



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

PARA OBTENER EL GRADO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

Efecto del chaponeo sobre las comunidades de aves
de bosque en el Parque Ejidal San Nicolás Totolapan

QUE PRESENTA EL ALUMNO

Víctor Manuel Romero Vidaurri

2152029137

ASESOR: M. en C. Alejandro Meléndez Herrada

Ciudad de México

Fecha 19 de abril de 2021.

Contenido

Resumen.....	1
Introducción	2
Objetivos	4
Revisión de literatura	5
Metodología	7
Resultados	13
Discusión	27
Conclusiones.....	36
Referencias	38
Anexos.....	48

En la portada solo ponle el mes no el día

Resumen

Las aves silvestres de los bosques se distribuyen en los estratos de la vegetación; no obstante, la remoción del sotobosque (chaponeo) es una práctica común, por lo que se considera de importancia analizar el impacto de este sobre las comunidades avifaunísticas de los bosques templados del Parque Ejidal San Nicolás Totolapan, CDMX. Se llevaron a cabo muestreos mensuales mediante puntos de conteo durante la temporada migratoria en una zona conservada y otra de chaponeo, y se describió la vegetación en sus aspectos más esenciales. Los datos se analizaron con un enfoque de diversidad alfa y beta. Se registraron 53 especies de aves, pertenecientes a 21 familias y 4 órdenes. La zona conservada tuvo una mayor riqueza y abundancia que la de chaponeo, con valores de $S=46$, $N=1529$ y $S=40$, $N=1431$, respectivamente. Los índices de diversidad alfa también resultaron mayores en la zona conservada que en la de chaponeo, con valores de $Dmg=6.14$, $\lambda=0.9$, $H'=2.78$ y $Dmg=5.37$, $\lambda=0.84$, $H'=2.4$, respectivamente. Los índices beta de Jaccard y Morisita-Horn indicaron una similitud de 0.62 y 0.95, respectivamente, lo que sugiere una mayor similitud de las abundancias por especie. Si bien 22 especies tuvieron mayor presencia en la zona conservada, 17 (36.96%) fueron afines al sotobosque, donde sobresalen las especies nativas y endémicas que dependen de los estratos bajos como *Arremon virenticeps*, *Basileuterus belli* y *Cardellina rubra*. Las especies migratorias fueron escasas en ambas zonas (7=15.22% conservada; 7=17.5% chaponeo), de las cuales *Empidonax minimus*, *Leiothlypis celata* y *Cardellina pusilla* estuvieron presentes en el sotobosque de la zona conservada, pero estuvieron ausentes o con muy poca abundancia en la zona chaponeada. Los datos sugieren un efecto adverso del chaponeo en la presencia de las aves de los estratos bajos, pero que se requiere investigar sobre otras perturbaciones que también pudieran estar afectado ambas condiciones ambientales.

Palabras clave: Avifauna, Sotobosque, Chaponeo, Bosques templados

Introducción

La Cuenca de México es de origen endorreico, cerrada y abarca una superficie aproximada de 7500 km², cuya frontera sur comprende la zona de la sierra del Ajusco en el límite de la Ciudad de México con el estado de Morelos (Rivera-Hernández, 2016). Esta zona es la principal fuente de recarga de los mantos acuíferos de la Cuenca, y tiene una gran variedad de recursos forestales e incluso alimenticios que proveen bienes y servicios de gran importancia tanto a los habitantes de las localidades rurales como a los de la Ciudad de México. Aproximadamente el 75% del agua consumida en esta mega urbe depende de la recarga de los mantos acuíferos de estas zonas boscosas circundantes (Velázquez y Romero, 1999).

En la Ciudad de México, el bosque templado de oyamel (*Abies religiosa*) se ubica dentro de la región de bosques y cañadas, y las áreas más continuas de este tipo de vegetación dentro de la Cuenca de México son las que se encuentran justamente al sureste de la Ciudad (Rzedowski, 1978). La superficie que abarca es de 11000 ha aproximadamente y se encuentra entre los 2500 a 3500 msnm (Rivera y Espinosa, 2007). Ocupa una parte considerable de las alcaldías Magdalena Contreras, Álvaro Obregón y Cuajimalpa de Morelos, y en menor proporción se encuentra en la parte sur y sureste de la Ciudad, en las alcaldías de Tlalpan y Milpa Alta. Este tipo de bosque presenta casi siempre un solo estrato arbóreo, dominado exclusivamente por oyamel; en sitios donde hay baja densidad de esta especie o existen condiciones de disturbio es posible observar un estrato arbóreo bajo; en general presenta un estrato arbustivo escaso, donde dominan arbustos del género *Roldana*, y un estrato herbáceo abundante (Rivera-Hernández, 2016).

Si bien se afirma que el estrato arbustivo es escaso, también se reconoce que existe una gran diversidad vegetal que crece debajo del dosel en los bosques templados como los de oyamel encontrados al sur de la Cuenca de México. Dentro de esta vegetación hay especies representativas de yerbas y arbustos que conforman el sotobosque de la mayoría de los bosques templados, estos son componentes estructurales de gran importancia en el ecosistema (Antos, 2017). La vegetación de sotobosque brinda servicios fundamentales como la regulación de la sucesión, la producción de la mayor parte de la diversidad florística dentro de dicho ecosistema facilita el reciclaje de nutrientes y el flujo energético, y ofrece protección contra la erosión del suelo (Bartels y Chen, 2010; Abril-Saltos *et al.*, 2017). En la Cuenca, las actividades humanas han repercutido en la flora y la fauna de la región. Aunque existen zonas relativamente conservadas, están bajo constante presión. Esta región es considerada como una provincia zoológica, ya que al menos alberga un 10% de la avifauna de México (Velázquez y Romero, 1999).

El sotobosque brinda recursos para muchos tipos de organismos, pero son las especies que desarrollan actividades en el suelo y estratos bajos las que resultan más beneficiadas (Antos, 2017). En los bosques templados de la zona montañosa al sur de la Cuenca de México, esta vegetación resulta particularmente fundamental para la diversidad ornitológica que la habita. Alrededor del 60% de las aves terrestres de la CDMX se encuentran en esta región y los grupos mejor representados reúnen especies residentes, migratorias e incluso endémicas que dependen de este tipo de vegetación. El orden de los Passeriformes es el mejor representado con 142 especies, siendo la familia Passerellidae la que contiene la mayoría de éstas (Cabrera-García y Meléndez-Herrada, 1999; CONABIO y SEDEMA, 2016). Este grupo es importante ya que dentro de las aves nativas se incluyen especies endémicas como *Arremon virenticeps*, *Atlapetes pileatus* y *Cardellina rubra* (González-García y Gómez de Silva, 2003), especies que se encuentran estrechamente ligadas al sotobosque de estos ecosistemas al ser el lugar donde desempeñan funciones como las de forrajeo y anidamiento (Ramos-Ordoñez *et al.*, 2020).

La fragmentación y modificación del hábitat es la principal problemática que enfrenta la avifauna de esta región, y tiene un impacto directo en los tamaños poblacionales y el aislamiento entre las poblaciones (Cabrera-García y Meléndez-Herrada, 1999; Berlanga *et al.*; 2008). Esta vegetación es fundamental en los procesos biológicos de estas especies, pero es removida en algunas áreas de los bosques templados al sur de la Cuenca, principalmente como parte de prácticas que intentan fomentar el crecimiento de árboles al eliminar la competencia que representa el sotobosque presente. Conocida como “chaponeo”, la eliminación del sotobosque es un “método mecánico” que también busca modificar las condiciones del complejo de combustibles en un ambiente para facilitar el control de incendios o mitigar los impactos del fuego (Jardel-Peláez, 2010). Dicho método de remoción de la vegetación también es recomendado en manuales de reforestación como una manera de eliminar la competencia que representan las plantas cercanas para los árboles recién plantados (CONFAOR, 2010).

Aunque dichas prácticas resulten efectivas, muchas veces no se consideran los requerimientos de las especies que habitan los sistemas naturales que se están modificando. Esto se justifica al analizar la manera particular en la que dichas actividades afectan a las distintas especies de aves, por ejemplo, las de hábitos estrechamente relacionados con el suelo y con poca habilidad para volar como la Codorniz Coluda Transvolcánica (*Dendrortyx macroura*); incapaz de cruzar las barreras originadas por las modificaciones al hábitat y propensa a procesos de aislamiento que podrían ocasionar la desaparición local de ésta y otras especies, y eventualmente la extinción (Cabrera-García y Meléndez-Herrada, 1999).

La Codorniz Coluda Transvolcánica es una especie endémica de la región, y se encuentra bajo categorías de riesgo y protección, lo que resalta su presencia o extirpación por el chaponeo (SEMARNAT, 2010).

Los bosques templados como los del Parque Ejidal San Nicolás Totolapan (PESNT) no solo aportan recursos a las aves endémicas y nativas, si no que representan importantes sitios de parada para las aves que los visitan durante la temporada migratoria. Zonas al sur de la Cuenca de México como La Cima tienen el estatus de Área de Importancia para la Conservación de las Aves (Meléndez *et al.*, 2016) y, en casos como el de dicho punto en particular, las aves migratorias componen cerca de la tercera parte de las especies totales registradas (CONABIO, 2015). Otras fuentes como la guía impresa Aves del Distrito Federal señala que 17 de las 74 especies migratorias ilustradas habitan bosques templados de la ciudad como el PESNT (Del Olmo y Roldán, 2013).

Con base en estos argumentos, se considera de importancia analizar el impacto del chaponeo o eliminación del sotobosque en las comunidades de aves de los bosques templados del PESNT. Lugar que se ubica dentro de la zona montañosa al sur de la Cuenca de México, donde se distribuyen especies nativas, endémicas y migratorias afines al sotobosque, y en donde se utilizan métodos mecánicos para eliminar la vegetación de los estratos inferiores con el fin de prevenir o controlar incendios y estimular la diversidad de especies vegetales de interés forestal. Con esta investigación se pretende generar información que contribuya a tomar mejores estrategias de manejo para áreas naturales, como es el chaponeo, considerando a las especies de aves afectadas.

Objetivos

Objetivo general

Analizar el efecto del chaponeo sobre las comunidades de aves de bosque del Parque Ejidal San Nicolás Totolapan.

Objetivos específicos

- Caracterizar las comunidades avifaunísticas de dichas zonas.
- Describir de forma general la vegetación presente en zonas con y sin chaponeo.
- Determinar la diversidad de especies de aves en ambas zonas.

- Comparar la avifauna entre zonas en época migratoria.
- Aportar recomendaciones para el manejo del parque.

Revisión de literatura

Los bosques templados son de importancia para la investigación científica, en particular la avifauna que habita en éstos. Han sido de particular interés los bosques de la zona de la Faja Volcánica Transmexicana para realizar estudios en diversos sitios, algunos de los cuales se mencionarán a continuación.

En 1995 Cabrera-García llevó a cabo un estudio acerca de la avifauna del Ajusco medio, en el cual se efectuó una comparación en términos de riqueza de especies, diversidad y utilización de estratos de las aves registradas en el Parque Ecológico de la Ciudad de México y el Centro de Ecoguardas. Determinó un total de 104 especies de aves, incluyendo 10 endémicas: 66 residentes, 36 migratorias, una residente de verano y una de otoño. El Parque Ecológico presentó una comunidad de aves más rica y diversa; resalta la importancia de la conservación del estrato medio, que fue el más utilizado en ambos casos.

En el libro Biodiversidad de la región de montaña del sur de la Cuenca de México: bases para el ordenamiento ecológico, se incluye un estudio sobre la avifauna de toda esta región, publicado en 1999, Cabrera-García y Meléndez-Herrada, reportaron 195 especies, que comprenden 11 órdenes, 33 familias y 128 géneros. Así mismo, indican que la zona de mayor riqueza avifaunística en el sur de la Cuenca es el Corredor Biológico Ajusco-Chichinautzin del Estado de Morelos, ya que se tiene confirmada la presencia de 211 especies. Una parte considerable de las especies que habitan esta región dependen de la vegetación de sotobosque para desarrollar funciones vitales.

Durante el periodo de octubre del 2005 a noviembre del 2007, Puebla-Olivares *et al.* (2018) llevaron a cabo mensualmente muestreos avifaunísticos de punto fijo en la zona de la Cuenca del Río Magdalena. Obtuvieron una riqueza de 127 especies, 10 órdenes y 36 familias. 78% de las especies fueron residentes permanentes, 19% migratorias de invierno y 1.5% transitorias; las especies endémicas fueron 14 y 4 las cuasiendémicas; 10 especies se encontraron en alguna categoría de riesgo. Los tipos de vegetación con mayor riqueza de aves fueron bosque de oyamel y bosque de encino, mismos que presentan estratos medios y bajos de vegetación diversa que brindan recursos para sostener a una mayor cantidad de especies.

En el inventario realizado entre 2008 y 2010 dentro del municipio de Nanacamilpa, en un área de la Faja Volcánica Transmexicana, en Tlaxcala, Ramírez-Albores (2013) registró 129 especies de aves de las cuales 90 fueron especies residentes, 31 migratorias de invierno, 7 transitorias y 1 ocasional. De éstas, hubo 9 endémicas, 4 cuasiendémicas y 5 bajo alguna categoría de riesgo. El bosque de coníferas fue el tipo de hábitat que presentó la mayor riqueza de especies ($S= 68$), y los valores más altos de riqueza y diversidad en la época seca ($S= 44$; $H'= 3.22$) y lluvias ($S= 32$; $H'= 3.10$). Como se comentó en la introducción, los estratos medios y bajos de vegetación contribuyen con recursos para una cantidad considerable de aves.

En otro trabajo realizado en el municipio de Nanacamilpa, Tlaxcala, dentro del Eje Neovolcánico Transversal, Ugalde-Lezama *et al.* (2009) analizaron los efectos de la perturbación sobre las aves. Utilizaron puntos con radio fijo para el monitoreo de aves, y se caracterizó y comparó la distribución de aves en estratos verticales de la vegetación. En ambas zonas de muestreo, el estrato superior tuvo una mayor abundancia y el número de individuos por especie registrado en cada estrato fue mayor en el bosque perturbado. Lo encontrado en este trabajo indica que condiciones similares a las de zonas donde se realiza chaponeo resultaron más favorables en cuanto a la riqueza y abundancia de especies.

En la Estación Forestal Experimental Zoquiapan, en Puebla, Ugalde-Lezama *et al.* (2010) analizaron cómo las perturbaciones sobre bosques templados afectan a las comunidades de aves. Se utilizaron como métodos de muestreo puntos de radio fijo y redes de niebla para registrar la avifauna en un bosque de pino con poca alteración y un bosque mixto perturbado. Se encontró una riqueza de especies significativamente mayor ($S= 22$) para el recuento en puntos con radio fijo en el bosque mixto y también la diversidad fue significativamente mayor en la captura mediante redes de niebla ($H'= 2.9$). La heterogeneidad ambiental del bosque mixto pareció contribuir a esos resultados más altos de diversidad, por lo que la presencia de sotobosque podría tener un efecto similar en otras zonas al brindar un paisaje con mayor diversidad de recursos.

La guía impresa y publicada en 2013 Aves de la Ciudad de México, de los autores Del Olmo y Roldán, incluye 159 especies ilustradas, de las más de 300 que se conocen para dicha región. Señalan que, de estas especies ilustradas, 74 habitan en los bosques templados dentro de la CDMX, los cuales incluyen a los bosques al Sur de la Cuenca que sirven como área de estudio del presente trabajo. Es importante mencionar que varias de estas 74 aves son afines al sotobosque y dependen hasta cierto punto de los recursos que brindan dichos estratos de vegetación.

Meléndez-Herrada *et al.* en el capítulo Aves del libro La Biodiversidad en la Ciudad de México publicado en 2016, indican la presencia de 206 especies de aves tan solo en la zona de Bosques y Cañadas, dentro de la cual se encuentra el área de estudio del presente trabajo. Dicha cantidad representa el 58% del total de especies reportadas para la capital del país y muchas de estas realizan funciones importantes como el anidamiento o la alimentación en el sotobosque.

En el PESNT se evaluó el efecto de la perturbación sobre las comunidades de aves en un hábitat modificado y uno semiconservado (García-García, 2017). El sitio perturbado presentó la mayor riqueza y número total de organismos ($S=30$, $N=280$). Si bien estos resultados parecen indicar que la transformación del sotobosque y la demás vegetación contribuyeron a una mayor riqueza, la dominancia fue mayor al haber especies que aportaron la mayor parte de los individuos.

De acuerdo con la base de datos de eBird (Cornell Lab of Ornithology, 2021), en el PESNT se han registrado 117 aves desde 2008 hasta enero del 2021; estas incluyen especies endémicas, nativas y migratorias que hacen uso de los arbustos y hierbas del parque, y están fuertemente ligadas a ese tipo de vegetación.

Sin embargo, para el periodo 2010-2015 se reportó la pérdida del 5.2% de las áreas de bosques y ambientes naturales dentro del PESNT, los cuales son convertidos principalmente en superficie agropecuaria (Laboratorio de Ecosistemas de Montaña, 2010), e implica la pérdida del sotobosque y el resto de la vegetación. Al respecto, se sabe también que existen esfuerzos de restauración en la zona del volcán Ajusco en los que se incluye la reforestación de diversas zonas (Ramírez-Contreras y Rodríguez-Trejo, 2009). Se ha señalado una supervivencia del 46.5% para las plantaciones forestales al sur de la CDMX (Universidad Autónoma Metropolitana, 2003) y para intentar mantener este porcentaje se sugieren métodos como el chaponeo, con el que se elimina la competencia que representan las demás plantas para los árboles recién introducidos (CONAFOR, 2010). Donde estudios como el presente contribuyen a develar el efecto de esta práctica sobre las aves silvestres.

Metodología

Área de estudio

El Parque Ejidal San Nicolás Totolapan (PESNT) se encuentra ubicado entre las coordenadas 19° 29' y 19° y 94' de latitud Norte y entre los -99° 25' y -99° 45' de longitud Oeste (figura 1). El clima de la región es templado con temperaturas que oscilan entre los 5° y 18°C, con lluvias en primavera.

