2011). Los ecosistemas dominados por el género *Pinus* integran dos tipos principales: bosques mixtos (*Pinus-Quercus*) y con dominio pleno por pinos; los primeros son los más abundantes en el territorio nacional (Challenger, 2014). Se desarrollan en un intervalo muy variable de condiciones climáticas: con inviernos fríos y secos, y veranos cálidos y húmedos; en altitudes que van de 2 mil 350 a 4 mil metros; precipitación media anual de 600 a mil 200 mm la cual se distribuye a lo largo de una época de lluvias de seis a siete meses, interrumpida por una temporada seca de cinco a seis meses y una temperatura entre 10 y 20 °C. (Rzedowski, 2005; Amezcua, 2008).

Las especies más comunes en los bosques de pino templado-secos son: *Pinus cembroides* Zucc., *P. remota* (Little) D.K. Bailey & Hawksw., *Fraxinus greggii* A. Gray, *Juglans microcarpa* Berland., *Juniperus flaccida* Schltdl. y *J. deppeana* Steud. (Encina y Villarreal, 2002). Estos bosques presentan en lo general tres estratos: arbóreo, arbustivo y herbáceo.

Amezcua (2008) menciona que un bosque de pino-encino ubicado en los estados de Morelos y Ciudad de México presenta tres estratos: el arbóreo, conformado por cuatro géneros (*Alnus*, *Arbutus*, *Quercus* y *Pinus*), el estrato arbustivo presenta 10 especies pertenecientes a cinco familias y en el estrato herbáceo hay una riqueza de 39 especies pertenecientes a 19 familias. Los géneros más conspicuos en los estratos arbustivo y herbáceo son: *Baccharis*, *Brickellia*, *Castilleja*, *Dahlia*, *Eupatorium*, *Galium*, *Geranium*, *Muhlenbergia*, *Penstemon*, *Salvia*, *Senecio* y *Stevia*. Las familias con mayor número de especies son Astereaceae, Lamiaceae y Poaceae.

Fuentes (1992) indica que la riqueza florística de un piñonar en Puebla consta de 46 especies, agrupadas en 19 familias: Asteraceae, Poaceae y Polipodiaceae son las más representativas. La flora incluye árboles bajos (8-10 m) y de cobertura discontinua, estrato arbustivo discontinuo con altura de 0.5-0.7 m, mientras que las epífitas se presentan en manchones, al igual que las hierbas (50 cm de altura máxima).

Aragón-Piña *et al.* (2010) registraron una riqueza florística de 51 especies en un bosque de *Pinus-Quercus* en Durango. El estrato alto presentó una altura promedio de 7.9 m, con algunos individuos de hasta de 12 m, la densidad promedio de los árboles fue de 818 individuos·ha⁻¹. La altura y densidad promedio del estrato medio fue de 0.23 m y 12,559 individuos·ha⁻¹, mientras que las herbáceas tienen un intervalo de 17.5 a 42.5 cm de altura.

Estructura y composición florística de izotal

Los izotales integran parte de los matorrales xerófilos de acuerdo a la clasificación de Rzedowski (2005), sin embargo, Miranda y Hernández-X (2014) los identifican como un tipo de vegetación diferente. Estos autores indican que especies del género *Yucca*, *Beaucarnea* y *Nolina* dominan estas zonas, y están presentes en climas áridos subcálidos o subtemplados. En el estado de Puebla los izotales abarcan 122 mil 785.92 ha (CONABIO, 2011)

Los izotales están integrados por plantas arbustivas, con modificaciones y adaptaciones morfológicas hacia las condiciones de regiones de climas secos y semisecos, como en el caso de espinas en tallos y ramas, la pérdida de hojas, la reducción y división de la lámina foliar y suculentas, los tallos globosos o columnares, la existencia de ceras y resinas (Fernández-Nava *et al.*, 1997).

La altura del estrato alto de los izotales puede llegar hasta 10 m (Rzedowski, 2005). Al respecto, Valiente-Banuet *et al.* (2000) mencionan densidades de *Yucca periculosa* Baker., entre 500 a 1,000 ind·ha⁻¹ y alturas de 4 m en este tipo de vegetación en Tehuacán, Puebla. En este mismo estudio se registra un izotal de *Beaucarnea purpusii* Rose., con altura de cinco a siete metros. Por otra parte, Ortiz (2015) registra alturas de 2 a 4 m para el género *Yucca* en izotales de Nuevo León.

Mamíferos en bosque de pino

Ceballos y Oliva (2005) llevaron a cabo una clasificación del tamaño de los mamíferos de acuerdo a su masa corporal. Los mamíferos pequeños son aquellos que llegan a pesar hasta 100 g, los medianos entre 101 g a 10 kg y los mamíferos grandes con pesos mayores a 10 kg. Lo anterior fue considerado para los siguientes estudios.

Chávez y Ceballos (1998) consignan una riqueza mastofaunística de 118 especies, pertenecientes a 73 géneros, 21 familias y ocho órdenes en diferentes tipos de vegetación del Estado de México. Los autores agrupan los bosques de pino y pino-encino en bosques de coníferas, los cuales presentan 58 especies y 13 de ellas son endémicas. En relación con las especies en peligro de extinción, los bosques de pino son los que tiene mayor número de especies (seis).

Monroy-Vilchis *et al.* (2011) registraron en bosques de encino, pino-encino, mesófilo de montaña, pastizales y selvas bajas caducifolia de la Sierra de Nanchititla, 53 especies de mamíferos pertenecientes a 40 géneros, 17 familias y 7 órdenes. El mayor número de especies (37) se encontraron en bosque de pino-encino, de las cuales 18 son mamíferos medianos; entre ellas las especies *Nasua narica* Linnaeus (coatí), *Urocyon cinereoargenteus* Schreber (zorra gris), *Sylvilagus floridanus* J. A. Allen (conejo castellano) y *Procyon lotor* Linnaeus (mapache).

Mamíferos en izotal

Los estudios llevados a cabo de la diversidad de mamíferos en izotales son limitados y engloban a este tipo de vegetación en la categoría de matorrales xerófilos.

Jiménez-Guzmán y Zuñiga-Ramos (1991) encontraron una estrecha asociación del conejo *Sylvilagus audubonii* Bair (conejo del desierto) con izotales en Coahuila, México

Ramírez *et al.* (2012) registraron en un matorral rosetófilo semejante al izotal por las condiciones secas, cinco órdenes de mamíferos representados en 12 familias y 36 especies, distribuidas de la siguiente forma: Rodentia con 13 especies (36.11%), Chiroptera con 11 (30.55%), Carnívora con ocho (22.22%), Lagomorpha con tres (8.33%) y Artiodactyla con una especie (2.77%). El orden Carnívora tiene la mayoría de especies de mamíferos medianos (ocho), sumados a estos, están las especies *Ammospermophilus interpres* Merriam, *Spermophilus spilosoma* Bennet (ardillón punteado) y *S. variegatus* Erxleben (ardillón de roca), lo que constituye una riqueza de 11 especies de mamíferos medianos.

Vargas-Contreras y Hernández-Huerta (2001) registraron 28 especies para el matorral xerófilo en la Reserva de la Biosfera “El Cielo”, Tamaulipas. Del total de especies referidas, ocho corresponden a mamíferos medianos del orden Carnívora. En este mismo estudio, también se menciona la presencia de 12 especies de mamíferos medianos en un bosque de encino-pino, de las cuales solo comparte cinco especies con el matorral.

Briones-Salas (2000) registró una riqueza de 52 especies de mamíferos, agrupados en siete órdenes, 15 familias y 40 géneros en tres tipos de vegetación: pastizal, matorral xerófilo y bosque tropical caducifolio en Tehuacán- Cuicatlán. De este total, nueve especies pertenecen a mamíferos medianos: *Didelphis marsupialis* Linnaeus (tlacuache sureño), *D. virginiana* Kerr (tlacuache norteño), *Dasyus novemcinctus* Linnaeus (armadillo de nueve bandas), *Urocyon cinereogenteus*, *Conepatus leuconotus* Lichtenstein (zorrillo de espalda blanca norteño), *Mephitis macroura* Lichtenstein (zorrillo listado sureño), *Bassariscus astutus* Lichtenstein (cacomixtle norteño), *Nasua narica* y *Procyon lotor*. Todas están presentes en el matorral, pero no en el pastizal y bosque tropical caducifolio.

Asociaciones entre vegetación y mamíferos

La flora y fauna se encuentran en constante interacción; los mamíferos utilizan distintos estratos de la vegetación como sitios de descanso, refugios, madrigueras y fuentes de alimento (Ojasti, 2000 y Gallina, 2011). La mayoría de los estudios con el propósito de conocer esta asociación son de índole descriptivo, como los siguientes:

- *Mamíferos asociados al estrato arbóreo.* Las especies de los géneros *Bassariscus* y *Procyon* utilizan este estrato como madriguera y refugio (Leopold, 1965; Ceballos y Oliva, 2005). *Sciurus aureogaster* (ardilla arbórea) también utilizan este estrato y bajan al suelo en búsqueda de alimento o cambiar de un árbol a otro, estas especies nacen en nidos que construyen en las ramas superiores, por lo que su distribución está limitada a las zonas arboladas (Leopold, 1965).

- *Mamíferos asociados al estrato arbustivo.* *Urocyon cinereoargenteus* se encuentra en zonas donde haya abundante recurso alimentario y vegetación con densidad suficiente, aunque también tiende a trepar árboles para evitar depredadores (Leopold, 1965; Guerrero *et al.*, 2002; Ceballos y Oliva, 2005).
- *Mamíferos asociados al estrato herbáceo.* Los lagomorfos están vinculados a este estrato de la vegetación, porque les representa la disponibilidad de alimento, refugio y echaderos (Leopold, 1965; Farías-González, 2011). El coyote (*Canis latrans* Say) suele estar presente en zonas con abundante estrato herbáceo ya que son lugares donde hay mayor cantidad de sus principales presas: roedores y lagomorfos, aunque en su dieta también incluye frutos, granos y otros alimentos vegetales de especies pertenecientes a las familias Gramineae, Asteraceae y Cactaceae (Leopold, 1965; Guerrero *et al.*, 2002; Monroy-Vilchis y Velázquez, 2002). Resultados semejantes se han mencionado para *Lynx rufus* Schreber (gato montés; Guerrero *et al.*, 2002, Monroy-Vilchis y Velázquez, 2002, Ceballos y Oliva, 2005).

Andrews y O'Brien (2000) evaluaron los patrones geográficos de la riqueza de mamíferos con respecto a la vegetación a macroescala (>10,000 km²) en África, y determinaron que la riqueza de especies vegetales leñosas está correlacionada 70% con la riqueza de especies de mamíferos, además, registraron que el 38-48% de la variabilidad en herbívoros terrestres está correlacionada con la riqueza de especies leñosas.

Zarco-Mendoza (2000) en el Parque Nacional Lagunas de Montebello, registró una asociación positiva entre la abundancia de mamíferos con la cobertura de arbustos ($r= 0.99$, $p= 0.006$) y número de troncos mayores a 7.5 cm de diámetro ($r= 0.96$, $p= 0.038$), mientras que la cobertura de árboles, herbáceas, hojarasca, DAP y altura de árboles, profundidad de hojarasca, troncos caídos y tocones no tuvieron relación estadística significativa.

Arthur *et al.* (2012) evaluaron la influencia de la estructura de la vegetación sobre mamíferos en una zona postincendio, y registraron que el aumento de la cobertura de arbustos favorece las poblaciones de *Isoodon obesulus* Shaw (bandicoot marrón), *Perameles nasuta* Geoffroy (bandicoot de nariz larga) y *Felis catus* Linnaeus (gato doméstico). Sin embargo, estas poblaciones disminuyeron a un ritmo más rápido en contraste con la disminución de la cobertura arbustiva. Por otra parte las poblaciones de *Potorous tridactylus* Kerr (canguro rata de hocico largo) aumentaron con un dosel arbóreo cerrado; sin embargo, este mismo atributo de la estructura de la vegetación mantiene una asociación negativa con *Vulpes vulpes* Linnaeus (zorro rojo).

Hradsky *et al.* (2015) refieren que la expansión del arbusto *Kunzea leptospermoides* F. Muell., en Australia, altera la estructura forestal y se asocia con la presencia de árboles muertos y escombros leñosos gruesos. Sin embargo, no encontraron evidencia de que estos cambios estructurales tuvieran un efecto en los mamíferos.

Objetivo general

- Determinar los atributos estructurales de la vegetación que influyen en la abundancia relativa de mamíferos medianos en un bosque de pino e izotal.

Objetivos particulares

- Estimar la riqueza, estructura, diversidad alfa y semejanza florística de un bosque de pino e izotal.
- Estimar la riqueza, abundancia relativa, diversidad alfa y semejanza de los mamíferos medianos presentes en un bosque de pino e izotal.
- Analizar la asociación de los atributos estructurales de la vegetación con la abundancia relativa de mamíferos medianos de un bosque de pino e izotal.

Hipótesis

- Una cobertura vegetal densa provee mejor resguardo y alimentación para la fauna silvestre, entonces, la riqueza, diversidad y abundancia relativa de mamíferos medianos será mayor en zonas con alta densidad y cobertura de árboles, arbustos y herbáceas.

Material y métodos

Zona de estudio

Ubicación geográfica. La zona de estudio se ubica a 1.75 km del ejido El Fuerte de la Unión perteneciente al municipio de Tepeyahualco en el estado de Puebla, México; se localiza entre las coordenadas geográficas 97°34'47.63" a 97°31'57.70" longitud Oeste y 19°23'11.90" a 19°25'08" latitud Norte (Figura 1).

Topografía. La elevación varía de 2 mil 380 a 2 mil 540 msnm entre la ex-hacienda de Soto, el ejido del Fuerte de la Unión y la cabecera municipal de Oriental, abarcando un área total de 897 ha (INEGI, 2000).

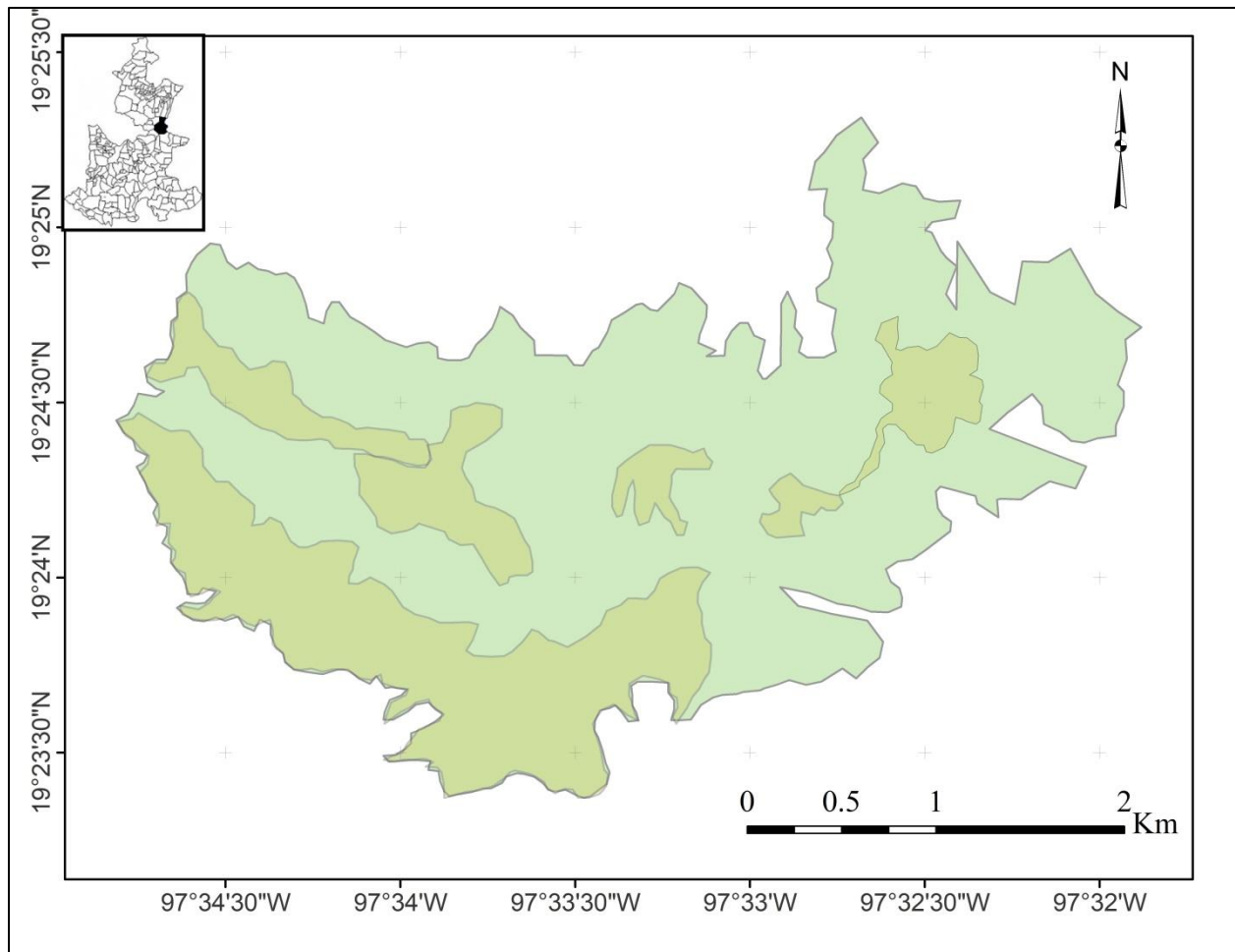


Figura 1. Zona de estudio. Cerro ubicado a 1.75 km del ejido El Fuerte de la Unión en el municipio de Tepeyahualco en Puebla, México. Bosque de *Pinus pseudostrabus* (■); izotal de *Nolina parviflora* (■).

Clima. La precipitación media anual es de 449 mm (CONAGUA, 2016). La temporada lluviosa (mayo-junio) abarca de 30 a 59 días con una precipitación de 475 mm; temperatura mínima de 9 °C y máxima de 21-24 °C (INEGI, 2016). En la temporada de estiaje (noviembre-abril) ocurren ligeras precipitaciones que oscilan entre 50-70 mm, temperatura máxima de 18-21°C y mínima de 0-3 °C; suceden algunas heladas durante noviembre a febrero (INEGI, 1984a).

Geología. La zona se encuentra formada en lo fundamental por rocas ígneas extrusivas; principalmente basalto que forma la ladera sureste, sur y suroeste entre 2,400 y 2,500 m de altitud INEGI (1984b).

Suelos: Los suelos que predominan son Feozem calcárico y Regosol eútrico con clase textural arenosa. En la ladera sureste, sur y suroeste se registra Litosol con Feozem háplico (INEGI, 1983a).

Vegetación y uso de la tierra. Predominan dos tipos de vegetación, bosque de *Pinus pseudostrobus* Brongn., e izotal dominado por *Nolina parviflora* (Kunth) Hemsl., que se encuentran mezclados en pequeños parches. En ambos ecosistemas hay presencia de pastizales naturales e inducidos y zonas aprovechadas para agricultura de temporal y riego. Existen escorrentías temporales que son más abundantes en la ladera sur (INEGI, 1983b).

Tipos de vegetación y unidades de muestreo

Se revisó la carta de uso de suelo y vegetación elaborada por INEGI (1983b), y con ayuda de imágenes de Google Earth® se delimitaron las zonas con los dos tipos de vegetación: bosque de *Pinus pseudostrobus* e izotal de *Nolina parviflora*, los cuales tienen una extensión de 602 y 295 ha, respectivamente. Para corroborar que las zonas correspondieran con los mapas se realizó un recorrido en el área.

Las unidades de muestreo se establecieron cada 500 m, con un inicio al azar y después de manera sistemática. Una unidad de muestreo (UM) estuvo representada por una UM para el estrato alto, cuatro para el estrato medio y cuatro para el estrato bajo; además de una estación olfativa y un transecto de longitud variable (las dimensiones de las unidades de muestreo y transectos se especifican más adelante).

Los registros en cada unidad de muestreo se hicieron dos veces, uno en época de lluvia (20 al 29 de agosto, 09 al 12 de octubre y del 16 al 19 de octubre de 2017) y el segundo en época de estiaje (28 de enero al 01 de febrero y del 04 al 08 de febrero de 2018).

Caracterización ecológica

Una caracterización ecológica se llevó a cabo en cada unidad de muestreo y se registraron los siguientes datos:

- Tipo de vegetación: De acuerdo a la clasificación de Miranda y Hernández-X (2014).
- Posición topográfica en el terreno. Barranca, galería, ladera alta, media o baja.
- Exposición. Se anotó la ubicación de la unidad de muestreo con respecto a los puntos cardinales: Norte (N), Noreste (NE), Este (E), Sureste (SE), Sur (S), Suroeste (SW), Oeste (W) y Noroeste (NW) con ayuda de una brújula.
- Relieve. Se registró si el terreno es ondulado, poco, medio o muy accidentado.
- Pendiente. Se calculó, con un clinómetro, el grado de inclinación del terreno con respecto a la horizontal.
- Material fino desnudo, gravas y rocas desnudas, vegetación. Se registró el porcentaje (%) de los parámetros mencionados expuesto a la vista en un cuadro de 100 m².

Registro de flora

Muestreo por estratos

El muestreo del estrato alto, medio y bajo se hizo con el método de unidades de muestreo jerárquicas: 1000 m², 16 m² y 1 m² como lo recomienda Mostacedo y Fredericksen (2000) y CONAFOR (2011).

