



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**Estudio avifaunístico del cerro Ehecatl,
municipio de Ecatepec de Morelos, Estado de
México.**

T E S I S

**Que para obtener el título de:
LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

P R E S E N T A :

Roberto Salazar Aragón

Director de tesis: M. en C. Tizoc Adrián Altamirano Álvarez.



Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México.

2011



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A mi familia: mis padres Teresita y Roberto, mi hermano Fabián, mi abuelita Leonor, y mi abuelito Roberto (Q.E.P.D.), por su guía, confianza, amor, comprensión y apoyo durante estos 23 años. Esta tesis es de ustedes.

A mis maestros Tizoc y Marisela, por sus sabios consejos y enseñanzas a lo largo de 2 años, y quienes además de ser profesores son maestros de vida.

A mis sinodales: Dr. Sergio Cházaro Olvera, Dra. Norma Angélica Navarrete Salgado y M. en C. Rodolfo García Collazo, por sus valiosas críticas y consejos que ayudaron a enriquecer este trabajo.

A mis compañeros y amigos de la carrera: *Gabys, Rotíferos y Darkys*, por tantos momentos compartidos de alegría y estrés.

A mis amigos de la prepa 3: Wendy, Jessi y Omar, quienes marcaron un parteaguas en mi vida durante ese año que estuvimos juntos. Muchas gracias por su cariño y amistad.

A Mary, por el tiempo que hemos compartido (y el que nos falta). Por aparecer en mi vida y llenarla de felicidad. Te amo.

A mi primo, Biol. Ramiro Aragón Pérez, por su ayuda, información, crítica y consejos brindados durante la realización de esta tesis. Porque de no haber escuchado sus pláticas hace más de 5 años, nunca hubiera cursado esta maravillosa carrera.

A mi amada Universidad.

“A competent bird watcher can look at a habitat and correctly name the bird species which will breed there in abundance.”

Robert H. MacArthur

ÍNDICE

RESUMEN.....	- 5 -
INTRODUCCIÓN.....	- 6 -
ANTECEDENTES	- 9 -
JUSTIFICACIÓN.....	- 12 -
OBJETIVOS	- 13 -
ÁREA DE ESTUDIO	- 14 -
MATERIALES Y MÉTODOS	- 23 -
RESULTADOS.....	- 28 -
DISCUSIÓN.....	- 39 -
CONCLUSIONES.....	- 45 -
LITERATURA CITADA.....	- 46 -
ANEXO.....	- 52 -

RESUMEN

A pesar de que las aves son uno de los grupos mejor estudiados, su conocimiento sigue siendo incompleto; constantemente sale a la luz información sobre nuevos registros en lugares donde antes no se tenían reportadas, o reportes que amplían su área de distribución. En el caso de México, y particularmente de la Zona Metropolitana del Valle de México, la conservación de las aves va de la mano con la conservación de las áreas naturales protegidas (ANP). Una de ellas es el Parque Estatal Sierra de Guadalupe, el cual se ha visto amenazado durante los últimos años por el crecimiento de la mancha urbana alrededor de él. Son pocos los estudios de su avifauna, y no reflejan la importancia que tiene esta ANP, la cual es además el último reducto de área natural de tamaño considerable de la Ciudad de México. Para contribuir al conocimiento de su fauna, en el presente estudio se estudió la diversidad avifaunística del cerro Ehecatl, un área constantemente frecuentada por los pobladores de sus cercanías. Se determinó la diversidad α de aves del cerro, así como su riqueza, la abundancia relativa, frecuencia relativa, endemismo, estacionalidad y estado de conservación de las aves. Con el fin de conocer el posible flujo de energía dentro de la comunidad, se dividió al cerro en 5 zonas para determinar la diversidad β entre ellas. Se registraron 43 especies, pertenecientes a 21 familias y 8 órdenes, de los cuales el más abundante fue Passeriformes. *Carpodacus mexicanus* y *Melospiza fusca* fueron las especies biológicamente más importantes, pues presentaron la mayor abundancia y frecuencia relativas. La parte baja del cerro tuvo un mayor número de especies, así como una mayor abundancia, que la parte alta. La diversidad α que arrojó el índice de Simpson ($D=0.7957$) refleja la dominancia de dos especies, contra una heterogeneidad de 41 especies. Solo dos especies (*Buteo albicaudatus* y *B. platypterus*) se encuentran bajo protección especial de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010. Tres especies (*Cyananthus latirostris*, *Tyrannus vociferans* y *Spizella pallida*) son semiendémicas de México, mientras que dos son cuasiendémicas (*Turdus rufopalliatu*s y *Junco phaeonotus*). La diversidad β refleja un flujo de energía mayormente representado por las dos especies de mayor importancia biológica. La curva de acumulación de especies sugiere que no se han registrado todas las especies del área de estudio (y por lo tanto, de la Sierra de Guadalupe) por lo que se sugiere dar continuidad a los estudios de diversidad avifaunística en el PESG.