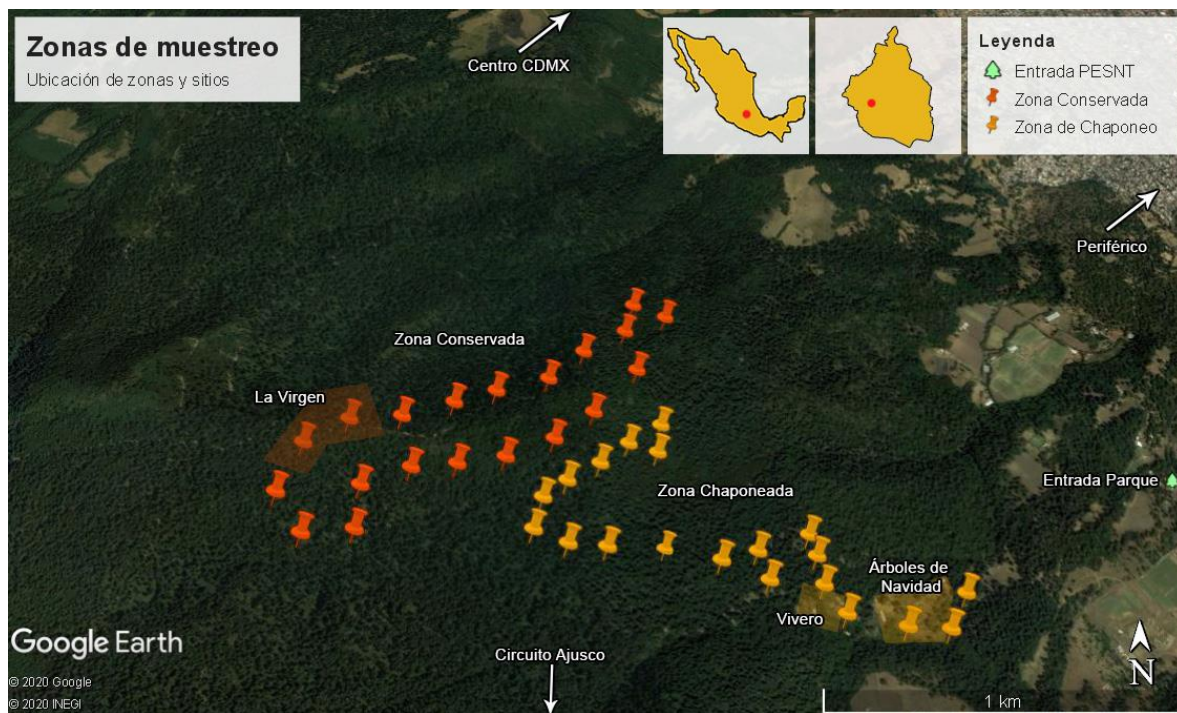


Figura 1. Zonas de muestreo: conservada (naranja) y de chaponeo (amarillo). Imagen modificada de Google Earth; datos tomados de: Google (2020).

El PESNT tiene una extensión aproximada de 1,700 hectáreas y se localizan en un intervalo altitudinal que va de los 2,700 msnm a los 3,740 msnm, donde conviven tres de los cuatro tipos de bosque templado: bosque de encino, bosque de pino y bosque de oyamel. El paisaje lo dominan formaciones montañosas de laderas escarpadas y cañadas con arroyos (GDF, 2009). Se encuentra ubicado al suroeste de la Ciudad de México y forma parte del Eje Neovolcánico Transversal, dentro de la zona de transición entre las dos regiones biogeográficas de América: Neártica y Neotropical (Velázquez y Romero, 1999).

Los antecedentes del PESNT se remontan a que, debido a la situación económica de los ejidatarios, la mala situación ecológica, la conservación de su espacio natural y el crecimiento de la mancha urbana, estos deciden unirse con Consultores Balam A. C. con el fin de desarrollar un proyecto ecoturístico para preservar los recursos naturales y culturales, así como generar empleos (Parque Ejidal San Nicolas Totolapan, 2007).

Entre las actividades que se actualmente se llevan a cabo en el parque como atractivo ecoturístico están el camping, un vivero forestal, una granja didáctica para niños, ciclismo de montaña, senderos para caminata, un estanque de truchas, un salón de usos múltiples para realizar eventos, cabañas y palapas con facilidades para preparar alimento, dentro del parque también hay una UMA (Unidad de Manejo

Ambiental) con una extensión de tres hectáreas donde principalmente hay 30 individuos de venado cola blanca y algunos pecaríes de collar (PEESNT, 2007; Avila-Foucat, 2012). Como nota personal, cabe mencionar que en el parque se llevan a cabo actividades para la observación de aves silvestres, y es un punto conocido entre los observadores debido a las especies endémicas y de otras de gran interés que lo habitan.

En estos terrenos se fomenta el desarrollo de actividades productivas a través de la compactación y limitación de superficies, así como el uso de técnicas apropiadas para elevar el rendimiento de las actividades productivas. Al mismo tiempo, se inducen actividades de restauración ecológica, en el sector agrícola se llevan a cabo actividades como cultivos y de mejoramiento de suelo, hay actividades ganaderas, en el sector forestal hay actividades maderables, no maderables, restauración (reforestación de especies nativas y propias de ecosistemas, obras de conservación de suelo y agua), control y prevención de incendios (brechas contrafuegos), plagas y enfermedades (limpia y saneamiento, quemas controladas, uso de químicos, control biológico y chaponeo). También se realizan actividades de acuicultura tradicional y comercial, entre las actividades realizadas en el sector de vida silvestre está la investigación y la cría de especies locales (SERENA, 2008; PAOT, 2008).

Es de notarse que se incluye al chaponeo dentro de las actividades realizadas en los terrenos del PESNT como método de prevención de control de plagas y enfermedades en la vegetación, un uso del chaponeo muy distinto a los descritos en la introducción que comprenden la prevención de incendios y la eliminación de competencia para los árboles recién plantados (Jardel-Peláez, 2010; CONAFOR, 2010).

Trabajo de campo

Para obtener los datos ornitológicos y la descripción general de la vegetación de cada zona, se llevaron a cabo muestreos una vez al mes a partir de la tercera semana de noviembre de 2019, hasta la tercera semana de marzo de 2020 para un total de cinco muestreos. Dicho periodo abarcó la época de migración, y se trabajó en una zona con sotobosque conservado y otra con la vegetación removida (chaponeo).

De acuerdo con los métodos establecidos por Hutto *et al.* (1984), Ralph *et al.* (1996) y Bibby *et al.* (2000), se establecieron veinte puntos de conteo sistemático por zona (con y sin chaponeo) con un radio de 25m y una distancia de 100m entre cada punto. Este método es recomendado para especies poco conspicuas y en ambientes de vegetación cerrada. Además, con este método es más fácil relacionar la ocurrencia de las especies con las características ambientales.

Las especies observadas fuera de los puntos de conteo se consideraron sólo como parte de la riqueza general.

Se obtuvieron datos generales de la vegetación como tipo de hábitat, las especies representativas de arbustos, árboles y a nivel del suelo, así como la cobertura estimada utilizando el método desarrollado por Bingham y Ralph (1994), el cual consiste en recorrer el punto de censado dentro de un radio fijo y registrar las especies de árboles y arbustos, mientras que para el resto de las plantas el nombre común del grupo es suficiente para estudios sobre la relación entre la avifauna y el hábitat. Este método ha sido utilizado por autores como Vázquez Sánchez (2004) y Peña-Núñez *et al.* (2017).

Las especies de aves se registraron mediante observaciones directas con ayuda de binoculares Bushnell 10x42, así como de manera auditiva (Whitman *et al.*, 1997; Haselmayer y Quinn, 2000; Cornell Lab of Ornithology, 2020). Para la identificación de las especies de aves se contó con las guías para aves de Norteamérica de Howell y Webb (1995), National Geographic (Dunn y Alderfer, 2011) y la aplicación Merlin de Cornell Lab of Ornithology (2020).

Trabajo de gabinete

Con los métodos descritos por diversos autores (Ralph *et al.*, 1996; Silva *et al.*, 1999; Rzedowski, 2006; Gonzalez-Oreja *et al.*, 2007; MacGregor-Fors *et al.*, 2010) se obtuvo la información general de la vegetación de cada zona usada en estudios ornitológicos en ambientes terrestres y, con ayuda de la plataforma en línea Naturalista (CONABIO, 2020), se identificaron de las especies más representativas en cada estrato. La información obtenida sobre las especies vegetales proporcionó una descripción general de la vegetación de cada zona.

Se jerarquizó la dominancia de la avifauna a través de un diagrama de Olmstead-Tukey, el cual permite clasificar a las especies como dominantes, constantes, ocasionales y raras. Es una prueba no paramétrica que sirve para asociar dos variables continuas, a las que denominaron prueba de la suma del cuadrante (Steel y Torrie, 1985). Se obtiene al relacionar la abundancia y frecuencias de aparición de los individuos. El criterio de discriminación se basa en la mediana de la frecuencia de aparición relativa para el eje de las “X” y de la mediana respectiva al logaritmo de la sumatoria de la abundancia absoluta para el eje de las “Y”. Al trazarlas sobre el plano cartesiano se perfilan 4 cuadrantes (Varona-Cordero y Gutiérrez, 2003).

Para la caracterización de las comunidades, se tomaron como base los nombres científicos y comunes obtenidos de las últimas actualizaciones de la American Ornithological Society y la CONABIO (Berlanga *et al.*, 2019; Chesser *et al.*, 2020).

Se indicaron las categorías de riesgo (SEMARNAT, 2010; IUCN, 2020), grado de endemismo incluyendo cuasiendémicas y semiendémicas (González-García y Gómez de Silva, 2003), estacionalidad (Meléndez *et al.*, 2013; Berlanga *et al.*, 2019) y gremios presentes según la información en línea brindada por la base de datos Birds of the World (Billerman *et al.*, 2020).

Para el análisis de la información recabada sobre las aves presentes se determinó la diversidad alfa con los análisis sugeridos en Moreno (2001) y Magurran (2004).

La riqueza específica se estimó con el índice de Margalef (1995) los valores por debajo de 2 indican poca diversidad mientras que los valores arriba de 5 indican alta diversidad.

$$D_{Mg} = \frac{S-1}{\ln N}$$

Donde :
 S= número total de especies
 N= número total de individuos

La abundancia relativa (proporcional) se obtuvo con el número de individuos de una especie en particular, dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Se utilizó el índice de dominancia de Simpson, el cual expresa la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie y su valor depende de las especies más dominantes. Va de 0 a 1. Valores cercanos a cero indican una muestra con menor dominancia entre especies.

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde:
 p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra

El índice de equidad de Shannon-Wiener el cual mide la probabilidad de predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una muestra, este índice tiene un rango que va de cero a cinco. Su valor es igual a cero cuando hay una sola especie (Moreno, 2001; Magurran, 2004). Estos índices se aplicaron en todos los sitios en cada muestreo.

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra

Se determinaron la riqueza observada, riqueza estimada con curvas de riqueza acumulada según el estimador no paramétrico Jackknife 2, el cual considera a las especies presentes en dos unidades de muestreo (Chadzon *et al.*, 1998; Moreno, 2001; Colwell, 2006; Magurran, 2004; Pineda-López, 2019).

$$Chao_2 = S + \frac{L^2}{2M} \quad Jack\ 1 = S + L \frac{m-1}{m} \quad Jack\ 2 = S + \frac{L(2m-3)}{m} - \frac{M(m-2)^2}{m(m-1)}$$

Donde:

S= número de especies

L= número de especies que ocurren en una muestra (especies únicas)

M= número de especies que ocurren exactamente en dos muestras

Para la diversidad beta, se llevó a cabo un análisis de similitud con base en los índices de Jaccard (cualitativo) y Morisita-Horn (cuantitativo), el intervalo de valores para ambos índices va de 0 a 1. El índice de Jaccard el

valor es cero cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta uno, cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies (Moreno, 2001; Magurran, 2004).

$$I_J = \frac{c}{a+b-c}$$

Índice de Jaccard

Donde:

a= especies presentes en el sitio A

b= especies presentes en el sitio B

c= especies presentes en el sitio A y B

$$I_{M-H} = \frac{2 \sum (an_i \times bn_j)}{(da + db)aN \times bN}$$

índice de Morisita-Horn

Donde:

an_i= número de individuos de la i-ésima especie en el sitio A

bn_j= número de individuos de la j-ésima especie en el sitio B

da= $\sum an_i^2/aN^2$

db= $\sum bn_j^2/bN^2$

A partir de estos índices se derivó una matriz de asociaciones entre los sitios de muestreo para obtener un dendograma (análisis de agrupamiento) utilizando el programa PAST (Hammer *et al.* 2001, Chikowore *et al.* 2021).

Con base en la información recabada y literatura pertinente, se hicieron propuestas referentes a la práctica del chaponeo que busquen el mayor beneficio para las comunidades de aves de bosque que habitan el PESNT.

Resultados

Descripción general de la vegetación en zonas de muestreo

Los muestreos se realizaron en dos zonas: una donde se lleva a cabo la práctica del chaponeo y otra que representa un área más conservada (**Error! Reference source not found.**). En cada zona se ubicaron veinte sitios de muestreo que se enumeran del sitio 1 al 40, siendo la primera mitad (1 al 20) los de la zona conservada. A continuación, se realizará una descripción de las características generales observadas en las zonas y sitios de muestreo específicos según la metodología previamente mencionada. Las especies vegetales y su cobertura estimada en cada zona se pueden encontrar en el Anexo 1.

Para la descripción general de la vegetación en cada zona se registraron las especies que abarcan una cobertura de más del 10%, según lo mencionado por Ralph *et al.* (1996). La zona conservada presenta una mayor cobertura (Figura) y diversidad de especies en todos los estratos, solo los sitios 18, 19 y 20 tienen una cobertura escasa de los estratos arbustivo y herbáceo, ya que son los más cercanos a la zona chaponeada y comparten algunas de sus características en cuanto al paisaje. El estrato arbóreo está dominado de igual manera por *Abies religiosa*, pero a diferencia de la zona de chaponeo que incluye más especies de coníferas, en la zona conservada se aprecian otras especies como *Fraxinus uhdei* e incluso árboles con frutos como *Prunus serotina*. En esta zona, los estratos arbustivo y herbáceo tienen una amplia cobertura (80% y 90% respectivamente) y se encuentran distribuidos uniformemente de manera general en los sitios.

Además de las plantas que se encuentran en ambas zonas, en la zona conservada se observan más especies con flores tubulares como las de los géneros *Salvia* y *Penstemon*, así como grandes parches de arbustos de *Sigesbeckia jorullensis* e incluso arbustos de frutos como los del género *Rubus*. Especies que crecen a nivel de suelo, como los musgos de la Clase *Bryopsida*, tienen una mayor abundancia (10% de cobertura) general debido a la cobertura que proveen las demás plantas de los estratos medios y bajos. Cabe mencionar que en esta zona se encuentra el mirador conocido como La Virgen, parte de mayor altitud donde la observación de las aves, particularmente en los puntos del 12 al 15, resulta más difícil al estar limitado el espacio por pendientes de gran inclinación a ambos lados del sendero.

Como se puede ver en la Figura , la zona de chaponeo presentó el menor porcentaje general de cobertura vegetal. El paisaje de esta zona es dominado por el estrato arbóreo, principalmente por *A. religiosa* y *Cupressus sempervirens*; destaca un gran parche de *A. religiosa* jóvenes que comprende la zona destinada para el cultivo de árboles de Navidad (sitios 21 a 25), así como *C. sempervirens* que son utilizados para delimitar esta y otras áreas destinadas a actividades recreativas y de aprovechamiento.

Esta parte de la zona, en específico los sitios 23 al 25, incluye también un vivero. Los árboles de corta altura y vegetación de estas áreas específicas dentro

de la zona de chaponeo actúan como los estratos medio y bajo en estos sitios específicos.

En general el estrato arbustivo de esta zona presenta una cobertura escasa (figura 2), representado por arbustos de los géneros *Roldana* y *Stevia*, así como plantas de flores tubulares de la especie *Salvia fulgens*; dicho estrato se encuentra concentrado principalmente en algunos sitios de muestreo específicos y no está presente uniformemente en toda la zona de chaponeo. El estrato con menos cobertura en dicha zona es el herbáceo, que en la mayoría de los sitios es prácticamente inexistente y se aprecia el suelo descubierto. Además de las hierbas mencionadas en el Anexo 1 en este estrato se encuentran helechos del género *Polystichum* y musgos de la clase Bryopsida, sin embargo, su cobertura es menor al 10%.

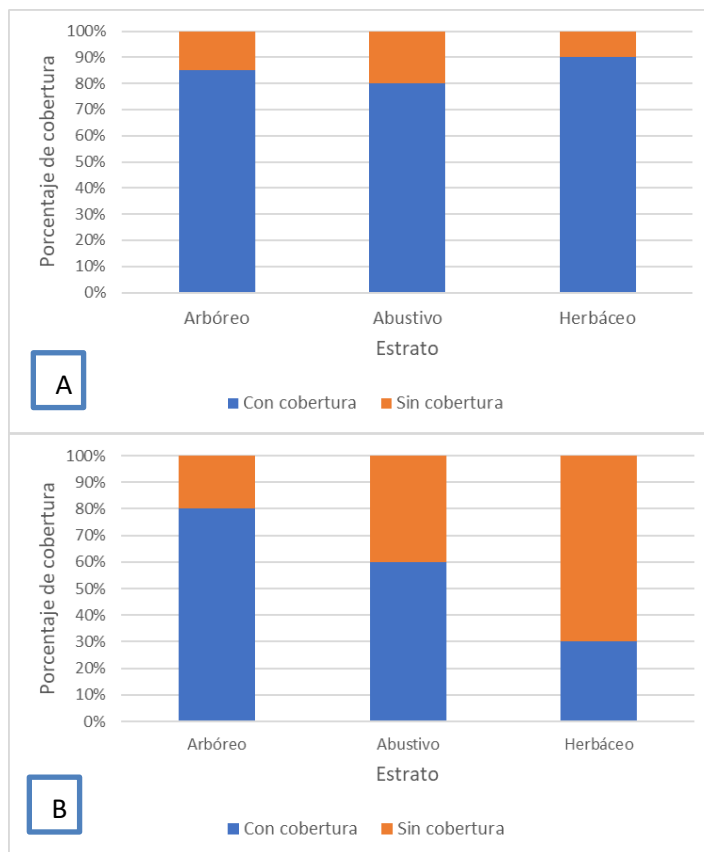


Figura 2. Cobertura de vegetación en los estratos de las zonas de muestreo. A. en zona conservada B. en zona chaponeada.