Se consideraron 36, 136 y 136 unidades de muestreo para el estrato alto, medio y bajo, respectivamente. Las unidades de muestreo se distribuyeron de la siguiente forma.

- Bosque de *Pinus pseudostrobus*: Se establecieron 17, 66 y 63 unidades de muestreo para el estrato alto, medio y bajo, respectivamente.
- Izotal de *Nolina parviflora*: Se establecieron 19, 70 y 73 unidades de muestreo para el estrato alto, medio y bajo, respectivamente.

Estrato alto. Para cada especie se registró la densidad, frecuencia y cobertura; además, a cada uno de los individuos arbóreos se les midió la altura y perímetro a la altura del pecho. Después a través de la fórmula del círculo se estimó el diámetro a la altura al pecho (DAP). Se colectó y prensó material botánico para determinación taxonómica.

Estrato medio y bajo. Se determinó la densidad, frecuencia, altura y cobertura de todas las especies y se recolectó material botánico para su determinación taxonómica.

La densidad se obtuvo por el recuento de individuos de cada especie dentro de la unidad muestreada. La frecuencia se estimó al registrar la presencia de las especies en cada unidad de muestro. La cobertura, se evaluó mediante la medición del radio de la copa de árboles, arbustos y herbáceas a lo largo y ancho; luego se calculó el promedio por cada individuo y a través de la fórmula del área del círculo se obtuvo la cobertura. Más adelante se describen las ecuaciones para la estimación de estos atributos. Además se tomaron fotografías de cada una de las especies, con lo cual se elaboró un catálogo florístico.

Determinación de especies y cotejo de ejemplares

La determinación taxonómica de las especies recolectadas en campo se hizo en el herbario Hortorio CHAPA del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, por medio de bibliografía especializada; los ejemplares determinados se cotejaron con especímenes depositados en los herbarios CHAPA, FEZA de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza y el herbario nacional de México del Instituto de Biología MEXU.

La ortografía correcta de los nombres científicos y las autoridades de las especies se validaron con la base de datos de Tropicos Missouri Botanical Garden (<http://www.tropicos.org/> consultado en abril de 2018).

Cálculo de atributos ecológicos

El cálculo de los atributos ecológicos en cada estrato de los dos tipos de vegetación, se efectuó con las siguientes fórmulas (Mostacedo y Fredericksen, 2000):

a) Densidad absoluta

$$\text{Densidad absoluta} = \frac{\text{No. de individuos de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

b) Densidad relativa

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{densidad de una especie}}{\text{densidad total de las especies}} \times 100$$

c) Dominancia absoluta

$$\text{Dominancia absoluta} = \frac{\text{cobertura de una especie}}{\text{área muestreada}}$$

d) Dominancia relativa

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{\text{cobertura de una especie}}{\text{cobertura total de las especies}} \times 100$$

e) Frecuencia absoluta

$$\text{Frecuencia absoluta} = \frac{\text{No. de ocurrencia de una especie}}{\text{No. total de sitios muestreados}}$$

f) Frecuencia relativa

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{frecuencia de una especie}}{\text{frecuencia total de las especies}} \times 100$$

g) Valor de importancia relativo

$$\text{VIR} = \frac{\text{Densidad relativa} + \text{Dominancia relativa} + \text{Frecuencia relativa}}{3}$$

Registro de mamíferos

Transectos

Se establecieron nueve transectos generales con una orientación norte-sur y equidistantes 500 m, que cruzaban por ambos tipos de vegetación, por lo que la transición de un tipo de vegetación a otro, se consideró como un transecto independiente; de esta forma se obtuvieron 28 transectos de longitud variable, 16 para el bosque de *Pinus pseudostrubus* y 12 para el izotal de *Nolina parviflora* (Figura 2, Cuadro 1). Los rastros se registraron en una amplitud máxima de dos metros a cada lado de la línea central del transecto, con base en las recomendaciones de Chinchilla (1994), Chiarello (1999), Gonzáles (2011) y López *et al.* (2011).

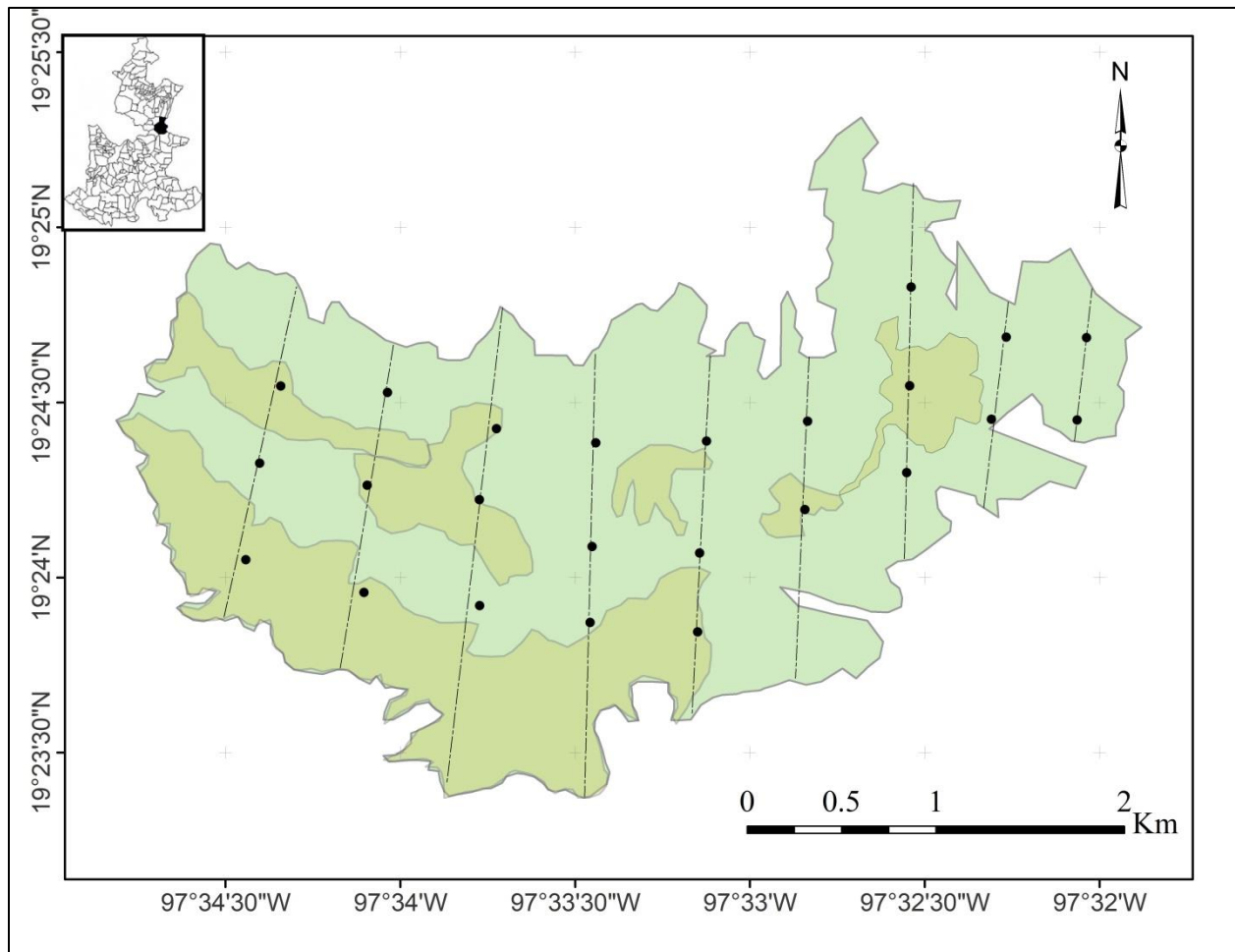


Figura 2. Transectos y unidades de muestreo en donde se colocaron las estaciones olfativas en la zona de estudio. Bosque de *Pinus pseudostrubus* (■); izotal de *Nolina parviflora* (■); transecto (---); unidades de muestreo (•).

Cuadro 1. Características de los transectos establecidos en el bosque de *Pinus pseudostrobus* (BP) e izotal de *Nolina parviflora* (Iz).

Transecto	Longitud (km)	
	BP	Iz
1	0.41	0.37
2	0.38	0.63
3	0.46	0.40
4	0.42	0.47
5	0.52	0.19
6	0.33	0.24
7	0.40	0.86
8	1.48	0.87
9	0.49	0.09
10	0.52	0.68
11	0.68	0.26
12	0.75	0.47
13	0.86	-----
14	0.66	-----
15	1.90	-----
16	0.81	-----
Total	11.07	5.53

Colecta de rastros

Los rastros (huellas, excretas, restos óseos y alimentos mordidos) se registraron o recolectaron en cada transecto. Cada se fotografió, se midieron (largo y ancho) y se recolectaron en bolsas de estraza, donde se anotó el número de muestra de transecto, fecha y nombre del recolector. Para las huellas se tomaron negativos con yeso odontológico con el método propuesto por Chinchilla (1994) y Aranda (2012). En el caso de las excretas recolectadas se expusieron a secado en el sol para evitar el desarrollo de hongos y bacterias.

Muestreo por estaciones olfativas

Se colocaron 48 estaciones olfativas, separadas 500 m una de otra, en los mismos sitios donde se tomaron los datos de la vegetación. Cada estación olfativa se elaboró en un área de 1 m² previa eliminación de rocas, hojarasca y materia orgánica; después se tamizó tierra en toda el área limpia con ayuda de malla mosquitera con el fin de que las partículas fueran muy finas y ayuden a la impresión de huellas (Rodríguez-Mazzini, 1996). En el centro de las estaciones se colocó un atrayente olfativo (whiskas® y pedigree® en sobre), (Figura 3). Las estaciones se revisaron dos días después de colocadas; las huellas obtenidas se fotografiaron y se obtuvo un negativo con yeso odontológico.



Figura 3. Elaboración de una estación olfativa. En la fotografía aparece el Sr. Mauricio Castillo García, habitante del poblado El Fuerte de la Unión.

Registro por pelos de guardia

El método descrito por Vallejo-Fernández (2013) fue utilizado para la recolecta de los pelos de guardia. En cada transecto, madriguera y echadero se recolectaron pelos de guardia, se colocaron fragmentos de cinta adhesiva expuesta sobre el piso y paredes de la madriguera; luego la cinta adhesiva con el material recolectado se colocó en bolsas enceradas y etiquetadas para su análisis en el laboratorio.

El registro de los pelos de guardia en heces se hizo con la técnica de separación de componentes de las excretas, descrita por Aranda *et al.* (1995), la cual consiste en lavar las muestras con agua corriente y jabón líquido, dejar reposar por 24 horas para que los componentes se separen y después enjuagar el material en tamices con distintas aberturas.

Las muestras limpias se colocaron en una caja petri para separar con ayuda de pinzas y agujas de disección todos los componentes como pelos, huesos y materia vegetal. En este caso particular se obtuvieron los pelos de guardia; para su determinación se siguió la técnica descrita por Monroy-Vilchis y Rubio-Rodríguez (2003), en donde se observaron los pelos en el microscopio estereoscopio y se registró la longitud y tonalidades del bandeo (claro-oscuro). Luego se sumergieron en xilol absoluto por cuatro días con el objetivo de que se aclararan y poder observar su médula.

Terminado el proceso, se hicieron las preparaciones en portaobjetos y se montó el pelo en bálsamo de Canadá como fijador. Una vez secas las preparaciones, se caracterizó y fotografió la médula de cada pelo bajo microscopio óptico con 400 aumentos.

Determinación de rastros de las especies y cotejo

La identificación de huellas, excretas, comederos y restos óseos se realizó con los catálogos de Ceballos y Oliva (2005), Coates-Estrada y Estrada (1986), Navarro y Muñoz (2000), y Aranda (2012). La identificación de pelos de guardia se llevó a cabo con las claves y comparación de los manuales de Arita (1985), Monroy-Vilchis y Rubio-Rodríguez (1999 y 2003), Baca y Sánchez-Cordero (2004), Monroy-Vilchis *et al.* (2005) y Pech-Canché *et al.* (2009).

Los nombres científicos y las autoridades de las especies se cotejaron de acuerdo con Ceballos y Arroyo (2012).

Estimación de riqueza e Índices de diversidad para flora y mamíferos

Riqueza florística. Se construyó una matriz de presencia/ausencia de las especies registradas y con el programa EstimateSwin9.1.0 se obtuvieron gráficas de curvas de acumulación de especies. Con el mismo software se estimó la riqueza máxima de especies en el bosque de *Pinus pseudostrobus* e izotal de *Nolina parviflora* de acuerdo a los índices no paramétricos Jackknife 1 y Chao 2 como lo recomienda Moreno (2001) y López-Gómez y Williams-Linera (2006).

Aunado a lo anterior también se utilizó el estimador Bootstrap debido a que no toma en cuenta la proporción de unidades de muestreo que contiene cada especie, lo cual es útil en áreas cuyas dimensiones y unidades de muestreo son diferentes.

Diversidad alfa. Se obtuvo el total de individuos-rastros (para flora y fauna respectivamente) en el bosque de *Pinus pseudostrobus* e izotal de *Nolina parviflora* y se calculó la diversidad alfa con el índice estructural de Shannon-Wiener (Zacarías-Eslava y del Castillo, 2010). Se utilizó la fórmula:

$$H' = \sum p_i \cdot \ln(p_i)$$

Dónde:

H' = Diversidad alfa

p_i = Número de individuos de una especie / número total de individuos

Además se determinó la diversidad alfa máxima con la siguiente fórmula:

$$H'_{\text{máx.}} = \ln(S)$$

Dónde

$H'_{\text{máx.}}$ = Diversidad alfa máxima

S = Número total de especies

Los valores del índice de Shannon-Wiener adquieren valores entre 0 (cero), cuando hay solo una especie, y el logaritmo natural de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos.

Semejanza florística y de mamíferos. Con el índice de Jaccard se elaboró una matriz de semejanza entre las zonas muestreadas, como lo recomienda Raucha-González *et al.* (2013) para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$IJ = \frac{c}{a + b + c}$$

Dónde:

a = Número de especies exclusivas de la zona a.

b = Número de especies exclusivas de la zona b.

c = Número de especies compartidas.

Los valores del índice de Jaccard varían de cero cuando las zonas de estudio no comparten especies, hasta uno cuando las dos zonas tienen la misma composición de especies.

Índice de abundancia relativa. Este índice sólo se aplica en este estudio a la fauna y se calculó con la siguiente fórmula (González-Romero, 2011).

$$IAR = \frac{\text{Número de rastros}}{\text{km recorrido}}$$

Asociación de la estructura de la vegetación con mamíferos

Los datos recabados fueron sujetos a una prueba de normalidad Shapiro–Wilk; debido a que los datos no presentan distribución normal, se empleó el análisis de varianza Kruskal Wallis para analizar la existencia de diferencias significativas en los atributos de la vegetación de los tres estratos (densidad, cobertura, altura y riqueza) entre el bosque de *Pinus pseudostrobus* e izotal de *Nolina parviflora*.

La asociación que existe entre la estructura de la vegetación y la abundancia relativa de mamíferos se analizó de la manera siguiente: en un principio se construyeron tres matrices, las primeras dos contienen la densidad, cobertura, altura y riqueza del estrato alto, medio y bajo para cada tipo de vegetación; cada una de estas, se relacionó con la tercera matriz que presenta el número de rastros registrados en cada una de las unidades de muestreo. La correlación se realizó con el método no paramétrico de Spearman (Zarco-Mendoza, 2000; Hernández-Díaz *et al.*, 2012). Todos los análisis descritos se efectuaron con el software InfoStat (Di Rienzo *et al.*, versión 2017).

Los resultados de la correlación oscilan entre menos uno (-1) y más uno (+1), indicándonos asociaciones negativas o positivas, cero (0), significa no correlación, pero no independencia.

Resultados

Riqueza florística

La riqueza florística registrada en el bosque de *Pinus pseudostrobus* fue de 79 especies. Los estimadores Jackknife 1, Chao 2 y Bootstrap indican una riqueza máxima que varía de 92 a 125 especies, por lo que el promedio de eficiencia de muestreo es 74%.

El izotal dominado por *Nolina parviflora* tuvo una riqueza florística de 86 especies. Los estimadores Jackknife 1, Chao 2 y Bootstrap indican una riqueza máxima que varía de 101 a 123 especies (Figura 4), por lo que el promedio de eficiencia de muestreo es 75%.

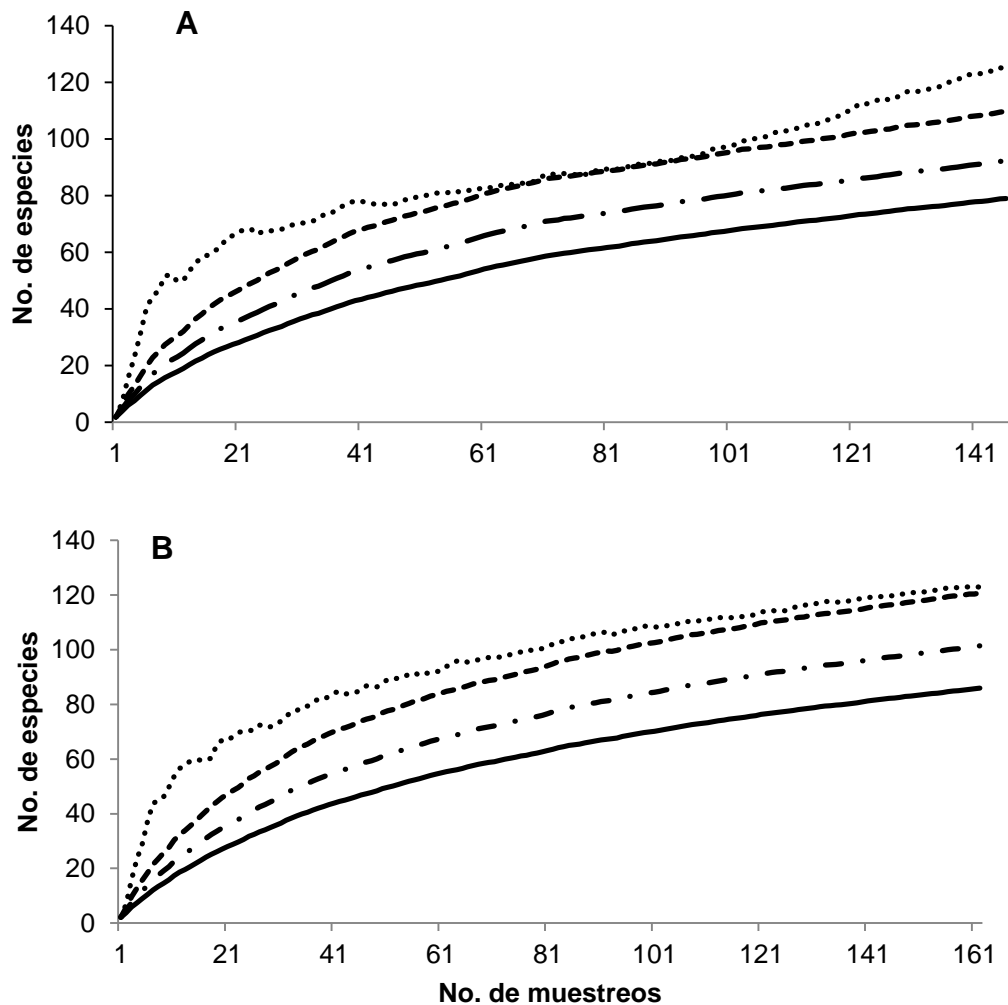


Figura 4. Riqueza florística observada y estimada. Bosque de *Pinus pseudostrobus* (A); izotal de *Nolina parviflora* (B). Riqueza observada (—); Jack 1 (---); Chao 2 (·····); Bootstrap (—·).

Composición florística

El Cuadro 2 muestra la composición florística del bosque de *Pinus pseudostrobus* e izotal de *Nolina parviflora*, en donde se observa una riqueza florística total de 111 especies, pertenecientes a 58 géneros y 37 familias (Anexo A). Las familias mejor representadas son Asteraceae con 20 géneros y 27 especies, le siguen las familias Poaceae con seis géneros, 13 especies y Fabaceae con ocho géneros y 11 especies. En ambos tipos de vegetación se conserva el mismo orden de las familias más representativas.

Cuadro 2. Composición florística. Bosque de *Pinus pseudostrobus* (BP), izotal de *Nolina parviflora* (Iz). Presencia (X) y ausencia () de las especies por tipo de vegetación.

Familias y especies	BP	Iz
Amaranthaceae		
<i>Chenopodium graveolens</i> Willd.		X
Anacardiaceae		
<i>Rhus standleyi</i> F.A. Barkley	X	X
Apiaceae		
<i>Eryngium monocephalum</i> Cav.	X	
Apocynaceae		
<i>Metastelma angustifolium</i> Turcz.	X	
Asparagaceae		
<i>Agave kerchovei</i> Lem.	X	
<i>Agave potatorum</i> Zucc.		X
<i>Agave salmiana</i> Otto ex Salm-Dyck		X
<i>Dasyllirion lucidum</i> Rose	X	X
<i>Echeandia gracilis</i> Cruden	X	X
<i>Milla biflora</i> Cav.		X
<i>Nolina parviflora</i> (Kunth) Hemsl.	X	X
<i>Yucca periculosa</i> Baker	X	X

Cuadro 2. Continuación.