Palabras clave: *avifauna, diversidad α , diversidad β , abundancia relativa, frecuencia relativa, endemismo, estacionalidad, estado de conservación.*

INTRODUCCIÓN

En el mundo existen más de 170 países, pero sólo 12 de ellos son considerados megadiversos, pues albergan en conjunto entre el 60 y 70% de la biodiversidad total del planeta, y México es considerado uno de ellos (Mittermier y Goettsch, 1992). Nuestro país ocupa una posición privilegiada a nivel mundial, pues se encuentra ubicado a ambos lados del Trópico de Cáncer, entre las regiones biogeográficas Neártica y Neotropical; esto da como resultado una franja de transición entre zonas de clima seco y zonas de clima húmedo. Además, su accidentado relieve, su complicada historia geológica, sus variadas altitudes (desde el nivel del mar hasta los 5 500 msnm), y sus grandes cinturones de vientos y regímenes térmicos de las corrientes marinas, permiten variaciones climáticas que en conjunto representan casi todos los grupos de climas posibles en el planeta (Ceballos *et. al.*, 2009).

México parece contener entre un 10 y un 12 % de la biota total del planeta (Toledo, 1994). Nuestro país ocupa el segundo lugar a nivel mundial en riqueza de reptiles, con 804 especies descritas, y el tercer lugar en mamíferos, con 535 (Llorente-Bousquets & Ocegueda, 2008). En cuanto a diversidad avifaunística, México ocupa el octavo lugar mundial en diversidad de aves, pues alberga 1 097 especies, distribuidas en 22 órdenes (CONABIO, 2010). Así, México destaca por su diversidad de aves, no sólo porque representa el 11.82 % de la diversidad total del mundo (que en total la conforman 9 720 especies), sino también por su alto índice de endemismos; posee más de 100 especies endémicas, lo que equivale a un 9% aproximado del total del mundo (CONABIO, *op. cit.*). Además, al ser México una zona de transición entre dos regiones biogeográficas, es un punto estratégico para las aves que realizan migraciones en busca de condiciones favorables para su supervivencia.

Sin embargo, esta diversidad se ha visto seriamente amenazada en los últimos años. La explicación de las reducciones contemporáneas de la biodiversidad, incluye una compleja trama de causas proximales y últimas, determinadas por problemas interconectados, de tipo tan variado como los político-económicos (por ejemplo, demandas alógenas y distribución desigual de los recursos), sociológicos (tendencias demográficas), ecológicos (no planeación o planeación errónea del uso de suelo), etc. (Dirzo, 1990). La desaparición de una o más especies, o grupos taxonómicos superiores (familias, órdenes, etc.), es llamada *extinción*. Si bien, la extinción de especies es un proceso que ocurre de forma natural, su ritmo actual se ha incrementado por lo menos cuatro veces desde el desarrollo de la sociedad industrial (May & Lawton, 1995). La conversión del uso de suelo debido a la deforestación, así como la identificación de tasas de deforestación alarmantes en distintas localidades de México en la segunda mitad del siglo XX, ha sido señalada como una de las principales amenazas para la biodiversidad (Bray, *et. al.*, 2004).

En el caso del Estado de México, su biodiversidad se ha visto afectada en los últimos años por las estrategias de desarrollo social, particularmente por el cambio de uso de suelo y la desecación de los lagos de Texcoco y Ciénegas del Lerma, así como también por la contaminación provocada por descargas, subproductos, emisiones y disposición de residuos de diferente origen y riesgo en sitios naturales (López *et. al.*, 2009).