Riqueza específica de aves en las zonas de muestreo

En general, se registraron 53 especies, pertenecientes a cuatro órdenes, 21 familias y 42 géneros. El orden con mayor número de representantes es el de los Passeriformes, con 17 familias, 33 géneros y 53 especies.

De éstos, la familia Parulidae tuvo el mayor número de especies al contar con 6 géneros y 8 especies. Hubo familias con un solo representante cada una, entre ellas Vireonidae, Corvidae, Hirundidae, Paridae, Aegithalidae, Certhiidae, Troglodytidae, Polioptilidae, Peucedramidae, Fringillidae y Thraupidae. Finalmente, el orden Accipitriformes fue el de menos representantes, al contar con una sola especie (Anexo 2).

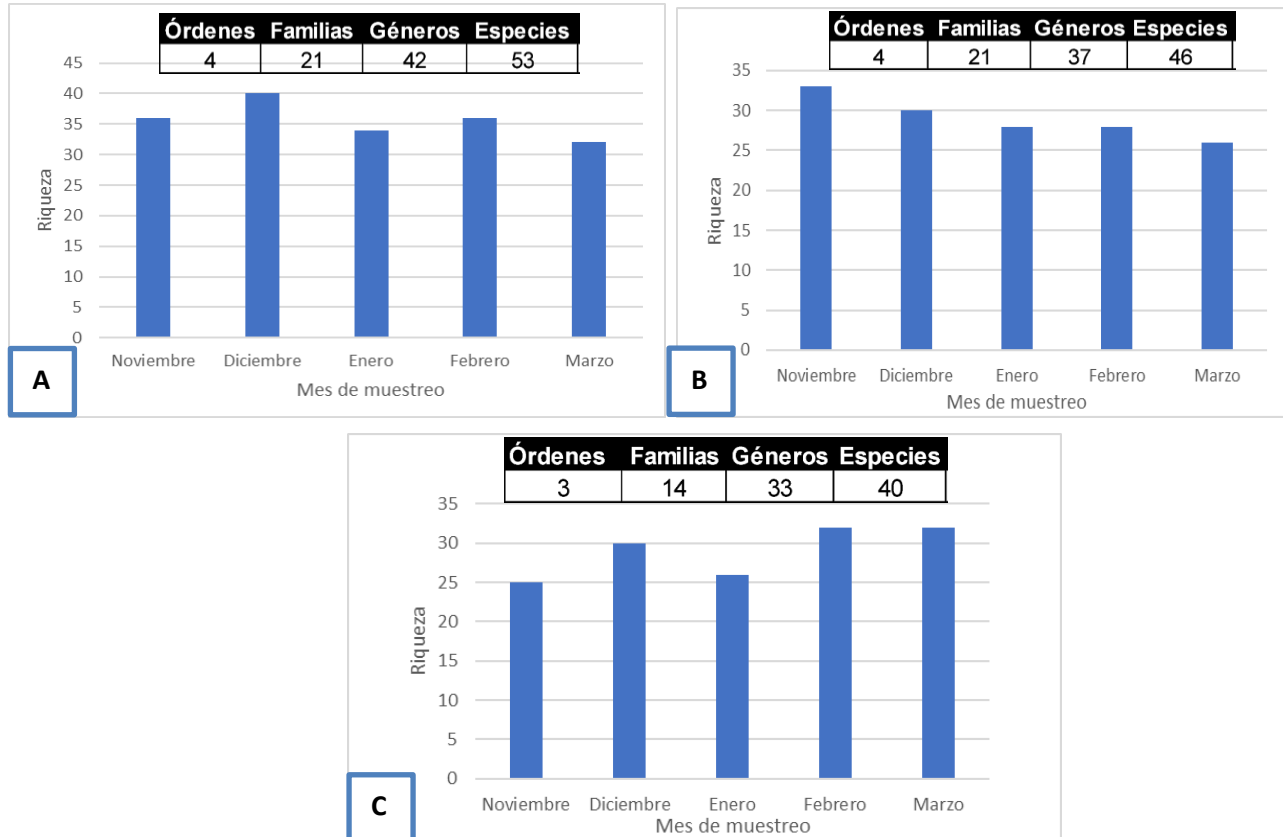


Figura 3. Riqueza específica en las zonas de muestreo. A. en general B. en la zona conservada C. en la zona chaponeada.

La riqueza específica para la zona conservada fue de 46 especies pertenecientes a cuatro órdenes, 21 familias y 37 géneros. Del total, 38 especies son residentes, mientras que ocho son migratorias de invierno. Seis especies son endémicas, dos semiendémicas y dos cuasiendémicas (figura 3). Una especie se encuentra bajo la categoría de amenazada y otra bajo protección especial, según la NOM-059 (SEMARNAT, 2010). El total de las especies se encuentran bajo la categoría de preocupación menor, de acuerdo con la IUCN (2020).

Para la zona chaponeada, la riqueza específica fue de 40 especies pertenecientes a tres órdenes, 14 familias, 33 géneros y cinco gremios. Del total, 33 especies son residentes, mientras que siete son migratorias de invierno. Seis especies son endémicas, una semiendémica y tres cuasiendémicas (figura 3).

Una especie se encuentra bajo la categoría de amenazada y otra bajo protección especial, según la NOM-059 (SEMARNAT, 2010).

Todas las especies se encuentran bajo la categoría de preocupación menor, de acuerdo con la lista roja de la IUCN del 2020 (IUCN, 2020) y se pueden consultar en el Anexo 2 (página 50).

Curva de acumulación de especies

Se registraron 53 especies de manera general para el área de estudio, para la zona conservada 46 y para la zona chaponeada 40 especies. De acuerdo con el estimador de especies no paramétrico Jackknife 2 se estima un total 62 especies. Según el análisis empleado con base a este estimador en la zona conservada y chaponeada estimo un total de 66 especies y 52 especies, respectivamente. Cabe mencionar que, en ninguna de las zonas de muestreo, las curvas de acumulación de especies llegaron a la asíntota (figura 4).

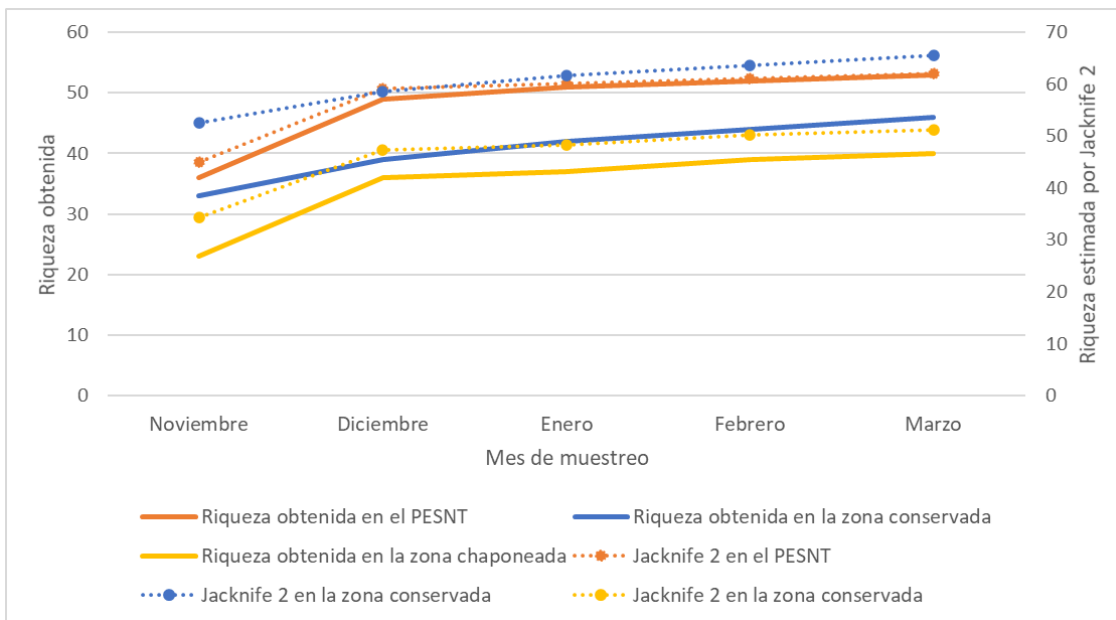


Figura 4. Curvas de acumulación de especies y la riqueza estimada por el estimador no paramétrico Jackknife 2 en el Parque Ejidal San Nicolás Totolapan.

Caracterización de las comunidades de aves presentes en el PESNT

A continuación, se muestran las diferentes clasificaciones para las especies aves encontradas. Se consideran la estacionalidad, categorías de riesgo, grado de endemismo y gremios (figura 5).

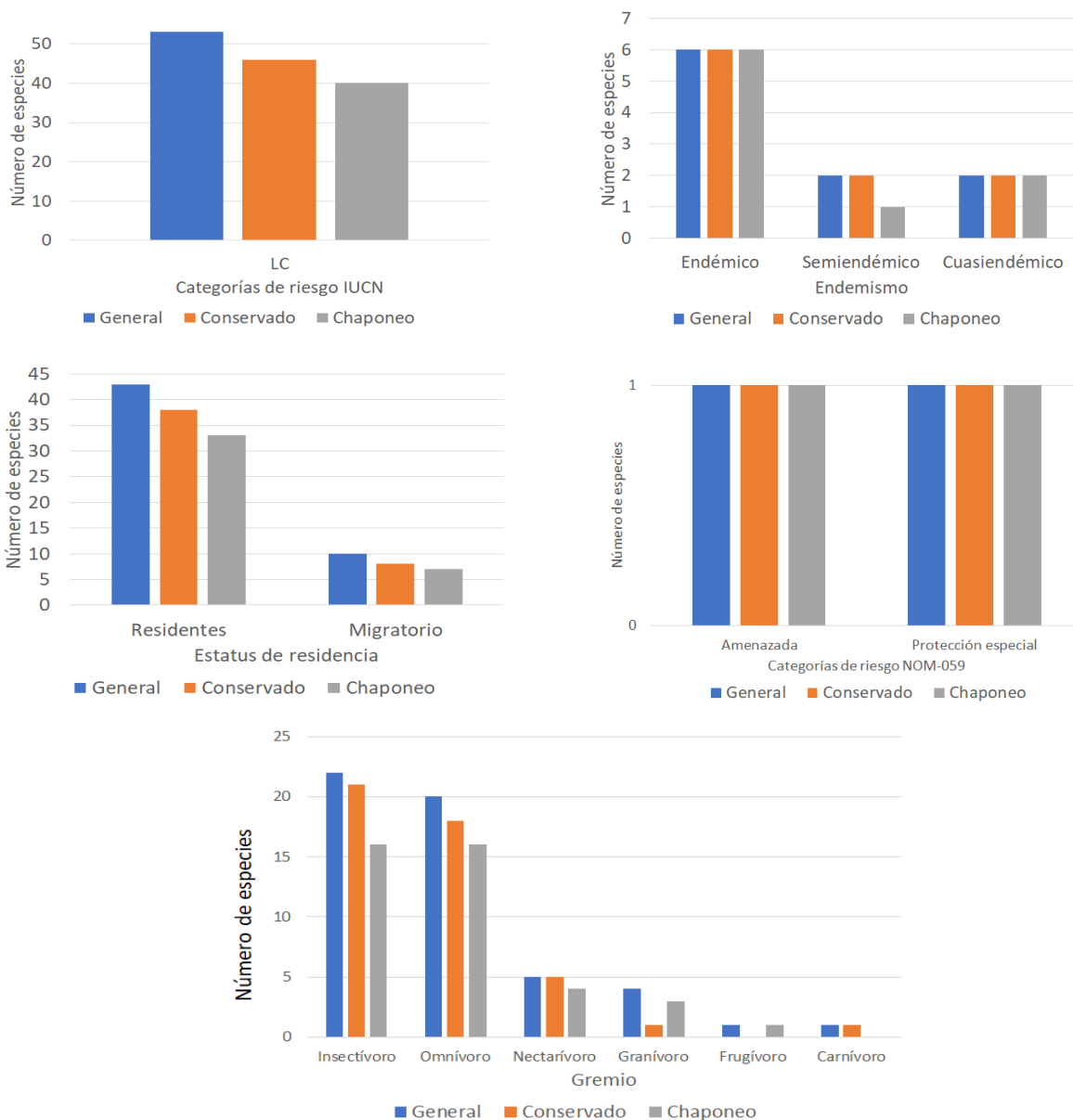


Figura 5. Caracterización de las comunidades de aves presentes en el PESNT con base en el estatus de riesgo (A), endemismo (B), estatus de residencia (C), estatus de riesgo con base en la NOM-059 (D), gremio alimenticio (E).

En general, la zona conservada obtuvo una riqueza más grande (46 especies) y esa tendencia se vio reflejada en la cantidad de especies bajo alguna de estas categorías presentes en la zona. La zona conservada tuvo mayor número de especies residentes (38) y migratorias (8), especies bajo la categoría de Menor Preocupación de la IUCN (46), especies semiendémicas (2) y especies en cuatro de los seis gremios presentes.

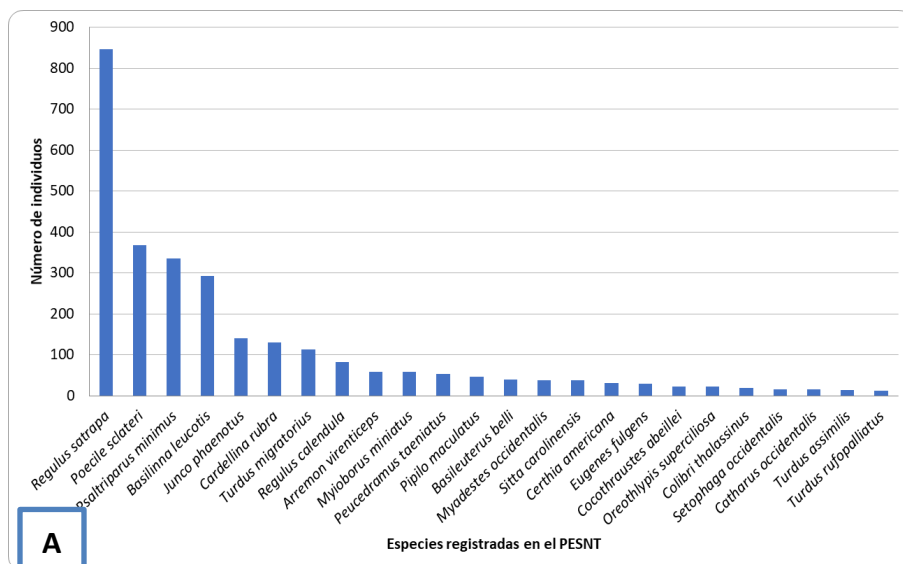
Las dos zonas tuvieron la misma cantidad de especies en las categorías de protección de la NOM-059 (1 amenazada y 1 protección especial), así como las categorías de endémicas (6) y cuasiendémicas (2).

Abundancia de especies en las zonas de muestreo

En la Figura se muestra la abundancia de las especies registradas más de doce veces; se consideraron las especies con este número de registros para enfatizar la dominancia de manera general y para cada zona, pero el número de registros y abundancia relativa de cada especie se puede encontrar en el Anexo 3. Número de registros y abundancia relativa (%) de cada una de las especies, en general y para cada una de las zonas. Al considerar ambas zonas de muestreo las especies con más registros fueron *Regulus satrapa* (847) y *Psaltriparus minimus* (367), lo cual representa el 28.6% y 9.2% del total de las especies registradas y las que tuvieron menor número de registros, considerando que en esta figura solo se tomaron en cuenta las especies con más de doce registros, fueron *Turdus assimilis* (14) y *Turdus rufopalliatu*s (12), estas especies representaron el 0.47% y 0.40%.

En la zona conservada se observaron 46 especies y 1529 registros en total, en donde *Regulus satrapa* resultó la más abundante (369 registros), lo que representa el 24% del total. Por el contrario, las especies de menor abundancia fueron *Buteo jamaicensis*, *Lampornis clemenciae*, *Dryobates villosus*, *Contopus pertinax*, *Empidonax minimus*, *Empidonax fulvifrons*, *Polioptila caerulea* y *Leiothlypis celata*, al aportar cada una 0.65% (1 registro) del total.

La zona de chaponeo presentó un total de 40 especies y 1431 registros, en donde *Regulus satrapa* fue nuevamente la especie con mayor abundancia al representar el 33% (472 registros) del total. Las especies *Selasphorus platycercus*, *Dryobates villosus*, *Sryobates stricklandi*, *Empidonax fulvifrons*, *Polioptila caerulea*, *Loxia curvirostra*, *Atlapetes pileatus* y *Cardellina pusilla* fueron las de menor abundancia al aportar cada una solo 0.069% (1 registro) del total.



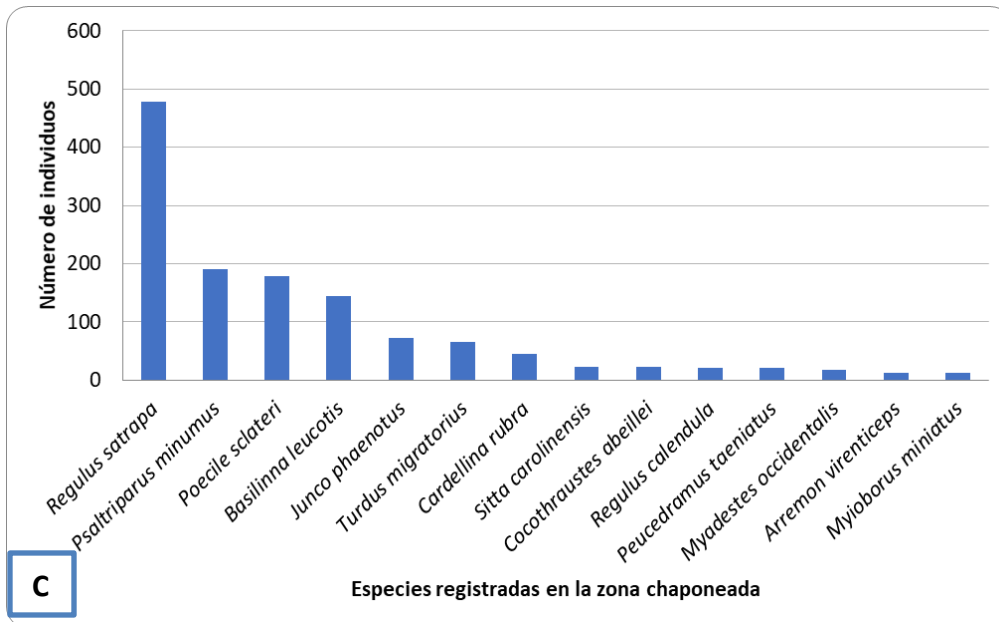


Figura 6. Abundancia de las especies con mayor número de registros en las zonas de muestreo. A. en general B. en la zona conservada C. en la zona chaponeada.