Familias y especies	BP	Iz
Asteraceae		
<i>Ageratina calaminthifolia</i> (Kunth) R.M. King & H. Rob.	X	X
<i>Ageratina schaffneri</i> (Sch. Bip. ex B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.	X	X
<i>Ageratina wrightii</i> (A. Gray) R.M. King & H. Rob.	X	X
<i>Ageratum paleaceum</i> (Gay ex DC.) Hemsl.		X
<i>Aster gymnocephalus</i> (DC.) A. Gray	X	
<i>Baccharis conferta</i> Kunth		X
<i>Bahia pringlei</i> Greenm.	X	X
<i>Bidens bigelovii</i> A. Gray	X	X
<i>Chrysactinia mexicana</i> A. Gray	X	X
<i>Dahlia merckii</i> Lehm.	X	
<i>Erigeron delphinifolius</i> Willd.	X	X
<i>Erigeron galeottii</i> (A. Gray) Greene	X	
<i>Flaveria angustifolia</i> (Cav.) Pers.	X	X
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	X	
<i>Gnaphalium arizonicum</i> A. Gray	X	
<i>Hymenoxys chrysanthemoides</i> (Kunth) DC.		X
<i>Psacalium sinuatum</i> (Cerv.) H. Rob. & Brettell	X	X
<i>Sanvitalia procumbens</i> Lam.		X
<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill		X
<i>Stevia elatior</i> Kunth		X
<i>Stevia eupatoria</i> (Spreng.) Willd.	X	
<i>Stevia serrata</i> Cav.	X	
<i>Tagetes coronopifolia</i> Willd.	X	
<i>Tagetes linifolia</i> Seaton	X	
<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg.	X	
<i>Tridax coronopifolia</i> (Kunth) Hemsl.		X
<i>Tridax luisana</i> Brandegees		X
Brassicaceae		
<i>Eruca sativa</i> Mill.	X	
Bromeliaceae		
<i>Tillandsia recurvata</i> (L.) L.	X	
<i>Tillandsia usneoides</i> (L.) L.	X	

Cuadro 2. Continuación.

Familias y especies	BP	Iz
Cactaceae		
<i>Mammillaria discolor</i> Haw.		X
<i>Mammillaria magnimamma</i> Haw.		X
<i>Opuntia robusta</i> H.L. Wendl. ex Pfeiff.	X	X
<i>Opuntia</i> sp. Mill	X	X
Caryophyllaceae		
<i>Arenaria lycopodioides</i> Willd. ex D.F.K. Schltld.	X	
Commelinaceae		
<i>Commelina pallida</i> Willd.		X
Convolvulaceae		
<i>Ipomoea stans</i> Cav.	X	X
Crassulaceae		
<i>Echeveria mucronata</i> Schltld.		X
Cupressaceae		
<i>Juniperus deppeana</i> Steud.	X	X
Cyperaceae		
<i>Cyperus manimae</i> Kunth		X
Ericaceae		
<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth		X
<i>Comarostaphylis polifolia</i> (Kunth) Zucc. ex Klotzsch	X	X
Euphorbiaceae		
<i>Acalypha phleoides</i> Cav.	X	X
<i>Croton dioicus</i> Cav.	X	X
<i>Euphorbia serpens</i> Kunth		X

Cuadro 2. Continuación.

Familias y especies	BP	Iz
Fabaceae		
<i>Astragalus mollissimus</i> Torr.	X	X
<i>Brongniartia discolor</i> Brandegee		X
<i>Dalea bicolor</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	X	X
<i>Dalea melantha</i> S. Schauer	X	X
<i>Dalea versicolor</i> Zucc.	X	X
<i>Lotus oroboides</i> (Kunth) Ottley	X	
<i>Lupinus leptophyllus</i> Cham. & Schldl.		X
<i>Macroptilium atropurpureum</i> (Moc. & Sessé ex DC.) Urb.		X
<i>Macroptilium gibbosifolium</i> (Ortega) A. Delgado	X	X
<i>Mimosa texana</i> (A. Gray) Small		X
<i>Phaseolus coccineus</i> L.	X	
Fagaceae		
<i>Quercus greggii</i> (A. DC.) Trel.		X
<i>Quercus rugosa</i> Née	X	X
<i>Quercus x dysophylla</i> Benth.	X	X
Geraniaceae		
<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér. ex Aiton	X	X
<i>Geranium cruceroense</i> R. Knuth	X	X
Iridaceae		
<i>Tigridia ehrenbergii</i> (Schldl.) Molseed	X	
Lamiaceae		
<i>Salvia helianthemifolia</i> Benth.	X	
<i>Salvia laevis</i> Benth.		X
<i>Salvia melissodora</i> Lag.	X	
<i>Salvia microphylla</i> Kunth	X	X
<i>Salvia thymoides</i> Benth.	X	X
<i>Salvia venturana</i> B.L. Turner	X	X
Nyctaginaceae		
<i>Allionia choisyi</i> Standl.	X	X

Cuadro 2. Continuación.

Familias y especies	BP	Iz
Onagraceae		
<i>Oenothera suffrutescens</i> (Ser.) W.L. Wagner & Hoch	X	
Orchidaceae		
<i>Deiregyne eriophora</i> (B.L. Rob. & Greenm.) Garay		X
<i>Hexalectris grandiflora</i> (A. Rich. & Galeotti) L.O. Williams	X	
Orobanchaceae		
<i>Castilleja tenuiflora</i> Benth.		X
Oxalidaceae		
<i>Oxalis divergens</i> Benth. ex Lindl.		X
<i>Oxalis pes-caprae</i> L.	X	
Plantaginaceae		
<i>Penstemon barbatus</i> (Cav.) Roth		X
Pinaceae		
<i>Pinus pseudostrobus</i> Brongn.	X	X
Poaceae		
<i>Achnatherum constrictum</i> (Hitcch.) Valdés-Reyna & Barkworth	X	X
<i>Aristida laxa</i> Cav.	X	X
<i>Aristida schiedeana</i> Trin. & Rupr.	X	X
<i>Bouteloua gracilis</i> (Kunth) Lag. ex Griffiths	X	X
<i>Jarava ichu</i> Ruiz & Pav.	X	X
<i>Muhlenbergia dubia</i> E. Fourn.	X	X
<i>Muhlenbergia glabrata</i> (Kunth) Trin.	X	X
<i>Muhlenbergia longiligula</i> Hitcch.	X	X
<i>Muhlenbergia macroura</i> (Kunth) Hitcch.	X	X
<i>Muhlenbergia montana</i> (Nutt.) Hitcch.	X	X
<i>Muhlenbergia rigida</i> (Kunth) Kunth	X	X
<i>Piptochaetium brevicalyx</i> (E. Fourn.) Ricker	X	X
<i>Piptochaetium virescens</i> (Kunth) Parodi	X	X

Cuadro 2. Continuación

Familias y especies	BP	Iz
Polemoniaceae		
<i>Loeselia caerulea</i> (Cav.) G. Don	X	X
Rhamnaceae		
<i>Ceanothus greggii</i> A. Gray	X	X
Rosaceae		
<i>Amelanchier denticulata</i> (H.B.K.) Koch.	X	X
Rubiaceae		
<i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schltldl.	X	X
Scrophulariaceae		
<i>Buddleja cordata</i> Kunth		X
<i>Buddleja perfoliata</i> Kunth		X
Solanaceae		
<i>Solanum douglasii</i> Dunal	X	X
<i>Solanum nigrescens</i> M. Martens & Galeotti	X	X
Verbenaceae		
<i>Verbena elegans</i> Kunth		X
Total de especies	79	86

Caracterización ecológica y estructura del bosque de *Pinus pseudostrobus*

Este bosque tiene una extensión de 602 ha en el área de estudio, se ubica entre los 2 mil 380 a 2 mil 540 msnm, con exposiciones N, NW, W, SW, S, SE, E y NE, con microrelieve ondulado y pendientes de cinco a 65%. En la superficie del suelo la vegetación cubre 40%, el material fino y suelo desnudo abarca casi un 10%, la hojarasca un 45% y gravas y rocas el cinco por ciento. En todo el bosque hay vestigios de que han ocurrido incendios forestales, inclusive en diciembre de 2017 se suscitó una perturbación de este tipo en la ladera con exposición NW (Figura 5).

Estrato alto (Figura 6). La altura promedio total es de 3.9 m (intervalo 0.4-18 m), cabe destacar que *Pinus pseudostrobus* presenta una altura promedio de 7.47 m. La densidad arbórea es de 210 individuos•ha⁻¹. Este estrato está compuesto por seis especies, de las cuales, *Pinus pseudostrobus* y *Nolina parviflora* son dominantes (83%) y representan más de 70% del valor de importancia relativa (46.39 y 28.27%). La mayoría de individuos de *P. pseudostrobus* cercanos a las parcelas de cultivo, presentan heridas en su fuste principal producto del ocoteo, además los conos femeninos de esta especie son recolectados para uso propio o para su posterior venta como leña. Es preciso mencionar la presencia de dos epífitas: *Tillandsia usneoides* y *T. recurvata* con una densidad de 23 y cinco individuos•ha⁻¹, que son recolectadas por la comunidad para su posterior venta como arreglo en época navideña (Cuadro 3). También se notó la presencia de individuos de *Pinus cembroides* Zucc. en algunas parcelas de cultivo que se encuentran en medio del bosque y que fueron sembradas en el mismo período en el que ocurrían los muestreos, por lo cual dicha especie no se tomó en cuenta para los análisis del presente estudio.



Figura 5. Bosque de *Pinus pseudostrobus* incendiado.



Figura 6. Estrato alto del bosque de *Pinus pseudostrobus*.

Cuadro 3. Estructura del estrato alto en el bosque de *Pinus pseudostrobus*. VIR (Valor de Importancia Relativo).

Especie	Altura	Densidad absoluta	Frecuencia absoluta	Dominancia absoluta	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	VIR
	m	No. ind/1000m ²	No. ocurr. /No. mues.	cobertura aérea/1000m ²	----- % -----			
<i>Pinus pseudostrobus</i>	7.47	6.59	0.76	268.66	35.90	26.53	76.75	46.39
<i>Nolina parviflora</i>	3.08	8.65	0.88	24.77	47.12	30.61	7.08	28.27
<i>Juniperus deppeana</i>	3.27	1.47	0.82	19.10	8.01	28.57	5.46	14.01
<i>Quercus x dysophylla</i>	4.88	1.29	0.29	29.90	7.05	10.20	8.54	8.60
<i>Quercus rugosa</i>	2.70	0.29	0.06	7.58	1.60	2.04	2.16	1.94
<i>Yucca periculosa</i>	2.00	0.06	0.06	0.01	0.32	2.04	0.00	0.79
		18.35	2.88	350.02	100	100	100	100

Estrato medio (Figura 7). Poco conspicuo, presenta una riqueza de 23 especies. La altura promedio es de 0.8 m (intervalo 0.2-1.8 m). La densidad en este estrato es de seis individuos•16m⁻². (3 mil 568 individuos•ha⁻¹). Más del 50% del valor de importancia relativo lo conforman cinco especies *Dalea melantha* (19.10%), *Bouvardia ternifolia* (17.92%), *Ageratina calaminthifolia* (8.49%), *Chrysactinia mexicana* (6.76%) y *Salvia thymoides* (5.7%, Cuadro 4). La especie *C. mexicana* conocida en la región como “jicapa” se utiliza en infusión para degustar.



Figura 7. Estrato medio del bosque de *Pinus pseudostrabus*.

Cuadro 4. Estructura del estrato medio en el bosque de *Pinus pseudostrabus* VIR (Valor de Importancia Relativo).

Especie	Altura	Densidad absoluta	Frecuencia absoluta	Dominancia absoluta	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	VIR
	m	No. ind / 16m ²	No. ocurr. /No. mues.	cobertura aérea /16m ²	----- % -----			
<i>Dalea melantha</i>	0.54	1.26	0.36	0.37	22.02	18.18	17.09	19.10
<i>Bouvardia ternifolia</i>	0.81	1.38	0.41	0.20	24.14	20.45	9.18	17.92
<i>Ageratina calaminthifolia</i>	1.42	0.36	0.11	0.30	6.37	5.30	13.80	8.49
<i>Chrysactinia mexicana</i>	0.38	0.56	0.18	0.03	9.81	9.09	1.36	6.76
<i>Salvia thymoides</i>	0.76	0.27	0.06	0.20	4.77	3.03	9.30	5.70
<i>Ceanothus greggii</i>	1.63	0.09	0.06	0.26	1.59	3.03	12.14	5.59
<i>Dalea versicolor</i>	0.51	0.38	0.12	0.07	6.63	6.06	3.37	5.35
<i>Dalea bicolor</i>	0.41	0.32	0.06	0.12	5.57	3.03	5.71	4.77
⊗ <i>Amelanchier denticulata</i>	1.70	0.09	0.08	0.15	1.59	3.79	6.90	4.09
<i>Salvia melissodora</i>	0.88	0.09	0.03	0.11	1.59	1.52	5.09	2.73
<i>Ageratina wrightii</i>	0.90	0.11	0.06	0.05	1.86	3.03	2.41	2.43
<i>Agave kerchovei</i>	0.51	0.12	0.03	0.08	2.12	1.52	3.57	2.40
<i>Dasyllirion lucidum</i>	1.58	0.09	0.06	0.05	1.59	3.03	2.41	2.34
<i>Rhus standleyi</i>	0.91	0.08	0.06	0.05	1.33	3.03	2.31	2.22
<i>Salvia venturana</i>	0.78	0.09	0.06	0.02	1.59	3.03	0.78	1.80
<i>Ipomoea stans</i>	0.86	0.06	0.05	0.03	1.06	2.27	1.50	1.61
<i>Opuntia robusta</i>	0.64	0.06	0.06	0.01	1.06	3.03	0.51	1.53
<i>Opuntia</i> sp.	0.40	0.11	0.05	0.01	1.86	2.27	0.30	1.48
<i>Salvia microphylla</i>	0.54	0.08	0.05	0.02	1.33	2.27	0.78	1.46
<i>Stevia eupatoria</i>	0.50	0.05	0.02	0.02	0.80	0.76	0.78	0.78
<i>Ageratina schaffneri</i>	0.73	0.05	0.02	0.01	0.80	0.76	0.50	0.68
<i>Comarostaphylis polifolia</i>	0.65	0.02	0.02	0.00	0.27	0.76	0.21	0.41
<i>Flaveria angustifolia</i>	0.30	0.02	0.02	0.00	0.27	0.76	0.01	0.34
Total		5.71	2	2.15	100	100	100	100

Estrato bajo (Figura 8). Es el estrato con mayor cobertura, e incluye 48 especies. La altura promedio es de 0.44 m (intervalo 0.04-1.60 m). La densidad es de cuatro individuos•m⁻² (40 mil individuos•ha⁻¹). Las especies más conspicuas y que en conjunto superan el 50% del valor de importancia relativo pertenecen a la familia Poaceae, entre ellas *Muhlenbergia montana*, *M. dubia*, *Jarava ichu*, *M. macroura*, *Piptochaetium brevicalyx*, *M. rigida* y *P. virescens* (15.3, 7.47, 6.76, 6.18, 5.49, 4.9 y 4.86%). Las otras especies tienen valores de importancia relativo por debajo de cuatro por ciento. Se registró la presencia de una orquídea *Hexalectris grandiflora* (Cuadro 5).



Figura 8. Estrato bajo del bosque de *Pinus pseudostrabus*. El cuadro tiene un área de 1 m².

Cuadro 5. Estructura del estrato bajo en el bosque de *Pinus pseudostrobus*. VIR (Valor de Importancia Relativo).

Especie	Altura	Densidad absoluta	Frecuencia absoluta	Dominancia absoluta	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	VIR
	m	No. ind / 1m ²	No. ocurr. /No. mues.	cobertura aérea /1m ²	----- % -----			
<i>Muhlenbergia montana</i>	0.73	0.54	0.24	0.36	13.71	12.00	20.21	15.30
<i>Muhlenbergia dubia</i>	0.86	0.19	0.08	0.24	4.84	4.00	13.56	7.47
<i>Jarava ichu</i>	0.95	0.16	0.13	0.18	4.03	6.40	9.86	6.76
<i>Muhlenbergia macroura</i>	0.71	0.22	0.08	0.16	5.65	4.00	8.90	6.18
<i>Piptochaetium brevicalyx</i>	0.81	0.29	0.10	0.08	7.26	4.80	4.40	5.49
<i>Muhlenbergia rigida</i>	0.74	0.10	0.06	0.16	2.42	3.20	9.08	4.90
<i>Piptochaetium virescens</i>	0.84	0.14	0.08	0.12	3.63	4.00	6.95	4.86
<i>Eryngium monocephalum</i>	0.77	0.14	0.10	0.05	3.63	4.80	3.00	3.81
<i>Aristida schiedeana</i>	0.28	0.22	0.06	0.03	5.65	3.20	1.74	3.53
<i>Galinsoga parviflora</i>	0.12	0.29	0.05	0.01	7.26	2.40	0.51	3.39
<i>Achnatherum constrictum</i>	0.39	0.10	0.05	0.06	2.42	2.40	3.48	2.76
<i>Arenaria lycopodioides</i>	0.14	0.16	0.05	0.01	4.03	2.40	0.40	2.28
<i>Loeselia caerulea</i>	0.20	0.11	0.06	0.01	2.82	3.20	0.68	2.23
<i>Bahia pringlei</i>	0.20	0.10	0.06	0.01	2.42	3.20	0.46	2.03
<i>Muhlenbergia longiligula</i>	1.00	0.03	0.02	0.08	0.81	0.80	4.25	1.95
<i>Oenothera suffrutescens</i>	0.40	0.13	0.05	0.00	3.23	2.40	0.18	1.93
<i>Geranium cruceroense</i>	0.16	0.08	0.06	0.01	2.02	3.20	0.36	1.86
<i>Tagetes linifolia</i>	0.35	0.06	0.03	0.03	1.61	1.60	1.66	1.63
<i>Stevia serrata</i>	0.49	0.08	0.05	0.01	2.02	2.40	0.41	1.61
<i>Bidens bigelovii</i>	0.23	0.10	0.03	0.01	2.42	1.60	0.42	1.48
<i>Muhlenbergia glabrata</i>	0.60	0.03	0.03	0.03	0.81	1.60	1.64	1.35
<i>Aristida laxa</i>	1.04	0.03	0.03	0.03	0.81	1.60	1.61	1.34
<i>Gnaphalium arizonicum</i>	0.44	0.05	0.05	0.00	1.21	2.40	0.22	1.28
<i>Tagetes coronopifolia</i>	0.30	0.08	0.02	0.00	2.02	0.80	0.19	1.00

Cuadro 5. Continuación.

Especie	Altura	Densidad absoluta	Frecuencia absoluta	Dominancia absoluta	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	VIR
	m	No. ind / 1m ²	No. ocurr. / No. mues.	cobertura aérea /1m ²	----- % -----			
<i>Oxalis pes-caprae</i>	0.06	0.08	0.02	0.00	2.02	0.80	0.11	0.98
<i>Astragalus mollissimus</i>	0.71	0.03	0.03	0.01	0.81	1.60	0.42	0.94
<i>Croton dioicus</i>	0.40	0.02	0.02	0.03	0.40	0.80	1.57	0.92
<i>Macroptilium gibbosifolium</i>	0.23	0.03	0.03	0.00	0.81	1.60	0.11	0.84
<i>Aster gymnocephalus</i>	0.27	0.03	0.03	0.00	0.81	1.60	0.03	0.81
<i>Tigridia ehrenbergii</i>	0.20	0.05	0.02	0.00	1.21	0.80	0.03	0.68
<i>Solanum nigrescens</i>	0.50	0.02	0.02	0.01	0.40	0.80	0.63	0.61
<i>Salvia helianthemifolia</i>	0.40	0.02	0.02	0.01	0.40	0.80	0.57	0.59
<i>Metastelma angustifolium</i>	0.41	0.02	0.02	0.01	0.40	0.80	0.47	0.56
36 <i>Lotus oroboides</i>	0.20	0.02	0.02	0.01	0.40	0.80	0.34	0.51
<i>Solanum douglasii</i>	0.60	0.02	0.02	0.01	0.40	0.80	0.34	0.51
<i>Echeandia gracilis</i>	1.50	0.02	0.02	0.01	0.40	0.80	0.29	0.50
<i>Phaseolus coccineus</i>	0.25	0.02	0.02	0.00	0.40	0.80	0.23	0.48
<i>Psacalium sinuatum</i>	0.40	0.02	0.02	0.00	0.40	0.80	0.18	0.46
<i>Erodium cicutarium</i>	0.09	0.02	0.02	0.00	0.40	0.80	0.15	0.45
<i>Dahlia merckii</i>	0.40	0.02	0.02	0.00	0.40	0.80	0.12	0.44
<i>Bouteloua gracilis</i>	0.25	0.02	0.02	0.00	0.40	0.80	0.06	0.42
<i>Allionia choisyi</i>	0.20	0.02	0.02	0.00	0.40	0.80	0.05	0.42
<i>Hexalectris grandiflora</i>	0.30	0.02	0.02	0.00	0.40	0.80	0.04	0.42
<i>Eruca sativa</i>	0.15	0.02	0.02	0.00	0.40	0.80	0.03	0.41
<i>Taraxacum officinale</i>	0.08	0.02	0.02	0.00	0.40	0.80	0.03	0.41
<i>Erigeron delphinifolius</i>	0.51	0.02	0.02	0.00	0.40	0.80	0.02	0.41
<i>Erigeron galeottii</i>	0.30	0.02	0.02	0.00	0.40	0.80	0.02	0.41
<i>Acalypha phleoides</i>	0.05	0.02	0.02	0.00	0.40	0.80	0.01	0.40
Total		3.94	1.98	1.80	100	100	100	100

Caracterización ecológica y estructura del izotal de *Nolina parviflora*

El izotal cubre una área de 295 ha, se ubica entre los 2 mil 380 a 2 mil 540 msnm, con exposiciones N, NW, W, SW, S, SE, E y NE, con microrelieve principalmente accidentado y pendientes de cinco a 80%. A nivel del suelo la vegetación cubre un 40%, el material fino y suelo desnudo abarca cerca del 20%, la hojarasca 20% y gravas y rocas el 20%. El izotal ha sido favorecido por incendios forestales, por lo cual se advierte en áreas en las cuales antes dominaba *Pinus pseudostrobus*, incluso durante el período de muestreo (diciembre de 2017) se suscitó una perturbación de este tipo en la ladera con exposición NW (Figura 9).

