



DOI: [10.29298/rmcf.v15i81.1423](https://doi.org/10.29298/rmcf.v15i81.1423)

Artículo de investigación

Vertebrados terrestres en bosques de coníferas bajo manejo

Terrestrial vertebrates of managed coniferous forests

Gilberto Chávez-León

Fecha de recepción/Reception date: 25 de agosto de 2023.

Fecha de aceptación/Acceptance date: 2 de enero de 2024.

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales, INIFAP. México.

*Autor para correspondencia; correo-e: chavez.gilberto@inifap.gob.mx

*Corresponding author; e-mail: chavez.gilberto@inifap.gob.mx

Resumen

El manejo forestal sustentable requiere de la integración de mejores prácticas de conservación de la diversidad biológica. Para esto, es necesario conocer la composición y riqueza de las comunidades silvestres en los sitios donde se aplican diferentes prácticas silvícolas. Con esta finalidad, se muestreó durante cuatro años la fauna de bosques productivos de la región de Chignahuapan, Puebla. Se registraron 112 especies: 13 de mamíferos medianos y grandes, 83 de aves, cuatro de anfibios y 12 de reptiles. A partir de la abundancia de estas especies observadas, se determinó la riqueza esperada con el estimador no paramétrico *Chao1*. El método de manejo con mayor riqueza esperada fue el Método de Desarrollo Silvícola (MDS) con 113, seguido por Cortas Sucesivas (CS) con 97, y la menor se observó en el Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI) con 71. La completitud de los muestreos varió del 92 % en anfibios al 99 % en mamíferos. Dieciséis especies se encuentran en alguna categoría de riesgo en la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, y 25 son endémicas de México. Se presentan listas taxonómicas con información sobre la situación de conservación, endemismo y abundancia relativa. Los métodos intensivos de manejo forestal, como MDS, tienen una comunidad de mamíferos y aves más rica que el MMOBI y CS, pero similar a las de áreas bajo protección. La riqueza y abundancia de anfibios y reptiles, la mayoría en alguna categoría de riesgo, son bajas, especialmente en el MMOBI y CS, y casi ausentes en zonas de protección.

Palabras clave: Anfibios, aves, mamíferos, Método de Desarrollo Silvícola, Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares, reptiles.

Abstract

Sustainable forest management requires the integration of better practices for the conservation of biological diversity. Therefore, it is necessary to know the composition and richness of wild communities in sites where different forest management practices are applied. To this end, the fauna of managed forests in the *Chignahuapan* region of *Puebla* State was sampled for four years. A total of 112 species were recorded: 13 medium and large mammals, 83 birds, four amphibians and 12 reptiles. The abundances of these observed species were used to calculate the expected richness with the non-parametric *Chao1* estimator. The management method with the highest expected richness was the Silvicultural Development Method (MDS) with

113, followed by Successive Cutting (CS) with 97, and the lowest was observed in the Mexican Method for the Management of Irregular Forests (MMOBI) with 71. Sampling completeness ranged from 92 % in amphibians to 99 % in mammals. Sixteen species are in some risk category in the official Mexican standard NOM-059-SEMARNAT-2010, and 25 are endemic to Mexico. Taxonomic lists contain information on conservation status, endemism and relative abundance. Intensive forest management methods, such as MDS, have a richer mammal and bird community than MMOBI and CS but are similar to protected areas. The richness and abundance of amphibians and reptiles, most of them in some risk category, are low, especially in MMOBI and CS, and almost absent in protected areas.

Key words: Amphibians, birds, mammals, Silvicultural Development Method, Mexican Method for Irregular Forest Management, reptiles.

Introducción

Los ecosistemas forestales proveen el hábitat de plantas y animales silvestres con los recursos necesarios para mantener sus poblaciones en el espacio y a través del tiempo (McComb, 2016). Los bosques templados de la Faja Volcánica Transmexicana (FVT) se encuentran en una zona de transición donde se sobreponen las regiones Neártica y Neotropical, por lo que se distinguen por su alta riqueza biológica y endemidad (Luna *et al.*, 2007; Suárez-Mota y Téllez-Valdés, 2014; Johnson *et al.*, 2015). La variedad de climas y condiciones fisiográficas presentes en la FVT favorecen una rica flora representada por al menos 5 139 especies de plantas vasculares, el cual es el mayor número de taxones en estos ecosistemas de las principales regiones montañosas de México (Villaseñor y Ortiz, 2007). La diversidad de fauna silvestre también es alta en respuesta a la variedad de ambientes y riqueza florística (Escalante *et al.*, 2007; Flores-Villela y Canseco-Márquez, 2007; Navarro-Sigüenza *et al.*, 2007). La importancia de los vertebrados terrestres (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) en esos ecosistemas consiste en el papel que tienen como polinizadores, dispersores de semillas, presas o depredadores y consumidores de invertebrados e insectos dañinos y de carroña (McComb, 2016).

La Faja Volcánica Transmexicana es una de las principales regiones de México por su importancia social y económica; su biodiversidad está sujeta a amenazas por presiones antropogénicas como el cambio de uso del suelo, deforestación y crecimiento de la población humana, entre otros factores.

Los pinos (*Pinus* L.) y los encinos (*Quercus* L.) son de los grupos de plantas en la FVT con mayor riqueza y de alta importancia económica, ya que son sobreexplotados por tala ilegal o aprovechados de manera sustentable (Suárez-Mota y Téllez-Valdés, 2014). Para su aprovechamiento se aplican diversos sistemas técnicos con diferentes grados de intensidad: el Método de Desarrollo Silvícola (MDS), que incluye prácticas intensivas que propician la regeneración (corta total, cortas de liberación y de aclareo), es el que predomina y se aplica en la mayor parte de la superficie de la región donde se realizó este estudio.

Lo anterior provoca que el arbolado resultante sea homogéneo, con edades uniformes y con pocas especies. Además, en las zonas más altas, a partir de los 3 000 msnm, se aplica el Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI), el cual es de tipo selectivo, por lo que se mantiene mayor diversidad específica y estructural de la vegetación arbórea, pero la superficie con ese tipo de manejo es poca en la zona de estudio. Por último, y en menor grado, se utiliza el Método de Cortas Sucesivas (CS), el cual es similar al MDS, que promueve la protección de árboles semilleros y la regeneración natural, lo que resulta en masas homogéneas (Morales, 2015; Ramírez, 2017).

Los sistemas de manejo antes referidos tienen un impacto en la abundancia y riqueza de los vertebrados silvestres, ya que transforman la estructura espacial y la composición florística de la vegetación, así como en la humedad y temperatura locales (Palik *et al.*, 2021).

La legislación mexicana en la materia establece como una de sus prioridades integrar mejores prácticas para la conservación de la biodiversidad de bosques y selvas en los programas de manejo forestal (Semarnat, 2018, 2020). Para

lograrlo, es necesario conocer su composición y estado. Como primera fase, se requiere de conocimiento generado a partir de un sistema de monitoreo con el que los encargados del manejo de predios boscosos obtengan información básica para identificar áreas en riesgo de pérdida de la diversidad biológica, y para aplicar procedimientos que mitiguen los impactos de los diversos sistemas silvícolas (Conafor, 2015, 2017). La segunda fase consiste en analizar el efecto de los diferentes sistemas silvícolas en la riqueza, diversidad y ocupación.

La región donde se realizó el presente estudio se localiza en la Sierra Norte de Puebla y se conoce como Cuenca de Abasto Chignahuapan-Zacatlán por su importancia forestal, ya que en ella se ubica más de la mitad de la superficie boscosa bajo manejo del estado de Puebla, por los volúmenes anuales de madera cosechada y por tener casi 50 % de la industria forestal instalada de la entidad. Por lo tanto, se promueve la aplicación de técnicas de manejo intensivo con la incorporación de mejores prácticas que permitan conservar la biodiversidad en las áreas intervenidas (Morales, 2015; Conafor, 2017).

La importancia de la conservación de la diversidad biológica en zonas sujetas a manejo forestal se promueve desde hace poco tiempo (Conafor, 2017), incluyendo la Sierra Norte de Puebla (Barrón, 2021), lo que ha impulsado la realización de tesis, observaciones e inventarios faunísticos para complementar los programas de manejo forestal. Sin embargo, pocos se han publicado en la literatura científica ya que la mayoría quedan en informes técnicos.