Se encontraron especies exclusivas a cada zona, en la zona conservada se registraron 13 especies y en la zona chaponeada 7 especies, algunas de ellas tuvieron un número de registros considerable respecto al total de cada zona en particular (Tabla 1).

En la zona conservada se encontraron más especies afines a la vegetación del sotobosque. Algunas de estas especies que también se encontraron en la zona chaponeada se registraron menos veces que en la zona conservada.

Un claro ejemplo fue *Arremon virenticeps*, que en la zona conservada se registró 46 veces, mientras que en la zona chaponeada solamente hubo 13 registros. Otro caso similar es el de *Pipilo maculatus*, en la zona conservada se registró 37 veces, mientras que, en la zona chaponeada hubo 9 registros (figura 7).

Tabla 1. Especies exclusivas a cada zona

Zona conservada				
Especie	Afinidad al sotobosque	Estatus de residencia	Numero de registros	Proporción respecto al total de registros (%)
<i>Cyanocitta stelleri</i>	Sí	Residente	9	0.59
<i>Empidonax occidentalis</i>	No	Migratoria	8	0.52
<i>Vireo huttoni</i>	Sí	Residente	7	0.46
<i>Chaetura vauxi</i>	No	Residente	5	0.33
<i>Tachycineta thalassina</i>	No	Residente	5	0.33
<i>Diglossa baritula</i>	Sí	Residente	5	0.33
<i>Spinus psaltria</i>	No	Residente	4	0.26
<i>Sitta pygmaea</i>	No	Residente	2	0.13
<i>Troglodytes aedon</i>	Sí	Residente	2	0.13
<i>Lampornis clemenciae</i>	Sí	Migratoria	1	0.07
<i>Empidonax minimus</i>	No	Migratoria	1	0.07
<i>Buteo jamaicensis</i>	No	Residente	1	0.07
<i>Leiothlypis celata</i>	Sí	Migratoria	1	0.07
Zona chaponeada				
Especie	Afinidad al sotobosque	Estatus de residencia	Número de registros	Proporción respecto al total de registros (%)
<i>Coccythraustes abeillei</i>	No	Residente	23	1.61
<i>Haemorrous mexicanus</i>	No	Residente	11	0.77
<i>Euphonia elegantissima</i>	No	Residente	9	0.63
<i>Spinus pinus</i>	No	Residente	7	0.49
<i>Setophaga townsendi</i>	No	Migratoria	3	0.21
<i>Sphyrapicus varius</i>	No	Migratoria	2	0.14
<i>Loxia curvirostra</i>	No	Residente	1	0.07

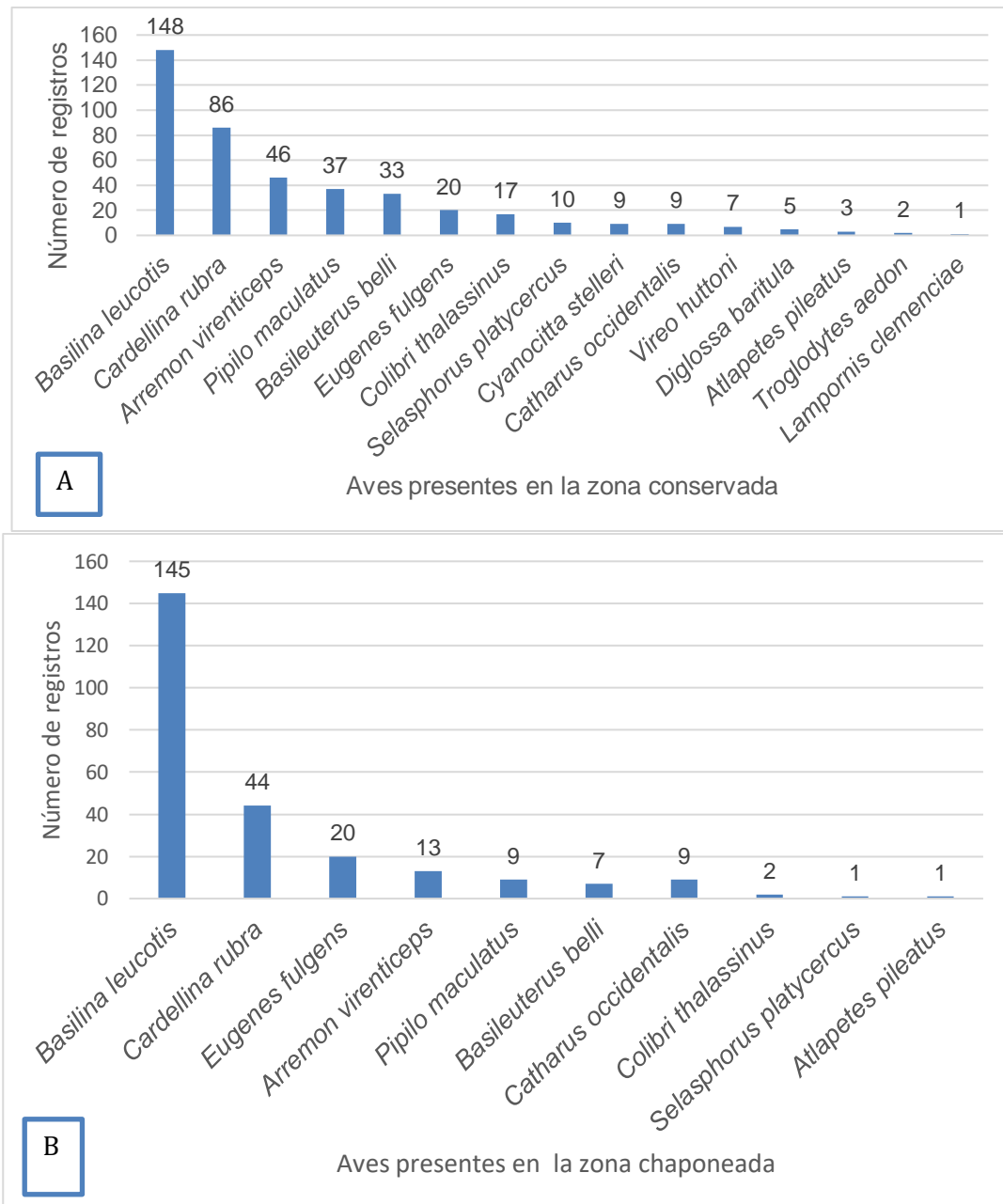


Figura 7. Aves de sotobosque presentes en A. zona conservada B. zona chaponeada.

Categorías de rareza según la abundancia de especies

Según el diagrama de Olmstead-Tukey, 36 especies son consideradas raras y ocasionales (figura 8). Esas especies se registraron algunas veces (1 a 19 registros) en el mismo o los mismos puntos (entre 1 y 20 puntos), las especies clasificadas como dominantes fueron las que se registraron más veces (38 a 847 registros) en la mayoría de los puntos (de 21 a 40 puntos), entre ellas están *R.*

satrapa, *P. minimus*, *P. sclateri* y *B. leucotis*. Entre las especies raras están *Dryobates villosus*, *Sitta pygmaea*, *Troglodytes aedon* y *Lampornis clemenciae*.

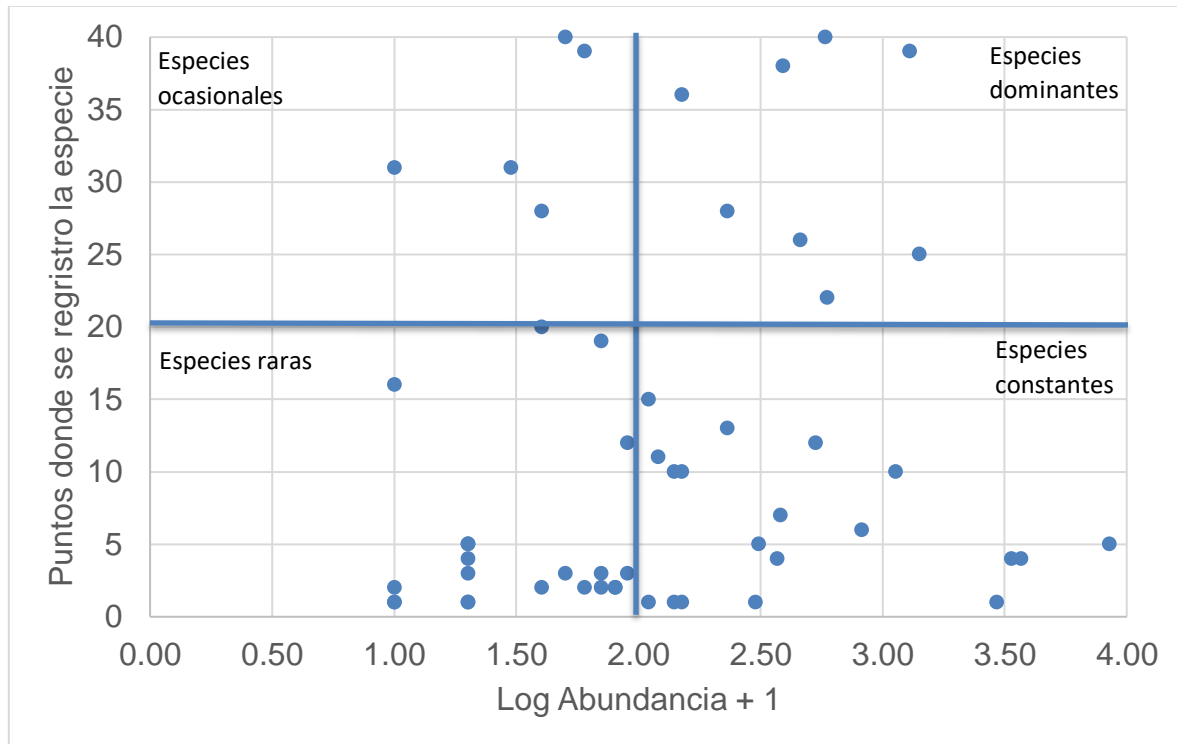


Figura 8. Diagrama de Olmstead-Tukey donde se clasifica a las especies dominantes, constantes, ocasionales y raras (con base en Steel y Torrie, 1985).

Diversidad alfa para zonas de muestreo

Riqueza de especies

Ambas zonas presentaron valores indicadores de alta diversidad de acuerdo con el índice de Margalef, la zona conservada presentó un valor de 6.13, mientras que Zona Chaponeo obtuvo un valor de casi un punto menor, con 5.36 lo que sugiere que ambas zonas coinciden en tener una riqueza de especies alta, de acuerdo con intervalo de valores del índice. En la zona conservada, el mes de noviembre fue el que presentó el valor más alto (5.6) mientras que en la zona chaponeada fue durante el mes de diciembre (4.8), el resto de los meses mostró una disminución en la riqueza de especies (figura 9).

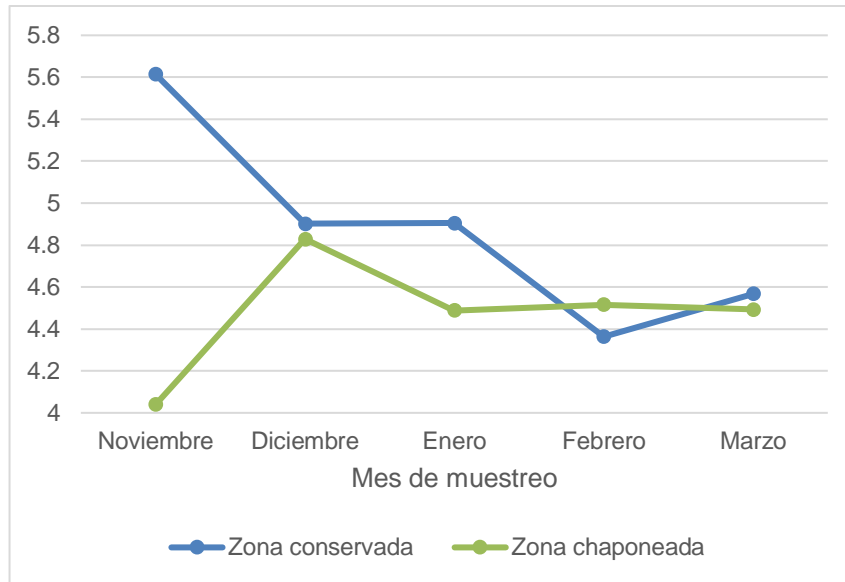


Figura 9. Variación temporal en la riqueza de especies de acuerdo con el índice de Margalef.

Dominancia de especies

Los valores de dominancia con base en el índice de Simpson fueron de 0.89 para la zona conservada y 0.83 para la de chaponeo, lo cual indica una alta dominancia para ambas zonas. En la zona conservada el valor de dominancia más alto se obtuvo en el mes de enero (0.9) mientras que en la zona chaponeada fue en los meses de enero (0.9) (figura 10). Cabe destacar que en ambas zonas la especie dominante fue *Regulus satrapa*, en la zona conservada se registró 369 veces, lo que representa el 24% de los registros totales y en la zona chaponeada representó el 33% del total con 472 registros.

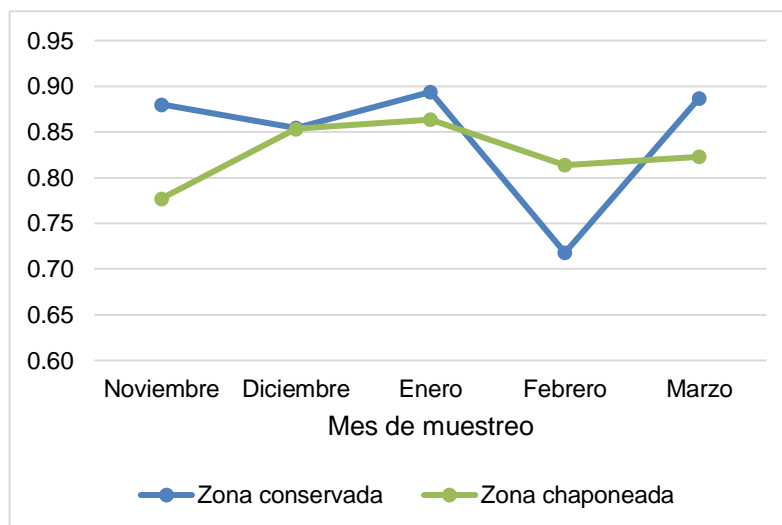


Figura 10. Variación temporal en la dominancia de acuerdo con el índice de Simpson.

Uniformidad de especies

Para la uniformidad de especies, con base en el índice de Shannon-Wiener, se obtuvo un valor de 2.78 para la zona conservada y 2.40 para la zona de chaponeo, estos resultados corresponden a una equidad media entre las especies de ambas zonas. En la zona conservada el valor más alto se obtuvo en el mes de noviembre mientras que en la zona chaponeada fue en el mes de diciembre (figura 11).

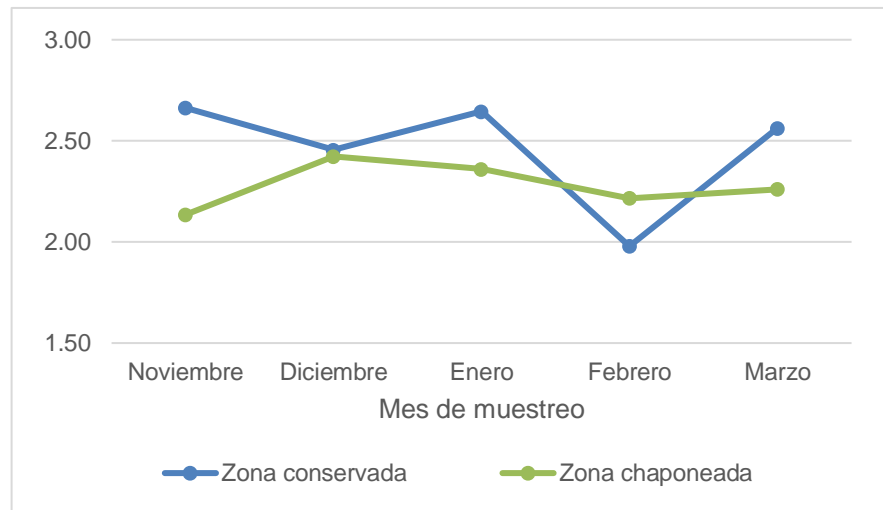


Figura 11. Variación temporal en la uniformidad de acuerdo con el índice de Shannon-Wiener.

Diversidad beta

Similitud de especies

El valor obtenido para la similitud de especies con base en el índice de Jaccard entre zonas fue de 0.62, lo que implica una similitud general media entre ambas avifaunas. El índice de Jaccard se basa en la similitud en cuanto a la composición de la riqueza y en este caso el valor corresponde a las 33 especies que compartieron las zonas, de las 53 registradas en total.

El caso del índice de Jaccard es similar al índice de Morisita-Horn, ya que, aunque hubo diferentes condiciones ambientales y por lo tanto diferentes abundancias en ciertas especies, como las que dependen del sotobosque, especies compartidas entre las zonas como *Regulus satrapa*, *Psaltriparus minimus* y *Poecile sclateri* tuvieron un gran peso (45.5% zona conservada, 58.3% zona chaponeada) y existe un posible sesgo ante la dominancia de las especies ya mencionadas.

El valor obtenido para la similitud de especies, con base en el índice de Morisita-Horn, en las zonas de muestreo fue de 0.95, lo que sugiere una similitud general alta entre las avifaunas de ambas zonas.

Si bien este resultado sugiere que ambas zonas son muy similares en cuanto riqueza y número de registros este resultado puede estar relacionado con la alta dominancia de las mismas especies en ambas zonas (*R. satrapa* con 24% y 33%; *P. minimus* con 9.5% y 13.3% en la zona conservada y chaponeada respectivamente; *P. sclateri* con 12% para ambas zonas).

Tabla 2. Similitud de especies entre los meses de muestreo en la zona conservada con base en el índice de Jaccard y Morisita-Horn en cada zona.