Estrato alto (Figura 10). La altura promedio total es de 3.61 m (intervalo 0.6-15 m). La densidad vegetal es de 220 individuos•ha⁻¹. Este estrato está compuesto por siete especies, de las cuales, *Nolina parviflora* y *Quercus x dysophylla* son las dominantes (61%) y representan más de 67% del valor de importancia relativo (51.12% y 16.13%; Cuadro 6). La madera de las especies *Q. greggii*, *Q. rugosa* y *Q. x dysophylla* son utilizadas en la comunidad para elaborar herramientas para la siembra y cosecha de los cultivos (maíz y alfalfa).



Figura 9. Izotal de *Nolina parviflora* incendiado.



Figura 10. Estrato alto del izotal de *Nolina parviflora*.

Cuadro 6. Estructura del estrato alto en el izotal de *Nolina parviflora*. VIR (Valor de Importancia Relativo).

Especie	Altura	Densidad absoluta	Frecuencia absoluta	Dominancia absoluta	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	VIR
	m	No. ind / 1000m ²	No. ocurr. /No. mues.	cobertura aérea /1000m ²	----- % -----		-----	
<i>Nolina parviflora</i>	3.43	19.11	1.00	63.08	85.41	42.22	25.74	51.12
<i>Quercus x dysophylla</i>	7.80	0.42	0.26	86.75	1.88	11.11	35.39	16.13
<i>Juniperus deppeana</i>	2.58	1.68	0.58	31.11	7.53	24.44	12.69	14.89
<i>Pinus pseudostrobus</i>	9.20	0.74	0.37	52.88	3.29	15.56	21.57	13.47
<i>Quercus greggii</i>	9.50	0.05	0.05	6.46	0.24	2.22	2.64	1.70
<i>Yucca periculosa</i>	4.02	0.32	0.05	1.84	1.41	2.22	0.75	1.46
<i>Quercus rugosa</i>	5.00	0.05	0.05	2.99	0.24	2.22	1.22	1.23
Total		22	2	245	100	100	100	100

Estrato medio (Figura 11). Su cobertura es pobre con relación al estrato alto y bajo; presenta una riqueza de 30 especies. La altura promedio es de 0.94 m (intervalo 0.3-2.2 m). La densidad en este estrato es 5 individuos \cdot 16m⁻² (2 mil 875 individuos \cdot ha⁻¹). Más del 50% del valor de importancia relativo lo conforman cuatro especies *Dalea melantha* (18.48%), *Dasyllirion lucidum* (13.13%), *Dalea versicolor* (11.46%) y *Bouvardia ternifolia* (17.92%; Cuadro 7). Es notable la presencia de *Arbutus xalapensis* y *Comarostaphylis polifolia*, las cuales son comunes en áreas postincendios.



Figura 11. Estrato medio del izotal de *Nolina parviflora*.

Cuadro 7. Estructura del estrato medio en el izotal de *Nolina parviflora*. VIR (Valor de Importancia Relativo).

Especie	Altura	Densidad absoluta	Frecuencia absoluta	Dominancia absoluta	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	VIR
	m	No. ind / 16m ²	No. ocurr. /No. mues.	cobertura aérea /16m ²	----- % -----			
<i>Dalea melantha</i>	0.96	1.04	0.30	0.47	22.67	15.11	17.66	18.48
<i>Dasyilirion lucidum</i>	1.52	0.43	0.29	0.42	9.32	14.39	15.68	13.13
<i>Dalea versicolor</i>	0.56	0.66	0.17	0.30	14.29	8.63	11.45	11.46
<i>Bouvardia ternifolia</i>	0.76	0.83	0.21	0.06	18.01	10.79	2.30	10.37
<i>Mimosa texana</i>	0.91	0.10	0.07	0.29	2.17	3.60	10.93	5.57
<i>Salvia thymoides</i>	0.71	0.26	0.09	0.13	5.59	4.32	5.00	4.97
<i>Agave salmiana</i>	0.93	0.07	0.07	0.21	1.55	3.60	7.95	4.37
<i>Dalea bicolor</i>	0.57	0.17	0.06	0.10	3.73	2.88	3.67	3.42
4 <i>Ageratina calaminthifolia</i>	1.26	0.14	0.07	0.09	3.11	3.60	3.42	3.37
<i>Opuntia robusta</i>	0.53	0.09	0.09	0.02	1.86	4.32	0.77	2.32
<i>Ageratina wrightii</i>	1.13	0.07	0.04	0.06	1.55	2.16	2.38	2.03
<i>Tridax luisana</i>	1.36	0.07	0.04	0.06	1.55	2.16	2.36	2.02
<i>Salvia venturana</i>	0.59	0.07	0.06	0.03	1.55	2.88	1.12	1.85
<i>Amelanchier denticulata</i>	1.50	0.04	0.03	0.06	0.93	1.44	2.26	1.54
<i>Chrysactinia mexicana</i>	0.19	0.10	0.04	0.00	2.17	2.16	0.10	1.48
<i>Baccharis conferta</i>	0.82	0.04	0.04	0.02	0.93	2.16	0.90	1.33
<i>Ipomoea stans</i>	0.30	0.06	0.04	0.01	1.24	2.16	0.52	1.31
<i>Agave potatorum</i>	0.52	0.07	0.03	0.02	1.55	1.44	0.77	1.25
<i>Ceanothus greggii</i>	2.20	0.01	0.01	0.07	0.31	0.72	2.63	1.22
<i>Stevia elatior</i>	1.45	0.03	0.03	0.04	0.62	1.44	1.56	1.21
<i>Comarostaphylis polifolia</i>	1.15	0.03	0.03	0.03	0.62	1.44	1.18	1.08
<i>Buddleja cordata</i>	1.50	0.01	0.01	0.06	0.31	0.72	2.14	1.06

Cuadro 7. Continuación.

Especie	Altura	Densidad absoluta	Frecuencia absoluta	Dominancia absoluta	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	VIR
	m	No. ind / 16m ²	No. ocurr. /No. mues.	cobertura aérea /16m ²	----- % -----			
<i>Buddleja perfoliata</i>	1.25	0.03	0.03	0.03	0.62	1.44	1.03	1.03
<i>Ageratina schaffneri</i>	0.67	0.04	0.03	0.01	0.93	1.44	0.32	0.90
<i>Flaveria angustifolia</i>	0.90	0.04	0.03	0.00	0.93	1.44	0.10	0.82
<i>Salvia microphylla</i>	0.70	0.03	0.01	0.01	0.62	0.72	0.52	0.62
<i>Brongniartia discolor</i>	1.13	0.01	0.01	0.02	0.31	0.72	0.66	0.56
<i>Rhus standleyi</i>	0.91	0.01	0.01	0.01	0.31	0.72	0.33	0.45
<i>Opuntia</i> sp.	0.47	0.01	0.01	0.00	0.31	0.72	0.18	0.40
<i>Arbutus xalapensis</i>	0.90	0.01	0.01	0.00	0.31	0.72	0.13	0.39
Total		4.60	1.99	2.66	100	100	100	100

Estrato bajo (Figura 12). El estrato más conspicuo, presenta 49 especies. La altura promedio es de 0.43 m (intervalo 0.05-3.40 m). La densidad es de cuatro individuos•m⁻² (40 mil individuos•ha⁻¹). Las especies más conspicuas y con mayores valores de importancia relativos son *Muhlenbergia rigida* (10.32), *Jarava ichu* (9.88), *M. montana* (8.88) y *M. longiligula* (8.55), todas de la familia Poaceae y que en conjunto alcanza el 37.6%. Las especies restantes tienen valores de importancia relativos inferiores a seis por ciento, sin embargo, destaca la familia Poaceae. Además se registró la presencia de la orquídea *Deiregyne eriophora* (Cuadro 8).



Figura 12. Estrato bajo del izotal de *Nolina parviflora*. En la fotografía se aprecian individuos de *Muhlenbergia rigida*.

Cuadro 8. Estructura del estrato bajo en el izotal de *Nolina parviflora*. VIR (Valor de Importancia Relativo).

Especie	Altura	Densidad absoluta	Frecuencia absoluta	Dominancia absoluta	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	VIR
	m	No. ind / 1m ²	No. ocurr. /No. mues.	cobertura aérea /1m ²	----- % -----			
<i>Muhlenbergia rigida</i>	0.79	0.22	0.10	0.32	5.16	5.43	20.38	10.3
<i>Jarava ichu</i>	0.67	0.33	0.14	0.22	7.74	7.75	14.14	9.88
<i>Muhlenbergia montana</i>	1.07	0.22	0.11	0.24	5.16	6.20	15.28	8.88
<i>Muhlenbergia longiligula</i>	0.83	0.26	0.11	0.21	6.13	6.20	13.32	8.55
<i>Salvia laevis</i>	0.20	0.45	0.10	0.03	10.65	5.43	1.88	5.98
<i>Loeselia caerulea</i>	0.16	0.38	0.12	0.01	9.03	6.98	0.89	5.63
<i>Piptochaetium brevicalyx</i>	0.81	0.22	0.08	0.06	5.16	4.65	3.75	4.52
<i>Piptochaetium virescens</i>	2.59	0.26	0.05	0.07	6.13	3.10	4.32	4.52
<i>Aristida schiedeana</i>	0.96	0.07	0.07	0.07	1.61	3.88	4.41	3.30
44 <i>Achnatherum constrictum</i>	0.83	0.08	0.04	0.07	1.94	2.33	4.62	2.96
<i>Muhlenbergia dubia</i>	0.71	0.10	0.05	0.03	2.26	3.10	1.95	2.44
<i>Echeandia gracilis</i>	0.39	0.16	0.05	0.00	3.87	3.10	0.12	2.36
<i>Aristida laxa</i>	0.63	0.12	0.04	0.01	2.90	2.33	0.47	1.90
<i>Hymenoxys chrysanthemoides</i>	0.15	0.14	0.04	0.00	3.23	2.33	0.14	1.90
<i>Bahia pringlei</i>	0.22	0.08	0.05	0.01	1.94	3.10	0.46	1.83
<i>Muhlenbergia glabrata</i>	0.48	0.05	0.01	0.05	1.29	0.78	3.36	1.81
<i>Muhlenbergia macroura</i>	0.87	0.08	0.04	0.02	1.94	2.33	1.03	1.76
<i>Allionia choisyi</i>	0.12	0.08	0.01	0.01	1.94	0.78	0.92	1.21
<i>Cyperus manimae</i>	0.18	0.07	0.03	0.01	1.61	1.55	0.38	1.18
<i>Geranium cruceroense</i>	0.16	0.07	0.03	0.00	1.61	1.55	0.06	1.08
<i>Tridax coronopifolia</i>	0.15	0.10	0.01	0.00	2.26	0.78	0.06	1.03
<i>Castilleja tenuiflora</i>	0.54	0.04	0.03	0.01	0.97	1.55	0.55	1.02
<i>Bouteloua gracilis</i>	0.25	0.05	0.01	0.02	1.29	0.78	1.00	1.02
<i>Erodium cicutarium</i>	0.08	0.04	0.03	0.01	0.97	1.55	0.46	0.99
<i>Oxalis divergens</i>	0.10	0.08	0.01	0.00	1.94	0.78	0.26	0.99

Cuadro 8. Continuación.

Especie	Altura	Densidad absoluta	Frecuencia absoluta	Dominancia absoluta	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	VIR
	m	No. ind / 1m ²	No. ocurr. /No. mues.	cobertura aérea /1m ²	----- % -----			
<i>Verbena elegans</i>	0.30	0.04	0.03	0.00	0.97	1.55	0.21	0.91
<i>Sonchus asper</i>	0.64	0.01	0.01	0.02	0.32	0.78	1.60	0.90
<i>Euphorbia serpens</i>	0.05	0.05	0.01	0.01	1.29	0.78	0.53	0.87
<i>Bidens bigelovii</i>	0.21	0.03	0.03	0.00	0.65	1.55	0.06	0.75
<i>Milla biflora</i>	0.35	0.03	0.03	0.00	0.65	1.55	0.06	0.75
<i>Acalypha phleoides</i>	0.10	0.03	0.03	0.00	0.65	1.55	0.05	0.75
<i>Sanvitalia procumbens</i>	0.05	0.01	0.01	0.01	0.32	0.78	0.70	0.60
<i>Penstemon barbatus</i>	0.23	0.01	0.01	0.01	0.32	0.78	0.57	0.55
<i>Erigeron delphinifolius</i>	0.30	0.03	0.01	0.00	0.65	0.78	0.18	0.53
45 <i>Ageratum paleaceum</i>	0.87	0.03	0.01	0.00	0.65	0.78	0.12	0.51
<i>Macroptilium atropurpureum</i>	0.10	0.01	0.01	0.01	0.32	0.78	0.34	0.48
<i>Psacalium sinuatum</i>	1.20	0.01	0.01	0.01	0.32	0.78	0.34	0.48
<i>Macroptilium gibbosifolium</i>	0.06	0.03	0.01	0.00	0.65	0.78	0.01	0.48
<i>Chenopodium graveolens</i>	0.45	0.01	0.01	0.00	0.32	0.78	0.18	0.42
<i>Croton dioicus</i>	0.20	0.01	0.01	0.00	0.32	0.78	0.18	0.42
<i>Commelina pallida</i>	0.20	0.01	0.01	0.00	0.32	0.78	0.14	0.41
<i>Echeveria mucronata</i>	0.50	0.01	0.01	0.00	0.32	0.78	0.14	0.41
<i>Solanum nigrescens</i>	0.28	0.01	0.01	0.00	0.32	0.78	0.14	0.41
<i>Deiregyne eriophora</i>	0.40	0.01	0.01	0.00	0.32	0.78	0.09	0.40
<i>Lupinus leptophyllus</i>	0.30	0.01	0.01	0.00	0.32	0.78	0.09	0.40
<i>Astragalus mollissimus</i>	0.15	0.01	0.01	0.00	0.32	0.78	0.02	0.37
<i>Mammillaria discolor</i>	0.15	0.01	0.01	0.00	0.32	0.78	0.02	0.37
<i>Solanum douglasii</i>	0.21	0.01	0.01	0.00	0.32	0.78	0.02	0.37
<i>Mammillaria magnimamma</i>	0.05	0.01	0.01	0.00	0.32	0.78	0.01	0.37
Total		4.25	1.77	1.55	100	100	100	100

Diversidad alfa y semejanza florística

Diversidad alfa. El bosque de *Pinus pseudostrobus* registró una diversidad alfa de 1.47, mientras que el izotal de *Nolina parviflora* presentó un valor de 1.34, ambos con el índice de Shannon-Wiener (H'); estos valores son cercanos a su respectiva diversidad alfa máxima (H' máxima, Cuadro 9).

Cuadro 9. Diversidad florística alfa por tipo de vegetación de acuerdo al índice de Shannon-Wiener.

	Riqueza de especies	H'	H' máxima
BP	79	1.47	1.89
Iz	86	1.34	1.93

Diversidad beta. El bosque de *Pinus pseudostrobus* presentó 24 especies exclusivas, mientras que el izotal de *Nolina parviflora* tuvo 33 (Figura 13). Las especies compartidas entre ambos tipos de vegetación son 53, por lo que se obtuvo una semejanza de 0.49 de acuerdo con el índice de Jaccard.

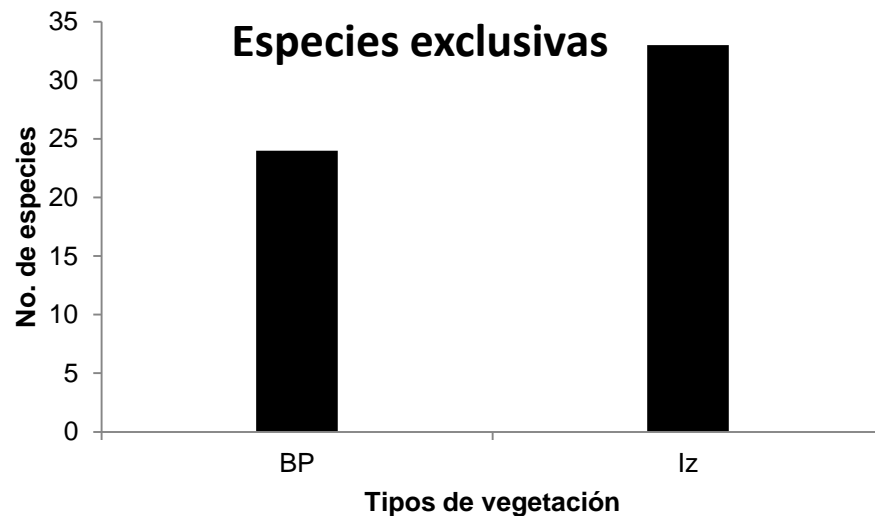


Figura 13. Especies exclusivas por tipo de vegetación. Bosque de *Pinus pseudostrobus* (BP), izotal de *Nolina parviflora* (Iz).

Rastros de mamíferos

Se obtuvieron 283 muestras, de las cuales 135 fueron pelos de guardia obtenidos de excretas de coyote, echaderos y madrigueras; 132 excretas, cinco huellas, siete avistamientos, dos comederos, uno de restos óseos y una foto trampa.

Los pelos de guardia sirvieron para identificar siete especies, cuatro con excretas y avistamientos, dos con huellas, una con comederos, una con restos óseos y una con foto trampa (Cuadro 10). Hubo 63 pelos de guardia que correspondieron a especies de ratones, por lo que se omitieron del registro.

Cuadro 10. Rastros de mamíferos.

Especie	Nombre común	Pelo de guardia	Excreta	Huella	Otros
<i>Canis latrans</i> Say, 1823	Coyote	X	X	X	X
<i>Spilogale angustifrons</i> Howell, 1902	Zorrillo manchado	X		X	X
<i>Dasypus novemcinctus</i> Linnaeus, 1758	Armadillo	X			
<i>Lepus californicus</i> Gray, 1837	Liebre cola negra	X	X		X
<i>Sylvilagus cunicularius</i> (Waterhouse, 1848)	Conejo mexicano	X	X		X
<i>Sylvilagus floridanus</i> (J. A. Allen, 1890)	Conejo castellano	X	X		X
<i>Ictidomys mexicanus</i> (Erxleben, 1777)	Motocle, Ardillón	X			
<i>Sciurus aureogaster</i> F. Cuvier, 1829	Ardilla gris				X

Otros: Avistamientos, comederos, restos óseos y foto trampa.

Riqueza de mamíferos

El bosque de *Pinus pseudostrabus* presentó ocho especies, dato que coincide con la riqueza máxima estimada de Jackknife 1, Chao 2 y Bootstrap (intervalo entre ocho y nueve especies), por lo que se obtuvo un promedio de eficiencia de muestreo de 98%.

El izotal de *Nolina parviflora* registró una riqueza de cuatro especies. Los estimadores Jackknife 1, Chao 2 y Bootstrap indican una riqueza máxima que varía entre cuatro a cinco (Figura 14), por lo que el promedio de eficiencia de muestreo es 99%.