Al respecto, estudios formales y publicados en esta zona son escasos y parciales; entre ellos se pueden citar a Chávez-León (2019), quien registró mediante fototrampeo la presencia de nueve especies de mamíferos medianos y grandes, además de siete aves, con una riqueza específica similar en rodales donde se aplican el MDS y el MMOBI. López-Becerra y Barrón-Sevilla (2018) documentaron 35 taxones de aves en bosques con manejo forestal del ejido Acolihua, e indicaron mayor riqueza en las prácticas silvícolas del MDS que en las del MMOBI. La

herpetofauna de la región ha recibido poca atención, con citas puntuales sobre avistamientos de algunas especies, como el de González-Hernández *et al.* (2016) en el que se mencionan una culebra: *Thamnophis pulchrilatus* (Cope, 1885), tres lagartijas: *Abronia graminea* (Cope, 1864), *Sceloporus microlepidotus* (Herrera, 1890) (sinónimo de *S. grammicus* Wiegmann, 1828) y *Lepidophyma sylvaticum* Taylor, 1939, y dos ranas: *Dryophytes eximius* (Baird, 1854) y *Rheohyla miotympanum* (Cope, 1863).

El objetivo de este trabajo fue generar un inventario general de anfibios, reptiles, aves y mamíferos medianos y grandes, así como estimar su riqueza en bosques de coníferas sujetos a tres diferentes métodos de manejo silvícola en la región de Chignahuapan, Puebla, México. Por limitaciones de espacio, en otro artículo se documentará el análisis cuantitativo y comparativo de los efectos del manejo forestal en los indicadores de diversidad de la fauna.

Materiales y Métodos

La zona de estudio se localiza en la región de la Faja Volcánica Transmexicana conocida como Sierra Norte de Puebla, principalmente en el municipio Chignahuapan (ejidos Rinconada, Llano Verde, Villa Cuauhtémoc y Chignahuapan, propiedad particular Fracción III de la Ex Hacienda de Atlamaxac) y parcialmente en los municipios Aquixtla, Puebla (Reserva Forestal Multifuncional El Manantial) y Tlaxco, Tlaxcala (propiedad particular Fracción VI de la Ex Hacienda de Atlamaxac), en un intervalo altitudinal de 2 400 a 3 550 m (Figura 1).

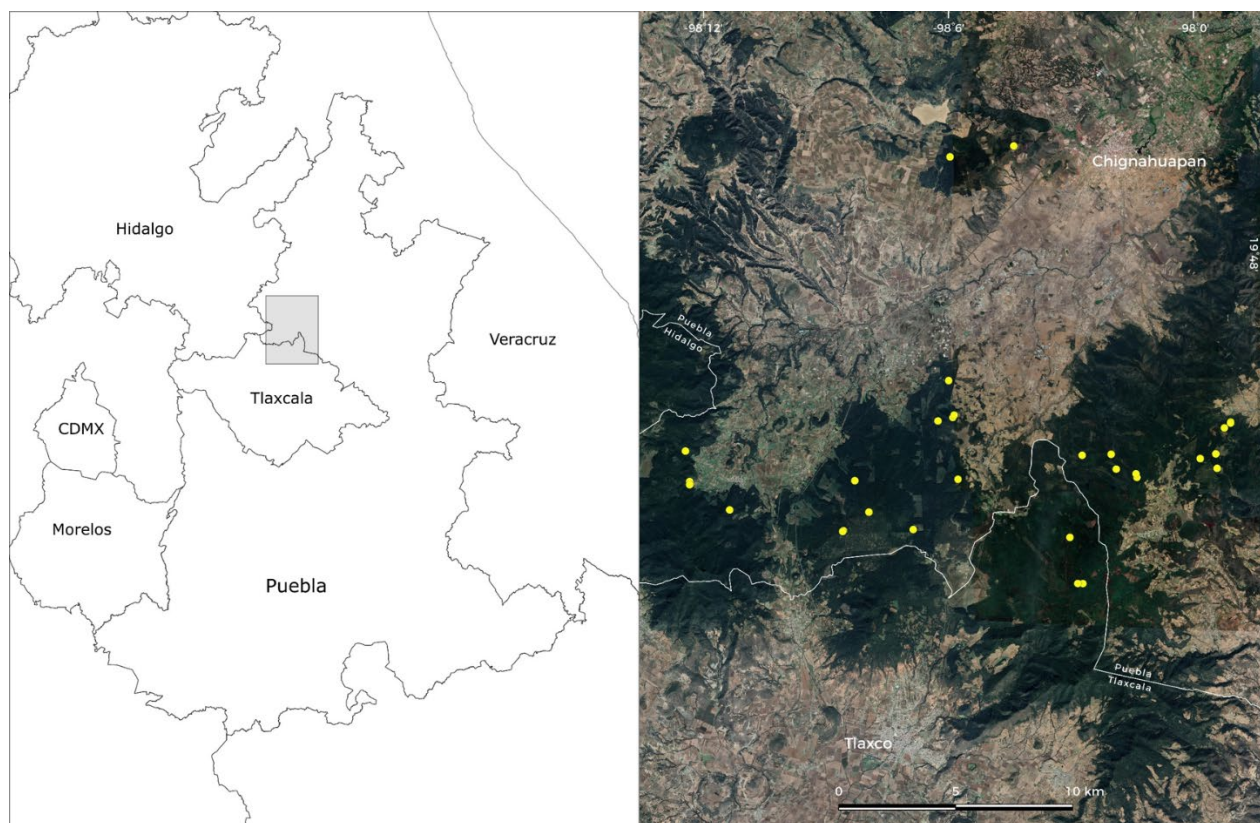


Figura 1. Ubicación de las estaciones de muestreo de fauna silvestre (puntos amarillos) en predios bajo manejo forestal en Chignahuapan y Aquixtla, Puebla y Tlaxco, Tlaxcala, México.

El ecosistema que predomina es bosque de coníferas con tipos de vegetación de pino, pino-encino, encino-pino, oyamel-pino y oyamel en diferentes fases de desarrollo de sucesión secundaria (Inegi, 2017). Se distinguen hasta tres estratos arbóreos, uno arbustivo con diferentes grados de densidad y uno herbáceo. El clima es templado subhúmedo, y en las zonas más altas es semifrío subhúmedo. En estos bosques domina *Pinus patula* Schltl. & Cham. como consecuencia de un largo proceso de intervención y reforestación con este pino de alta importancia económica (Morales, 2015).

El muestreo se realizó en los años 2019 (octubre 14 a diciembre 6), 2020 (marzo 30 a junio 5), 2021 (septiembre 20 a diciembre 7) y 2022 (abril 25 a julio 8) en 32 estaciones distribuidas, mayoritariamente, en rodales donde se aplicó el tratamiento silvícola de cortas de aclareo del MDS (17), ya que este método es el más extendido en la región. En menor proporción, se muestreó en rodales sujetos a cortas de selección del MMOBI (4) y en cortas de liberación de CS (1) que se aplican en pocas superficies, además se incluyeron rodales destinados para su protección (10), los cuales no reciben manejo silvícola. La toma de datos se repitió por dos años en la mayoría de los sitios (15) y en algunos hasta en tres (2) y cuatro (6), aunque una vez en nueve.

El estudio se enfocó en cuatro grupos de vertebrados terrestres: anfibios, reptiles, aves, y mamíferos medianos y grandes. La toma de datos de aves, herpetofauna y rastros de mamíferos se llevó a cabo en tres ocasiones (con intervalos de 30 días) en cada periodo anual de muestreo.

Los métodos de campo consistieron en estaciones de muestreo circulares de 1 ha, con una distancia mínima de 2 km entre sí, ubicadas en el interior de áreas boscosas a más de 50 m del borde más cercano con ambientes abiertos como desmontes, cortas totales, áreas agrícolas o pastizales. Se establecieron dos o tres por predio, en función de su extensión. Cada una se instrumentó con una cámara trampa marca *Cuddeback*[®] modelos E3 (flash negro) o C1 (flash blanco) para captar de manera autónoma imágenes de mamíferos medianos y grandes, aunque también se registraron aves. Se mantuvieron operando continuamente por un mínimo de 60 días para tomar simultáneamente fotos con definición de 20 MP y videos de 30 segundos. Para su registro, se programaron eventos de tres tomas sincrónicas con intervalos de demora entre eventos de 1 minuto. La revisión del estado del equipo se realizó con una periodicidad de 30 días.