La entidad se encuentra comprendida entre tres provincias biogeográficas: el Altiplano Sur (CONABIO, 2011), la Cuenca del Balsas y el Eje Neovolcánico Transversal (Morrone, 2005), siendo esta última la que abarca la mayor parte del estado (figura 1). Esta situación geográfica da como resultado una amplia variedad de altitudes y climas, lo que sugiere que la entidad es un área de gran biodiversidad. En efecto; los registros establecen que dentro del Estado de México existen al menos 3 524 especies de plantas, 125 especies de mamíferos y 490 de aves, lo que es solo un ejemplo de la magnitud de la riqueza biológica con que cuenta el estado (Ceballos, 2009). Esto resulta relevante si tomamos en cuenta que el Estado de México representa el 1% del territorio nacional, y en esta área está contenido el 44.66% de las especies de aves del país.

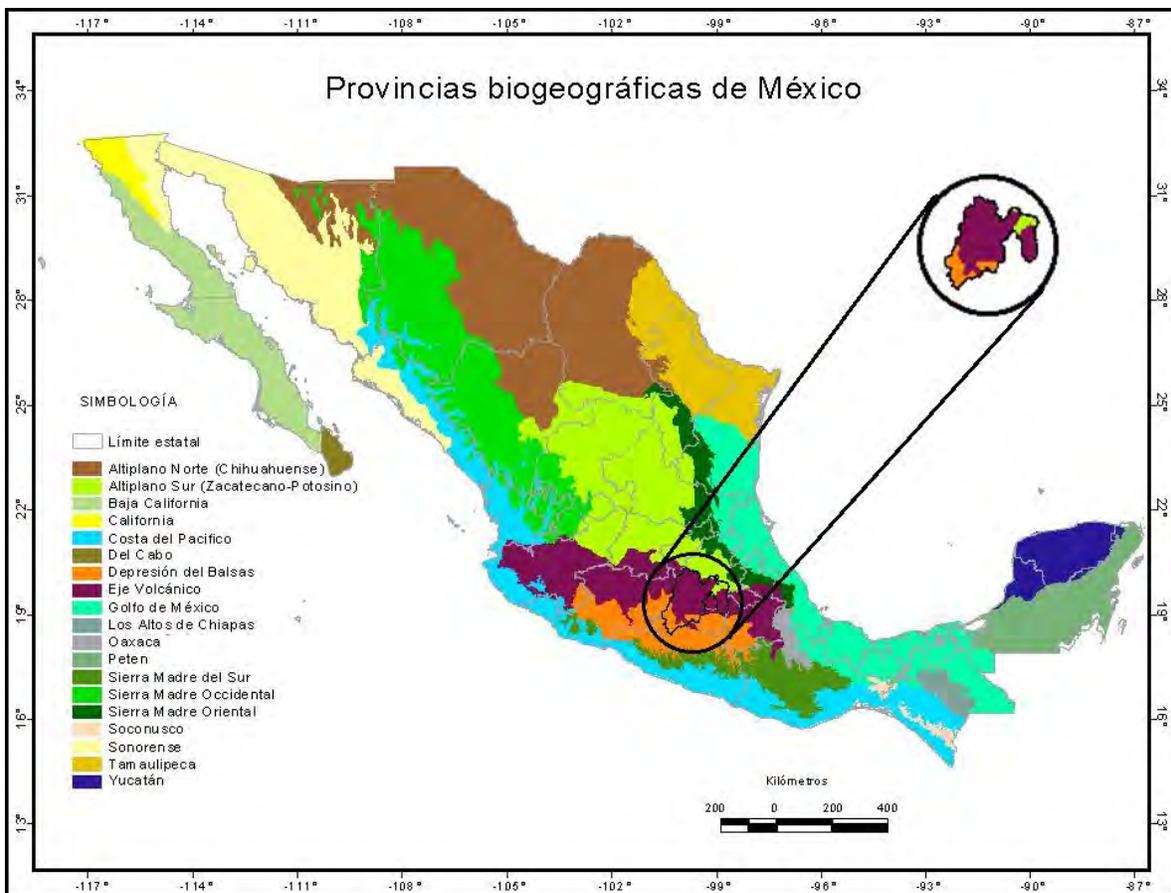


Figura 1. Provincias biogeográficas de México. En la imagen se muestran las tres provincias que convergen dentro del Estado de México. Tomado y editado de CONABIO (2008).