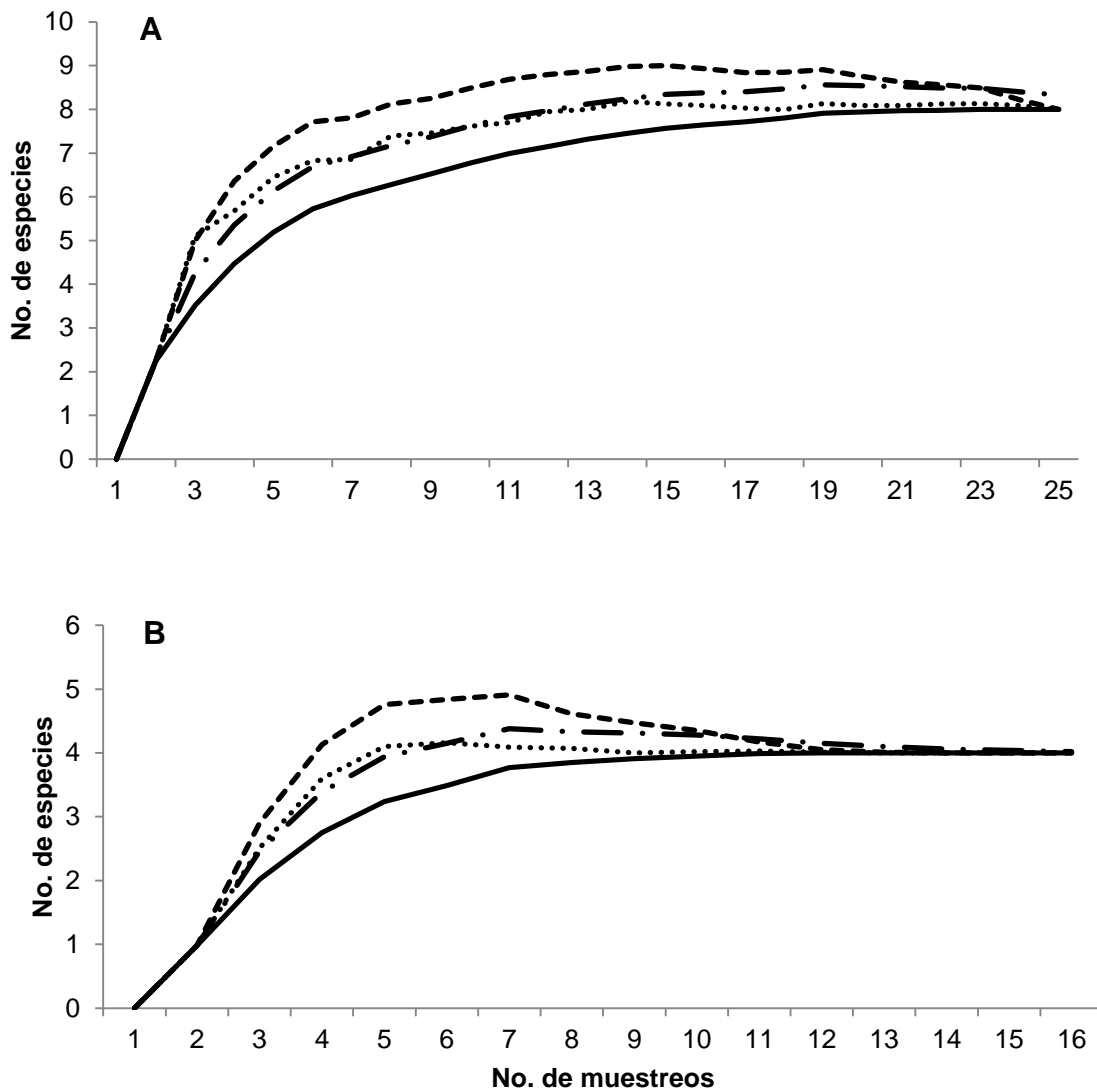


Figura 14. Riqueza observada y estimada de mamíferos. Bosque de *Pinus pseudostrabus* (A); izotal de *Nolina parviflora* (B). Riqueza observada (—); Jack 1 (---); Chao 2 (·····); Bootstrap (—·).

El Cuadro 11 muestra las especies de mamíferos presentes en el bosque de *Pinus pseudostrobus* e izotal de *Nolina parviflora*, en donde se observa una riqueza total de ocho especies, que pertenecen a siete géneros, cinco familias y cuatro ordenes (Anexo B). Las familias mejor representadas son Leporidae y Sciuridae.

El bosque de *Pinus pseudostrobus* incluye todas las especies, pero en el izotal de *Nolina parviflora* se registró la presencia de cuatro especies.

Cuadro 11. Presencia de mamíferos. Bosque de *Pinus pseudostrobus* (BP), izotal de *Nolina parviflora* (Iz). Presencia (X) y ausencia ().

Orden	Familia	Especie	BP	Iz
Carnivora	Canidae	<i>Canis latrans</i>	X	X
	Mephitidae	<i>Spilogale angustifrons</i>	X	
Cingulata	Dasypodidae	<i>Dasybus novemcinctus</i>	X	
Lagomorpha	Leporidae	<i>Lepus californicus</i>	X	X
		<i>Sylvilagus cunicularius</i>	X	X
		<i>Sylvilagus floridanus</i>	X	X
Rodentia	Sciuridae	<i>Ictidomys mexicanus</i>	X	
		<i>Sciurus aureogaster</i>	X	
Total	4	5	8	4

Abundancia relativa de mamíferos

Se registró un total de 152 rastros en el bosque de *Pinus pseudostrobus* y 68 en el izotal de *Nolina parviflora* repartidas entre ocho y cuatro especies.

Lo anterior produjo un índice de abundancia relativo (IAR) total de 10 y ocho individuos•km⁻¹. Las especies con mayor IAR pertenecen a la familia Leporidae en ambas zonas (Cuadro 12).

Cuadro 12. Frecuencia de rastros e índice de abundancia relativa (IAR) de mamíferos por tipo de vegetación.

Especie	Rastros		IAR rastros•km ⁻¹	
	BP	IZ	BP	IZ
<i>Canis latrans</i>	22	5	1.45	0.60
<i>Spilogale angustifrons</i>	5	-	0.33	-
<i>Dasyopus novemcinctus</i>	2	-	0.13	-
<i>Lepus californicus</i>	28	17	1.84	2.03
<i>Sylvilagus cunicularius</i>	53	34	3.49	4.06
<i>Sylvilagus floridanus</i>	32	12	2.11	1.43
<i>Ictidomys mexicanus</i>	7	-	0.46	-
<i>Sciurus aureogaster</i>	3	-	0.20	-
Total	152	68	10.01	8.12

Diversidad alfa y semejanza de mamíferos

Diversidad alfa. El bosque de *Pinus pseudostrobus* registró una diversidad alfa de mamíferos medianos de 0.73, mientras que el izotal de *Nolina parviflora* presentó un valor de 0.52; ambos con el índice de Shannon-Wiener (H'). La diversidad alfa máxima (H' máxima) es muy cercana a lo registrado (Cuadro 13).

Cuadro 13. Diversidad alfa de mamíferos por tipo de vegetación de acuerdo al índice de Shannon-Wiener H'.

	Riqueza de especies	H'	H' máxima
BP	8	0.73	0.91
Iz	4	0.52	0.61

Semejanza de mamíferos entre áreas. El bosque de *Pinus pseudostrobus* tiene cuatro especies que no se registraron en el izotal de *Nolina parviflora*, mientras que el izotal curiosamente no presentó especies exclusivas. Las especies compartidas son cuatro, por lo que se obtuvo un valor de semejanza de 0.67 con base en el índice de Jaccard.

Asociación de la estructura de la vegetación con mamíferos

Las variables de la estructura de la vegetación evaluadas que presentaron diferencias significativas entre el bosque de *Pinus pseudostrobus* e izotal de *Nolina parviflora* son cobertura y altura del estrato alto y densidad y cobertura del estrato medio ($p= 0.05$, 0.009, 0.003 y 0.001). El estrato bajo no tiene diferencias significativas (Cuadro 14).

Cuadro 14. Valores del análisis de varianza por estratos entre el bosque de *P. pseudostrobus* e izotal de *N. parviflora*

Estrato	Variabes	H	p
Alto	Densidad (ind·ha ⁻¹)	0.06	0.810
	Cobertura (m ²)	3.61	0.050**
	Altura (m)	6.79	0.009**
	Riqueza	0.18	0.660
Medio	Densidad	8.34	0.003**
	Cobertura	11.91	0.001**
	Altura	1.61	0.205
	Riqueza	3.22	0.069
Bajo	Densidad	0.03	0.860
	Cobertura	0.41	0.520
	Altura	0.51	0.480
	Riqueza	0.15	0.690

Estadístico de prueba Kruskal Wallis (H); valor de significancia (p). Los asteriscos (**) indican diferencias significativas con $p < 0.05$.

Canis latrans presentó una asociación positiva con la altura del estrato alto y cobertura del estrato medio del bosque de *P. pseudostrobus* (0.6 y 0.7 respectivamente), mientras que en el izotal de *N. parviflora* solo presentó una fuerte asociación positiva (0.8) con la densidad del estrato medio.

Lepus californicus no registró asociaciones significativas con las variables de la vegetación del bosque. Sin embargo, en el izotal presentó una fuerte asociación positiva con la densidad del estrato medio (0.8).

Sylvilagus cunicularius tuvo una fuerte asociación positiva con la densidad del estrato alto (0.8), mientras que presentó una asociación negativa con la altura en este mismo estrato (-0.6) en el bosque de *P. pseudostrobus*. Por otra parte, en el izotal de *N. parviflora* tuvo una asociación negativa fuerte con la cobertura del estrato bajo (-0.8).

Sylvilagus floridanus presentó asociación positiva con la cobertura del estrato alto (0.8) en el bosque, mientras que en el izotal se registró una asociación positiva con la altura del estrato bajo (0.6).

Spilogale angustifrons, *Dasyopus novemcinctus*, *Ictidomys mexicanus* y *Sciurus aureogaster* no presentaron asociaciones significativas en el bosque. Sin embargo, hubo tendencias positivas del armadillo hacia lugares con mayor cobertura del estrato alto, medio y bajo (0.5 para cada variable). En el izotal no se registró la presencia de estas especies, por lo que no hubo un valor de asociación (Cuadros 15 y 16).

Cuadro 15. Valores de la correlación de Spearman entre los mamíferos y los atributos estructurales de los estratos de la vegetación en el bosque de *Pinus pseudostrabus*.

Especie	Estrato alto				Estrato medio				Estrato bajo			
	Den	Cob	Alt	Riq	Den	Cob	Alt	Riq	Den	Cob	Alt	Riq
<i>Canis latrans</i>	0.2	**0.6	-0.3	0.2	-0.0	0.5	**0.7	0.4	-0.1	0.2	-0.2	-0.5
<i>Spilogale angustifrons</i>	0.2	-0.2	-0.4	0.4	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1
<i>Dasypus novemcinctus</i>	0.5	0.5	-0.2	-0.2	0.2	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	-0.3	-0.2
<i>Lepus californicus</i>	0.5	0.4	-0.5	0.5	-0.3	0.2	0.4	0.2	-0.1	0.0	-0.2	-0.1
<i>Sylvilagus cunicularius</i>	**0.8	-0.2	** -0.6	0.2	-0.1	-0.0	-0.2	-0.0	0.2	0.3	0.2	0.5
<i>Sylvilagus floridanus</i>	-0.1	**0.8	0.1	0.4	-0.3	0.2	0.4	0.2	0.0	-0.0	-0.3	-0.2
<i>Ictidomys mexicanus</i>	0.1	0.4	-0.1	0.4	-0.4	0.0	0.1	-0.2	-0.4	-0.1	0.2	0.2
<i>Sciurus aureogaster</i>	0.1	-0.5	-0.3	-0.4	0.1	-0.2	-0.5	-0.3	0.1	-0.3	-0.2	0.2

Los asteriscos (**) indican correlación significativa con $p < 0.05$. Densidad (Den); Cobertura (Cob); Altura (Alt); Riqueza (Riq).

54 **Cuadro 16.** Valores de la correlación de Spearman entre los mamíferos y los atributos estructurales de los estratos de la vegetación en el izotal de *Nolina parviflora*.

Especie	Estrato alto				Estrato medio				Estrato bajo			
	Den	Cob	Alt	Riq	Den	Cob	Alt	Riq	Den	Cob	Alt	Riq
<i>Canis latrans</i>	0.0	-0.4	-0.1	-0.2	**0.8	0.2	0.2	0.1	-0.2	0.3	0.3	0.2
<i>Spilogale angustifrons</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Dasypus novemcinctus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Lepus californicus</i>	0.0	-0.4	-0.1	-0.1	**0.8	0.2	0.2	0.1	-0.2	0.2	0.2	0.3
<i>Sylvilagus cunicularius</i>	0.1	-0.2	0.5	0.3	-0.4	-0.1	0.5	-0.4	-0.4	** -0.8	-0.4	-0.2
<i>Sylvilagus floridanus</i>	-0.4	0.0	0.1	-0.4	0.2	0.4	-0.1	0.3	-0.1	0.2	**0.6	-0.5
<i>Ictidomys mexicanus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Sciurus aureogaster</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Los asteriscos (**) indican correlación significativa con $p < 0.05$. Densidad (Den); Cobertura (Cob); Altura (Alt); Riqueza (Riq).

Discusión

Riqueza florística

La riqueza florística en el bosque de *Pinus pseudostrobus* fue de 79 especies. En otro estudio en un bosque de *Pinus* con condiciones secas se consignó una riqueza de 53 especies en el estado Nuevo León (Amezcuca, 2008). Para el estado de Puebla existen estudios en bosques de *Pinus cembroides* y en tres localidades se registró una riqueza de 46 especies en cada una (Fuentes, 1992; Granados *et al.*, 2015)

El izotal de *Nolina parviflora* presentó una riqueza de 86 especies, al respecto, autores como Castillo-Argüero *et al.* (2004), Medina y Tejero-Diez (2006) y Alanís-Rodríguez *et al.* (2015) mencionan riquezas florísticas en matorrales de 34, 42 y 35 especies.

La elevada riqueza florística en el área de estudio en contraste con lo reportado en trabajos semejantes, es un posible resultado de la distribución espacial mezclada de los elementos florísticos y por lo tanto, coexisten especies de los diferentes tipos de vegetación, que influye en esta elevada riqueza florística como lo indican Medina y Tejero-Diez (2006).

Composición florística

Las familias Asteraceae, Poaceae y Fabaceae son las mejor representadas con casi el 50% de la composición florística en el bosque de *Pinus pseudostrobus* (24, 16 y 9% respectivamente). Las otras familias representan menos del seis por ciento, lo cual coincide con lo referido por Challenger (1998) para los bosques de pino mexicanos. Por otra parte, Fuentes (1992) y Granados *et al.* (2015) en sus investigaciones en bosques de pino en el estado de Puebla estiman resultados similares.

El izotal de *Nolina parviflora* mantiene el orden de las familias mejor representadas que se registraron en el bosque de *P. pseudostrobus*. Las familias Asteraceae, Poaceae y Fabaceae, conforman más del 45% de la composición florística, además se añade la familia Asparagaceae que representa un 8%. Las otras familias tienen menos del cinco por ciento. Al respecto Castillo-Argüero *et al.* (2004) y Medina y Tejero-Diez (2006) indican resultados semejantes. Alanís-Rodríguez *et al.* (2015) mencionan que la familia Cactaceae es típica de este tipo de vegetación. Sin embargo,

sólo se registraron cuatro especies pertenecientes a esta familia, su baja representatividad en la composición se puede inferir debido a la presencia continua de cabras y borregos que pacen en el cerro, y que representan un riesgo para las poblaciones de esta familia de acuerdo con Jiménez (2011). Aunado a lo anterior, cabe destacar la presencia de *Buddleja cordata*, *B. perfoliata*, *Baccharis conferta* y *Bouvardia tenuiflora*, especies que son indicadoras de sitios perturbados (Amezcuca, 2008; CONABIO, 2017).

Caracterización ecológica y estructura del bosque de *Pinus pseudostrobus*

La altura promedio del bosque de pino y en especial de la especie *Pinus pseudostrobus* es inferior a lo descrito por Rzedowski (2005) quien menciona alturas entre 25 a 40 m.

La densidad total es de 210 individuos•ha⁻¹, mientras que la CONAFOR (2018) indica que la densidad media nacional para bosques de coníferas es entre 369 y 462 individuos•ha⁻¹. Además se registra que las dos especies más conspicuas, *Pinus pseudostrobus* y *Nolina parviflora* mantienen una relación de 3:4, es decir, hay mayor densidad de individuos de *Nolina* que de *Pinus*. En contraste, Granados *et al.* (2015) en un bosque de *Pinus cembroides* en asociación con *N. parviflora* en Puebla, indican que las densidades son semejantes entre estas dos especies (6.79 y 6.45 individuos•ha⁻¹).

La mayor densidad de *Nolina parviflora* en contraste con *Pinus pseudostrobus* en este estudio es consecuencia de un bajo establecimiento y sobrevivencia de plántulas y árboles adultos de *P. pseudostrobus*, debido a diversos factores como la recolección de piñas, ocoteo sin regulación, extracción de árboles enteros (observación personal) y baja precipitación (449 mm). Al respecto INIFAP y SAGARPA (2011) mencionan que *Pinus pseudostrobus* se establece en sitios con una precipitación entre 500 a 3 mil mm, lo que ubica a la zona de estudio por debajo del límite inferior. Por otra parte, Madsen *et al.* (2011) encontraron una alta relación entre la precipitación y la sobrevivencia de plántulas de coníferas, mientras que Brix (1979) menciona que el déficit hídrico es el agente que causa la mayor mortalidad en estas plántulas.

Aunado a lo anterior, los incendios forestales de mediana y alta intensidad afectan de manera negativa a *Pinus pseudostrobus* (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2012), mientras que la población de *Nolina* tiene mayor resistencia a este tipo de perturbaciones, debido al rebrote rápido de sus hojas; además de presentar retención de hojas secas (Keeley *et al.*, 2011). Es posible que la respuesta pueda influir en el aumento de las áreas de distribución del izotal y restringir e inclusive, quizá, remplazar a largo plazo al bosque de *Pinus pseudostrobus*.

Las dos especies con mayor índice de valor de importancia relativo son *Pinus pseudostrobus* seguido por *Nolina parviflora*, un caso similar a la mencionada en un bosque de *Pinus cembroides* evaluado por Carrillo (2009). Sin embargo, esta misma autora y Granados *et al.* (2015) mencionan que en otros bosques de pino, la especie con el valor más alto es *N. parviflora* seguida por *P. pseudostrobus*. Lo anterior es debido a que estos autores tomaron la dominancia como el área basal entre el área muestreada, mientras que en el presente estudio se tomó la cobertura del dosel entre el área muestreada, lo que influye en la estimación del índice de valor relativo.

La altura del estrato medio es de 0.8 m, resultados semejantes los menciona Fuentes (1992) en otros bosques de pino en Puebla. Por otra parte, la densidad de 2 mil 875 individuos \cdot ha⁻¹ registrada en este estudio es menor a lo referido por Aragón-Piña *et al.* (2010) para bosques de pino-encino en Durango (12 mil 559 individuos \cdot ha⁻¹); lo mismo ocurre con la cobertura promedio del estrato medio (0.09 m²). Los valores bajos se pueden explicar por la actividad de pastoreo de ganado ovino y caprino sin regulación, lo que lleva a un deterioro del ecosistema (García *et al.*, 1992; Rebollo y Gómez-Sal, 2003; Salmerón *et al.*, 2009; Zárate, 2012; Valdez, 2014)

Los mayores valores de importancia relativo en el estrato bajo pertenecen a especies de la familia Poaceae, en especial, al género *Muhlenbergia*, lo cual se asemeja a lo descrito por Amezcua (2008); además de que estas especies son favorecidas por los incendios frecuentes (Miranda y Hernández-X, 2014).

Caracterización ecológica y estructura del izotal de *Nolina parviflora*

La altura registrada fue de 3.61 m, se encuentra dentro del intervalo descrito y evaluado por diferentes autores (Valiente-Banuet, 2000; Rzedowski, 2005; Garza, 2011; Ortiz, 2015).

El izotal se ubica sobre laderas orientadas en diferentes direcciones respecto a los puntos cardinales, pero la mayor superficie se encuentra hacia el SW, S y SE. Al respecto Daubenmire (1984) y López-Gómez *et al.* (2012) señalan que las laderas orientadas hacia el norte son más frías y húmedas que las expuestas al Sur, porque estas últimas tienen mayor exposición al sol (casi seis veces más), lo que explica que el izotal tenga mayor distribución espacial en laderas orientadas al sur, ya que esta vegetación es favorecida por condiciones más secas. Además, en el izotal dominado por *Nolina parviflora* la segunda especie con mayor densidad es *Juniperus deppeana*, la cual posee hojas con menor superficie de contacto y por ende una menor pérdida de agua, que le confiere mayor supervivencia en relación a *Pinus pseudostrobus* en zonas con baja precipitación (Nowak *et al.*, 1999; Bertaudière *et al.*, 2001).

La densidad total de individuos por hectárea en el estrato alto fue de 220. Sin embargo, Garza (2011) y Granados *et al.* (2015) indican densidades mayores: 510 y 990 individuos \cdot ha⁻¹, para un izotal con degradación moderada y un bosque de *Pinus cembroides* en asociación con *Nolina parviflora*.

El estrato medio presenta una altura promedio de 0.94 m, lo que concuerda con lo reportado por Garza (2011) en un izotal en San Luis Potosí. El mismo autor indica densidades de 1 mil 134 individuos \cdot ha⁻¹, mientras que en la zona de estudio se tiene una cifra superior (2 mil 875 individuos \cdot ha⁻¹), posible resultado de una topografía agreste que hace difícil el acceso a personas y ganado, permitiendo el desarrollo del estrato medio a diferencia de la zona evaluada por el autor que se establece en terrenos planos con una incidencia moderada de degradación.

La cobertura absoluta del estrato bajo es del 150%, en contraste Garza (2011) menciona valores que varían entre 11 a 23%. Las especies con mayor cobertura, densidad y frecuencia pertenecen a la familia Poaceae, lo que se ve reflejado en sus altos valores de importancia relativo y que es semejante a lo evaluado en el bosque de *Pinus pseudostrobus*.

Diversidad alfa y semejanza florística

El índice de Shannon-Wiener indica la diversidad bajo condiciones de máxima repartición, es decir, en donde todas las especies estén en igualdad de representación, mencionado lo anterior, el valor de 1.47 obtenido en el bosque de pino y 1.34 para el izotal, indican una homogeneidad relativa del número de individuos por cada una de las especies, y que pocas son raras. Resultados semejantes han consignado en otros bosques de pino (Baca, 2000; López-Hernández *et al.*, 2017). Sin embargo, el valor del índice del izotal, es menor en contraste con lo estimado en matorrales del noreste de México (Mora *et al.*, 2013; Mata *et al.*, 2014; Mata *et al.*, 2015).