El manejo, organización y análisis de las imágenes se hizo con el paquete *camtrapR* en *R* (Niedballa *et al.*, 2016; R Core Team, 2020). Para complementar y confirmar

los registros del fototrampeo se llevó a cabo una búsqueda intensiva de rastros durante 30 minutos en toda la estación circular de 1 ha (Aranda, 2012). Las especies se determinaron con base en las descripciones de Ceballos y Oliva (2005).

El registro visual y auditivo de aves se realizó mediante puntos de conteo de 15 minutos de duración desde el centro de la estación (Pierce *et al.*, 2020). La identificación de las especies observadas se corroboró mediante las descripciones de Howell y Webb (1995), y se complementó con grabaciones de sonidos durante 15 minutos, distribuidos en tres periodos continuos de tres minutos activos por dos minutos de pausa con un equipo portátil *Tascam*® DR-40X, las cuales se analizaron en línea con la aplicación *BirdNET* (Kahl *et al.*, 2021).

Para anfibios y reptiles se efectuó una búsqueda intensiva durante 30 minutos en la estación de monitoreo (1 ha). La captura de los ejemplares fue manual o con bastón herpetológico (Lips *et al.*, 2001); los individuos se liberaron en el mismo sitio después de tomarles fotografías para su posterior identificación mediante las claves taxonómicas de Lemos-Espinal y Dixon (2016).

La abundancia se calculó acorde a los diferentes métodos de muestreo utilizados para cada grupo taxonómico. La cantidad de registros de individuos por especie de aves, anfibios y reptiles se usó para estimar la frecuencia relativa: proporción de la cantidad de registros de cada especie por estación de muestreo entre el total (Pierce *et al.*, 2020). En el caso de los mamíferos, se calculó el número de individuos detectados por las cámaras estandarizado por 1 000 días-trampa (Mandujano y Pérez-Solano, 2019).

Para determinar qué tan completo es un inventario biológico, se aplican estadísticos avanzados desarrollados recientemente (Chao *et al.*, 2020) como una alternativa a las tradicionales curvas de acumulación de especies. Esos estadísticos son parametrizados por un orden q para controlar la sensibilidad a las abundancias relativas de las especies. Cuando $q=0$, las abundancias de especies no se consideran y se reducen a la medida convencional de riqueza. La completitud del

muestreo (C) es la relación entre la riqueza de especies observada y la riqueza esperada (observada mas no detectada) que se expresa como proporción o porcentaje. La completitud de los muestreos y la riqueza esperada de cada grupo se calcularon con el programa *SpadeR* (Chao *et al.*, 2019).

La estructura de las cuatro comunidades de vertebrados terrestres se analizó en términos de la homogeneidad de sus abundancias, para lo cual se generaron gráficas de rango/abundancia o *Whittaker plots* (Magurran, 2004) en las que se ordenan las especies de mayor a menor cantidad o proporción.

Se elaboraron listas taxonómicas de los cuatro grupos muestreados, a partir de las cuales se identificaron los taxones con alguna categoría de riesgo en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (Semarnat, 2019) y con distribución restringida (endémicas de México), los cuales deben considerarse como prioritarias para su conservación en bosques manejados.

Resultados y Discusión

En total, se registraron 13 especies de mamíferos medianos y grandes, 83 de aves, cuatro de anfibios y 12 de reptiles (Cuadro 1). Esto representa 45 % de los mamíferos medianos y grandes (Escalante *et al.*, 2007), 14 % de las aves, con excepción de las asociadas a ambientes acuáticos (Navarro-Sigüenza *et al.*, 2007), 4 % de los anfibios y 9 % de los reptiles (Flores-Villela y Canseco-Márquez, 2007) de existencia total estimada de taxones de estos cuatro grupos en la FVT. Si se considera que la superficie de la FVT es de aproximadamente 156 mil km² (Ferrusquía-Villafranca, 2007) y la del área boscosa donde se realizó el presente estudio abarca alrededor de

600 km² (0.4 %), se infiere que el único grupo mejor representado fue el de los mamíferos.

Cuadro 1. Riqueza observada y estimada de anfibios, reptiles, aves y mamíferos y completitud del muestreo en bosques sujetos a manejo forestal en la región de Chignahuapan, Puebla.

	<i>n</i>	<i>R_{obs}</i>	<i>q⁰</i>	<i>C (%)</i>
Anfibios				
Total	10	4	5	91.8
MDS	7	3	3	99.9
MMOBI	2	2	-	-
CS	1	1	-	-
Protección	0	0	-	-
Reptiles				
Total	64	12	13	98.6
MDS	50	12	13	98.3
MMOBI	2	2	-	-
CS	3	4	-	-
Protección	9	4	6	80.2
Aves				
Total	1 284	83	91	98.9
MDS	765	78	83	98.7
MMOBI	106	35	64	86.0
CS	27	47	88	84.1
Protección	386	61	69	96.1
Mamíferos				
Total	502	13	14	99.6
MDS	262	12	14	99.5
MMOBI	9	3	3	96.3
CS	36	5	4	99.9
Protección	195	9	9	99.5

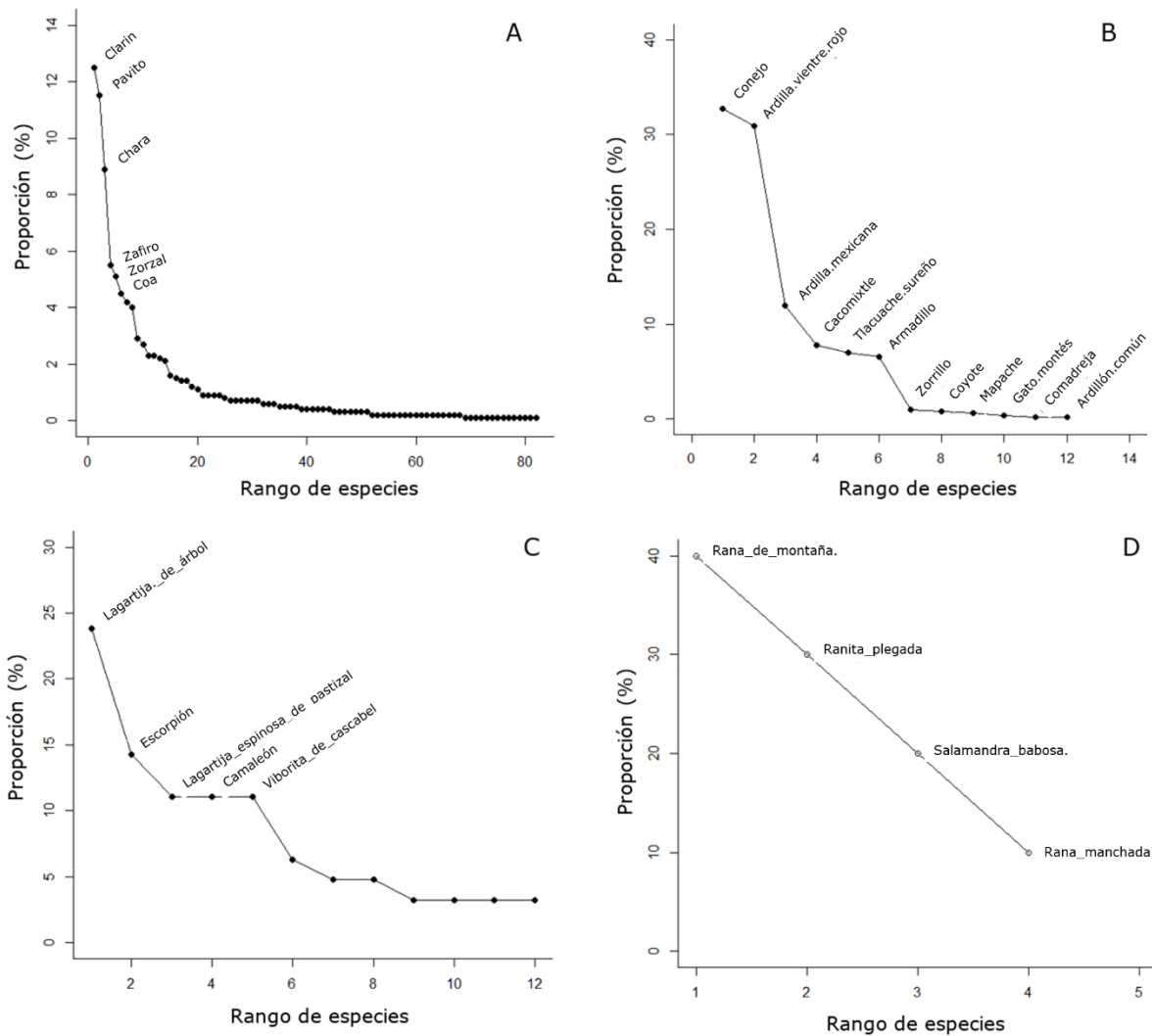
n = Cantidad de individuos registrados; R_{obs} = Riqueza observada; q^0 = Riqueza estimada (estimador de *Chao1*); C = Completitud del muestreo (cobertura de muestra estimada); - = Datos insuficientes para cómputo.