Por otro lado, la Unión de las Naciones para la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (M.E.A., por sus siglas en inglés) reconoce cuatro tipos de servicios ambientales: servicios de aprovisionamiento, servicios de regulación, servicios culturales, y servicios de apoyo (M.E.A, 2003). Las aves contribuyen a los cuatro tipos de servicio; tanto aves domesticadas como silvestres, así como sus derivados, han servido como fuente de alimento para el hombre por miles de años; a través del arte, costumbres religiosas y observación de aves estos organismos contribuyen a los servicios culturales; como integrantes de los ecosistemas, las aves contribuyen a los servicios de soporte con sus actividades de forrajeo, dispersión de semillas, polinización, control de plagas y recolección de residuos (Whelan *et. al.* 2008).

El conocimiento actual de la avifauna mexicana es resultado de muchos años de exploraciones y reconocimientos faunísticos, cuyos inicios datan desde épocas precortesianas (Navarro, 1989). Sin embargo, el conocimiento de las aves de México aún se encuentra en proceso, pues constantemente se hacen aportes al conocimiento de la distribución de especies, ya sea reportando nuevos puntos de distribución dentro del país, o reportando especies que se creía no existían en México (Dirección de la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán, 2001; Martínez, 2004; Almazán-Núñez *et. al.*, 2006-a; Valencia *et. al.*, 2008; López, 2009). Resultan pues de suma importancia para la preservación de la fauna los estudios que contribuyan al conocimiento de su distribución, pues son la base para la creación de áreas naturales protegidas.

Un área natural protegida de gran importancia para la Zona Metropolitana del Valle de México es el Parque Estatal Sierra de Guadalupe (PESG), o Sierra de Guadalupe, la cual se ubica al norte del Distrito Federal, y su territorio lo comparten los municipios de Ecatepec de Morelos, Coacalco de Berriozábal, Tultitlan, Tlalnepantla de Baz y la delegación Gustavo A. Madero. Dicha sierra, al ser el último reducto de extensión considerable de recursos naturales y áreas cubiertas de vegetación de la Ciudad de México, desempeña un papel importante en la captación e infiltración de agua al subsuelo, además forma una barrera contra la contaminación y degradación del ambiente (Cedillo *et. al.* 2007). Sin embargo, la Sierra de Guadalupe se encuentra rodeada en su totalidad por áreas urbanas; esto, aunado al cambio de uso de suelo, la contaminación o desecación de los cuerpos de agua, la carencia de medidas adecuadas de aprovechamiento de recursos naturales y el daño directo hacia la flora y la fauna, han contribuido a su depauperación biótica (Méndez-De la Cruz *et. al.*, 1992).

ANTECEDENTES

A pesar de que las aves son uno de los grupos de animales mejor estudiados, en México han sido pocos los intentos por sintetizar y comprender sus patrones de diversidad. Escalante *et. al.* (1998) realizaron un primer intento por resumir los patrones biogeográficos de las aves que se reproducen en México, en donde destaca la provincia del Eje Neovolcánico Transversal, o Faja Volcánica Transmexicana, como una de las provincias de mayor índice de endemismos, y al matorral xerófilo como uno de los hábitats de mayor riqueza e índice de endemismos.

En el caso de la Faja Volcánica Transmexicana (FVT), los estudios abordan temas como diversidad, biogeografía, uso de hábitats y nuevos registros. Entre estos se encuentran:

García-Trejo & Navarro (2004), quienes analizaron los patrones de riqueza y endemismo de la avifauna del oeste de México (incluidos los estados de Jalisco y Michoacán), registrando un total de 783 especies, de las cuales 157 poseen alguna categoría de endemismo. Sus datos sugieren un aumento de la riqueza de endemismos en la región central del área de estudio.

Almazán-Núñez *et. al.* (2006-b) analizaron la riqueza avifaunística de la subcuenca del Río San Juan en Guerrero, México. Aunque la mayor parte del estado no pertenece a la provincia biogeográfica del Eje Neovolcánico, resulta un área de particular interés, pues presenta un alto índice de endemismos (28% de las especies son endémicas de México) comparable al Eje Neovolcánico.