El índice de Jaccard reveló que la semejanza entre ambos tipos de vegetación es de 0.49, lo que revela que se parecen casi en un 50% en cuanto a las especies que comparten. A pesar de que ambas zonas son contiguas y llegan a formar ecotonos, hay especies que sólo se registraron en un tipo de vegetación, tal es el caso de las especies del género *Mammillaria* encontradas en el izotal.

Riqueza de mamíferos

La riqueza de mamíferos fue de ocho especies en el bosque de *Pinus pseudostrobus* y cuatro en el izotal de *Nolina parviflora*. Los estimadores estadísticos indican que es probable encontrar una o dos especies adicionales, las cuales quizá son: tlacuache (*Didelphis* sp.) y gato montés (*Lynx rufus*). Se consideran estas especies debido a que existen informes por parte de los habitantes del ejido; sin embargo, no se encontraron rastros de ellas.

La riqueza de mamíferos en el bosque de *Pinus pseudostrobus*, es inferior a lo comentado para mamíferos medianos por autores como: Chávez-León y Zaragoza (2009), Monroy-Vilchis *et al.* (2011), Charre-Medellín *et al.* (2016) y Portillo *et al.* (2016) en otros bosques de pino. Además, entre las especies encontradas, hay dos que son consideradas perjudiciales: *Canis latrans* y *Sciurus aureogaster*, mientras que las especies de *Sylvilagus* pueden ser favorables por el uso de su carne (Bocco *et al.*, 2000).

El izotal presenta un panorama similar en cuanto a una menor riqueza de especies, en contraste con lo mencionado por autores como: Briones-Salas (2000), Vargas-Contreras y Hernández-Huerta (2001) y Ramírez *et al.* (2012). En este tipo de vegetación también se encontraron rastros de *Canis latrans*. La presencia de esta especie tanto en el bosque de pino como en izotal se debe a que el coyote es generalista y aprovecha hábitats alterados (Hernández y Laundré, 2014).

Los dos párrafos anteriores indican que el área de estudio es una zona de baja riqueza de mamíferos, explicada quizá por la degradación del hábitat debido a diversos factores como la presencia de caminos, incendios, sobrepastoreo, actividades de caza, entre otros (Peres, 2000; Valdez, 2014, Cárdenas, 2015). Al respecto Dirzo *et al.* (2014) mencionan que las especies más afectadas son los de mayor talla, mientras que los mamíferos con menor masa corporal son menos afectados e inclusive pueden llegar a ser beneficiados en sus poblaciones. La pérdida local de especies tiene un efecto directo en la estructura, dinámica y diversidad de los tipos de vegetación (Dirzo y Gutiérrez, 2006), y crea un ciclo en el cual el panorama es poco alentador para la conservación local de los ecosistemas.

Además, hay que considerar la posibilidad de que el número de individuos más abundantes, afecte la curva de acumulación de especies y se subestime la riqueza (Thompson y Whitters, 2003).

Abundancia relativa de mamíferos

Clark (1972) y Boutin *et al.* (1995) refieren que la abundancia relativa de coyotes varía desde menos de 10 individuos•100 km⁻² hasta más de 250 individuos•100 km⁻² (Gese *et al.*, 1989), lo cual concuerda con lo registrado en el presente estudio. Por otra parte, el índice de abundancia relativa de *Canis latrans* es mayor en el bosque de pino (1.45 individuos•km⁻¹) que en el izotal (0.6 individuos•km⁻¹). En contraste, Hernández y Laundré (2014) mencionan que las abundancias son menores en áreas boscosas que en áreas desérticas y semiáridas. Lo anterior se puede explicar debido a que en el bosque de pino del área de estudio tiene mayor cantidad de alimento de acuerdo a la dieta del coyote mencionada por Servín y Huxley (1991).

Los lagomorfos son las especies con mayor abundancia registrada en los dos tipos de vegetación, esto es debido a que se ven beneficiados por los rebrotes de herbáceas que representa una mayor cantidad de alimento (Cárdenas, 2015), aunado a esto, Peres (2000), Dirzo *et al.* (2007); Ramírez-Mejía y Mendoza, (2010) mencionan que la cacería y la degradación del hábitat afectan de manera severa las poblaciones de las especies de mayor tamaño, mientras que las especies pequeñas son menos afectados o incluso algunas son favorecidas.

La abundancia relativa de *Dasyopus novemcinctus*, *Ictidomys mexicanus*, *Sciurus aureogaster* y *Spilogale angustifrons* es semejante a lo mencionado por Cárdenas (2015) en otro bosque de pino.

Diversidad alfa y semejanza de mamíferos

La diversidad alfa del bosque de pino (0.73) es mayor a la estimada en el izotal (0.52), lo cual es de esperarse, debido a que en este tipo de vegetación hay menor cantidad de especies. En ambos casos se infiere una composición de especies con tendencia hacia la repartición; *Sylvilagus cunicularius* es la especie más abundante en ambos casos, aunque con valores muy cercanos a las otras especies.

El índice de Jaccard evidencia que entre los dos tipos de vegetación hay una semejanza de 0.67, menor al valor de 0.83 que se puede estimar a través de los resultados expuestos por Charre-Medellín *et al.* (2016), entre un bosque de pino-encino y matorral submontano en Durango.

Es interesante mencionar que en el izotal se encontraron rastros de cuatro especies, mientras que en el bosque de pino se detectaron ocho especies; es decir, ambos tipos de vegetación comparten cuatro especies y otras cuatro fueron sólo detectadas en el bosque de pino.

Asociación de la estructura de la vegetación con mamíferos

Las especies exclusivas del bosque de pino son: *Spilogale angustifrons*, *Dasyopus novemcinctus*, *Ictidomys mexicanus* y *Sciurus aureogaster*; ninguno de estos mamíferos presentó una asociación estadística significativa con algún atributo de la vegetación evaluados.

La presencia de *Spilogale angustifrons* en el bosque de pino, es congruente con lo que indican Doty y Dowler (2006), quienes mencionan que esta especie se limita a áreas con cobertura vegetal densa que provee de sitios de refugio, ya que los zorrillos manchados son trepadores y más que defenderse evitan a sus depredadores al trepar a las ramas de los árboles, además de que pasan la mayor parte de las horas calurosas del día en un tronco hueco o su madriguera subterránea (Leopold, 1965).

Dasyopus novemcinctus obtuvo tendencias positivas con la cobertura del estrato alto y medio. Al respecto Leopold (1965) menciona que el armadillo construye sus madrigueras en zonas donde hay mayor cobertura de vegetación para resguardarse y evitar ser descubierto con facilidad, al verse en peligro por sus depredadores como el coyote.

Los incendios frecuentes pueden provocar la pérdida del estrato medio y bajo, lo cual genera espacios abiertos que hacen vulnerable el armadillo a la depredación (Leopold, 1965), lo cual explica que no se haya detectado en el izotal; además de que hay menor preferencia por este tipo de vegetación (McDonough *et al.*, 2000) a pesar de que en ambos tipos existen suelos arenosos, los cuales son preferidos para la construcción de sus madrigueras (SEMARNAT, 2012).

Ictidomys mexicanus tiene preferencia por matorrales, en donde hay mayor cantidad de espacios abiertos, además de que prefiere hábitats con gran dominancia de pastos (Young y Jones, 1982; Ceballos y Oliva, 2005; Aranda, 2012). Sin embargo, en el presente estudio sólo se detectó en el bosque de pino, lo que indica que con un mayor esfuerzo de muestreo es muy probable que la especie también se encuentre en el izotal.

La presencia de *I. mexicanus* en el bosque de pino se explica debido a que al igual que en el izotal, las especies dominantes y con mayor valor de importancia relativo son pastos. Además, de que no se encontraron diferencias significativas en cuanto a los atributos evaluados de la estructura de la vegetación en el estrato bajo.

Sciurus aureogaster es de hábito arborícola (Ceballos y Oliva, 2005; Aranda, 2012) por lo que se encuentra en el bosque de pino el cual tiene diferencia estadística del izotal, al presentar mayor cobertura y altura. Además de que el cono y semillas de los árboles es una de las principales fuentes de alimento (Leopold, 1965).

Las especies que están presentes tanto en el bosque de pino e izotal, y que se asocian en términos estadísticos a algún atributo estructural de la vegetación son: *Canis latrans*, *Lepus californicus*, *Sylvilagus cunicularius* y *S. floridanus*.

La presencia de *Canis latrans* en ambos tipos de vegetación era escasa en el pasado, sin embargo, debido a la degradación de los hábitats por actividades humanas, los coyotes han expandido su distribución a estas áreas (Leopold, 1965), por lo que tiene sentido haberlas detectado.

Los coyotes presentaron una asociación positiva con la cobertura del estrato alto, lo cual se puede explicar debido que el dosel arbóreo le brinda mayor protección contra los elementos del clima (Ojasti, 2000); en contraste con la poca cobertura del estrato alto que brinda el izotal, situación que se puede apreciar en la diferencia estadística significativa de este atributo estructural.

La asociación positiva del coyote con la altura del estrato medio en el bosque de pino y con la densidad del estrato medio del izotal, puede ser una influencia de sus presas más que una relación directa con la vegetación. Al respecto Servín y Huxley (1991), Grajales-Tam *et al.*, (2003) y González (2001) indican que dentro de los alimentos más frecuentes están roedores y lagomorfos; en especial *Lepus californicus*, con quien guarda una estrecha relación (Hernández *et al.*, 2011; Laundré *et al.*, 2009), y que es la presa preferida que le provee la energía equivalente a consumir 9-10 roedores (Hernández y Laundré, 2014).

Lepus californicus presenta una tendencia de asociación positiva fuerte con la densidad y cobertura del estrato alto y bajo, además de la cobertura del estrato medio en el bosque de pino. La asociación estadística más fuerte con el izotal, (tipo de vegetación preferida por esta especie, Ceballos y Oliva, 2005), se encuentra con la densidad del estrato medio, lo cual se puede explicar debido a que su dieta está constituida de pastos, corteza de árboles y arbustos.

El izotal del área de estudio presenta mayor densidad de arbustos en contraste con el bosque de pino, este último tipo de vegetación tiene más cobertura del estrato medio, lo cual concuerda con Leopold (1965), Arroyo (2005) y Ceballos y Oliva (2005), quienes mencionan que *Lepus californicus* prefiere hábitats con poca cobertura vegetal para tener mayor probabilidad de escapar a sus depredadores.

Sylvilagus cunicularius y *S. floridanus* tienen una relación directa con el estrato bajo de la vegetación, sin embargo, en el presente estudio, no hubo diferencias significativas entre los cuatro atributos evaluados dentro de este estrato, además ambas especies aprovechan recursos alimenticios y de hábitat en general. Por lo anterior se infiere que las asociaciones estadísticas pueden ser influencia de otros factores como la topografía o competencia entre estas especies, lo que lleva a las poblaciones a segregarse espacialmente de formas diversas (Arroyo, 2005).

Aunado a lo anterior, las asociaciones positivas de la densidad y cobertura del estrato alto del bosque de pino con *Sylvilagus cunicularius* y *S. floridanus*, indican que a pesar de que estas especies tienden a desarrollarse en el estrato bajo, la presencia de árboles y la cobertura que estos generan, ayudan a proteger a los conejos de las condiciones climáticas, lo que genera un valor agregado en cuanto a la selección de las zonas por parte de estas especies.

Al maximizar la heterogeneidad de elementos y estructuras, en particular de la vegetación, se puede conservar la diversidad de flora y mamíferos a través de una gestión planificada. Además de aprovechar con mesura algunos recursos faunísticos como los lagomorfos y el armadillo, especies características de la zona (González-Rebeles y Méndez, 2014).

Conclusiones

- La riqueza florística del bosque de *Pinus pseudostrobus* en el municipio de Tepeyahualco es de 79 especies. La composición florística está representada por 29 familias, las más conspicuas son Asteraceae, Poaceae y Fabaceae. La diversidad alfa es 1.47 de acuerdo con el índice de Shannon-Wiener.
- La riqueza florística del izotal de *Nolina parviflora* en el municipio de Tepeyahualco es de 86 especies. La composición florística está representada por 30 familias, las más conspicuas son Asteraceae, Poaceae y Fabaceae. La diversidad alfa es de 1.34 de acuerdo con el índice de Shannon-Wiener.
- La riqueza de mamíferos medianos en el bosque de *Pinus pseudostrobus* es de ocho especies. La diversidad alfa es de 0.73
- La riqueza de mamíferos medianos en el izotal de *Nolina parviflora* es de cuatro especies. La diversidad alfa es de 0.52
- Las especies de mamíferos están asociadas a distintos atributos estructurales de la vegetación.
- Los mamíferos medianos en el bosque de *Pinus pseudostrobus* están más asociados positivamente a la densidad y cobertura del estrato alto debido a que les proporciona protección.
- Los mamíferos medianos presentan mayor asociación positiva con la densidad del estrato medio en el izotal de *Nolina parviflora*.
- La hipótesis no se rechaza, debido a que se estimó mayor riqueza y abundancia relativa de mamíferos medianos en el bosque de *Pinus pseudostrobus*, y es el tipo de vegetación que presenta mayor cobertura del estrato alto y bajo.
- La conservación y rehabilitación de áreas con mayor cobertura y densidad del estrato alto y medio en ambos tipos de vegetación es fundamental para mantener la abundancia y diversidad de mamíferos.

Literatura citada

- Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Valdecantos-Dema, A., González-Tagle, M. A., Aguirre-Calderón O. A. y Treviño-Garza E. J. (2012). Composición y diversidad de la regeneración natural en comunidades de *Pinus-Quercus* sometidas a una alta recurrencia de incendios en el noreste de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 1208-1214.
- Alanís-Rodríguez, E., Mora-Olivo, A., Jiménez-Pérez, J., González-Tagle, M. A., Yerena, J. I., Martínez-Ávalos, J. G. y González-Rodríguez, L. E. (2015). Composición y diversidad del matorral desértico rosetófilo en dos tipos de suelo en el Noreste de México. *Acta Botánica Mexicana* 110: 105-117.
- Amezcuca, T. (2008). *Evaluación del potencial nutricional de un ecosistema de pino y encino para el venado cola blanca (Odocoileus virginianus), en el norponiente del estado de Morelos y sur del Distrito Federal*. Tesis de maestría en ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México., pp. 110.
- Andrews, P. y O'Brien E. (2000). Climate, vegetation, and predictable gradients in mammal species richness in southern Africa. *The Zoological Society of London* 251: 205-231.
- Aragón-Piña, E. E., Garza-Herrera, A., González-Elizondo, M. S. y Luna-Vega, I. (2010). Composición y estructura de las comunidades vegetales del rancho El Duranguense, en la Sierra Madre Occidental, Durango, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81: 771-787.
- Aranda, M. (2012). *Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México*. CONABIO. México., pp. 255.
- Aranda, M., López-Rivera, N. y López-de Buen, L. (1995). Hábitos alimentarios del coyote (*Canis latrans*) en la Sierra del Ajusco, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 65: 89-99.
- 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.
- Arroyo, V. (2005). Uso de diferentes asociaciones vegetales por lagomorfos en Mapimí, Durango, México. *Acta Zoológica Mexicana* 21(3): 151-153.

- Arthur, A., Catling, P. y Reid, A. (2012). Relative influence of hábitat structure, species interactions and rainfall on the post-fire population dynamics of ground-dwelling vertebrates. *Austral Ecology* 37: 958-970.
- Baca I. y Sánchez-Cordero, V. (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 Zoología*, 75(2): 383-437.
- Baca, J. M. (2000). *Caracterización de la estructura vertical y horizontal en bosques de pino-encino*. Tesis de Maestría en Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. México., pp. 117.
- Baena, M. y Halffter, G. (2008). Extinción de especies. En: *Capital natural de México, vol I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México., pp. 263-282.
- Bertaudière, V., Montès, N., Badri, W. y Guaquelin, T. (2001). La structure multicaule du genévrier thurifère: avantage adaptatif à un environnement sévère? *Académie des Science Paris, Sciences de la vie / Life Sciences* 324: 627 – 634.
- Bocco, G., Velázquez, A. y Torres, A. (2000). Ciencia, Comunidades indígenas y manejo de recursos naturales. Un caso de investigación participativa en México. *Interciencia* 25: 64-70.
- Boutin, S., Krebs, C. J., Boonstra, R., Dale, M. R. T., Hannon, S. J., Martin, K., Sinclair, A. R. E., Smith, J. N. M., Turkington, R., Blower, M., Byrom, A., Doyle, F. I., Hik, D., Hofer, L., Hubbs, A., Karels, T., Murray, D. L., Nams, V., O'Donoghue, M., Rohner, C. y Schweiger, S. (1995). Population changes of the vertebrate community during a snowshoe hare cycle in Canada's boreal forest. *Oikos* 74: 69-80.
- Bray, D. B., Ellis E. A., Armijo-Canto N. y Beck, C. T. (2004). The institutional drivers of sustainable landscapes: a case study of the 'Mayan Zone' in Quintana Roo, Mexico. *Land Use Policy* 21(4):333-346.
- Briones-Salas, M. (2000). Lista anotada de los mamíferos de la región de la cañada, en el valle de Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 81: 83-103.
- Brix, H. (1979). Effects of plant water stress on photosynthesis and survival of four conifers. *Canadian Journal Forest Research* 9 (2):160-165.

- Cárdenas, K. (2015). *Efecto de los incendios forestales sobre la fauna terrestre en bosques de pino piñonero*. Tesis de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 52.
- Carrillo, J. (2009). *Estructura y regeneración de Pinus cembroides subsp. orizabensis D. K. Bailey en Santa María Las Cuevas, Tlaxcala*. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Estado de México., pp. 77.
- Castillo-Argüero, S., Montes-Cartas, G., Romero-Romero, M. A., Martínez-Orea, Y. M., Guadarrama-Chávez, P., Sánchez-Gallén, I. y Núñez-Castillo, O. (2004). Dinámica y conservación de la flora del matorral xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (D.F., México). *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 74: 51-75.
- Ceballos, G. y Arroyo, J. (2012). Lista actualizada de los mamíferos de México 2012. *Revista Mexicana de Mastozoología Nueva Época*, 2:27-80.
- Ceballos, G., Ehrlich, P. R., Barnosky, A. D., García, A., Pringle, R. M. y Palmer, T. M. (2015). Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science Advances* 1, e1400253: 1-5.
- Ceballos, G y Oliva, G. (2005). *Los mamíferos silvestres de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de Biodiversidad y Fondo de Cultura Económica. México, D.F., pp. 986.
- Challenger, A. (1998). *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: Pasado, presente y futuro*. CONABIO-Instituto de Biología, UNAM-Agrupación Sierra Madre, México., pp. 847.
- Challenger, A. (2014). Paisajes naturales y humanos de México. En: Valdez, R. y Ortega-S. J. (eds.), *Ecología y manejo de fauna silvestre en México*. Colegio de Postgraduados., pp. 557.
- Challenger, A. y Soberón, J. (2008). Los ecosistemas terrestres. En: *Capital natural de México, vol I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México., pp. 87-108.
- Charre-Medellín, J. F., Magaña-Cota, G., Monterrubio-Rico, T. C., Tafolla-Muñoz, R., Charre-Luna, J. L. y Botello, F. (2016). Mamíferos medianos y grandes del municipio de Victoria, Reserva de la Biosfera Sierra Gorda Guanajuato, México. *Acta Universitaria* 26: 62-70.

- Chávez, C. y Ceballos, G. (1998). Diversidad y estado de conservación de los mamíferos del estado de México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 3:113-134.
- Chávez-León, G. y Zaragoza, S. (2009). Riqueza de mamíferos del Parque Nacional Barranca del Cupatitzio, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80: 95-104.
- Chiarello, A. (1999). Effects of fragmentation of the atlantic forest on mammal communities in south-eastern Brazil. *Biological Conservation* 89: 71-82.
- Chinchilla, F. (1994). *La dieta del jaguar, el puma, el manigordo y dos métodos de evaluación de su abundancia relativa en el Parque Nacional Corcovado, Costa Rica*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Costa Rica., pp. 25-47.
- Clark, F. W. (1972). Influence of Jackrabbit density on coyote population change. *Journal of Wildlife Management* 36: 343-356.
- Coates-Estrada, R. y Estrada, A. (1986). *Manual de identificación de campo de los mamíferos de la Estación de Biología "Los Tuxtlas"*. Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F., pp.151.
- CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2011). *La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado*. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad de Puebla. México., pp. 440.
- CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2017). <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/home-malezas-mexico.htm>
- CONAFOR, Comisión Nacional Forestal. (2011). *Inventario Nacional Forestal y de Suelos, Manual y Procedimientos para el muestreo de campo, Re – muestreo 2011*. México., pp. 138.
- CONAFOR, Comisión Nacional Forestal. (2018). *Inventario Nacional Forestal y de Suelos: Informe de Resultados 2009-2014*. México., pp. 200.
- CONAGUA, Comisión Nacional del Agua. (2016). *Normales climatológicas del estado de Puebla*
<http://smn.cna.gob.mx/tools/RESOURCES/Normales5110/NORMAL21244.TXT>

- Daubenmire, R. (1984). Viewpoint: Ecological Site / Range Site / Habitat Type. *Rangelands* 6(6): 263-264.
- Di Rienzo, J. A., Gonzalez, L., Casanoves, F., Tablada, M. y Walter, C. (2017). InfoStat Software Estadístico. <http://www.infostat.com.ar/>
- Dirzo, R. y García, M. C. (1992). Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a neotropical area in Southeast Mexico. *Conservation Biology* 6: 84-90.
- Dirzo, R. y Gutiérrez, G. (2006). *Análisis de los efectos ecológicos del aprovechamiento forestal en el Corredor Biológico Mesoamericano: mamíferos, plantas y sus interacciones*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Informe final SNIB / CONABIO proyecto No. BJ005.
- Dirzo, R., Mendoza, E., y Ortiz, P. (2007). Size-related differential seed predation in a heavily defaunated neotropical rain forest. *Biotropica*, 39(3): 355-362.
- Dirzo, R., Young, H. S., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N. J. y Collen, B. (2014). Defaunation in the Anthropocene. *Science* 345: 401-406.
- Doty, J. y Dowler, R. (2006). Denning ecology in sympatric populations of skunks (*Spilogale gracilis* and *Mephitis mephitis*) in West-Central Texas. *Journal of Mammalogy* 87(1): 131-138.
- Encina, J. y Villarreal, J. (2002). Distribución y aspectos ecológicos del género *Quercus* (Fagaceae), en el estado de Coahuila, México. *Polibotánica* 13: 1-23.
- Farías-González, V. (2011). Conceptos ecológicos, métodos y técnicas para la conservación de conejos y liebres. En: Sánchez, O., Zamorano, P., Peters, E., y Moya, H. (eds.) *Temas sobre la conservación de vertebrados silvestres en México*. INECC., pp. 392.
- Fernández-Nava, R., Robles, C. y Aurelio, J. (1997). Notas sobre la vegetación y flora de San Joaquín, Querétaro, México. *Polibotánica* 4: 10-36.
- Fuentes, B. (1992). *Caracterización y clasificación fisonómica del bosque de pino piñonero (Pinus cembroides var. orizabensis) del municipio de Guadalupe Victoria, Puebla*. Tesis de Ingeniero Forestal con orientación en Silvicultura. Universidad Autónoma Chapingo, pp. 70.