Zona conservada					
índice de Jaccard					
Mes de muestreo	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Noviembre	1.00	0.91	0.85	0.85	0.79
Diciembre	0.91	1.00	0.93	0.93	0.87
Enero	0.85	0.93	1.00	1.00	0.93
Febrero	0.85	0.93	1.00	1.00	0.93
Marzo	0.79	0.87	0.93	0.93	1.00
índice de Morisita-Horn					
Mes de muestreo	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Noviembre	1.00	0.33	0.13	0.11	0.36
Diciembre	0.33	1.00	0.37	0.36	0.20
Enero	0.13	0.37	1.00	0.11	0.17
Febrero	0.11	0.36	0.11	1.00	0.09
Marzo	0.36	0.20	0.17	0.09	1.00
Zona chaponeada					
índice de Jaccard					
Mes de muestreo	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Noviembre	1.00	0.82	0.92	0.82	0.85
Diciembre	0.82	1.00	0.89	1.00	0.96
Enero	0.92	0.89	1.00	0.89	0.93
Febrero	0.82	1.00	0.89	1.00	0.96
Marzo	0.85	0.96	0.93	0.96	1.00
índice de Morisita-Horn					
Mes de muestreo	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Noviembre	1.00	0.13	0.14	0.80	0.16
Diciembre	0.13	1.00	0.26	0.34	0.16
Enero	0.14	0.26	1.00	0.08	0.25
Febrero	0.80	0.34	0.08	1.00	0.15
Marzo	0.16	0.16	0.25	0.15	1.00

Para la similitud de especies entre los meses de muestreo se observa una tendencia general de valores cualitativos altos y valores cuantitativos bajos. (Tabla 2). En ambas zonas, los valores del índice de Jaccard son altos, lo cual indica que la riqueza entre sitios se mantuvo constante durante toda la temporada. Las mismas especies dominantes mencionadas en los párrafos previos podrían contribuir a dicho resultado, ya que además de tener altas abundancias (45.5% zona conservada, 58.3% zona chaponeada), estuvieron presentes en la mayoría de los sitios de muestreo (figura 8, página 22).

Los valores del índice de Morisita-Horn fueron bajos, lo que quiere decir que las abundancias de las especies no fueron similares entre los sitios a lo largo de la temporada. Esto parece corresponder con la variación que hubo en la abundancia total registrada entre meses, en donde los valores fueron desde los 456 hasta los 658 individuos. Las condiciones climáticas poco favorables podrían influir en la diferencia en abundancias mes con mes, ya que meses como enero donde había mucho frío y poca visibilidad corresponden con registros bajos de abundancia (Bibby, *et al.* 1992; Wunderle, 1994; Ralph *et al.* 1996). Esto se ve reflejado en especies como *R. satrapa* que, a pesar de ser la más dominante, tuvo grandes variaciones en su abundancia a través de los meses (49 a 113 registros zona conservada, 48 a 135 registros zona chaponeada).

Dendograma (análisis de agrupamiento)

Para corroborar la similitud de especies entre todos los sitios de muestreo, se elaboró un análisis de agrupamiento expresado en un dendograma, con base en el índice de Morisita-Horn que, a diferencia de medidas cualitativas y otras cuantitativas, resulta el índice más satisfactorio de los índices disponibles como sugieren Wolda (1981) y Smith (1986). Se pueden observar los sitios de muestreo de ambas zonas agrupados de acuerdo con la similitud de especies (figura 12) siendo la zona conservada representada por los sitios 1 al 20 y la zona chaponeada por los sitios 21 al 40. Si se traza una "línea de corte" cercana a una distancia (similitud) de 0.80, entonces se aprecian dos grupos principales, y los sitios 12 y 23 aislados. El grupo más grande a la derecha corresponde en su mayoría a la zona chaponeada (22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39 y 40), pero también se encuentran asociados seis sitios de muestreo que pertenecen a la zona conservada (3, 13, 18, 15, 19). Sólo un sitio de la zona chaponeada (21) se agrupó con los de la zona conservada, y finalmente los sitios 12 y 23 no se adhirieron a alguno de los tres grupos.

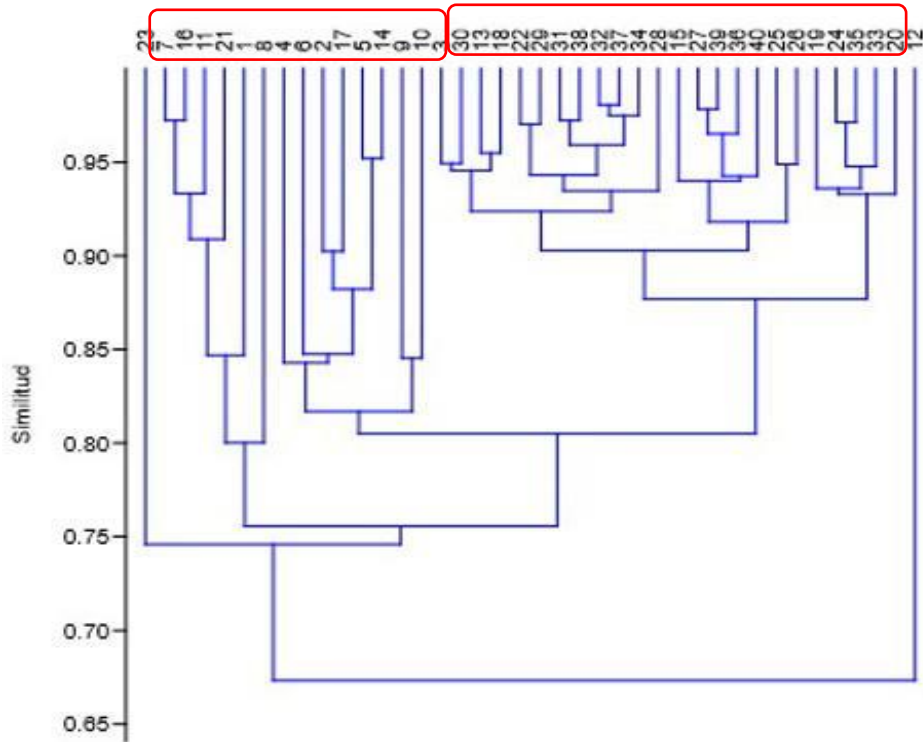


Figura 12. Dendrograma de similitud con base en las aves registradas en los puntos de conteo de ambas zonas.

Las características particulares de los sitios se comentaron con mayor detalle en la sección de descripción general de la vegetación en zonas de muestreo (página 13) y la posible relación de estas características con la diversidad de aves en las zonas se abordará en la discusión.

Discusión

Como se puede apreciar en los resultados, los valores de riqueza, abundancia y diversidad fueron mayores en la zona conservada. Por otro lado, la diversidad beta indicó una alta similitud cuantitativa y una similitud cualitativa media entre las dos zonas de muestreo. Se registraron la misma cantidad de especies migratorias, endémicas, bajo categorías de riesgo y gremios, pero como se discutirá a continuación, los datos de ausencia de especies y abundancias en las zonas presentan varias diferencias que son claves para definir el efecto del chaponeo sobre las comunidades de aves que las habitan.

Un factor importante en la diversidad de aves es la heterogeneidad ambiental (MacArthur y MacArthur, 1961), la cual se conforma por distintos tipos de vegetación y su variación espacial (Rusch *et al.* 2008, Vermaat *et al.* 2008). La vegetación es

de gran importancia por la disponibilidad de recursos como alimento, sitios de nidificación y refugio contra depredadores (Wiens, 1989, Turner *et al.* 2003).

En este sentido, los valores de riqueza de aves, en la zona conservada se registró una mayor cantidad de especies respecto a la zona de chaponeo. En el Anexo 1 se puede observar que la zona conservada presentó una vegetación más variada y abundante, sobre todo en los estratos arbustivo y a nivel de suelo, lo cual sugiere una relación con la menor presencia y abundancia de especies de aves de sotobosque en la zona chaponeada, como se discutirá en los siguientes párrafos.

Las especies de aves exclusivas de la zona conservada y que contribuyeron a una mayor riqueza son dependientes del sotobosque (Wagner 1946; Arizmendi, 2001; Lauck, 2020; Williamson, 2020). *Lampornis clemenciae*, como todos los colibríes, frecuenta flores tubulares como las del género *Salvia* que fueron mayormente abundantes y diversas en los sitios conservados a comparación de la zona chaponeada (Anexo 1), donde solo se encontraron algunos parches de este tipo de vegetación; *Salvia fulgens*, *S. elegans* y *S. mexicana* en específico, estuvieron presentes en la zona, se han reportado como fuentes principales de néctar para la especie en la región (Wagner 1946; Williamson, 2020). Así mismo, *Diglossa baritula* es un ave que, si bien hace uso de otros recursos alimenticios, tiene una dieta fuertemente nectarívora; visita la mayoría de las flores que visitan los colibríes, entre las que se encuentran *Salvia* spp. (Arizmendi, 2001; Lauck, 2020). Esta mayor abundancia y diversidad de flores del género en la zona pueden contribuir a la presencia exclusiva de estas dos especies de aves, al brindar una mayor cantidad de recursos alimenticios, ya que en la zona chaponeada este tipo de vegetación es removida junto con otras especies de la vegetación que conforma el sotobosque.

Como se puede apreciar, el sotobosque produce la mayor parte de la diversidad florística dentro del ecosistema (Bartels y Chen, 2010; Abril-Saltos *et al.*, 2017), pero también brinda recursos para otros grupos de aves. Un ejemplo son las aves que forrajea en el suelo o en los estratos bajos. *Cyanocitta stelleri* se alimenta en el suelo, árboles y arbustos; en algunas regiones, se ha observado que el forrajeo a nivel de suelo incrementa durante verano e invierno (Salata, 1982). Esta ave residente anida en algunos casos en arbustos que están casi a la altura del suelo (Bent 1946; Walker *et al.*, 2020), por lo que la presencia de este estrato resulta particularmente importante. De igual manera, *Troglodytes aeodon* busca pequeños invertebrados terrestres directamente en el suelo expuesto, hojarasca, estrato herbáceo, arbustos y partes bajas de los árboles (Johnson, 2020). Todo lo anterior puede indicar que la abundancia de estos estratos de vegetación propicia la presencia de dichas especies exclusivamente en la zona conservada (Tabla 1, página 20)

La diversidad vegetal del estrato arbóreo también puede influir en las especies de aves que fueron exclusivas de la zona conservada. *Cyanocitta stelleri* y *Sitta pygmaea* son aves que dentro de su dieta pueden incluir nueces o bellotas como las que son producidas por árboles como *Quercus rugosa* (Walker *et al.*, 2020; Kingery y Ghalambor, 2020), especie arbórea que tuvo menor presencia en la zona

chaponeada. *S. pygmaea* puede almacenar estas semillas enterrándolas en la corteza de los árboles, para consumirlas posteriormente (Kingery y Ghalambor, 2020).

Otra ave que está asociada a este tipo de árboles y estuvo ausente únicamente en la zona chaponeada es *Vireo huttoni*, que parece llegar a su abundancia pico en ambientes donde predominan los encinos y se sabe que prefiere ese tipo de hábitat más que cualquiera de sus congéneres (Root, 1988; Davis, 2020).

En el caso de las especies de aves que fueron exclusivas de la zona de chaponeo destacan los integrantes de la familia Fringillidae. Las especies *Coccothraustes abeillei*, *Haemorhous mexicanus*, *Loxia curvirostra* y *Spinus pinus* además de pertenecer a la misma familia. Todas estas especies se alimentan principalmente de semillas y otros tipos de material vegetal, aunque en el caso de *L. curvirostra* y *S. pinus* su dieta puede llegar a incluir insectos; sin embargo, su especialidad son las semillas de coníferas que toma directamente de los “conos” (Carter, 2020; Badyaev *et al.*, 2020; Benkman y Young, 2020; Dawson, 2020). La presencia exclusiva de dichas especies en la zona de chaponeo coincide con la mayor dominancia que presentaron especies de coníferas como *Abies religiosa* y *Pinus ayacahuite* respecto a la zona conservada; también, destacó la presencia de *Cupressus sempervirens* que, si bien no es una conífera, produce semillas que pueden consumir las aves ya mencionadas y son árboles donde *H. mexicanus* era abundante. Lo encontrado en la literatura coincide con lo observado en campo, ya que estas especies fueron observadas alimentándose principalmente en el estrato arbóreo. Aunque también se tiene que considerar que no es raro ver a algunas de estas especies alimentándose en el suelo o plantas herbáceas, por lo que el estrato arbóreo pudiera ser sólo como un aspecto ambiental más que de índole alimentario.

En las dos zonas se presentaron cinco de los seis gremios totales, cada una teniendo un gremio exclusivo (Figura , página 21). El gremio carnívoro fue exclusivo de la zona conservada, con *Buteo jamaicensis* como único representante. Aunque dicha especie sólo se observó sobrevolando la zona de muestreo, anida en copas de árboles altos o en acantilados; estos últimos existen cerca en esta zona de muestreo, por lo que su presencia puede indicar que simplemente se estaba desplazando hacia zonas abiertas en donde suele buscar alimento (Preston y Beane, 2020).

Por otra parte, un gremio que fue exclusivo de la zona de chaponeo fue el frugívoro, del cual *Euphonia elegantissima* fue la única especie representante, aunque es una especie que usualmente prefiere el estrato arbóreo puede encontrarse en el sotobosque (García Ruvalcaba, 1991), se alimenta principalmente de los frutos del muérdago, pero también de otros tipos de bayas suaves (Hilty, 2020), lo que sugiere que su presencia se deba a la disponibilidad de muérdago en la zona, pero también de las otras bayas; aunque ambas zonas cuentan con árboles que producen frutos como *Prunus serotina*. También se tiene que considerar que un ave puede estar presente por refugio, anidación o descanso, no solo por

alimentación exclusivamente, aunque se hayan observado a algunos individuos realizando dicha acción.

En la zona de chaponeo estuvieron ausentes o fueron menos abundantes otras especies de aves que también pueden comer frutos y hacen uso de los recursos propiciados por los estratos medios y bajos de vegetación, como lo son *Cyanocitta stelleri*, *Regulus calendula*, *Catharus occidentalis* y *Turdus rufopalliatu*s (Walker *et al.*, 2020; Swanson *et al.*, 2020; Soberanes-González *et al.*, 2020; Collar, 2020), lo cual podría corresponder justamente con la falta o menor cobertura de dicha vegetación en la zona (figura 2, página 14).

La riqueza estimada fue superior a la riqueza obtenida de manera general, así como para la zona de estudio chaponeada y conservada. Los valores más parecidos en la estimación de riqueza se obtuvieron al considerar ambas zonas de manera general, es decir, la totalidad de las especies registradas. El estimador utilizado sugiere que tanto en la zona chaponeada como en la zona conservada falto registrar algunas especies; en este sentido, en este sentido, la zona chaponeada se estimaron menos especies que en la zona conservada, por esta razón en la zona chaponeada se registraron el 51 especies, esto representa el 78.43% de las especies esperadas, mientras que en la zona conservada se registraron 46 de 66 especies esperadas, lo cual representa el 69.70% de lo obtenido por el estimador. En esta zona hay 20 especies faltantes en la riqueza esperada a comparación de las especies registradas.

La falta de registros puede deberse al no utilizar métodos de muestreo mixtos, donde además de los conteos por puntos se utilicen redes de niebla que son de utilidad sobre todo para aquellas especies de hábitos terrestres, sigilosas y/o tamaños poblacionales bajos, así como aquellas especies que se alimentan en estratos superiores o entre el sotobosque denso y que resulta difícil su detección (Celis-Murillo, *et al.* 2009). Lo mismo ocurre con especies de difícil determinación visual como por ejemplo las especies de la familia Tyrannidae, en donde la captura y revisión detallada permiten una adecuada determinación, otro factor podría ser que los muestreos fueron diurnos y solo se realizaron durante la temporada de invierno, por lo cual no es posible detectar de manera concreta toda la avifauna presente en la zona de estudio. Cabe mencionar que el número de especies calculado por los estimadores es un número realista ya que otros autores han registrado 44, 103 y 130 especies en la zona de estudio, y en la base de datos de eBird hay 117 especies registradas desde el 2008 hasta el 2021, lo que sugiere que para acercarse al número de especies estimadas es necesario considerar realizar un muestreo de mayor periodo de tiempo y considerar sitios con condiciones ambientales diferentes a las aquí trabajadas.

La especie más abundante en general fue *Regulus satrapa*, al representar 24% (369 individuos) de los registros de ave en la zona conservada y 33% (478 individuos) en la zona de chaponeo (figura 6, página 19) estuvo presente casi en todos los sitios de muestreo. Su gran abundancia puede deberse a factores como sus hábitos alimenticios y sociales, ya que sus parvadas se pueden conformar desde 4 a 6 individuos.

Este reyezuelo es una especie omnívora que se alimenta de insectos y materia vegetal, busca comida en las copas de los árboles, en las puntas de las ramas, debajo de la corteza, en cúmulos de hojas de coníferas y tocones; puede incluso forrajear en el suelo (Lewke, 1982; Swanson *et al.*, 2020), durante la temporada de muestreo fue observada en los estratos bajos por lo menos en cuatro puntos de conteo solamente en la zona conservada mientras que en la zona chaponeada solo se observó en el estrato arbóreo. En otoño e invierno puede formar parvadas intraespecíficas de más de cuarenta individuos (Jewett *et al.*, 1953; Swanson *et al.*, 2020). Incluso, dentro de parvadas mixtas se ha presentado como la especie más abundante, en las que sus números aumentan durante el invierno (Morrison *et al.*, 1986; Swanson *et al.*, 2020).

Otra especie que resultó muy abundante en ambas zonas fue *Poecile sclateri*, al abarcar el 12% de los registros totales en los dos casos (figura 6, página 19). Esta es una especie social, a lo que se le podría atribuir su alto número de individuos registrados, ya que las parvadas pueden conformarse desde 5 hasta 12 individuos durante la temporada otoño-invierno (Erickson, 2020). Es un ave insectívora que captura presas moviéndose entre el follaje. “Limpia” hojas y ramas, tanto de árboles como de arbustos, al colgarse de estos de manera invertida. Es social en temporada no reproductiva, en la que se une a parvadas mixtas de especies como reyezuelos (Regulidae), bajapalos (Sittidae), trepadores (Certhiidae), vireos (Vireonidae) y chipes (Parulidae). Se ha reportado conformar más de la tercera parte de parvadas mixtas relativamente grandes y formar parvadas intraespecíficas de menor número. Su alta presencia en dichas parvadas, llamado frecuente y comportamiento centinela, hacen que se le considere como una especie núcleo (Hutto, 1987; Ficken y Nosedal, 2020). En la zona conservada y en la zona chaponeada la abundancia de esta especie fue muy similar. En la zona conservada se obtuvieron 189 registros, mientras que en la zona chaponeada 178; en ambas zonas, fue de la segunda especie más abundante en la zona conservada y la tercera especie más abundante en la zona chaponeada.