El análisis de completitud (C) indicó que el muestreo fue suficiente para registrar a la mayoría de las especies existentes en la zona de estudio (Cuadro 1), ya que el total por grupo taxonómico varió de un mínimo de 91.8 % para los anfibios a un máximo de 99.6 % para los mamíferos, con un poco menos para aves (98.9 %) y reptiles (98.6 %). En cuanto a los diferentes métodos de manejo forestal, en el MDS se lograron los valores más altos en los cuatro grupos, seguido por CS y MMOBI, aunque en las áreas bajo protección o sin manejo, la completitud y riqueza esperada fueron más altas que en estos dos y similares a lo registrado en MDS.

En el MDS se registró una mayor cantidad de especies de los cuatro grupos de vertebrados terrestres que en los rodales donde se utilizan los otros dos métodos de manejo forestal (Cuadro 1). Lo anterior se debe, principalmente, a las diferencias en el tamaño de las superficies: las del MMOBI y CS son menores que las correspondientes a MDS. Lo mismo ocurrió en el caso de los mamíferos y reptiles, y las cantidades de anfibios fueron mínimas. Es notable que en las áreas de protección no se registraran anfibios, pero sí reptiles. Posiblemente se deba a los cambios en humedad y temperatura ocasionados por la aplicación de las distintas etapas del ciclo de cortas y la gradual apertura del dosel (Iglesias-Carrasco *et al.*, 2023; SANCZUK *et al.*, 2023), las cuales modifican las condiciones del hábitat para estos organismos ectotermos que dependen de fuentes externas de calor para regular su temperatura corporal.

Las curvas de *Whittaker* ilustran la estructura de las comunidades de cada grupo taxonómico: dominancia, equidad y riqueza de especies (Figura 2). La de aves es cóncava, con pendiente muy pronunciada al inicio (Figura 2A), lo que indica que tres especies, *Myadestes occidentalis* Stejneger, 1882, *Myioborus pictus* (Swainson, 1829) y

Cyanocitta stelleri (Gmelin, 1788), son las más abundantes y dominan esta comunidad con una proporción de 9 a 12 %, seguidas por cinco (proporción de 4 y 6 %), y el resto (75 especies) con muy baja abundancia. La gráfica de mamíferos medianos y grandes tiende a ser más convexa (Figura 2B) con dos taxones cuya abundancia proporcional es de aproximadamente 30 % (*Sylvilagus* Gray, 1867 spp. y *Sciurus aureogaster* F. Cuvier, 1829), otras cuatro entre 7 y 10 % y el resto (seis especies) con alrededor de 1 %. Es decir, al menos la mitad tienen una abundancia similar.



A = Aves; B= Mamíferos medianos y grandes; C = Anfibios; D = Reptiles.

Figura 2. Curvas de *Whittaker*.

Respecto a los reptiles, una lagartija (*Sceloporus grammicus*) fue la dominante con 23 % de los registros, cuatro acumulan entre 10 y 15 % y siete con menos de 5 %; la pendiente es menos marcada que las dos anteriores como consecuencia de una mayor equidad en la abundancia de los reptiles menos abundantes (Figura 2C). La curva de anfibios es un ejemplo de una comunidad pobre en especies y abundancia, lo que se nota por la pendiente recta y las diferencias proporcionales de 10 % entre cada una (Figura 2D). En comparación, la comunidad de aves fue la de mayor riqueza y la menos uniforme, seguida por la de mamíferos y reptiles con menos especies, pero mayor uniformidad, y la de anfibios fue la menos rica.

Especies prioritarias para su conservación

Con fundamento en su categoría de riesgo establecida en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (Semarnat, 2019) y su distribución restringida (endemismo), se determinaron las especies que deben ser consideradas prioritarias para su conservación en predios bajo manejo forestal. Del total de los taxones registrados, 13 están incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010: seis reptiles, cuatro anfibios, cuatro aves y dos mamíferos. Por su distribución, 25 de las especies son endémicas de México: ocho aves, un mamífero, cuatro anfibios y 12 reptiles (Cuadro 2).

Cuadro 2. Especies en riesgo y endémicas de México prioritarias para su conservación en bosque bajo manejo en la región de Chignahuapan, Puebla.

	NOM-059- SEMARNAT-2010	Distribución
Aves		
Gavilán de Cooper <i>Accipiter cooperii</i> (Bonaparte, 1828)	Pr	No endémica
Gallina de monte veracruzana <i>Dendrortyx barbatus</i> Gould, 1846	P	Endémica
Carpintero de Strickland <i>Dryobates stricklandi</i> (Malherbe, 1845)	A	Endémica
Cuitlacoche manchado <i>Toxostoma ocellatum</i> (Sclater, 1862)	-	Endémica
Clarín jilguero <i>Myadestes occidentalis</i> Stejneger, 1882	Pr	No endémica
Mirlo dorso canela <i>Turdus rufopalliatus</i> de Lafresnaye, 1840	-	Endémica
Rascador ceja verde <i>Arremon virenticeps</i> (Bonaparte, 1855)	-	Endémica
Zacatonero rayado <i>Oriturus superciliosus</i> (Swainson, 1838)	-	Endémica
Rascador gorra canela <i>Atlapetes pileatus</i> Wagler, 1831	-	Endémica
Chipe rojo <i>Cardellina rubra</i> (Swainson, 1827)	-	Endémica
Mamíferos		
Ardilla mexicana <i>Sciurus oculatus</i> Peters, 1863	Pr	Endémica
Anfibios		
Ranita de montaña <i>Dryophytes eximius</i> (Baird, 1854)	-	Endémica
Ranita plegada <i>Dryophytes plicatus</i> (Brocchi, 1877)	A	Endémica
Rana manchada <i>Rana spectabilis</i> (Hillis & Frost, 1985)	-	Endémica
Salamandra babosa <i>Aquiloerycea cephalica</i> (Cope, 1865)	A	Endémica
Reptiles		
Escorpión transvolcánico	Pr	Endémica

<i>Barisia imbricata</i> (Wiegmann, 1828)		
Camaleón de montaña	A	Endémica
<i>Phrynosoma orbiculare</i> (Linnaeus, 1758)		
Lagartija espinosa de pastizal	-	Endémica
<i>Sceloporus aeneus</i> Wiegmann, 1828		
Lagartija espinosa de pastizal neovolcánica	-	Endémica
<i>Sceloporus bicanthalis</i> Smith, 1937		
Lagartija de árbol	Pr	No endémica
<i>Sceloporus grammicus</i> Wiegmann, 1828		
Lagartija espinosa de collar	-	Endémica
<i>Sceloporus torquatus</i> Wiegmann, 1828		
Lincer de los encinos	Pr	Endémica
<i>Plestiodon lynxe</i> (Wiegmann, 1834)		
Culebra toluqueña rayada	-	Endémica
<i>Conopsis lineata</i> (Kennicott, 1859)		
Culebra parda mexicana	-	Endémica
<i>Storeria storerioides</i> (Cope, 1866)		
Culebra jarretera mexicana del Altiplano	-	Endémica
<i>Thamnophis pulchrilatus</i> (Cope, 1885)		
Culebra jarretera alpina cola-larga	A	Endémica
<i>Thamnophis scalaris</i> Cope, 1861		
Cascabel enana	Pr	Endémica
<i>Crotalus ravus</i> Cope, 1865		
Viborita de cascabel	-	Endémica
<i>Crotalus triseriatus</i> Wagler, 1830		

P = Peligro de extinción; A = Amenazada; Pr = Sujeta a protección especial (Semarnat, 2019); Distribución: Endémica de México, No endémica de México (Avibase, 2023).