- Gallina, S. (2011). Características y evaluación del hábitat. En: Gallina, S. y López, C. (eds.), *Manual de técnicas para el estudio de fauna. Vol. 1*. Instituto de Ecología Universidad Autónoma de Querétaro., pp. 124-132.
- García, R., S. de Rodríguez, M. y Smith, R. (1992). Loma de León. Un estudio de la vegetación en una zona semiárida de Venezuela y su relación con el caprino. *Bioagro 4(1):15-22*.
- Garza, R. (2011). *Respuesta de la avifauna a los cambios en la estructura vegetal en un gradiente de degradación del altiplano potosino*. Tesis de Maestro en Ciencias Aplicadas. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A. C. (IPICYT). México., pp. 104.
- Gese, E. M., Rongstad, O. J. y Mytton, W. R. (1989). Population dynamics of coyotes in southeastern Colorado. *Journal of Wildlife Management 53: 174-181*.
- González, A. (2011). Métodos de estimación, captura y contención de mamíferos. En: Gallina, S. y González, C. (eds.), *Manual de técnicas para el estudio de fauna. Vol. 1*. Instituto de Ecología Universidad Autónoma de Querétaro., pp. 124-132.
- González, E. P. (2001). *Dieta del coyote Canis latrans lepticus (Carnivora: Canidae) en la isla San Luis Gonzaga, B.C., México*. Tesis, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Victoria, México.
- González-Rebeles, C. y Méndez, M. (2014). Recursos de fauna silvestre en México. En: Valdez, R y Ortega-S, J., (eds.), *Ecología y manejo de fauna silvestre en México. Colegio de Postgraduados.*, pp. 557.
- González-Romero, A. (2011). Cinco métodos sencillos para estimar el tamaño de las poblaciones de fauna silvestre. En Gallina, S. y López, C. (eds). *Manual de Técnicas para el estudio de Fauna*. Instituto Nacional de Ecología. México., pp. 390.
- Granados, R. L., Granados, D. y Sánchez-González, A. (2015). Caracterización y ordenación de los bosques de pino piñonero (*Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*) de la Cuenca Oriental (Puebla, Tlaxcala y Veracruz). *Madera y Bosques (21) 2:23-42*.
- Grajales-Tam, K. M., Rodríguez-Estrella, R. y Hernández, J. C. (2003). Dieta estacional del coyote *Canis latrans* durante el periodo 1996-1997 en el desierto de Vizcaíno, Baja California Sur, México. *Acta Zoológica Mexicana 89: 17-28*.

- Guerrero, S., Badii, M., Zalapa, S. y Flores, A. (2002). Dieta y nicho de alimentación del coyote, zorra gris, mapache y jaguarundi en un bosque tropical caducifolio de la costa sur del estado de Jalisco, México. *Acta zoológica Mexicana* 86: 119-137.
- Hernández-Díaz, M., Ramírez-Barajas, P., Chávez, C., Schmook, B. y Calmé, S. (2012). Presencia y abundancia relativa de carnívoros en una selva dañada por el huracán Dean (2007). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 790-801.
- Hernández, L., Landré, J. W., Grajales, K. M., Portales, G. L., López-Portillo, J., González-Romero, A., García, A. y Martínez, J. M. (2011). Plant productivity, predation, and the abundance of black-tailed jackrabbits in the Chihuahuan Desert of Mexico. *Journal of Arid Environments* 75: 1043-1049.
- Hernández, L. y Landré, J. W. (2014). Coyotes en México. En: Valdez, R y J. Ortega-S, (eds.), *Ecología y manejo de fauna silvestre en México*. Colegio de Postgraduados., pp. 557.
- Hradsky, B. A., Loschiavo, J., Hradsky, M. y Di Stefano, J. (2015). Shrub expansion alters forest structure but has little impact on native mammal occurrence. *Austral Ecology* 40: 611-624.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1983a). *Carta edafológica de Guadalupe Victoria*. Escala 1:50 000. México.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1983b). *Carta uso de suelo y vegetación de Guadalupe Victoria*. Escala 1:50 000. México.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1984a). *Carta climática de Veracruz*. Escala 1:250 000. México.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1984b). *Carta geológica de Guadalupe Victoria*. Escala 1:50 000. México.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2000). *Carta topográfica de Guadalupe Victoria*. Escala 1:50 000. México.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2016). Normales Climatológicas del municipio de Tepeyahualco, estado de Puebla. <http://www.inegi.org.mx/>

- INIFAP, Instituto de Investigación Nacional Forestal, Agrícola y Pecuaria y SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2011). *Especies promisorias de clima templado para plantaciones forestales comerciales en Michoacán*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias – Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México., pp. 236.
- IUCN, International Union for Conservation of Nature. (2014). The IUCN Red List of Threatened Species, version 2014. <http://www.iucnredlist.org>
- Jiménez, L. (2011). Las cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan. *Revista Digital Universitaria* 12(1): 1-23.
- Jiménez-Guzman, A. y Zuñiga-Ramos, M. (1991). Caracterización biológica de sierras maderas del Carmen, Coahuila, México. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México* 62(2): 373-382.
- Keeley, J., Pausas, J., Rundel, P., Bond, W. y Bradstock, R. (2011). Fire as an evolutionary pressure shaping plant traits. *Trends in Plants* 16 (8): 406 – 411.
- Laundré, J. W., Martínez, M. y Hernández, L. (2009). Foraging in the landscape of fear, the predator's dilemma: Where should I hunt? *The Open Ecology Journal* 2: 1-6.
- Leopold, A. (1965). *Fauna Silvestre de México: Aves y mamíferos de caza*. Instituto Mexicano de Recursos Naturales. México, D.F., pp. 655.
- López, C., Gutierrez, C. y Lara, N. (2011). Carnívoros: Inventario y Monitoreo. En Gallina, S. y López, C. (eds). *Manual de Técnicas para el estudio de Fauna*. Instituto Nacional de Ecología. México., pp. 390.
- López-Gómez, A. y Williams-Linera, G. (2006). Evaluación de métodos no paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 78: 7-15.
- López-Gómez, V., Zedillo-Avelleyra, P., Anaya-Hong, S., González-Lozada, E. y Cano-Santana, Z. (2012). Efecto de la orientación de la ladera sobre la estructura poblacional y ecomorfología de *Neobuxbaumia Tetetzo* (Cactaceae). *Botanical Sciences* 90(4): 453-457.

- López-Hernández, J. A., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., Monarrez-Gonzalez, J. C., González-Tagle, M. A. y Jiménez-Pérez, J. (2017). Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. *Madera y Bosques* 23: 39-51.
- Madsen, M., Zvirzdin, D., Petersen, S., Hopkins, B., Roundy, B. y Chandler D. (2011). Soil Water Repellency within a Burned Piñon-Juniper Woodland: Spatial Distribution, Severity, and Ecohydrologic Implications. *Forest, Range & Wildland Soils* 75 (4):1543-1553.
- Mata, J. M., Treviño, E. J., Jiménez, J., Aguirre, O. A., Alanís, E. y Mora, A. (2015). Estructura y composición florística del matorral desértico rosetófilo del noreste de México. *Ciencia UANL* 75: 67-74.
- Mata, J. M., Treviño, E. J., Valdecantos, A., Jiménez, J., Aguirre, O., Alanís, E. y Foroughbackhch, R. (2014). Diversidad y composición vegetal de matorrales en el Valle de Santa Catarina, en el noreste de México. *Revista Iberoamericana de Ciencias* 1(3):3-15.
- McDonough, C. M., Delaney, M. A., Quoc, P. y Blackmore, M. S. (2000). Burrow characteristics and hábitat associations of armadillos in Brazil and the United States of America. *Revista de Biología Tropical* 48: 109-120.
- McNeely, J. K., Miller, W., Mittermeier, R. y Werner, T. (1990). *Conserving the world's biological diversity*. World Conservation Union/UICN. World Resources Institute. Conservation International, World Wildlife Found-US, y World Bank, Washington, D.C., EUA.
- Medina, J. G. y Tejero-Diez, J. D. (2006). Flora y vegetación del parque estatal Atizapán-Valle Escondido, Estado de México. *Polibotánica* 21:1-43.
- Miranda, F. y Hernández-X, E. (2014). *Los tipos de vegetación de México y su clasificación*. Ed. Fondo de Cultura Económica. Sociedad Botánica de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México., pp. 219.
- Monroy-Vilchis, O. y Velázquez, A. (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* 9(3):293-300.

- Monroy-Vilchis, O., García-Morales, C., Rubio-Rodríguez, R., Hernández, A., Medina-Castro, J., Aguilera-Reyes, U. y Ortiz-García, A. (2005). Variación intraespecífica e individual de los pelos de mamíferos del Estado de México: implicaciones en la identificación interespecífica. *Ciencia Ergo Sum* 12:264-270.
- Monroy-Vilchis, O., Zarco-González, M., Rodríguez-Soto, C., Soria-Díaz, L. y Urios, V. (2011). Fototrampeo de mamíferos en la Sierra Nanchititla, México: abundancia relativa y patrón de actividad. *Revista de Biología Tropical* 59: 373-383.
- Monroy-Vilchis, O. y Rubio-Rodríguez, R. (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 Rubio-Rodríguez, R. (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.
- Mora, C. A., Alanís, E., Jiménez, J., González, M. A., Yerena, J. I. y Cuellar, L. G. (2013). Estructura, composición florística y diversidad del matorral espinoso tamaulipeco, México. *Ecología Aplicada* 12(1): 29-34.
- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad. M & T – Manuales y Tesis SEA, Vol. 1: 84*.
- Morrison, M. (2009). *Restoring wildlife: ecological concepts and practical applications*. Island Press, Washington, D.C., EUA., pp. 368.
- Mostacedo, B. y Frederiksen, T. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Ed. El País. Santa Cruz, Bolivia., pp. 87.
- Navarro, J. y Muñoz, J. (2000). *Manual de huellas de algunos mamíferos terrestres de Colombia*. Ediciones de Campo. Medellín, Colombia., pp. 123.
- NOM-059-SEMARNAT, Norma Oficial Mexicana, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2010). *Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestre-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*. Diario Oficial.
- Nowak, R., Moore, D. y Tausch, R. (1999). Ecophysiological patterns of pinyon and juniper. *USDA Forest Service Proceedings* 9: 35 -46.

- Ojasti, J. (2000). *Manejo de fauna silvestre*. Ed. Dallweier, Francisco, Smithsonian Institution, UNESCO. Maryland, U.S.A., pp. 290.
- Ortiz, R. (2015). *Diversidad de murciélagos en un gradiente altitudinal en el estado de Nuevo León, México*. Tesis de Maestro en Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. México., pp. 116.
- Pech-Canché, J., Sosa-Escalante, J. y Koyoc, M. (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.
- Peres, C. A. (2000). Effects of Subsistence Hunting on Vertebrate Community Structure in Amazonian Forest. *Conservation Biology* 14: 240-253.
- Portillo, H. O., Suazo, J. P., Mejía, D., Girón, I., Mora del, B., Turcios, A., Reyes, C., Pagoada, C., Medina, I., Martínez, L., Vásquez, Z., Marineros, L., Elvir, F., Vega, H., Hernández, J., Cerna, D., Hernández, J., Vílchez, L., Rico, E., Mejía, M. y Inestroza, T. (2016). Diversidad y riqueza para tres sitios del bosque de pino-encino en el departamento de Olancho, Honduras. *Scientia Hondurensis* 1(3): 136-156.
- Ramírez, D., Orona-Espino, A., Estrada-Rodríguez, J. y Leyva-Pacheco, S. (2012). Inventario de mamíferos en el macizo montañoso denominado sierra “El Sarnoso” Durango, México. *Explotación Racional y Monitoreo de Ecosistemas – AGROFAZ* 12(1): 71-79.
- Ramírez-Mejía, D. y Mendoza, E. (2010). El papel funcional de la interacción planta-mamífero en el mantenimiento de la diversidad tropical. *Biológicas* 12(1): 8-13.
- Raicho-González, L., González-Elizondo, M. y López-González, C. (2013). Diversidad florística en cimas de la Sierra Madre Occidental, México, y su relación con variables ambientales. *Botanical Sciences* 91 (2): 193-205.
- Rebollo, S. y Gómez-Sal, A. (2003). Aprovechamiento sostenible de los pastizales. *Ecosistemas* 12(3): 1-10.
- 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.

- Rzedowski, J. (2005). *Vegetación de México*. 1ra Edición digital. CONABIO. México., pp. 504.
- Salmerón, A., González, A. y Orlando, L. (2009). Uso agropecuario y cambio en la vegetación en áreas de la Reserva de la Biosfera Baconao, Cuba. *Foresta Veracruzana* 11(2): 11-19.
- SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2012). *Plan de manejo tipo para armadillo de nueve bandas (Dasypus novemcinctus) Modalidad intensiva*. pp. 8
- Servín, J. y Huxley, C. (1991). La dieta del coyote en un bosque de encino-pino de la Sierra Madre Occidental de Durango, México. *Acta Zoologica Mexicana* 44: 1-26.
- Thompson, G. y Withers, P. (2003). Effects of species richness and relative abundance on the shape of the species accumulation curve. *Austral Ecology* 28: 355-360.
- Trejo, I. y Dirzo, R. (2000). Deforestation in seasonally dry tropical forests: A national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation* 94: 133-142.
- Tropicos Missouri Botanical Garden. (2016). <http://www.tropicos.org/>. Consultado en abril de 2018.
- Valdez, R. (2014). Perspectivas del manejo y la conservación de fauna en México. En: Valdez, R. y Ortega-S, J. (eds.), *Ecología y manejo de fauna silvestre en México*. Colegio de Postgraduados., pp. 557.
- Valiente-Banuet, A., Casas, A., Alcántara, A., Dávila, P., Flores-Hernández, N., Del Coro, M., Villaseñor, J. y Ortega, J. (2000). La vegetación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 67: 25-74.
- Vallejo-Fernández, A. (2013). *La conservación del jaguar en áreas naturales protegidas por certificación voluntaria (ANPCV) y centros ecoturísticos de autogestión comunitaria (CEAGC)*. Tesis de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México., pp. 83.
- Vargas-Contreras, J. y Hernández-Huerta, A. (2001). Distribución altitudinal de la mastofauna en la Reserva de la Biosfera "El Cielo", Tamaulipas, México. *Acta Zoológica Mexicana* 82: 83-109.

Young, C. J. y Jones Jr. D. K. (1982). *Spermophilus mexicanus*. *Mammalian Species* 164: 1-4.

Zacarías-Eslava, Y. y del Castillo, R. F. (2010). Comunidades vegetales templadas de la Sierra Juárez, Oaxaca: pisos altitudinales y sus posibles implicaciones ante el cambio climático. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 87: 13-28.

Zárate, J. L. (2012). Ganadería y recursos naturales en un área natural protegida del sur de Sonora. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 15: 187-197.

Zarco-Mendoza, P. (2000). *Análisis de la vegetación y fauna asociada en bosques templados del Parque Nacional Lagunas de Montebello, Chiapas*. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. México., pp. 61.

Anexo A. Catálogo fotográfico florístico de la zona de estudio en el municipio de Tepeyahualco estado de Puebla

Familia Amaranthaceae



Chenopodium graveolens Willd.

Familia Anacardiaceae



Rhus standleyi F.A. Barkley

Familia Apiaceae



Eryngium monocephalum Cav.

Anexo A. Continuación

Familia Apocynaceae



Metastelma angustifolium Turcz.

Familia Asparagaceae



Agave kerchovei Lem.



Agave potatorum Zucc.



Agave salmiana Otto ex Salm-Dyck



Dasyilirion lucidum Rose

Anexo A. Continuación



Echeandia gracilis Cruden



Milla biflora Cav.



Nolina parviflora (Kunth) Hemsl.



Yucca periculosa Baker

Familia Asteraceae



Ageratina calaminthifolia (Kunth) R.M. King & H. Rob.



Ageratina schaffneri (Sch. Bip. ex B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.

Anexo A. Continuación



Ageratina wrightii (A. Gray) R.M. King & H. Rob.



Ageratum paleaceum (Gay ex DC.) Hemsl.



Aster gymnocephalus (DC.) A. Gray



Baccharis conferta Kunth



Bahia pringlei Greenm



Bidens bigelovii A. Gray

Anexo A. Continuación



Chrysactinia mexicana A. Gray



Dahlia merckii Lehm.



Erigeron delphinifolius Willd.



Erigeron galeottii (A. Gray) Greene



Flaveria angustifolia (Cav.) Pers.



Galinsoga parviflora Cav.

Anexo A. Continuación



Gnaphalium arizonicum A. Gray



Hymenoxys chrysanthemoides (Kunth) DC.



Psacalium sinuatum (Cerv.) H. Rob. & Brettell



Sanvitalia procumbens Lam.



Sonchus asper (L.) Hill



Stevia elatior Kunth

Anexo A. Continuación



Stevia eupatoria (Spreng.) Willd.



Stevia serrata Cav.



Tagetes coronopifolia Willd.



Tagetes linifolia Seaton



Taraxacum officinale F.H. Wigg.



Tridax coronopifolia (Kunth) Hemsl.

Anexo A. Continuación



Tridax luisana Brandegees

Familia Brassicaceae



Eruca sativa Mill.

Familia Bromeliaceae



Tillandsia recurvata (L.) L.



Tillandsia usneoides (L.) L.

Anexo A. Continuación

Familia Cactaceae



Mammillaria discolor Haw.



Mammillaria magnimamma Haw.



Opuntia robusta H.L. Wendl. ex Pfeiff.



Opuntia sp. Mill

Familia Caryophyllaceae



Arenaria lycopodioides Willd. ex D.F.K. Schltl.

Anexo A. Continuación

Familia Commelinaceae



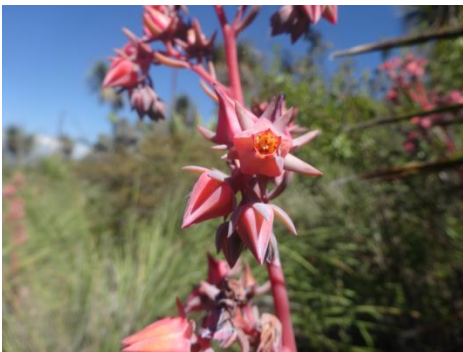
Commelina pallida Willd.

Familia Convolvulaceae



Ipomoea stans Cav.

Familia Crassulaceae



Echeveria mucronata Schldl.

Anexo A. Continuación

Familia Cupressaceae



Juniperus deppeana Steud.

Familia Cyperaceae



Cyperus manimae Kunth

Familia Ericaceae



Arbutus xalapensis Kunth



Comarostaphylis polifolia (Kunth) Zucc.
ex Klotzsch

Anexo A. Continuación

Familia Euphorbiaceae



Acalypha phleoides Cav.



Croton dioicus Cav.



Euphorbia serpens Kunth

Familia Fabaceae



Astragalus mollissimus Torr.



Brongniartia discolor Brandege

Anexo A. Continuación



Dalea bicolor Humb. & Bonpl. ex Willd.



Dalea melantha S. Schauer



Dalea versicolor Zucc.



Lotus oroboides (Kunth) Ottley



Lupinus leptophyllus Cham. & Schtdl.



Macroptilium atropurpureum (Moc. & Sessé ex DC.) Urb.

Anexo A. Continuación



Macroptilium gibbosifolium (Ortega) A. Delgado



Mimosa texana (A. Gray) Small



Phaseolus coccineus L.

Familia Fagaceae



Quercus greggii (A. DC.) Trel.



Quercus rugosa Née

Anexo A. Continuación



Quercus x dysophylla Benth.

Familia Geraniaceae



Erodium cicutarium (L.) L'Hér. ex Aiton



Geranium cruceroense R. Knuth

Familia Iridaceae



Tigridia ehrenbergii (Schltdl.) Molseed

Anexo A. Continuación

Familia Lamiaceae



Salvia helianthemifolia Benth.