El colibrí Zafiro Orejas Blancas (*Basilinna leucotis*) aportó el 10% (293 registros) de la abundancia total en ambas zonas de muestreo; su comportamiento altamente territorial puede ser la razón de estos altos valores (Lyon, 1976; Arizmendi *et al.*, 2020). Dentro de su rango altitudinal, es de los colibríes más comunes. Es principalmente nectarívoro y entre las flores que visita están las del género *Salvia* y *Penstemon*, ambas presentes en las zonas de muestreo, pero en diferentes proporciones, en la zona conservada hay tres especies de *Salvia* y una de *Penstemon*, estas ocupan el 30% de la cobertura mientras que en la zona chaponeada solo se registró una especie de salvia y ocupa el 20% de la cobertura. Este colibrí pasa la mayoría del tiempo en los estratos medios y bajos, donde son particularmente comunes los bancos de estas flores. Defiende agresivamente su territorio de otros miembros de su especie, de especies más pequeñas e incluso de especies ligeramente más grandes como *Selasphorus platycercus*, especie que también se registró en las zonas.

Es subordinado de especies más grandes como *Eugenes fulgens* y *Lampornis clemenciae*; sin embargo, *B. leucotis* emplea acercamientos bajos secretos para forrajear en flores dentro de territorios defendidos por esas otras especies más grandes (Lyon, 1976; Arizmendi *et al.*, 2020). La abundancia de *B. leucotis* fue similar en ambas zonas de muestreo en la zona chaponeada se obtuvieron 145 registros, mientras que en la zona conservada 148. Este no fue el caso para *S. platycercus*, *E. fulgens* y *L. clemenciae* ya que hubo una diferencia significativa entre las abundancias de ambas zonas. En la zona conservada se obtuvieron 10 y 20 registros respectivamente, mientras que en la zona chaponeada solo hubo 10 y 1 registros respectivamente. *L. clemenciae* solo se registró una vez, pero es una especie exclusiva a la zona conservada.

Cabrera (1995) reportó abundancias similares de *B. leucotis* a las encontrados en este estudio, en sus dos sitios de muestreo hubo alrededor de 120 registros en cada uno, en ese estudio *S. platycercus*, *E. fulgens* fueron consideradas como especies comunes y *L. clemenciae* escasa. En cuanto a la similitud de abundancia entre la zona chaponeada y conservada de *B. Leucotis* García García (2017) reportó algo parecido, ya que en las zonas que consideró como conservadas y semiconservadas encontró alrededor de 10 individuos en cada una. Las especies anteriores (*R. satrapa*, *P. sclateri* y *B. leucotis*) estuvieron compartidas entre ambas zonas y abarcaron la mayor parte con 2706 que representan el 91.41% de los registros totales.

Regulus calendula, especie migratoria para la Ciudad de México (Berlanga *et al.*, 2019), mostró una abundancia con diferencia considerable entre las dos zonas de muestreo. Mientras que en la zona conservada aportó el 3.9% (61 registros) de la abundancia total, en la zona de chaponeo representó únicamente el 1.4% (21 registros) (figura 6, página 19). Este reyezuelo es una especie omnívora que se alimenta de insectos y pequeñas cantidades de fruta, semillas y materia vegetal. Forrajea en árboles, arbustos del sotobosque y entre las hojas de la parte exterior de ramas altas; así como en la base de las hojas de los pinos (Austin y Smith, 1972; Swanson *et al.*, 2020). Pese a que esta especie también se registró en la zona chaponeada fue menos abundante que en la zona conservada, ya que los individuos en la zona chaponeada fueron registrados solamente en el estrato arbóreo y los hábitos de alimentación y forrajeo sugieren que su mayor abundancia en la zona conservada, la cual cuenta con más recursos para satisfacer dichas necesidades como mayor cantidad de arbustos y plantas que producen frutos como las especies del género *Rubus*.

En cuanto a especies residentes, *Basileuterus belli* fue de las que presentó una diferencia marcada de abundancia entre las dos zonas de muestreo. En la zona conservada representó el 2.09% (32 registros) de la abundancia total, pero en la zona de chaponeo aportó únicamente el 0.48% (7 registros) como se indica en la (figura 7, página 21). La diferencia en número de individuos puede explicarse con base en la biología de la especie.

Habita bosques húmedos con sotobosque denso; se alimenta principalmente de insectos y otros artrópodos, y forrajea limpiando la vegetación de los estratos bajos. Esto sugiere que la zona más adecuada para esta ave es la conservada, la cual presentó un sotobosque abundante, como lo reporta de manera similar Curson (2020) para esta especie.

Otro chipe residente que tuvo una abundancia muy variada entre las zonas fue *Myioborus miniatus*. Esta representó el 3.07% (47 individuos) de la abundancia total de la zona conservada, mientras que en la zona de chaponeo representó únicamente el 0.83% (12 individuos) (figura 7, página 21). Así como *B. belli*, esta especie tiene afinidad a los estratos de vegetación medios y bajos, mismos que fueron abundantes en la zona conservada. Se alimenta principalmente de insectos como moscas, mariposas y polillas, las cuales pueden ser atraídas a la mayor cantidad de flores y plantas con polen presentes en la zona conservada (Collins y Watson, 1983; Harrod y Mumme, 2020). El sotobosque también es importante para esta especie en cuanto a sus hábitos de anidamiento. *M. miniatus* construye nidos con forma de domo en el suelo, bien disfrazados entre la vegetación; dichos nidos incluso carecen de “techo” cuando la vegetación produce una cobertura natural (Mumme, 2010; Harrod y Mumme, 2020). Considerando esto, la zona conservada brinda un hábitat más apropiado para la especie.

Sin embargo, sobresalen las abundancias obtenidas para especies endémicas. Todas las especies endémicas presentaron una mayor abundancia en la zona conservada. Como se explicará a continuación, estas especies tienen una afinidad con el sotobosque ya que realizan muchas de sus actividades directamente en el suelo y estratos bajos de vegetación. Basado en esto, podría ser que las altas abundancias de estas especies en la zona conservada estén relacionadas con la vegetación presente.

Arremon virenticeps representó el 3% (46 individuos) de la abundancia total en la zona conservada, contra el 0.9% (13 individuos) que aportó en la zona de chaponeo (figura 9, página 23); *Pipilo maculatus* tuvo una abundancia del 2.41% (37 individuos) de total en la zona conservada, mientras que en la zona de chaponeo tuvo un valor del 0.62% (9 individuos); *Atlapetes pileatus* representó el 0.19% (3 individuos) de la abundancia total en la zona conservada, mientras que para la zona de chaponeo aportó únicamente el punto 0.06% (1 individuo). Todas estas especies son integrantes de la familia Passerellidae; son conocidos como rascadores justamente por sus hábitos de forrajeo y alimentación que ocurren principalmente en el piso, y en estratos bajos de vegetación. Son omnívoros que alimentan principalmente de insectos y pueden comer semillas, así como otros tipos de materia vegetal. El forrajeo lo llevan a cabo directamente en el suelo, bajo cobertura densa de vegetación. Así mismo, sus nidos los construyen ya sea en el suelo o en arbustos a una altura muy cerca de este y muy escondidos (Bartos y Greenlaw, 2020; Ramos-Ordoñez *et al.*, 2020; Rising, 2020). De esta manera, se puede apreciar la importancia que tiene el sotobosque para estas aves, al ser todas nativas, y endémicas en el caso de *A. virenticeps* y *A. pileatus*.

La última especie cuyos valores de abundancia reflejan la importancia del sotobosque en las zonas es *Cardellina rubra*. La abundancia de este chipe representó el 5.62% (86 individuos) del total en la zona conservada y el 3.07% (44 individuos) en la zona de chaponeo, con una diferencia de casi el doble (figura 7, página 21). Así como las especies anteriores, *C. rubra* tiene hábitos que dependen directamente del sotobosque y remarca la importancia de éste al ser una especie endémica. Es insectívoro; forrajea en los estratos medio y bajo en donde limpia hojas, ramas y realiza pequeños vuelos para conseguir alimento. Otro hábito que lo relaciona directamente con los estratos bajos de vegetación es el anidamiento, ya que construye pequeñas copas en el piso sobre un tapete de musgo o líquen, constituido de hojas de pino y otros árboles. Depende de la densidad de arbustos y vegetación en el suelo para ocultar dichas estructuras (Dreelin, 2020).

Como lo sugiere esta información, la ausencia de sotobosque tiene un efecto notorio sobre las especies con fuerte afinidad a estos estratos de vegetación en la zona chaponeada, donde varias de estas especies estuvieron ausentes o con abundancias mucho menores. Cinco de las 10 especies de sotobosque encontradas en general estuvieron ausentes en la zona chaponeada, incluyendo a *L. clemenciae*, *C. stelleri*, *V. huttoni*, *T. aeodon* y *D. baritula* (Tabla 1, página 20). Sin embargo, no es el único efecto visible sobre las aves de sotobosque en la zona chaponeada, ya que incluso las especies compartidas tuvieron una abundancia mucho menor; casi la mitad para algunas especies (Tabla 1, página 20). Cabe mencionar que varias de estas especies, en específico *A. virenticeps*, *A. pileatus* y *C. rubra*, son especies de importancia por su estatus de endemismo (anexo 2). De acuerdo con lo explicado en párrafos anteriores y la literatura consultada, se sabe que estas especies dependen de los recursos proporcionados por los estratos medios y bajos de vegetación, lo cual podría sugerir una relación con la ausencia y bajas abundancias de aves observadas en la zona chaponeada.

Los valores de riqueza y abundancia, de acuerdo con los índices de diversidad alfa utilizados, expresan que la zona conservada fue que la que tuvo valores un tanto mayores. Se puede observar en la figura 9 (página 23), que el índice de diversidad de Margalef tuvo un valor de 6.14 para la zona conservada y 5.37 para la zona chaponeada. Como se explicó, este índice toma en cuenta los números de riqueza y abundancia, lo cual explica el valor más alto para la zona conservada que tuvo seis especies más de las cuales fueron más afines al sotobosque y una mayor abundancia total (figura 7, página 21). Estos valores son cercanos, por ejemplo, a los obtenidos por García (2017); dicho autor comparó la diversidad avifaunística en un sitio semiconservado y uno perturbado dentro del mismo PESNT. Finalmente, se obtuvo un valor de diversidad mayor para el sitio semiconservado. Se debe mencionar que este autor definió como perturbada un área de bosque que fue modificada para servir como zona de cultivo y, si bien no tomó en cuenta el chaponeo como tal, la intención fue estudiar los efectos de la pérdida de vegetación del bosque. Así mismo, el método de muestreo elegido fue únicamente el de redes de niebla, por lo cual los resultados pueden ser distintos a los obtenidos con del método de observación.

En cuanto a la dominancia de Simpson, los valores obtenidos fueron de 0.90 para la zona conservada y 0.84 para la zona de chaponeo. La zona conservada tuvo un valor un tanto mayor que la de chaponeo, debido a su mayor abundancia general. Sin embargo, se aprecia que los valores no son considerablemente distantes entre sí; esto se debe a que ambas zonas presentaron una alta dominancia al tener la mayor parte de su abundancia concentrada únicamente en unas cuantas especies: *Regulus satrapa* 28.6%, *Poecile sclateri* 12.4% y *Psaltriparus minimus* 11.4%. lo cual indica una probabilidad más alta de que dos individuos aleatorios pertenezcan a la misma especie. En el estudio realizado en la zona del Ajusco medio por Cabrera (1995) se registraron 104 especies y 2219 individuos, donde la más dominante fue *Psaltriparus minimus*. Otro estudio realizado en el mismo PESNT (García, 2017) registró valores de 0.91 (23 especies y 208 individuos) para un sitio semiconservado y 0.73 (38 especies y 280 individuos) para un sitio perturbado; se observa que en su sitio semiconservado hubo una especie que aportó gran parte de la abundancia, por lo que la dominancia fue mayor que en el perturbado. Como ya se mencionó anteriormente, la perturbación que reportó el autor en el sitio no se refiere necesariamente al chaponeo y su método de muestreo elegido fue el de captura, por lo que los resultados pueden diferir de los obtenidos por medio de la observación.

Los valores del índice de uniformidad Shannon-Wiener fueron de 2.78 para la zona conservada y 2.39 para la zona de chaponeo (figura 9, página 23), de nuevo siendo ligeramente mayor para la conservada, que tuvo seis especies más que la de chaponeo. Si se compara con los resultados de otros autores, se puede observar la influencia de la abundancia sobre el valor de este índice. García-García (2017) reportó valores de 2.64 (23 especies) para un sitio semiconservado y 2.21 (38 especies) para un sitio perturbado dentro del PESNT. Así mismo, Ramírez-Albores (2013) reportó valores de 3.22 (44 especies) y 3.11 (32 especies) para un bosque de coníferas en la Faja Volcánica Transmexicana, en temporada de lluvias y secas respectivamente. Los valores reportados en el presente trabajo son similares e incluso menores que los de los otros autores, aun cuando se registró un mayor número de especies. Esto se debe a que la mayor parte de la abundancia se encontró distribuida principalmente entre 4 especies (anexo 3) por lo que existe una menor uniformidad entre ellas.

En ambas zonas de estudio los valores de dominancia fueron similares en la zona conservada fue de 0.89 y en la zona conservada de 0.83, estos valores indican alta dominancia. Este índice está relacionado con la diversidad de especies ya que mientras más alto sea el valor de dominancia es menor el valor de diversidad, en ese sentido, al considerar los valores del índice de diversidad de Shanon-Wiener en la zona chaponeada este fue el menor de ambas zonas, aunque también se haya encontrado menor dominancia, esto se puede explicar porque, efectivamente en esta zona hubo especies que ocuparon la mayor parte de los registros obtenidos, también se encontraron especies ausentes que, naturalmente, estuvieron presentes en la zona conservada.

Los índices de similitud indicaron que los sitios son más parecidos a nivel de riqueza de especies. El valor obtenido para el índice de Jaccard fue de 0.62, lo cual indica que las zonas tienen una similitud media debido a que en la zona conservada hubo 6 especies que no fueron registradas en la zona chaponeada. El valor del índice de Morisita-Horn fue de 0.95 el cual coincide con las especies que tienen las abundancias más altas. En ambos casos, *R. satrapa* fue específicamente la especie más abundante y junto a *P. sclateri*, *P. minimus* y *B. leucotis* coincidieron y concentraron la mayor parte de la abundancia en las dos zonas, lo cual explica en parte que tengan una alta similitud cuantitativa (Tabla 1, página 20; Tabla 2, página 25).

El dendograma de similitud muestra a los sitios en una agrupación que representa casi completamente la división entre las dos zonas (figura 12, página 27). A partir de la línea de corte cercana a una distancia de 0.80, se aprecia que el grupo más grande corresponde de manera general a la zona chaponeada, pero incluye a los sitios 3, 13, 18, 15 y 19 de la zona conservada. Estos sitios de la zona conservada tuvieron una dominancia alta de especies como *R. satrapa* y *P. sclateri*, mismas que fueron dominantes en la zona chaponeada de manera general debido a una falta de vegetación arbustiva y herbácea que propicie la presencia de especies diferentes y afines a dichos estratos. Sitios como el 18 y el 19 tienen características similares con los de la zona chaponeada debido a su cercanía (figura 12, página 27) en los que los estratos de vegetación medios y bajos presentan poca cobertura. Por otro lado, la dificultad para la observación de las aves en los sitios 13 y 15 era notoria al estar ubicados en los puntos de mayor altitud cerca del punto conocido como La Virgen, cuyas pendientes casi verticales a ambos lados del camino limitan el acceso a gran parte de los sitios dejando como el más visible al estrato arbóreo.

El otro grupo principal que se aprecia a partir de la línea de corte está compuesto casi exclusivamente por los sitios de la zona conservada, excepto por el sitio 21 que corresponde a la zona chaponeada. Dicho sitio tiene una mayor similitud con la zona conservada, al contar con una mayor diversidad que incluye especies que se comparten y son más abundantes en esta zona como *C. occidentalis*, *P. maculatus*, *A. virenticeps* y *C. rubra*. Cabe destacar que tres de las especies mencionadas, además de ser endémicas, tienen una mayor afinidad al sotobosque, por lo que resultan mucho menos abundantes en la zona chaponeada; sin embargo, el sitio 21 en específico comprende una parte del área destinada para el cultivo de árboles de Navidad, mismos que actúan como un estrato de vegetación medio que es aprovechado por dichas especies.

Conclusiones

La riqueza y abundancia resultaron mayores en la zona conservada. En la zona chaponeada hubo una menor presencia y abundancia de aves afines al sotobosque; dicha zona tuvo cinco especies menos que la conservada y las especies

compartidas fueron considerablemente menos abundantes, destacando especies endémicas.

Se registraron la misma cantidad de especies migratorias, especies endémicas, y especies bajo categorías de riesgo y gremios en ambas zonas, pero con diferentes proporciones. La diversidad alfa fue mayor en la zona conservada y, en general, ambas zonas presentaron valores de diversidad media. La diversidad beta general indica que existe una alta similitud cuantitativa y similitud cualitativa media entre la zona conservada y la de chaponeo; sin embargo, la similitud cualitativa por meses entre sitios se mantuvo constante en valores altos, mientras que a nivel cuantitativo los valores fueron bajos. La ausencia de especies afines a los estratos bajos dentro de la zona chaponeada sugiere la importancia de esta vegetación para la presencia y abundancia de dicho grupo de aves; sin embargo, también podrían estar influyendo otros factores, por lo que se necesitan más trabajos que generen información específica sobre las aves de sotobosque que pueda ser tomada en consideración para los planes de manejo del PESNT y zonas similares.