A continuación, se presentan las listas taxonómicas de los cuatro grupos de vertebrados registrados en el área de estudio.

Aves

Se registraron 83 especies de aves pertenecientes a 10 órdenes y 31 familias (Cuadro 3) con un esfuerzo de muestreo de 3 015 minutos de puntos de conteo. Con las cámaras trampa se capturaron varios taxones, dos de ellos únicamente con esos equipos: *Arremon virenticeps* (Bonaparte, 1855) y *Toxostoma ocellatum* (Sclater, 1862), ambos endémicos de México. *Dendrortyx barbatus* Gould, 1846 se identificó sólo por su canto. López-Becerra y Barrón-Sevilla (2018) registraron 35 especies en el ejido Acolihua, ubicado en la misma región donde se realizó este estudio, cantidad similar al promedio de registros en los siete predios considerados en la presente investigación. Los autores observaron la mayor riqueza en áreas manejadas por el MDS, particularmente en cortas de liberación y regeneración, e intermedia en las de aclareo. Igualmente, en el estudio que aquí se documenta fue mayor en MDS, aunque el muestreo solo se efectuó en rodales con cortas de aclareo.

Cuadro 3. Aves registradas mediante puntos de conteo en 32 estaciones de monitoreo establecidas en bosques de coníferas con manejo forestal.

	Estacionalidad	Frecuencia relativa
Clase: Aves		
Orden: Galliformes		
Familia: Odontophoridae		
Gallina de monte veracruzana	R	3
<i>Dendrortyx barbatus</i> Gould, 1846		
Orden: Columbiformes		
Familia: Columbidae		
Paloma encinera	R	10
<i>Patagioenas fasciata</i> (Say, 1822)		
Paloma arroyera	R	10
<i>Leptotila verreauxi</i> Bonaparte, 1855		
Paloma huilota	R	10
<i>Zenaida macroura</i> (Linnaeus, 1758)		

Orden: Caprimulgiformes		
Familia: Caprimulgidae		
Tapacamino cuerporruín mexicano	R	7
<i>Antrostomus arizonae</i> Brewster, 1881		
Orden: Apodiformes		
Familia: Trochilidae		
Colibrí garganta azul	R	3
<i>Lampornis clemenciae</i> (Lesson, 1830)		
Colibrí magnífico	R	7
<i>Eugenes fulgens</i> (Swainson, 1827)		
Zumbador rufo	MI	7
<i>Selasphorus rufus</i> (Gmelin, 1788)		
Zumbador cola ancha	R	28
<i>Selasphorus platycercus</i> (Swainson, 1827)		
Colibrí piquiancho	R	3
<i>Cynanthus latirostris</i> Swainson, 1827		
Zafiro orejas blancas	R	76
<i>Basilinna leucotis</i> (Vieillot, 1818)		
Orden: Cathartiformes		
Familia: Cathartidae		
Zopilote aura	R	3
<i>Cathartes aura</i> (Linnaeus, 1758)		
Orden: Accipitriformes		
Familia: Accipitridae		
Gavilán pecho rufo	R	3
<i>Accipiter striatus</i> Vieillot, 1808		
Gavilán de Cooper	MI	3
<i>Accipiter cooperi</i> (Bonaparte, 1828)		
Aguililla cola roja	R	52
<i>Buteo jamaicensis</i> (Gmelin, 1788)		
Orden: Strigiformes		
Familia: Tytonidae		
Lechuza de campanario	R	3
<i>Tyto alba</i> (Scopoli, 1769)		
Familia: Strigidae		
Búho cornudo	R	3
<i>Bubo virginianus</i> (Gmelin, 1788)		
Tecolote serrano	R	14
<i>Glaucidium gnoma</i> Wagler, 1832		
Tecolote afilador	R	14
<i>Aegolius acadicus</i> (Gmelin, 1788)		
Orden: Trogoniformes		
Familia: Trogonidae		
Coa mexicana	R	72

<i>Trogon mexicanus</i> Swainson, 1827		
Orden: Piciformes		
Familia: Picidae		
Carpintero arlequín	R	17
<i>Melanerpes formicivorus</i> (Swainson, 1827)		
Carpintero moteado	MI	3
<i>Sphyrapicus varius</i> (Linnaeus, 1766)		
Carpintero vellosa mayor	R	7
<i>Dryobates villosus</i> (Linnaeus, 1766)		
Carpintero de <i>Strickland</i>	R	3
<i>Dryobates stricklandi</i> (Malherbe, 1845)		
Carpintero de pechera	R	3
<i>Colaptes auratus</i> (Linnaeus, 1758)		
Orden: Passeriformes		
Familia: Tyrannidae		
Mosquero copetón	R	3
<i>Mitrephanes phaeocercus</i> (Sclater, 1859)		
Pibí boreal	T	3
<i>Contopus cooperi</i> (Nuttall, 1831)		
Pibí tengo frío	R	10
<i>Contopus pertinax</i> Cabanis and Heine, 1859		
Pibí oriental	T	10
<i>Contopus virens</i> (Linnaeus, 1766)		
Mosquero de los pinos	R	3
<i>Empidonax affinis</i> (Swainson, 1827)		
Mosquero barranqueño	R	21
<i>Empidonax occidentalis</i> Nelson, 1897		
Familia: Vireonidae		
Vireo reyezuelo	R	17
<i>Vireo huttoni</i> Cassin, 1851		
Vireo verde amarillo	RV	3
<i>Vireo flavoviridis</i> (Cassin, 1851)		
Vireo ojo rojo	M	10
<i>Vireo olivaceus</i> (Linnaeus, 1766)		
Familia: Corvidae		
Chara copetona	R	97
<i>Cyanocitta stelleri</i> (Gmelin, 1788)		
Cuervo común	R	17
<i>Corvus corax</i> Linnaeus, 1758		
Familia: Paridae		
Carbonero mexicano	R	52
<i>Poecile sclateri</i> (Kleinschmidt, 1897)		
Familia: Hirundinidae		

Golondrina verdemar <i>Tachycineta thalassina</i> (Swainson, 1827) Familia: Aegithalidae	R	3
Sastrecillo <i>Psaltriparus minimus</i> (Townsend, 1837) Familia: Regulidae	R	24
Reyezuelo corona roja <i>Corthylio calendula</i> (Linnaeus, 1766) Familia: Ptiliognatidae	MI	24
Capulínero gris <i>Ptiliognys cinereus</i> (Swainson, 1827) Familia: Sittidae	R	21
Sita pecho blanco <i>Sitta carolinensis</i> Latham, 1790 Familia: Certhidae	R	24
Trepadorcito americano <i>Certhia americana</i> Bonaparte, 1838 Familia: Polioptilidae	R	62
Perlita <i>Poliophtila caerulea</i> (Linnaeus, 1766) Familia: Troglodytidae	R	10
Chivirín saltapared <i>Troglodytes aedon</i> Vieillot, 1809	R	31
Chivirín cola oscura <i>Thryomanes bewickii</i> (Audubon, 1827)	R	14
Chivirín pecho gris <i>Henicorhina leucophrys</i> (Tschudi, 1844) Familia: Mimidae	R	3
Cuitlacoche manchado <i>Toxostoma ocellatum</i> (Sclater, 1862) Familia: Turdidae	R	3
Azulejo garganta azul <i>Sialia mexicana</i> Swainson, 1832	R	3
Clarín jilguero <i>Myadestes occidentalis</i> Stejneger, 1882	R	90
Zorzal mexicano <i>Catharus occidentalis</i> Sclater, 1859	R	76
Mirlo dorso canela <i>Turdus rufopalliatu</i> s de Lafresnaye, 1840	R	3
Mirlo primavera <i>Turdus migratorius</i> Linnaeus, 1766 Familia: Peucedramidae	R	62
Ocotero enmascarado	R	52