Salvia laevis Benth.



Salvia melissodora Lag.



Salvia microphylla Kunth



Salvia thymoides Benth.



Salvia venturana B.L. Turner

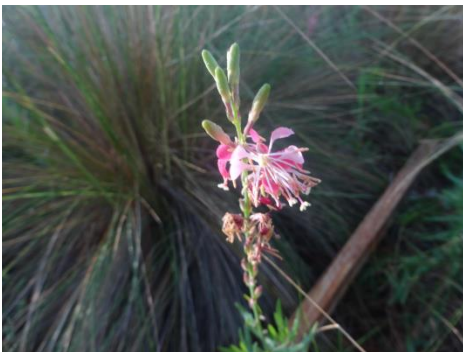
Anexo A. Continuación

Familia Nyctaginaceae



Allionia choisyi Standl.

Familia Onagraceae

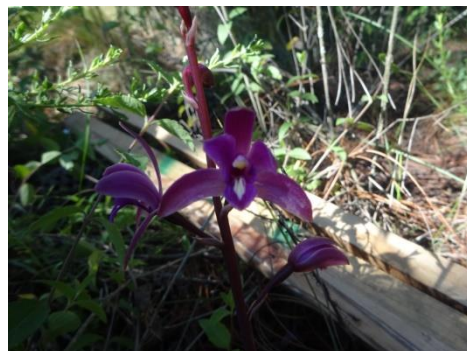


Oenothera suffrutescens (Ser.) W.L. Wagner & Hoch

Familia Orchidaceae



Deiregyne eriophora (B.L. Rob. & Greenm.) Garay



Hexaletris grandiflora (A. Rich. & Galeotti) L.O. Williams

Anexo A. Continuación

Familia Orobanchaceae



Castilleja tenuiflora Benth.

Familia Oxalidaceae



Oxalis divergens Benth. ex Lindl.



Oxalis pes-caprae L.

Familia Plantaginaceae



Penstemon barbatus (Cav.) Roth

Anexo A. Continuación

Familia Pinaceae



Pinus pseudostrobus Brongn .

Familia Poaceae



Achnatherum constrictum (Hitchc.) Valdés-Reyna & Barkworth



Aristida laxa Cav.



Aristida schiedeana Trin. & Rupr.



Bouteloua gracilis (Kunth) Lag. ex Griffiths

Anexo A. Continuación



Jarava ichu Ruiz & Pav.



Muhlenbergia dubia E. Fourn.



Muhlenbergia glabrata (Kunth) Trin.



Muhlenbergia longiligula Hitchc.



Muhlenbergia macroura (Kunth) Hitchc.



Muhlenbergia montana (Nutt.) Hitchc.

Anexo A. Continuación



Muhlenbergia rigida (Kunth) Kunth



Piptochaetium brevicalyx (E. Fourn.)
Ricker



Piptochaetium virescens (Kunth) Parodi

Familia Polemoniaceae



Loeselia caerulea (Cav.) G. Don

Anexo A. Continuación

Familia Rhamnaceae



Ceanothus greggii A. Gray

Familia Rosaceae



Amelanchier denticulata (H.B.K.) Koch.

Familia Rubiaceae



Bouvardia ternifolia (Cav.) Schltld.

Anexo A. Continuación

Familia Scrophulariaceae



Buddleja cordata Kunth



Buddleja perfoliata Kunth

Familia Solanaceae



Solanum douglasii Dunal



Solanum nigrescens M. Martens & Galeotti

Familia Verbenaceae



Verbena elegans Kunth

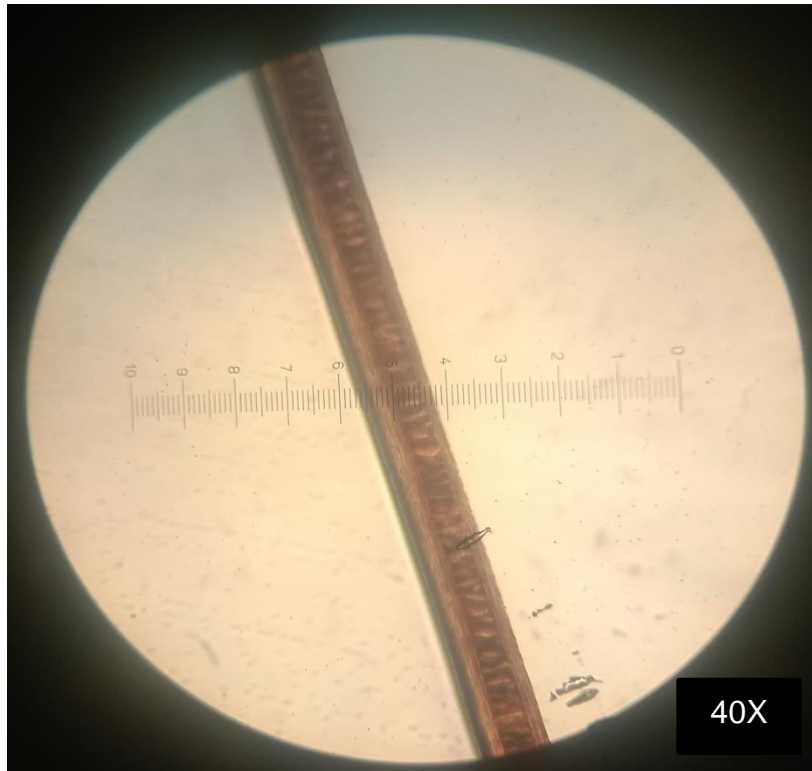
Anexo B. Catálogo fotográfico de rastros de mamíferos medianos de la zona de estudio en el municipio de Tepeyahualco estado de Puebla

Orden: Carnivora

Familia: Canidae

Especie: *Canis latrans* Say, 1823

Nombre común: Coyote



Características del pelo

Longitud:

19 mm

Diámetro de la médula:

0.06 mm

Bandeo:

O

Patrón de médula:

Identificado de acuerdo a:

Pech (2009)

Características de la huella

Longitud:

8 cm

Ancho:

6 cm

Identificado de acuerdo a:

Aranda (2012)



Anexo B. Continuación



Características de la excreta

Largo:

5 cm

Ancho:

1.7 cm

Identificada de acuerdo a:

Aranda (2012)

Características del cráneo

Largo:

19 cm

Ancho:

11 cm

Identificado de acuerdo a:

Ceballos y Oliva (1984)



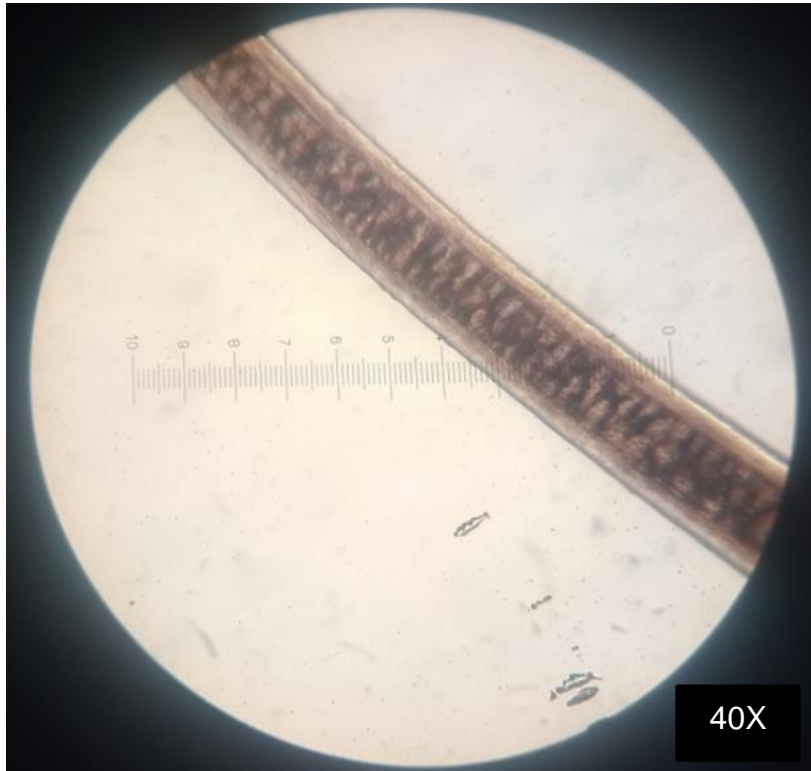
Anexo B. Continuación

Orden: Carnivora

Familia: Mephitidae

Especie: *Spilogale angustifrons* Howell, 1902

Nombre común: Zorrillo manchado



Características del pelo

Longitud:

42 mm

Diámetro de la médula:

0.18 mm

Bandeo:

O

Patrón de médula:

Celdillas

Identificado de acuerdo a:
Monroy-Vilchis y Rubio-Rodríguez (2003)

Fotografía tomada con una
Cámara trampa Bushnell
119736



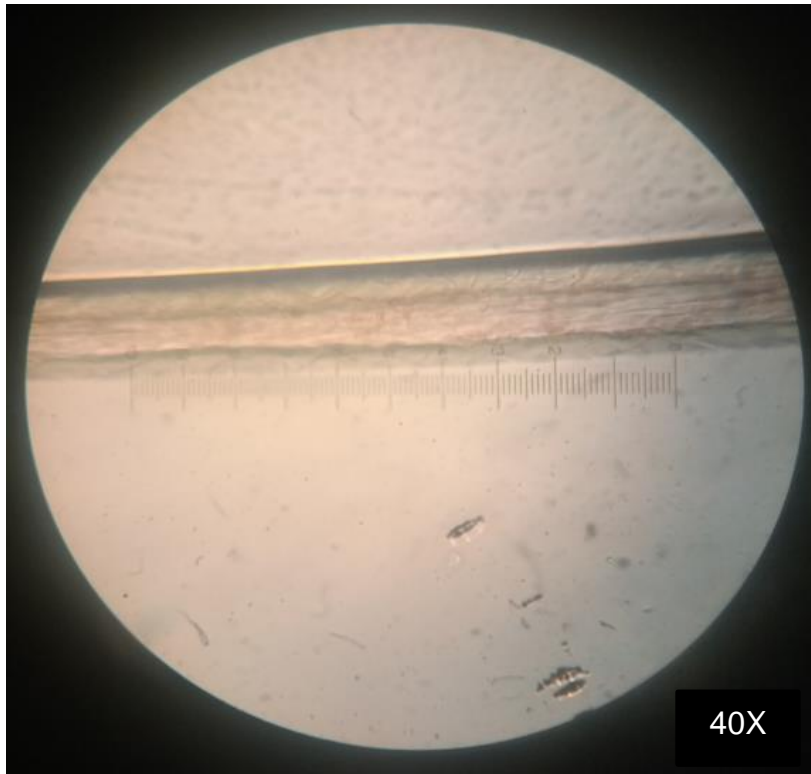
Anexo B. Continuación

Orden: Cingulata

Familia: Dasypodidae

Especie: *Dasypus novemcinctus* Linnaeus, 1758

Nombre común: Armadillo



Características del pelo

Longitud:

5 mm (trozado)

Diámetro de la médula:

Sin médula

Bandeo:

C

Patrón de médula:

Sin médula

Identificado de acuerdo a:

Monroy-Vilchis y Rubio-Rodríguez (2003)

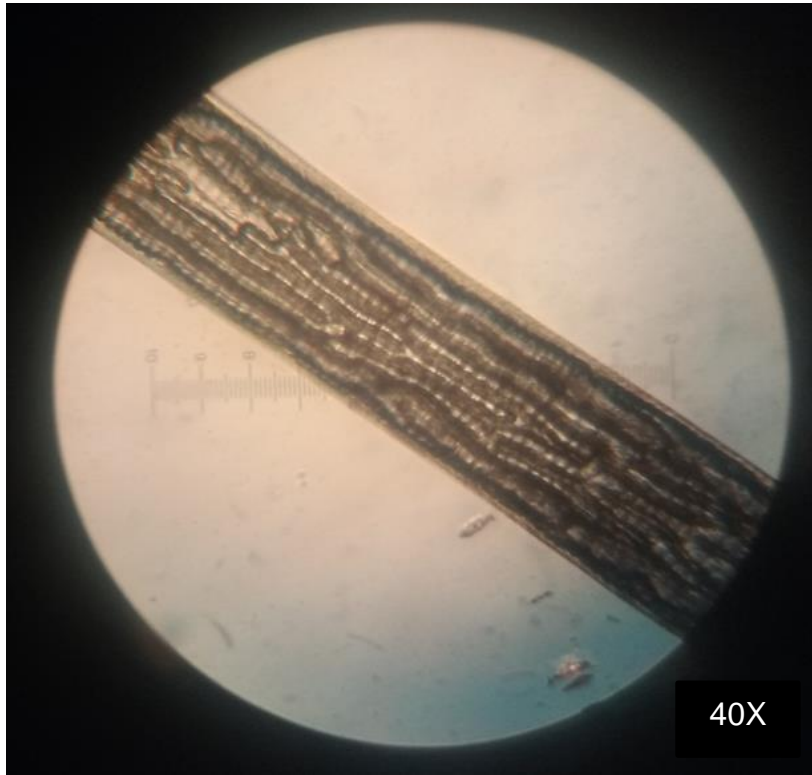
Anexo B. Continuación

Orden: Lagomorpha

Familia: Leporidae

Especie: *Lepus californicus* Gray, 1837

Nombre común: Liebre cola negra



Características del pelo

Longitud:

11 mm

Diámetro de la médula:

0.067 mm

Bandeo:

O-C-O

Patrón de médula:

Escalonada multiserial

Identificado de acuerdo a:

Monroy-Vilchis y Rubio-Rodríguez (2003)

Características de la excreta

Diámetro:

1.13 cm

Identificado de acuerdo a:

Aranda (2012)



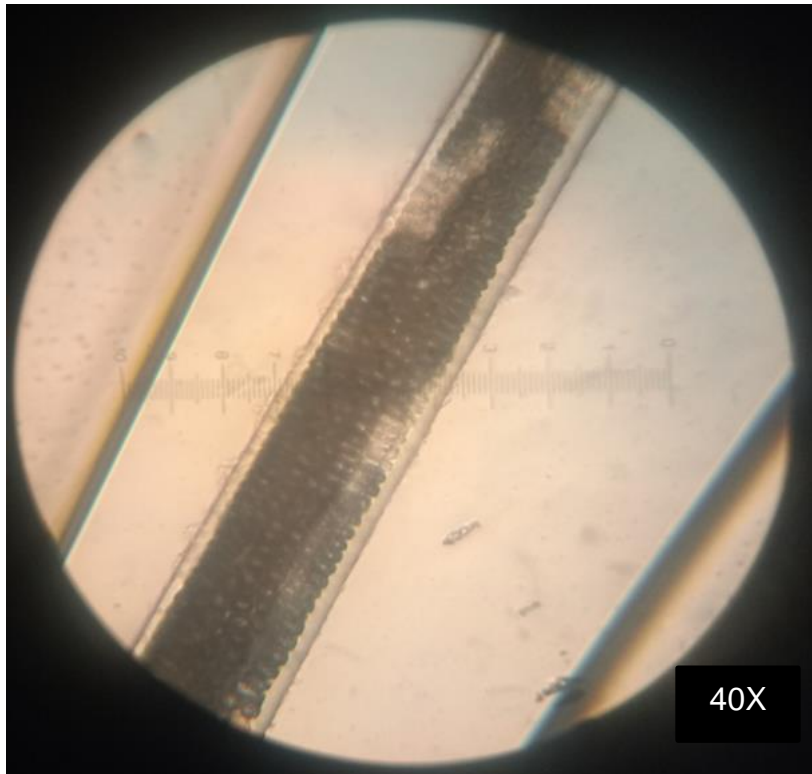
Anexo B. Continuación

Orden: Lagomorpha

Familia: Leporidae

Especie: *Sylvilagus cunicularius* (Waterhouse, 1848)

Nombre común: Conejo mexicano



Características del pelo

Longitud:

12 mm

Diámetro de la médula:

0.12 mm

Bandeo:

O-C-O

Patrón de médula:

Escalonada multiserial

Identificado de acuerdo a:

Monroy-Vilchis y Rubio-Rodríguez (2003)

Características de la excreta

Diámetro:

1.3 cm

Identificado de acuerdo a:

Aranda (2012)



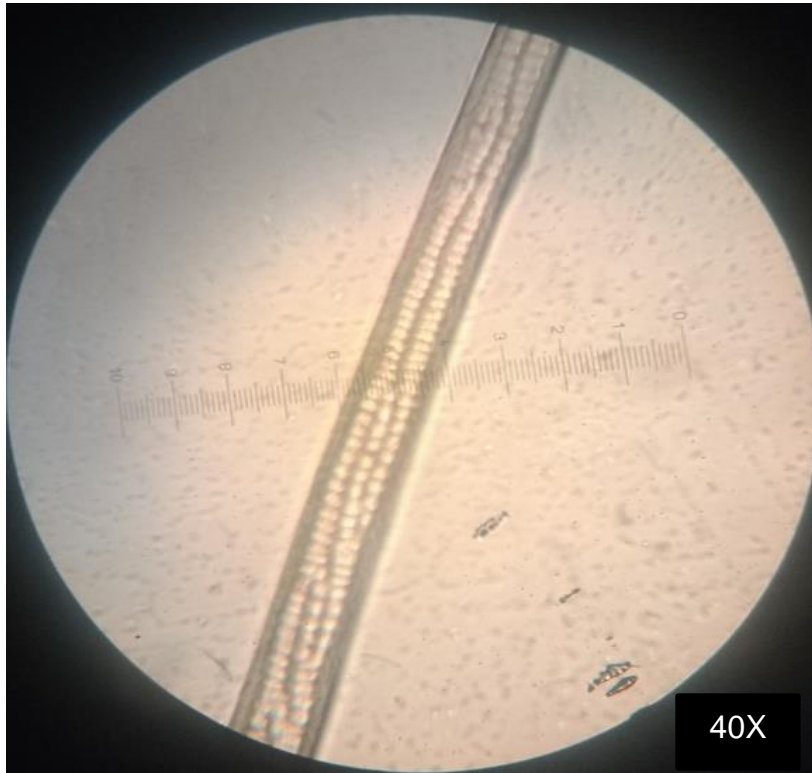
Anexo B. Continuación

Orden: Lagomorpha

Familia: Leporidae

Especie: *Sylvilagus floridanus* (J. A. Allen, 1890)

Nombre común: Conejo castellano



Características del pelo

Longitud:

10 mm

Diámetro de la médula:

0.06 mm

Bandeo:

O-C-O

Patrón de médula:

Escalonado multiserial

Identificado de acuerdo a:

Monroy-Vilchis y Rubio-Rodríguez (2003)

Características de la excreta

Diámetro:

0.8 cm

Identificado de acuerdo a:

Aranda (2012)



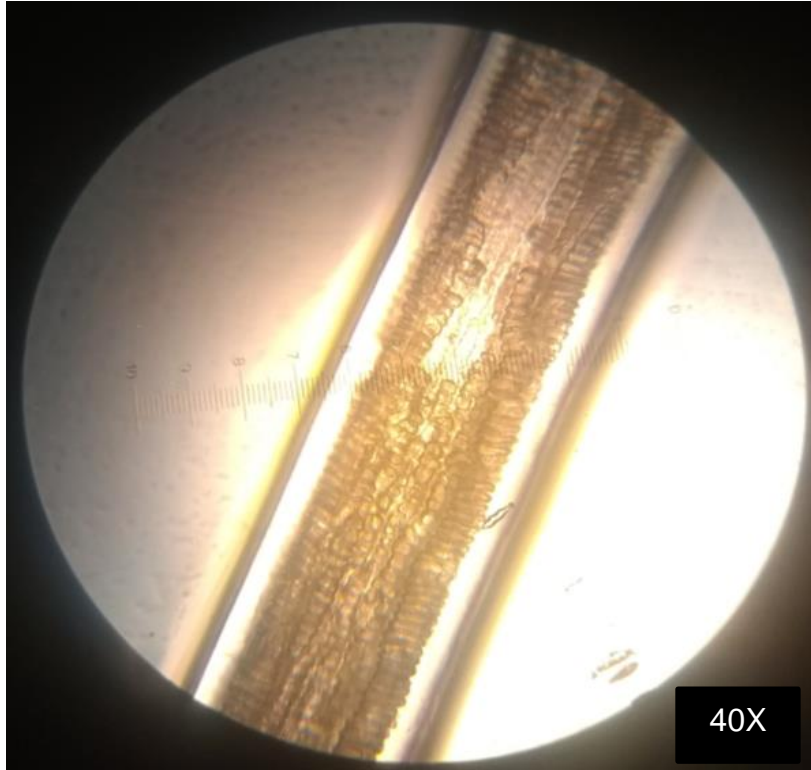
Anexo B. Continuación

Orden: Rodentia

Familia: Sciuridae

Especie: *Ictidomys mexicanus* (Erxleben, 1777)

Nombre común: Motocle, Ardillón



Características del pelo

Longitud:

12 mm

Diámetro de la médula:

0.09 mm

Bandeo:

O-C-O

Patrón de médula:

Intrusiones corticales

Identificado de acuerdo a:

Monroy-Vilchis y Rubio-Rodríguez (2003)

Anexo B. Continuación

Orden: Rodentia

Familia: Sciuridae

Especie: *Sciurus aureogaster* F. Cuvier, 1829

Nombre común: Ardilla gris



Características del comedero

Presencia de conos roídos por un ejemplar de *Sciurus aureogaster* avistado en la zona.