Chávez (2007) reportó 128 especies para el Parque Nacional Barranca del Cupatitzio, Michoacán, pertenecientes a 93 géneros, 35 familias y 12 órdenes; 20 de esas especies se encuentran bajo alguna categoría de protección de la NOM-059-ECOL-200, mientras que otras 15 son endémicas de México y 1 es endémica de la provincia de la FVT.

Medina *et. al.* (2007) denotaron la importancia que tienen los embalses de agua de la región del Llano (Aguascalientes-Jalisco) para la única especie residente del altiplano mexicano: el pato mexicano (*Anas diazi*). Este organismo (endémico de México) los utiliza como lugar de reproducción, desarrollo de pollos y anidación, lo que evidencia la necesidad de proteger estos cuerpos de agua.

Ramírez-Albores (2007) realizó un estudio de la avifauna de cuatro comunidades del estado de Jalisco, reportando 247 especies, de las cuales 86 fueron raras y 15 abundantes, y la mayor riqueza se encontró en las zonas de selva baja caducifolia.

Uno de los trabajos de mayor relevancia para la FVT es el que realizaron Navarro-Sigüenza *et. al.* (2007). Dicho trabajo consiste en un análisis actualizado de la biogeografía de la avifauna presente en la FVT, mediante la descripción de patrones

generales de riqueza y endemismo. De acuerdo con su estudio, la avifauna está compuesta por 705 especies, distribuyéndose la riqueza de tal forma que aumenta conforme se aproxima a los extremos de esta provincia, en los límites donde entra en contacto con otros sistemas orográficos. Así, concluyen que en la FVT existen 10 regiones principales avifaunísticas: Jalisco-Nayarit, Altiplano, Volcanes de Colima, Lagos de Guanajuato-Michoacán, Chapala, FVT Septentrional, Mil Cumbres, FVT Meridional, Llanos de Apam, y Pico de Orizaba-Oaxaca.

Pineda *et. al.* (2010) presentaron nueva información para la avifauna del estado de Querétaro; sus datos fueron obtenidos principalmente de la provincia de la FVT. Adicionaron 12 nuevos registros de especies para el Estado de Querétaro, resaltando que cinco de ellos se encuentran bajo alguna categoría de la NOM-059-ECOL-2001.

Los estudios de la avifauna en la FVT no se han restringido a las poblaciones silvestres. Almazán-Núñez *et. al.* (2010) registraron 46 especies en la Laguna de Baltazar, un espacio urbano ubicado en el sur de la ciudad de Puebla. La riqueza, abundancia y diversidad varió estacionalmente, siendo el periodo otoño-invierno el que presentó la mayor riqueza. Sus datos revelan la importancia del componente migratorio en la diversidad de México.

Por otro lado, se han realizado diversos trabajos de la fauna del Estado de México, que incluyen estudios de ecología, diversidad y aportes de nuevos registros.

Gómez de Silva (1997) añadió 61 especies nuevas para la región de Temascaltepec, a pesar de que se consideraba una de las regiones del Estado de México mejor estudiadas en cuanto a aves se refiere. Sus datos aportaron más del 34% de las especies reportadas para ese entonces, ampliando así el listado hasta 178 especies.

Bojorges (2004) reporta 104 especies pertenecientes a 34 familias y 11 órdenes para la Sierra Nevada, y a la vez añade 43 especies a los listados de aves realizados en esta región del Estado de México.

Canales *et. al.* (2004) reportó 74 especies para la localidad de Isidro Fabela, Estado de México, distribuidas en 6 órdenes, 23 familias y 57 géneros. De las especies registradas, 3 están sujetas a protección especial, 8 son endémicas de México y 4 están amenazadas. Sus datos ponen en evidencia que el área de estudio constituye un sitio de refugio o de paso para las aves migratorias que se dirigen a sus lugares de reproducción.

Rodríguez *et. al.* (2007) registraron 22 especies de aves, distribuidas en 15 familias y 6 órdenes, en un área de estanques rurales en Soyaniquilpan de Juárez. El gremio de los granívoros fue el más abundante, mientras que los carroñeros, carnívoros y nectarívoros fueron los menos abundantes. Tres de las especies reportadas se encuentran bajo alguna categoría de riesgo.