Recomendaciones para el manejo del PESNT

Las recomendaciones principales para el manejo del PESNT empiezan con señalar la necesidad de monitoreos constantes que brinden un mejor conocimiento sobre las poblaciones de aves presentes en el Parque y poder prevenir declives en éstas. Una mayor y mejor información podría dar paso a acciones en favor de las aves, como la delimitación de zonas restringidas y consideraciones generales dentro de los planes y actividades de manejo del Parque. Así mismo, estas acciones podrían motivar el interés de más investigadores y observadores de aves en general, al ser una zona donde habitan especies de interés por su grado de endemismo y distribución limitada. Finalmente, el aumento en la información disponible podría hacer que las mismas autoridades del PESNT tomen conciencia del gran recurso que representan estas aves, los servicios ambientales que brindan, y cómo la conservación de éstas y su hábitat puede ser una herramienta que le dé un valor agregado al Parque e incluso impulse actividades como el ecoturismo en este lugar.

Referencias

- Abril-Saltos, R. V., A. C. López-Torres y J. J. Reyes-Mera, 2017. Influencia del dosel y sotobosque en pérdida de suelo por escorrentía en bosque de realce. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental* **38**(2): 17-28.
- Antos, J. A., 2017. Understory plants in temperate forests. En: J. N. Owens y H. Gyde (Eds.). University of Victoria, Canada. *Forests and forest plants*, (pp.1-18). EOLSS (Encyclopedia of life support systems). Disponible en <http://www.eolss.net/sample-chapters> (Consultado: Agosto 7, 2020).
- Arizmendi, M. del C., 2001. Multiple ecological interactions: nectar robbers and hummingbirds in a highland forest in Mexico. *Canadian Journal of Zoology* **79**: 997-1006.
- Arizmendi, M. del C., C. I. Rodríguez-Flores, C. A. Soberanes-González y T. S. Schulenberg, 2020. White-eared Hummingbird (*Hylocharis leucotis*), version 1.0. En: *Birds of the World* (T. S. Schulenberg, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. Disponible en: <https://doi.org/10.2173/bow.whehum.01> (Consultado: Agosto 5, 2020).
- Austin, G. T. y E. L. Smith, 1972. Winter foraging ecology of mixed insectivorous bird flocks in oak woodland in southern Arizona *Condor* **74** (1): 17-24.
- Badyaev, A. V., V. Belloni y G.E. Hill, 2020. House Finch (*Haemorhous mexicanus*), version 1.0. En: *Birds of the World* (A. F. Poole, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. Disponible en: <https://doi.org/10.2173/bow.houfin.01>
- Bartels, S. F., y H. Y. H. Chen, 2010. Is understory plant species diversity driven by resource quantity or resource heterogeneity? *Ecology* **91**(7): 1931-1938.
- Bartos Smith, S. y J. S. Greenlaw, 2020. Spotted Towhee (*Pipilo maculatus*), version 1.0. En: *Birds of the World* (P. G. Rodewald, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, Estados Unidos de America. Disponible en: <https://doi.org/10.2173/bow.spotow.01>
- Benkman, C. W. y M. A. Young, 2020. Red Crossbill (*Loxia curvirostra*), version 1.0. En: *Birds of the World* (S. M. Billerman, B. K. Keeney, P. G. Rodewald, y T. S. Schulenberg, Editors). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. Disponible en: <https://doi.org/10.2173/bow.redcro.01> (Consultado: Agosto 5, 2020).
- Bent, A. C., 1946. Life histories of North American jays, crows and titmice, Part I. *United States National Museum Bulletin* **191**. Estados Unidos de America.
- Berlanga, H., H. Gómez de Silva, V. M. Vargas-Canales, V. Rodríguez-Contreras, L. A. Sánchez-González, R. Ortega-Álvarez y R. Calderón-Parra, 2019. *Aves de México: Lista actualizada de especies y nombres comunes*. CONABIO, México D.F.

- Berlanga, H., V. Rodríguez-Contreras, A. Oliveras de Ita, M. Escobar, L. Rodríguez, J. Vieira y J. Vargas, 2008. Red de conocimientos sobre las Aves de México (AVESMX). CONABIO; <http://avesmx.conabio.gob.mx/>; última consulta: 10.X.2011
- Bibby, C. J., N. D. Burguess y D. A. Hill. 1992. Bird census techniques. Academic press. Londres.
- Bibby, C. J., M. Jones y S. Mardsen, 2000. *Bird surveys: expedition field techniques*. Royal Geographical Society, Londres.
- Billerman, S. M., B. K. Keeney, P. G. Rodewald, and T. S. Schulenberg. Birds of the World. Cornell Laboratory of Ornithology, Ithaca, NY, Estados Unidos de America.
- Cabrera, L, 1995. Ecología comparativa de dos comunidades de aves en un bosque templado del Ajusco Medio, Distrito Federal. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Cabrera-García, L y A. Meléndez-Herrada, 1999. Las aves de la región de montaña al sur de la Cuenca de México. En: A. Velázquez y F.J. Romero, (Eds). *Biodiversidad de la región de montaña del sur de la Cuenca de México: bases para el ordenamiento ecológico*. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. Secretaría del Medio Ambiente. México, pp.112-129.
- Carter, A., 2020. Hooded Grosbeak (*Coccothraustes abeillei*), version 1.0. En: *Birds of the World* (T. S. Schulenberg, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. Disponible en: <https://doi.org/10.2173/bow.hoogro1.01> (Consultado: Agosto 5, 2020).
- Celis-Murillo, A., J.L. Deppe y M.F. Allen. 2009. Using soundscape recordings to estimate birds species abundance, richness and composition. *Journal of Field Ornithology*. **80**:64-78
- Chesser, R. T., S. M. Billerman, K. J. Burns, C. Cicero, J. L. Dunn, A. W. Kratter, I. J. Lovette, N. A. Mason, P. C. Rasmussen, J. V. Remsen, Jr., D. F. Stotz, B. M. y K. Winker, 2020. Sixty-first Supplement to the American Ornithological Society's Check-list of North American Birds. *The Auk: Ornithological Advances* **137**: 1-24.
- Coates-Estrada, R., A. Estrada, D. Pashley y W. Barrow, 1985. Lista de las aves de la Estación de Biología Los Tuxtlas. Instituto de Biología y Dirección General de Publicaciones. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 41 p.
- Collar, N., 2020. Rufous-backed Robin (*Turdus rufopalliatu*s), version 1.0. En: *Birds of the World* (J. del Hoyo, A. Elliott, J. Sargatal, D. A. Christie, y E. de Juana, Editors). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA Disponible en: <https://doi.org/10.2173/bow.rubrob.01> (Consultado: Agosto 5, 2020).

- Collins, C. T., y A. Watson, 1983. Field observations of bird predation on neotropical moths. *Biotropica* **15**: 53-60.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Secretaría del Medio Ambiente), 2015. Directorio de Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves. CONABIO - AvesMX, México. Disponible en: http://avesmx.conabio.gob.mx/EspeciesRegion.html#AICA_13. (Consultado: abril 5, 2021).
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Secretaría del Medio Ambiente) y SEDEMA (Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal), 2016. La Biodiversidad en la Ciudad de México. CONABIO/SEDEMA. México.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal), 2010. Prácticas de reforestación. Manual Básico. Coordinación General de Conservación y Restauración de la Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jalisco, México.
- Cornell Lab of Ornithology, 2020. Macaulay Library. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York. <https://www.allaboutbirds.org>. (Consultado: Diciembre 2020)
- Cornell Lab of Ornithology., 2020. Merlin Bird ID (Versión 1.8.2) [Aplicación Móvil]. Descargado de: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.labs.merlinbirdid.app&hl=es_MX&gl=US
- Curson, J., 2020. Golden-browed Warbler (*Basileuterus belli*), version 1.0. En: *Birds of the World* (J. del Hoyo, A. Elliott, J. Sargatal, D. A. Christie, y E. de Juana, Editors). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA Disponible en: <https://doi.org/10.2173/bow.gobwar1.01> (Consultado: Agosto 5, 2020).
- Davis, J. N., 2020. Hutton's Vireo (*Vireo huttoni*), version 1.0. En: *Birds of the World* (P. G. Rodewald, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. Disponible en: <https://doi.org/10.2173/bow.hutvir.01> (Consultado: Agosto 5, 2020).
- Dawson, W. R., 2020. Pine Siskin (*Spinus pinus*), version 1.0. En: *Birds of the World* (A. F. Poole, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. Disponible en: <https://doi.org/10.2173/bow.pinsis.01> (Consultado: Agosto 5, 2020).
- Del Olmo-Linares, G. y E. Roldán-Velasco, 2013. *Aves de la Ciudad de México*. 2da Edición. Bruja de Monte. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, pp: 158-178.
- Dreelin, A., 2020. Red Warbler (*Cardellina rubra*), version 1.0. En: *Birds of the World* (T. S. Schulenberg, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. Disponible en: <https://doi.org/10.2173/bow.redwar1.01>

- Dunn J. L y J. Alderfer, 2011. *National Geographic Field Guide to the Birds of North America*. National Geographic Society; 6ta edición. Nueva York, Estados Unidos.
- eBird, 2021. eBird: An online database of bird distribution and abundance [web application]. eBird, Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York. Available: <http://www.ebird.org>. (Consultado: Agosto 2, 2020).
- Erickson L, 2020. Why it's difficult to tally your backyard chickadees. *Birdwatching magazine* 26(13) <https://www.birdwatchingdaily.com/beginners/attracting-birds/difficult-tally-your-backyard-chickadees/> (Consultado: Noviembre 5 , 2020).
- Ficken, M. S. y J. Nosedal, 2020. Mexican Chickadee (*Poecile sclateri*), version 1.0. En: *Birds of the World* (A. F. Poole, P. R. Stettenheim, y F. B. Gill, Editors). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA Disponible en: <https://doi.org/10.2173/bow.mexchi.01> (Consultado: Agosto 8, 2020).
- Gaona, H. A. (2016). Comparación del zooplancton marino entre una zona de playa y un arrecifal en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Tesis de Licenciatura. UNAM. Ciudad de México.
- García-García, F., 2017. *Caracterización de la avifauna como medio para valorar el impacto ambiental presente en el Parque Ejdal San Nicolás Totolapan*. Reporte de servicio social para obtener el grado de Biólogo. Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco, CBS, DEHA. México.
- García-Ruvalcaba, S. 1991. Utilización de hábitats por la avifauna y su relación con la estructura y estado de sucesión de cuatro tipos de bosque en la Estación Científica Las Joyas, Sierra de Manantlán, Jalisco, México. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México.
- Gobierno del Distrito Federal, 2009. *Plan maestro de manejo integral y aprovechamiento sustentable de la cuenca del río Eslava*. Secretaría del Medio Ambiente, Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco. México.
- González Oreja, J.A., C. Bonache Regidor, D. Buzo Franco, A. A. de la Fuente Díaz Ordaz y L. Hernández Satín, 2007. Caracterización ecológica de la avifauna de los parques urbanos de la ciudad de Puebla (México). *Ardeola* 54:53–67.
- González-García, F. y H. Gómez de Silva, 2003. Especies endémicas: riqueza, patrones de distribución y retos para su conservación. En: Gómez de Silva, H y A. Oliveras de Ita (Eds.) *Conservación de Aves: Experiencias en México*. CIPAMEX-CONABIONFWF. México, pp.150-194.

- Google Earth, Mapa mostrando el parque ejidal san Nicolás Totolapan, disponible en <https://earth.google.com/web/> (Consultado: Septiembre 12, 2019).
- Harrod, W. D. y R. L. Mumme, 2020. Slate-throated Redstart (*Myioborus miniatus*), version 1.0. En: *Birds of the World* (T. S. Schulenberg, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, Estados Unidos de Norteamérica. Disponible en: <https://doi.org/10.2173/bow.sltred.01> (Consultado: Agosto 2, 2020).
- Haselmayer, J. y J.S. Quinn. 2000. A comparison of point counts and sound recording as bird survey methods in Amazonian Southeast Peru. *The Condor* 102:887–893.
- Hilty, S., 2020. Elegant Euphonia (*Euphonia elegantissima*), version 1.0. En: *Birds of the World* (J. del Hoyo, A. Elliott, J. Sargatal, D. A. Christie, y E. de Juana, Editors). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, Estados Unidos de Norteamérica. Disponible en: <https://doi.org/10.2173/bow.eleeup1.01> (Consultado: Agosto 2, 2020).
- Howell, S. N. G. y S. Webb, 1995. *A guide to the birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University Press. Nueva York, Estados Unidos De Norteamérica.
- Hutto, R. L., 1987. A description of mixed species insectivorous bird flocks in western Mexico. *Condor* 89: 282-292.
- Hutto, R., S. M. Pletschet y P. Hendricks, 1986. *A fixed-radius point count method for nonbreeding and breeding season use*. Department of Zoology, University of Montana, Missoula, Montana, Estados Unidos de Norteamérica.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature), 2020. *The IUCN Red List of Threatened Species*. IUCN, Gland, Suiza. Disponible en: <http://www.iucnredlist.org>.
- Jardel-Peláez, E.J., 2010. *Planificación del manejo del fuego*. Universidad de Guadalajara-Fundación Manantlán para la Biodiversidad de Occidente-Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible-Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. Autlán, Jalisco, México.
- Jewett, S. G., W. P. Taylor y J. W. Aldrich, 1953. *Birds of Washington State*. University of Washington Press, Seattle, WA, Estados Unidos De Norteamérica.
- Johnson, L. S., 2020. House Wren (*Troglodytes aedon*), version 1.0. En: *Birds of the World* (A. F. Poole, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, Estados Unidos de Norteamérica. Disponible en: <https://doi.org/10.2173/bow.houwre.01> (Consultado: Agosto 2, 2020).
- Kingery, H. E. y C. K. Ghalambor, 2020. Pygmy Nuthatch (*Sitta pygmaea*), version 1.0. En: *Birds of the World* (A. F. Poole y F. B. Gill, Editors). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, Estados Unidos de Norteamérica. Disponible en: <https://doi.org/10.2173/bow.pygnut.01> (Consultado: Agosto 2, 2020).

- Laboratorio de Ecosistemas de Montaña, 2010. *Evaluación externa del programa de retribución por la conservación de servicios ambientales (PRCSA)*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Laboratorio de Ecosistemas de Montaña. México, 68 p.
- Lauck, C., 2020. Cinnamon-bellied Flowerpiercer (*Diglossa baritula*), version 1.0. En: *Birds of the World* (T. S. Schulenberg, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. Disponible en: <https://doi.org/10.2173/bow.cibflo1.01> (Consultado: Agosto 2, 2020).
- Lewke, R. E., 1982. A comparison of foraging behavior among permanent, summer, and winter resident bird groups. *Condor* **84**: 84-90.
- MacArthur, R. H., & J. W. MacArthur. 1961. On bird species diversity. *Ecology* 42: 594–598.
- MacGregor–Fors, I., A. Blanco–García y R. Lindig–Cisneros, 2010. Bird community shifts related to different forest restoration efforts: a case study from a managed habitat matrix in Mexico. *Ecological Engineering* 36:1492–1496.
- Magurran, A. E., 2004. *Measuring biological diversity*. Oxford: Blackwell Science. Estados Unidos de Norteamérica
- Meléndez-Herrada, A., H. Gómez de Silva y R. Ortega-Álvarez, 2016. Aves. En: *La Biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.404-413.
- Moreno, C. E, 2001. Métodos para medir la biodiversidad. *M&T–Manuales y Tesis SEA*. Vol. 1. Zaragoza, España.
- Morrison, M. L., K. A. With, I. C. Timossi y K. A. Milne, 1986. Composition and temporal variation of flocks in the Sierra Nevada. *Condor* **89**: 739-745.
- Mumme, R.L, 2010. Breeding biology and nesting success of the Slate-throated Whitestart (*Myioborus miniatus*) in Monteverde, Costa Rica. *The Wilson Journal of Ornithology* **122**(1): 29–38.
- Peña-Núñez J., V. A. Jiménez-Ferreira, M. J. Pasaje-Bolaños, 2017. Composición, estructura y uso de hábitat de la avifauna en un campus universitario del piedemonte andino-amazónico de Colombia. *Biodiversidad neotropical* **7**(3): 205-20
- PESNT (Parque Ejidal San Nicolas Totolapan), 2007. Manual de organización para el Parque ejidal San Nicolas Totolapan, México.
- Preston, C. R. y R. D. Beane, 2020. Red-tailed Hawk (*Buteo jamaicensis*), version 1.0. En: *Birds of the World* (A. F. Poole, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. Disponible en: <https://doi.org/10.2173/bow.rethaw.01> (Consultado: Agosto 2, 2020).