<i>Peucedramus taeniatus</i> (Du Bus de Gisignies, 1847)		
Familia: Fringillidae		
Pinzón mexicano	R	10
<i>Haemorhous mexicanus</i> (Müller, 1776)		
Picotuerto rojo	R	14
<i>Loxia curvirostra</i> Linnaeus, 1758		
Jilguero pinero	R	31
<i>Spinus pinus</i> (Wilson, 1810)		
Jilguero dominico	R	3
<i>Spinus psaltria</i> (Say, 1822)		
Familia: Passerellidae		
Gorrión ceja blanca	R	3
<i>Spizella passerina</i> (Bechstein, 1798)		
Rascador ceja verde	R	3
<i>Arremon virenticeps</i> (Bonaparte, 1855)		
Junco ojos de lumbre	R	34
<i>Junco phaeonotus</i> Wagler, 1831		
Zacatonero rayado	R	3
<i>Oriturus superciliosus</i> (Swainson, 1838)		
Rascador moteado	R	31
<i>Pipilo maculatus</i> Swainson, 1827		
Rascador gorra canela	R	66
<i>Atlapetes pileatus</i> Wagler, 1831		
Familia: Icteridae		
Bolsero encapuchado	T	10
<i>Icterus cucullatus</i> Swainson, 1827		
Tordo ojo rojo	R	10
<i>Molothrus aeneus</i> (Wagler, 1829)		
Familia: Parulidae		
Chipe trepador	MI	14
<i>Mniotilta varia</i> (Linnaeus, 1766)		
Chipe cejas blancas	R	48
<i>Oreothlypis superciliosa</i> (Hartlaub, 1844)		
Chipe oliváceo	MI	3
<i>Leiothlypis celata</i> (Say, 1822)		
Chipe cabeza gris	MI	24
<i>Leiothlypis ruficapilla</i> (Wilson, 1811)		
Chipe flameante	M	14
<i>Setophaga ruticilla</i> (Linnaeus, 1758)		
Chipe coronado	MI	28
<i>Setophaga coronata</i> (Linnaeus, 1766)		
Chipe ceja amarilla	R	10
<i>Setophaga graciae</i> (Baird, 1865)		

Chipe negro amarillo <i>Setophaga townsendi</i> (Townsend, 1837)	MI	24
Chipe cabeza amarilla <i>Setophaga occidentalis</i> (Townsend, 1837)	MI	28
Chipe gorra canela <i>Basileuterus rufifrons</i> (Swainson, 1838)	R	10
Chipe ceja dorada <i>Basileuterus belli</i> (Giraud, 1841)	R	17
Chipe corona negra <i>Cardellina pusilla</i> (Wilson, 1811)	MI	24
Chipe cara roja <i>Cardellina rubrifrons</i> (Giraud, 1841)	MI	10
Chipe rojo <i>Cardellina rubra</i> (Swainson, 1827)	R	69
Pavito aliblanco <i>Myioborus pictus</i> (Swainson, 1829)	R	7
Pavito alas negras <i>Myioborus miniatus</i> (Swainson, 1827)	R	83
Familia: Cardinalidae		
Tángara encinera <i>Piranga flava</i> (Vieillot, 1822)	R	14
Cardenal rojo <i>Cardinalis cardinalis</i> (Linnaeus, 1758)	R	7
Picogordo tigrillo <i>Pheucticus melanocephalus</i> (Swainson, 1827)	R	38
Familia: Thraupidae		
Picaflor canelo <i>Diglossa baritula</i> Wagler, 1832	R	3

R = Residente todo el año; MI = Migratorio de invierno; T = Transitorio, solo durante migración; RV = Residente de verano, migra al sur (Avibase, 2023); Frecuencia relativa = Proporción de estaciones de monitoreo en las que se detectó cada especie. Se sigue la nomenclatura y secuencia taxonómica de la *American Ornithological Society* (Chesser *et al.*, 2023). Los nombres comunes son los propuestos por Escalante *et al.* (2014).

Mamíferos

Con un esfuerzo de muestreo de 3 574 días-cámara se registraron 13 especies de mamíferos medianos y grandes distribuidos en seis órdenes y 10 familias (Cuadro 4). Esto representa 15 % de las 87 especies que se distribuyen en bosques de coníferas de la Sierra Norte de Puebla (Peralta-Moctezuma y Martínez-Vázquez, 2014), aunque la mayoría (72 %) son taxones de tamaño pequeño que no son captados por las cámaras (murciélagos), o no se pueden distinguir detalles morfológicos en las imágenes para su determinación taxonómica hasta género o especie; tal es el caso de musarañas, topos, tuzas y ratones. También se obtuvieron fotos y videos de animales domésticos como perros y ovejas, y de personas, principalmente recolectores de hongos y leña, además de operarios forestales.

Cuadro 4. Mamíferos registrados mediante cámaras trampa en 32 estaciones de monitoreo establecidas en bosques de coníferas con manejo forestal.

Nombre	Índice de abundancia relativa
Clase: Mammalia	
Orden: Didelphimorphia	
Familia: Didelphidae	
Tlacuache sureño	46
<i>Didelphis marsupialis</i> Linnaeus, 1758	
Orden: Cingulata	
Familia: Dasypodidae	
Armadillo	9
<i>Dasypus novemcinctus</i> Linnaeus, 1758	
Orden: Lagomorpha	
Familia: Leporidae	
Conejo mexicano	46
<i>Sylvilagus cunicularius</i> (Waterhouse, 1848)	
Conejo del este	43
<i>Sylvilagus floridanus</i> (J. A. Allen, 1890)	
Orden: Rodentia	
Familia: Sciuridae	

Ardillón común	1
<i>Otospermophilus variegatus</i> (Erxleben, 1777)	
Ardilla de vientre rojo	44
<i>Sciurus aureogaster</i> F. Cuvier, 1829	
Ardilla mexicana	17
<i>Sciurus oculatus</i> Peters, 1863	
Orden: Carnivora	
Familia: Felidae	
Gato montés	1
<i>Lynx rufus</i> (Schreber, 1777)	
Familia: Canidae	
Coyote	1
<i>Canis latrans</i> Say, 1822	
Familia: Mephitidae	
Zorrillo rayado sureño	1
<i>Mephitis macroura</i> Lichtenstein, 1832	
Familia: Mustelidae	
Comadreja	1
<i>Mustela frenata</i> Lichtenstein, 1831	
Familia: Procyonidae	
Cacomixtle	11
<i>Bassariscus astutus</i> (Lichtenstein, 1830)	
Mapache	1
<i>Procyon lotor</i> (Linnaeus, 1758)	

Índice de abundancia relativa = Número de individuos detectados por cámaras trampa, estandarizado por 1 000 días-trampa. Se sigue la nomenclatura y secuencia taxonómica de Ramírez-Pulido *et al.* (2014). Los nombres comunes son los propuestos por Álvarez-Castañeda y González-Ruiz (2018).

Anfibios y reptiles

Se registraron cuatro especies de anfibios y 12 de reptiles con un esfuerzo de muestreo de 6 030 minutos de búsqueda intensiva (Cuadro 5). Aldape-López y

Santos-Moreno (2016) citaron una riqueza similar en bosques templados bajo manejo forestal en Oaxaca: seis anfibios y 15 reptiles. La mayor abundancia de anfibios se observó en sitios con tratamientos correspondientes a corta de baja intensidad (selección en grupo), mientras que la de reptiles fue mayor en los tratamientos intensivos (árboles Padre), la mayor riqueza fue en rodales sin manejo. En el presente estudio se registraron más especies de ambos grupos en los tratamientos silvícolas del MDS y muy pocas en el MMOBI; en los sitios de protección (sin manejo) no hubo anfibios.

Cuadro 5. Anfibios y reptiles registrados mediante búsqueda intensiva en 32 estaciones de monitoreo en bosques de coníferas con manejo forestal.