Sin embargo, el más sobresaliente, es la recopilación que realizan Ceballos *et.al.* (2009) de información acerca de la diversidad biológica del estado. En dicho trabajo, De Sucre *et.*

al. (2009) resumen la información de la avifauna reportada para el estado, reportando 490 especies, distribuidas en 255 géneros, 62 familias y 19 órdenes. Así mismo, reportan que 40 especies son endémicas del estado, y 54 de ellas se encuentran en alguna categoría de la NOM-059-ECOL-2001.

Posteriormente, De Sucre-Medrano *et. al.* (2010) ampliarían ese listado reportando dos nuevos registros para el Estado de México: *Protonotaria citrea* y *Euthlypis lachrymosa* en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala y en la cuenca del Río Balsas, al sur del Estado de México, respectivamente.

Para el PESG se encontraron cinco estudios:

Contreras (1999) determinó que la avifauna de la Sierra de Guadalupe está conformada por 86 especies, distribuidas en 8 órdenes y 24 familias. De este total de especies, el 75% están situadas dentro del orden *Passeriformes*, dividiéndose el resto de manera irregular; 37 de esas especies son visitantes de invierno, 16 son residentes de verano, 10 son migrantes ocurrentes y 8 son especies residentes.

El Gobierno Constitucional del Estado de México (1999) realizó el plan de manejo del PESG, en el cual mencionan que las aves son el grupo de vertebrados mejor representado, probablemente por su movilidad. Así mismo, menciona que existen especies de carácter natural e introducido, y que la tendencia de la diversidad avifaunística está enfocada hacia las especies generalistas con un alto grado de adaptabilidad.

El Gobierno del Estado de México (2002) reportó 78 especies de aves, pertenecientes a 23 familias y 9 órdenes en el PESG. De dichas especies, 22 eran migratorias y tres están bajo alguna categoría de protección de la NOM-059-SEMARNAT.2001.

Barbero (2004), reporta 131 especies distribuidas en 15 órdenes y 38 familias del PESG. De dichas especies, 14 se consideran endémicas del estado y 21 están bajo alguna categoría de riesgo; 27 especies son visitantes de invierno, 84 son residentes, 6 se considera escaparon de cautiverio, y 14 son transitorias.

Cedillo *et. al.* (2007), en una recopilación de información de la Sierra de Guadalupe, mencionan que la fauna es reducida, debido a la transformación y pérdida de su hábitat por el desarrollo urbano y el cambio de uso de suelo forestal por agrícola. Señalan a las aves como el grupo con mayor presencia en la zona (atribuyéndole esto a su movilidad) y el mejor adaptado a las condiciones de la Sierra, y también que muchas especies migratorias encuentran en las especies vegetales introducidas nuevos hábitats que les permiten subsistir. Los ejemplos de aves que mencionan son: *Cyrtonyx montezumae*, *Buteo jamaicensis*, *Parabuteo unicinctus*, *Geococcyx californianus*, *Falco sparverius*, *Zenaida macroura*, *Otus asio*, *Tyto alba*, *Cynanthus latirostris*, *Thryomanes bewickii*, y *Spizella atrogularis*.

JUSTIFICACIÓN

Es evidente que el conocimiento sobre la riqueza y distribución de las aves de México es aún incompleto; periódicamente aparecen nuevos registros en lugares donde no se tenía reportada su distribución, o se registran especies no reportadas para el territorio mexicano.