- Puebla-Olivares, F., E. M. Figueroa-Esquivel, C. I. Delgado-Ramírez, H. C. Olguín-Monroy y L. León-Paniagua, 2018. Avifauna de la Cuenca del Río Magdalena. En: Almeida-Leñero, L., J. Carmona-Jiménez y E. A. Cantoral-Uriza, (Eds.). *Historia Natural y Cultural de la Cuenca del Río Magdalena, Ciudad de México, México*. 1era edición electrónica. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. Ciudad Universitaria, México, pp. 158-178.
- Ralph, C. J., G. R. Geupel, P. Pyle, T. E. Martin, D. F. DeSante, B. Milá, 1996. *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-159. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture. Estados Unidos de Norteamérica
- Ramírez-Albores, J. E., 2013. Riqueza y diversidad de aves de un área de la faja volcánica transmexicana, Tlaxcala, México. *Acta Zoológica Mexicana* **29**(3): 486-512.
- Ramírez-Contreras, A., y D. A. Rodríguez-Trejo, 2009. Plantas nodriza en la reforestación con *Pinus hartwegii* Lindl.. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 15(1), 43-48.
- Ramos-Ordoñez, M. F., C. I. Rodríguez-Flores, C. A. Soberanes-González, M. d. C. Arizmendi, G. M. Kirwan y T. S. Schulenberg, 2020. Green-striped Brushfinch (*Arremon virenticeps*), version 1.0. En: *Birds of the World* (T. S. Schulenberg, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, Estados Unidos de Norteamérica. Disponible en: <https://doi.org/10.2173/bow.gsbfin1.01>
- Rising, J. D., 2020. Rufous-capped Brushfinch (*Atlapetes pileatus*), version 1.0. En: *Birds of the World* (J. del Hoyo, A. Elliott, J. Sargatal, D. A. Christie, y E. de Juana, Editors). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, Estados Unidos de Norteamérica. Disponible en: <https://doi.org/10.2173/bow.rcbfin1.01> (Consultado: Agosto 6, 2020).
- Rivera, J. E. y A. Espinosa H, 2007 La flora y vegetación del Distrito Federal. Pp. 231-253. En Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana. Luna V., I., J. J. Morrone y D. Esponosa O. (eds) CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) / UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México)
- Root, T. R., 1988. *Atlas of Wintering North American Birds: An analysis of christmas bird count Data*. University of Chicago Press, Chicago, IL, Estados Unidos de Norteamérica.
- Rusch, V., A. Vila y B. Marquéz. 2008. Conservación de la biodiversidad en sistemas productivos. Forestaciones del Noroeste de la Patagonia. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Bariloche, Argentina.
- Rzedowski, J., 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

- Salata, L. R., 1982. Ecological relationships of Scrub Jays and Steller's Jays in the San Francisco Bay area, California. Master's Thesis, California State Univ., Sacramento, Estados Unidos de Norteamérica.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*, 30 de diciembre 2010. México.
- SERENA (Servicios y Estudios para la Educación, Recreación y Desarrollo de Espacios Naturales), 2008. Estudio general forestal delegación Tlalpan. México, 209 p
- Silva, L.C., F.J. Romero, A. Velázquez y L. Almeida-Leñero, 1999. La vegetación de la región de montaña del sur de la Cuenca de México. En: A. Velázquez y F.J. Romero, (Eds.). *Biodiversidad de la región de la montaña del Sur de la Cuenca del Valle de México: Bases para el ordenamiento ecológico*. pp. 65-92.
- Smith, B., 1986. Evaluation of different similarity indices applied to data from the Rothamsted insect survey. Unpublished MSc Thesis, University of York. Estados Unidos de Norteamérica
- Soberanes-González, C. A., C. I. Rodríguez-Flores, M. del C. Arizmendi y T. S. Schulenberg, 2020. Russet Nightingale-Thrush (*Catharus occidentalis*), version 1.0. En: *Birds of the World* (T. S. Schulenberg, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. Disponible en: <https://doi.org/10.2173/bow.runthr1.01> (Consultado: Agosto 6, 2020).
- Steel, G. D. R., Torrie, H. J. (1985). Bioestadística: principios y procedimientos. Segunda edición. Ed. McGraw-Hill, Bogota-Colombia (p537). Consultado el 6 de Abril del 2021 de: <https://clea.edu.mx/biblioteca/Steel%20Robert%20G%20-%20Bioestadística%20Principios%20Y%20Procedimientos%202ed.pdf>
- Swanson, D. L., J. L. Ingold y G. E. Wallace, 2020. Ruby-crowned Kinglet (*Regulus calendula*), version 1.0. En: *Birds of the World* (A. F. Poole, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. Disponible en: <https://doi.org/10.2173/bow.ruckin.01> (Consultado: Agosto 6, 2020).
- Swanson, D. L., J. L. Ingold y G. E. Wallace, 2020. Ruby-crowned Kinglet (*Regulus calendula*), version 1.0. En: *Birds of the World* (A. F. Poole, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, Estados Unidos de Norteamérica. Disponible en: <https://doi.org/10.2173/bow.ruckin.01> (Consultado: Agosto 6, 2020).
- Turner, M. G., S. M Pearson, P. Bolstad, & D. N. Wear. 2003. Effects of land-cover change on spatial pattern of forest communities in the Southern Appalachian Mountains (USA). *Landscape Ecol.* 18: 449–459.

- Ugalde-Lezama, S., J. I. Valdez-Hernández, G. Ramírez-Valverde, J. L. Alcántara-Carbajal y J. Velázquez-Mendoza, 2009. Distribución vertical de aves en un bosque templado con diferentes grados de perturbación. *Madera y Bosques* **15**(1): 5-26.
- Ugalde-Lezama, S., J. L. Alcántara-Carbajal, J. I. Valdez-Hernández, G. Ramírez-Valverde, J. Velázquez-Mendoza y J. L. Tarángo-Arámbula, 2010. Riqueza, abundancia y diversidad de aves en un bosque templado con diferentes grados de perturbación. *Agrociencia* **44**: 159-169.
- Universidad Autónoma Metropolitana, 2003. *Revisión externa del Programa Nacional de Reforestación en el Distrito Federal*. Universidad Autónoma Metropolitana, México, 66 p.
- Varona-Cordero, F., Gutiérrez, M. F. (2003). Estudio multivariado de la fluctuación espacio-temporal de la comunidad fitoplanctónica en dos lagunas costeras del estado de Chiapas. *Hidrobiológica* **13**(3): 177-194.
- Vázquez Sánchez, J. C, 2004. Elaboración del proyecto técnico: Diversificación productiva de UMAS en la Zona 1. Biospecies SA de CV. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. CJ009. México D. F.
- Velázquez, A. y F. J. Romero, 1999. *Biodiversidad de la región de montaña del sur de la Cuenca de México: bases para el ordenamiento ecológico*. Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco. Secretaría del Medio Ambiente. México.
- Vermaat, J. E., N. Vigneau y N. Omtzigt. 2008. Viability of metapopulations of wetland birds in a fragmented landscape; testing the key-patch approach. *Biodiversity Conservation*. **17**:223-2273
- Wagner, H. O., 1946. Food and feeding habits of Mexican hummingbirds. *The Wilson Bulletin* **58**: 69-132.
- Walker, L. E., P. Pyle, M. A. Patten, E. Greene, W. Davison y V. R. Muehter, 2020. Steller's Jay (*Cyanocitta stelleri*), version 1.0. En: *Birds of the World* (P. G. Rodewald, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, Estados Unidos de Norteamérica. Disponible en: <https://doi.org/10.2173/bow.stejay.01> (Consultado: Agosto 6, 2020).
- Walters, E. y T. Brown, 1989. Illinois' first record of nesting Golden-crowned Kinglets. *Illinois Birds and Birding* **5**: 40-42.
- Whitman, A.A., J.M. Hagan III y N.V.L. Brokaw, 1997. A comparison of two bird survey techniques used in a subtropical forest. *The Condor* **99**:955–965. PAOT (Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Ambiental). 2008. Folio: PAOTDF/SOT/DAIDOT/419/. 14 p.
- Wiens, J. A. 1989. The ecology of bird communities. Vol. 1: Foundations and patterns. Cambridge University, Press. Cambridge, Reino Unido.

- Williamson, S. L., 2020. Blue-throated Mountain-gem (*Lampornis clemenciae*), version 1.0. En: *Birds of the World* (A. F. Poole y F. B. Gill, Editors). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, Estados Unidos de Norteamérica. Disponible en: <https://doi.org/10.2173/bow.buthum.01> (Consultado: Agosto 6, 2020).
- Wolda, H., 1981. Similarity indices, sample size and diversity. *Oecologia* **50**: 296-302.
- Wunderle, J.M., Jr., 1994. Métodos para contar aves terrestres del Caribe. General Technical Report SO-100 U. S. Department of agricultur, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Nueva Orleans, Luisiana, Estados Unidos de America.

Anexos

Anexo 1. Especies vegetales de los estratos de las zonas de muestreo y la cobertura estimada de cada una.

Zona conservada			Zona chaponeo		
Estrato	Especie	Cobertura	Estrato	Especie	Cobertura
Arbóreo	<i>Abies religiosa</i>	30%	Arbóreo	<i>Abies religiosa</i>	40%
	<i>Quercus rugosa</i>	20%		<i>Cupressus sempervirens</i>	20%
	<i>Cupressus sempervirens</i>	15%		<i>Quercus rugosa</i>	10%
	<i>Fraxinus uhdei</i>	10%		<i>Pinus ayacahuite</i>	10%
	<i>Prunus serotina</i>	10%		Sin vegetación	20%
	Sin vegetación	15%		Arbustivo	<i>Roldana angulifolia</i>
Arbustivo	<i>Salvia fulgens</i>	30%	<i>Roldana barba-johannis</i>		
	<i>Salvia mexicana</i>		<i>Salvia fulgens</i>		20%
	<i>Salvia elegans</i>		<i>Stevia</i> sp		10%
	<i>Penstemon roseus</i>		Sin vegetación		40%
<i>Roldana angulifolia</i>	25%	Herbáceo	<i>Potentilla indica</i>		15%
<i>Roldana barba-johannis</i>			<i>Geranium seemannii</i>		15%
<i>Stevia</i> sp			Suelo descubierto		70%
<i>Sigesbeckia jorullensis</i>	15%				
<i>Rubus</i> sp	10%				
Sin vegetación	20%				
Herbáceo	<i>Potentilla indica</i>				20%
	<i>Geranium seemannii</i>				15%
	<i>Acaena elongata</i>				15%
	<i>Eryngium carlinae</i>				10%
	<i>Polystichum</i> sp				10%
	Clase Bryopsida				10%
	Suelo descubierto				10%

Anexo 2. Riqueza de especies encontrada de aves. Se incluye la clasificación taxonómica, estacionalidad, categorías de riesgo NOM-059 y IUCN, grado de endemismo, gremios y presencia en cada una de las zonas con base en AOS (2020). Estacionalidad con base en Berlanga *et al.* (2019): R (residente), MI (migratoria de invierno), T (transeúnte). NOM-059: sc (sin clasificación); IUCN: LC (least concern o preocupación menor). Endemismo según González-García y Gómez de Silva (2003): E (endémica), CE (cuasiendémica), SE (semiendémica), ne (no endémica). Gremios con base en la información disponible en Birds of the World (Billerman *et al.*, 2020).

Especie	Estacionalidad	NOM-059	IUCN	Endemismo	Gremio	Conservada	Chaponeo
Orden Accipitriformes							
Familia Accipitridae							
<i>Buteo jamaicensis</i>	R, MI	sc	LC	ne	Carnívoro	X	-
Orden Apodiformes							
Familia Apodidae							
<i>Chaetura vauxi</i>	R, T	sc	LC	ne	Insectívoro	X	-
Familia Trochilidae							
<i>Colibri thalassinus</i>	R	sc	LC	ne	Nectátivo	X	X
<i>Eugenes fulgens</i>	R	sc	LC	ne	Nectátivo	X	X
<i>Lampornis clemenciae</i>	MI	sc	LC	ne	Nectátivo	X	-
<i>Selasphorus platycercus</i>	R, MI, MV	sc	LC	SE	Nectátivo	X	X
<i>Hylocharis leucotis</i>	R	sc	LC	ne	Nectátivo	X	X
Orden Piciformes							
Familia Picidae							
<i>Sphyrapicus varius</i>	MI	sc	LC	ne	Omnívoro	-	X
<i>Dryobates villosus</i>	R	sc	LC	ne	Omnívoro	X	X
<i>Dryobates stricklandi</i>	R	A	LC	EN	Omnívoro	X	X
Orden Passeriformes							
Familia Tyrannidae							
<i>Contopus pertinax</i>	R	sc	LC	ne	Insectívoro	X	X
<i>Mitrephanes phaeocercus</i>	R	sc	LC	ne	Insectívoro	X	X
<i>Empidonax minimus</i>	MI	sc	LC	ne	Insectívoro	X	-
<i>Empidonax hammondi/oberholseri</i>	MI	sc	LC	ne	Insectívoro	X	X
<i>Empidonax occidentalis</i>	R, MI, MV	sc	LC	SE	Insectívoro	X	-
<i>Empidonax fulvifrons</i>	R, MI, MV	sc	LC	ne	Insectívoro	X	X
Familia Vireonidae							
<i>Vireo huttoni</i>	R	sc	LC	ne	Insectívoro	X	-
Familia Corvidae							
<i>Cyanocitta stelleri</i>	R	sc	LC	ne	Omnívoro	X	-
Familia Hirundinidae							
<i>Tachycineta thalassina</i>	R, MI	sc	LC	ne	Insectívoro	X	-
Familia Paridae							
<i>Poecile sclateri</i>	R	sc	LC	CE	Insectívoro	X	X
Familia Aegithalidae							
<i>Psaltriparus minimus</i>	R	sc	LC	ne	Insectívoro	X	X

Especie	Estacionalidad	NOM-059	IUCN	Endemismo	Gremio	Conservada	Chaponeo
Familia Sittidae							
<i>Sitta carolinensis</i>	R	sc	LC	ne	Omnívoro	X	X
<i>Sitta pygmaea</i>	R	sc	LC	ne	Omnívoro	X	-
Familia Certhiidae							
<i>Certhia americana</i>	R	sc	LC	ne	Insectívoro	X	X
Familia Troglodytidae							
<i>Troglodytes aedon</i>	R, MI, T	sc	LC	ne	Insectívoro	X	-
Familia Polioptilidae							
<i>Polioptila caerulea</i>	MI, R	sc	LC	ne	Insectívoro	X	X
Familia Regulidae							
<i>Regulus satrapa</i>	R, MI	sc	LC	ne	Omnívoro	X	X
<i>Regulus calendula</i>	MI	sc	LC	ne	Omnívoro	X	X
Familia Turdidae							
<i>Myadestes occidentalis</i>	R	Pr	LC	ne	Omnívoro	X	X
<i>Catharus occidentalis</i>	R	sc	LC	EN	Omnívoro	X	X
<i>Turdus assimilis</i>	R	sc	LC	ne	Omnívoro	X	X
<i>Turdus rufopalliatu</i>	R	sc	LC	EN	Omnívoro	X	X
<i>Turdus migratorius</i>	R, MI	sc	LC	ne	Omnívoro	X	X
Familia Peucedramidae							
<i>Peucedramus taeniatus</i>	R	sc	LC	ne	Insectívoro	X	X
Familia Fringillidae							
<i>Euphonia elegantissima</i>	R	sc	LC	ne	Frugívoro	-	X
<i>Coccothraustes abeillei</i>	R	sc	LC	ne	Granívoro	-	X
<i>Haemorhous mexicanus</i>	R	sc	LC	ne	Omnívoro	-	X
<i>Loxia curvirostra</i>	R	sc	LC	ne	Granívoro	-	X
<i>Spinus pinus</i>	R	sc	LC	ne	Granívoro	-	X
<i>Spinus psaltria</i>	R	sc	LC	ne	Granívoro	X	-
Familia Passerellidae							
<i>Arremon virenticeps</i>	R	sc	LC	EN	Omnívoro	X	X
<i>Junco phaenotus</i>	R	sc	LC	CE	Omnívoro	X	X
<i>Pipilo maculatus</i>	R, MI	sc	LC	ne	Omnívoro	X	X
<i>Atlapetes pileatus</i>	R	sc	LC	EN	Omnívoro	X	X
Familia Parulidae							
<i>Oreothlypis superciliosa</i>	R	sc	LC	ne	Insectívoro	X	X
<i>Leiostyris celata</i>	MI, R	sc	LC	ne	Omnívoro	X	-
<i>Setophaga townsendi</i>	MI	sc	LC	ne	Insectívoro	-	X
<i>Setophaga occidentalis</i>	MI	sc	LC	ne	Insectívoro	X	X
<i>Basileuterus belli</i>	R	sc	LC	ne	Insectívoro	X	X
<i>Cardellina pusilla</i>	MI	sc	LC	ne	Insectívoro	X	X
<i>Cardellina rubra</i>	R	sc	LC	EN	Insectívoro	X	X
<i>Myioborus miniatus</i>	R	sc	LC	ne	Insectívoro	X	X
Familia Thraupidae							
<i>Diglossa baritula</i>	R	sc	LC	ne	Omnívoro	X	-

Anexo 3. Número de registros y abundancia relativa (%) de cada una de las especies, en general y para cada una de las zonas.

Zona de muestreo Especie	General		Conservada		Chaponeo	
	Registros	%	Registros	%	Registros	%
<i>Regulus satrapa</i>	847	28.61	369	24.13	478	33.4
<i>Poecile sclateri</i>	367	12.4	189	12.36	178	12.44
<i>Psaltriparus minimus</i>	336	11.35	145	9.48	191	13.35
<i>Basilinna leucotis</i>	293	9.9	148	9.68	145	10.13
<i>Junco phaeotus</i>	141	4.76	69	4.51	72	5.03
<i>Cardellina rubra</i>	130	4.39	86	5.62	44	3.07
<i>Turdus migratorius</i>	113	3.82	47	3.07	66	4.61
<i>Regulus calendula</i>	82	2.77	61	3.99	21	1.47
<i>Arremon virenticeps</i>	59	1.99	46	3.01	13	0.91
<i>Myioborus miniatus</i>	59	1.99	47	3.07	12	0.84
<i>Peucedramus taeniatus</i>	53	1.79	33	2.16	20	1.4
<i>Pipilo maculatus</i>	46	1.55	37	2.42	9	0.63
<i>Basileuterus belli</i>	39	1.32	32	2.09	7	0.49
<i>Myadestes occidentalis</i>	38	1.28	20	1.31	18	1.26
<i>Sitta carolinensis</i>	37	1.25	14	0.92	23	1.61
<i>Certhia americana</i>	31	1.05	21	1.37	10	0.7
<i>Eugenes fulgens</i>	30	1.01	20	1.31	10	0.7
<i>Coccythraustes abeillei</i>	23	0.78	-	-	23	1.61
<i>Oreothlypis superciliosa</i>	23	0.78	13	0.85	10	0.7
<i>Colibri thalassinus</i>	19	0.64	17	1.11	2	0.14
<i>Setophaga occidentalis</i>	16	0.54	8	0.52	8	0.56
<i>Catharus occidentalis</i>	15	0.51	9	0.59	6	0.42
<i>Turdus assimilis</i>	14	0.47	6	0.39	8	0.56
<i>Turdus rufopalliatu</i>	12	0.41	8	0.52	4	0.28
<i>Selasphorus platycercus</i>	11	0.37	10	0.65	1	0.07
<i>Haemorhous mexicanus</i>	11	0.37	-	-	11	0.77
<i>Cyanocitta stelleri</i>	9	0.3	9	0.59	-	-
<i>Euphonia elegantissima</i>	9	0.3	-	-	9	0.63
<i>Empidonax hammondi/oberholseri</i>	8	0.27	3	0.2	5	0.35
<i>Empidonax occidentalis</i>	8	0.27	8	0.52	-	-
<i>Mitrephanes phaeocercus</i>	7	0.24	4	0.26	3	0.21
<i>Vireo huttoni</i>	7	0.24	7	0.46	-	-
<i>Spinus pinus</i>	7	0.24	-	-	7	0.49
<i>Contopus pertinax</i>	6	0.2	1	0.07	5	0.35
<i>Cardellina pusilla</i>	6	0.2	5	0.33	1	0.07