Nombre	Abundancia relativa
Clase: Amphibia	
Orden: Anura	
Familia: Hylidae	
Ranita de montaña	40
<i>Dryophytes eximius</i> (Baird, 1854)	
Ranita plegada	30
<i>Dryophytes plicatus</i> (Brocchi, 1877)	
Familia: Ranidae	
Rana manchada	10
<i>Rana spectabilis</i> (Hillis & Frost, 1985)	
Orden: Caudata	
Familia: Plethodontidae	
Salamandra babosa	20
<i>Aquiloerycea cephalica</i> (Cope, 1865)	
Clase: Reptilia	
Orden: Squamata	
Suborden: Lacertilia	
Familia: Anguidae	
Escorpión transvolcánico	14
<i>Barisia imbricata</i> (Wiegmann, 1828)	
Familia: Phrynosomatidae	
Camaleón de montaña	11
<i>Phrynosoma orbiculare</i> (Linnaeus, 1758)	
Lagartija espinosa de pastizal	11
<i>Sceloporus aeneus</i> Wiegmann, 1828	

Lagartija espinosa de pastizal neovolcánica <i>Sceloporus bicanthalis</i> Smith, 1937	5
Lagartija de árbol <i>Sceloporus grammicus</i> Wiegmann, 1828	24
Lagartija espinosa de collar <i>Sceloporus torquatus</i> Wiegmann, 1828	4
Familia: Scincidae	
Lincer de los encinos <i>Plestiodon lynxe</i> (Wiegmann, 1834)	3
Orden: Squamata	
Suborden: Serpentes	
Familia: Colubridae	
Culebra toluqueña rayada <i>Conopsis lineata</i> (Kennicott, 1859)	3
Familia: Natricidae	
Culebra jarretera mexicana del Altiplano <i>Thamnophis pulchrilatus</i> (Cope, 1885)	3
Culebra jarretera alpina cola-larga <i>Thamnophis scalaris</i> Cope, 1861	3
Familia: Viperidae	
Cascabel enana <i>Crotalus ravus</i> Cope, 1865	5
Viborita de cascabel <i>Crotalus triseriatus</i> Wagler, 1830	5

Abundancia relativa = Número de individuos por especie detectados por búsqueda intensiva (30 min) entre el total por 100. Se sigue la clasificación y nomenclatura de AmphibiaWeb (2023) y Uetz *et al.* (2023), respectivamente. Los nombres comunes son de Lemos-Espinal y Dixon (2016).

Conclusiones

En las áreas sujetas a métodos intensivos de manejo forestal, como el MDS, se observa una comunidad de mamíferos y aves más rica que en el MMOBI y CS, pero

similar a las de áreas bajo protección, sin manejo. La riqueza y abundancia de anfibios y reptiles, la mayoría en alguna categoría de riesgo, son bajas en todos los métodos de manejo, especialmente en el MMOBI y CS, y casi ausentes en zonas de protección. Aunque esto se puede deber a las diferencias en los tamaños de muestra, el análisis de completitud indica que el muestreo fue suficiente para detectar a la mayoría de los taxones. Es también un reflejo de la dimensión de las áreas donde se aplican los métodos mencionados.

Las comunidades de aves y mamíferos muestreadas están dominadas por pocas especies (dos o tres) con abundancia alta, mientras que el resto tuvo pocos individuos. Las de anfibios y reptiles tienen menos especies, pero la mayoría con abundancias similares.

Por último, es importante que los responsables de los programas de manejo forestal consideren como prioritarias para su conservación a las especies que están en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y las endémicas de México. Esto indica que son vulnerables a cambios en las condiciones de su hábitat, como los causados en la estructura y composición de la vegetación arbórea por las intervenciones silviculturales y otras actividades humanas.

Los inventarios taxonómicos son esenciales para el conocimiento de la biodiversidad en bosques productivos. Deben ser considerados como una herramienta para fundamentar planes para la aplicación de mejores prácticas para su conservación.

Agradecimientos

A las autoridades ejidales y propietarios de los predios en los que se llevó a cabo el trabajo de campo por permitir el acceso a los mismos. A los técnicos que apoyaron en la toma de datos: Luz María Olivares García, Leyver Martínez Cuaymat, Daniel Rodríguez Fernández, Daniel Guerrero Mote, José Antonio Luna Hernández, Érika

Cruz Gutiérrez y Francisco Roldán Islas. Este estudio fue financiado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. A tres revisores anónimos por sus útiles comentarios y sugerencias para mejorar este artículo.

Conflicto de intereses

El autor declara no tener conflicto de intereses.

Contribución por autor

Gilberto Chávez-León: conceptualización, supervisión de campo, determinación taxonómica, verificación y análisis de datos, redacción del manuscrito original, y elaboración de mapas, figuras y cuadros.

Referencias

Aldape-López, C. T. y A. Santos-Moreno. 2016. Efecto del manejo forestal en la herpetofauna de un bosque templado del occidente de Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical* 64(3):931-943. Doi: 10.15517/rbt.v64i3.21525.

Álvarez-Castañeda, S. T. and N. González-Ruiz. 2018. Spanish and English vernacular names of mammals of North America. *Therya* 9(1):73-84. Doi: 10.12933/therya-18-587.

AmphibiaWeb. 2023. AmphibiaWeb. University of California. <https://amphibiaweb.org>. (15 de agosto de 2023).

- Aranda S., J. M. 2012. Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). Tlalpan, México D. F., México. 255 p.
- Avibase. 2023. Avibase-Bird Checklists of the World. Mexico. Birds Canada and Bird Life International. <https://avibase.bsc-eoc.org/checklist.jsp?lang=EN&p2=1&list=aou&synlang=®ion=MX&version=text&lifelists=&highlight=0>. (15 de agosto de 2023).
- Barrón S., J. A. 2021. Biodiversidad y manejo forestal en la Sierra Norte de Puebla. *Elementos* 123:45-49. <https://elementos.buap.mx/directus/storage/uploads/00000006072.pdf>. (20 de diciembre de 2023).
- Ceballos, G. y G. Oliva (Coords.). 2005. Los mamíferos silvestres de México. Fondo de Cultura Económica y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). Tlalpan, México D. F., México. 986 p.
- Chao, A., K. H. Ma, T. C. Hsieh and C. H. Chiu. 2019. User's Guide for Online Program SpadeR (Species-richness Prediction and Diversity Estimation in R). Institute of Statistics and National Tsing Hua University. Guangfu, Ji, Taiwan. 88 p. <https://sites.google.com/view/chao-lab-website/software/spade>. (14 de noviembre de 2023).
- Chao, A., Y. Kubota, D. Zelený, C. H. Chiu, ... and R. K. Colwell. 2020. Quantifying sample completeness and comparing diversities among assemblages. *Ecological Research* 35(2):292–314. Doi: 10.1111/1440-1703.12102.
- Chávez-León, G. 2019. Mammal and bird diversity in coniferous forests under management in the Trans-Mexican Neovolcanic Belt. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 10(56):85-112. Doi: 10.29298/rmcf.v10i56.499.
- Chesser, R. T., S. M. Billerman, K. J. Burns, C. Cicero, ... and K. Winker. 2023. Check-list of North American Birds (online). American Ornithological Society. <http://checklist.americanornithology.org/taxa>. (15 de agosto de 2023).

Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2015. *Sistema de Certificación Forestal Mexicano (Sceformex)*. <https://www.gob.mx/conafor/acciones-y-programas/certificacion-forestal-59242>. (15 de agosto de 2023).

Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2017. *Biodiversidad en Bosques de Producción y Mercados Certificados*. <https://www.gob.mx/conafor/es/documentos/biodiversidad-en-bosques-de-produccion-y-mercados-certificados-27692?state=published>. (15 de agosto de 2023).

Escalante, P., A. M. Sada y J. Robles G. 2014. Listado de nombres comunes de las aves de México. Universidad Nacional Autónoma de México y Sociedad para el Estudio y Conservación de las Aves en México A. C. (Cipamex). Coyoacán, México D. F., México. 39 p.

Escalante, T., G. Rodríguez, N. Gámez, L. León-Paniagua, O. Barrera y V. Sánchez-Cordero. 2007. Biogeografía y conservación de los mamíferos. In: Luna, I., J. J. Morrone y D. Espinoza (Edits.). *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*. Universidad Nacional Autónoma de México. Coyoacán, México D. F., México. pp. 485-502.

Ferrusquía-Villafranca, I. 2007. Ensayo sobre la caracterización y significación biológica. In: Luna, I., J. J. Morrone y D. Espinoza (Edits.). *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*. Universidad Nacional Autónoma de México. Coyoacán, México D. F., México. pp. 7-23.

Flores-Villela, Ó. y L. Canseco-Márquez. 2007. Riqueza de la herpetofauna. In: Luna, I., J. J. Morrone y D. Espinoza (Edits.). *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*. Universidad Nacional Autónoma de México. Coyoacán, México D. F., México. pp. 407-420.

González-Hernández, A., D. M. Moro-Hernández y J. A. Cruz. 2016. Distribución y uso de hábitat de *Thamnophis pulchrilatus* (Cope, 1885) en Chignahuapan, Puebla, México. *Acta Zoológica Mexicana (Nueva Serie)* 32(3):390-392. Doi: 10.21829/azm.2016.323975.

- Howell, S. N. G. and S. Webb. 1995. A guide to the birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University Press. Oxford, OX, United Kingdom. 1010 p.
- Iglesias-Carrasco, M., I. Medina and T. J. Ord. 2023. Global effects of forest modification on herpetofauna communities. *Conservation Biology* 37(1):1-12. Doi: 10.1111/cobi.13998.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). 2017. Guía para la interpretación de cartografía: Uso del suelo y vegetación. Escala 1:250 000, Serie VI. Inegi. Aguascalientes, Ags., México. 204 p. http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825092030.pdf. (3 de noviembre de 2023).
- Johnson, J. D., V. Mata-Silva and L. D. Wilson. 2015. A conservation reassessment of the Central American herpetofauna based on the EVS measure. *Amphibian & Reptile Conservation* 9(2):1-94. [http://amphibian-reptile-conservation.org/pdfs/Volume/Vol_9_no_2/ARC_9_2_\[General_Section\]_1-94_e100_high_res.pdf](http://amphibian-reptile-conservation.org/pdfs/Volume/Vol_9_no_2/ARC_9_2_[General_Section]_1-94_e100_high_res.pdf). (28 de octubre de 2023).
- Kahl, S., C. M. Wood, M. Eibl and H. Klinck. 2021. BirdNET: A deep learning solution for avian diversity monitoring. *Ecological Informatics* 61:101236. Doi: 10.1016/j.ecoinf.2021.101236.
- Lemos-Espinal, J. A. y J. R. Dixon. 2016. Anfibios y reptiles de Hidalgo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). Tlalpan, México D. F., México. 763 p.
- Lips, K. R., J. K. Reaser, B. E. Young and R. Ibáñez. 2001. Amphibian monitoring in Latin America: A protocol manual. Society for the Study of Amphibians and Reptiles. Virginia, VA, United States of America. 115 p.
- López-Becerra, J. L. y J. A. Barrón-Sevilla. 2018. Diversidad de aves en un bosque bajo manejo forestal en la Sierra Norte de Puebla, México. *Huitzil Revista Mexicana de Ornitología* 19(2):168-179. Doi: 10.28947/hrmo.2018.19.2.338.

- Luna V., M. I., J. J. Morrone y D. Espinoza O. (Edits.). 2007. Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana. Universidad Nacional Autónoma de México. Coyoacán, México D. F., México. 514 p.
- Magurran, A. E. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Publishing. Malden, MA, United States of America. 256 p.
- Mandujano R., S. y L. A. Pérez-Solano (Edits.). 2019. Fototrampeo en R; organización y análisis de datos. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Ver., México. 248 p.
- McComb, B. C. 2016. Wildlife habitat management. Concepts and applications in forestry. CRC Press. Boca Raton, FL, United States of America. 401 p.
- Morales M., M. 2015. Estudio de cuenca de abasto para la región Chignahuapan-Zacatlán, Puebla. Asesores en Manejo de Recursos Forestales S. C. Chignahuapan, Pue., México. 217 p.
<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/22/6249Chignahuapan%20-%20Zacatlan.pdf>. (21 de octubre de 2023).
- Navarro-Sigüenza, A. G., A. Lira-Noriega, A. T. Peterson, A. Oliveras de Ita y A. Gordillo-Martínez. 2007. Diversidad, endemismo y conservación de las aves. In: Luna, I., J. J. Morrone y D. Espinoza (Edits.). Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana. Universidad Nacional Autónoma de México. Coyoacán, México D. F., México. pp. 461-483.
- Niedballa, J., R. Sollmann, A. Courtiol and A. Wilting. 2016. camtrapR: an R package for efficient camera trap data management. *Methods in Ecology and Evolution* 7(12):1457-1462. Doi: 10.1111/2041-210X.12600.
- Palik, B. J., A. W. D'Amato, J. F. Franklin and K. N. Johnson. 2021. Ecological silviculture. Foundations and applications. Waveland Press, Inc. Long Grove, IL, United States of America. 343 p.
- Peralta-Moctezuma, J. V. y J. Martínez-Vázquez. 2014. Biodiversidad mastofaunística de la Sierra Norte de Puebla, México. In: Sigala R., J. J. (Coord.). *Memorias del XXI Congreso Nacional de Zoología 2013*. Universidad de

Aguascalientes. Aguascalientes, Ags., México. pp. 719-723.
https://www.researchgate.net/publication/292145521_Biodiversidad_mastofaunistica_de_la_Sierra_Norte_de_Puebla_Mexico. (14 de noviembre de 2023).

Pierce, B. L., R. R. Lopez and N. J. Silvy. 2020. Estimating animal abundance. In: Silvy, N. J. (Edit.). *The Wildlife Techniques Manual*. Johns Hopkins University Press. Baltimore, MD, United States of America. pp. 297-334.

Ramírez M., H. 2017. *Manual para la elaboración de programas de manejo forestal maderable en clima templado frío*. Comisión Nacional Forestal (Conafor). Zapopan, Jal., México. 134 p.

Ramírez-Pulido, J., N. González-Ruiz, A. L. Gardner and J. Arroyo-Cabrales. 2014. *List of Recent Land Mammals of Mexico, 2014*. Natural Science Research Laboratory, Texas Tech University. Lubbock, TX, United States of America. 69 p.

R Core Team. 2020. *The R Project for Statistical Computing (version 4.3.2)*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, W, Austria. <https://www.R-project.org/>. (14 de noviembre de 2023).

Sanczuk, P., K. De Pauw, E. De Lombaerde, M. Luoto, ... and P. De Frenne. 2023. Microclimate and forest density drive plant population dynamics under climate change. *Nature Climate Change* 13:840-847. Doi: 10.1038/s41558-023-01744-y.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2018. Decreto por el que se abroga la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, publicada en el Diario Oficial de la Federación, el 25 de febrero de 2003, se expide la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable; y se reforma el primer párrafo al artículo 105 y se adiciona un segundo párrafo al mismo artículo de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación, 5 de junio de 2018.

https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5525247&fecha=05/06/2018#gsc.tab=0. (17 de octubre de 2023).

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2019. *Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana*

NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010. Diario Oficial de la Federación, 14 de noviembre de 2019. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14/11/2019#gs.c.tab=0. (17 de octubre de 2023).

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2020. Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Diario Oficial de la Federación, 9 de diciembre de 2020. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5607136&fecha=09/12/2020. (14 de octubre de 2023).

Suárez-Mota, M. E. y O. Téllez-Valdés. 2014. Red de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad del Eje Volcánico Transmexicano analizando su riqueza florística y variabilidad climática. *Polibotánica* 38:67-93. <https://polibotanica.mx/index.php/polibotanica/article/view/379/245>. (10 de diciembre de 2023).

Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar, F. Reyes, J. Kudera and J. Hošek. (Edits.). 2023. The Reptile Database. Virginia Commonwealth University. <http://www.reptile-database.org>. (15 de agosto de 2023).

Villaseñor, J. L. y E. Ortiz. 2007. La familia Asteraceae. In: Luna, I., J. J. Morrone y D. Espinoza (Edits.). *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*. Universidad Nacional Autónoma de México. Coyoacán, México D. F., México. pp. 289-310.



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.