Los estudios del PESG son pocos, y no reflejan la importancia que tiene esta área natural protegida. En general, la Sierra de Guadalupe ha sufrido una reducción de su biodiversidad por los procesos de urbanización creciente que el Estado de México ha tenido en los últimos años. El cerro Ehecatl forma parte de dicho parque y se eligió como área de estudio porque los puntos más críticos de dicho desarrollo urbano se ubican en el perímetro norte y oriente del PESG, que colinda con el municipio de Ecatepec de Morelos, al que pertenece el área de estudio (Gobierno Constitucional del Estado de México, 1999). Además, este cerro es un área visitada por los pobladores de las áreas cercanas a él, pues de él se obtienen recursos aprovechables como nopales y sus frutos (*Opuntia* sp.), madera y peces que fueron establecidos en pequeñas represas; además, forma una barrera contra los vientos del norte y capta la humedad que éstos traen consigo, retiene el agua que escurre por las laderas y que pueden causar inundaciones en las colonias aledañas al cerro; es también un sitio de esparcimiento frecuentado por deportistas, turistas locales y escuelas que realizan excursiones con fines de educación ambiental e histórica, pues los antiguos pobladores lo utilizaban como sitio de ofrendas y veneración (García, 2009), además de proporcionar belleza escénica para las colonias cercanas; participa también en procesos de formación de suelos, ciclos de nutrientes, producción de biomasa, producción de oxígeno atmosférico y ofrece aprovisionamiento de hábitat a las distintas especies que en él habitan (datos obtenidos en campo por el autor). Así, el cerro Ehecatl ofrece los cuatro tipos de servicios ambientales anteriormente mencionados (M.E.A., 2003). Sin embargo, no existen listados faunísticos del cerro (aunque su fauna debe ser muy similar a la del PESG) y aunque se aprecia que está perturbado, no se sabe con exactitud la magnitud de la perturbación.

Dada la gran diversidad biológica del Estado de México, y aunada a la actual pérdida de la misma, es necesario hacer inventarios de la fauna que sirvan como base para estudios ecológicos y biogeográficos posteriores, para poder aprovechar los recursos de una manera sustentable, dándoles un correcto uso y permitiendo así su regeneración y conservación. Es por ello que en el presente estudio avifaunístico se plantean los siguientes objetivos:

OBJETIVOS

-GENERAL

- Contribuir al conocimiento de la avifauna del cerro Ehecatl.

-PARTICULARES

- Determinar la riqueza específica del cerro Ehecatl.
- Evaluar si el listado taxonómico obtenido es o no completo.
- Determinar su diversidad α y β .
- Determinar la abundancia y frecuencia de las especies de la zona de estudio.
- Determinar si las especies son endémicas del país o una parte de él.
- Determinar la estacionalidad de las especies y su estado de conservación.

ÁREA DE ESTUDIO

-UBICACIÓN

El Parque Estatal Sierra de Guadalupe se ubica al norte de la Ciudad de México, entre los paralelos 19° 37' 00" y 19° 37' 20" N, y los meridianos 99° 09' 38.57" y 99° 06' 27.49" W (Gobierno del Estado de México, 2001). Su superficie abarca los municipios de Ecatepec de Morelos, Coacalco de Berriozábal, Tultitlán, Tlalnepantla de Baz, Cuautitlán Izcalli y la delegación Gustavo A. Madero, correspondiente al Distrito Federal (figura 2).

El área de estudio se localiza del lado este del PESG, entre los 19° 35' 50" y 19° 35' 18" de latitud N, y los 99° 3' 28" y 99° 4' 34" de longitud W (figura 3), en la porción del parque que corresponde al municipio de Ecatepec de Morelos. Se incluyó al cerro Ehecatl y a una pequeña zona localizada al oeste de dicho cerro que es frecuentada por las personas. Con el fin de conocer el posible recambio de especies a lo largo del área de estudio, se le dividió en las siguientes tres zonas (figura 4):

- *Zona 1*: parte sur del cerro.
- *Zona 2*: parte norte del cerro.
- *Zona 3*: área adyacente al cerro.

Por otro lado, para analizar el recambio de especies en relación a la altitud, se dividió al área de estudio en otras dos zonas (figura 5):

- *Zona 4*: parte baja, aproximadamente de los 2400 a los 2500 msnm (datos obtenidos en campo por el autor). Incluye la parte baja de las zonas 1 y 2, y la zona 3.
- *Zona 5*: parte alta, aproximadamente de los 2500 a los 2597 msnm (datos obtenidos en campo por el autor).

Se realizaron visitas de reconocimiento previas a los muestreos, con el fin de reconocer las características del área de estudio en conjunto, y las características particulares de cada zona, en caso de que las hubiera.

En general, las características geológicas, edafológicas, hidrológicas y climáticas son las mismas para toda la sierra, aunque existen áreas con características particulares.



Figura 2. Imagen satelital del D.F. y el Estado de México. Se muestra en amarillo el área correspondiente al PESG. Imagen tomada y editada de Google Earth.



Figura 3. Imagen satelital de la Sierra de Guadalupe. Se muestra en rojo el área de estudio. Tomado y editado de Google Earth.

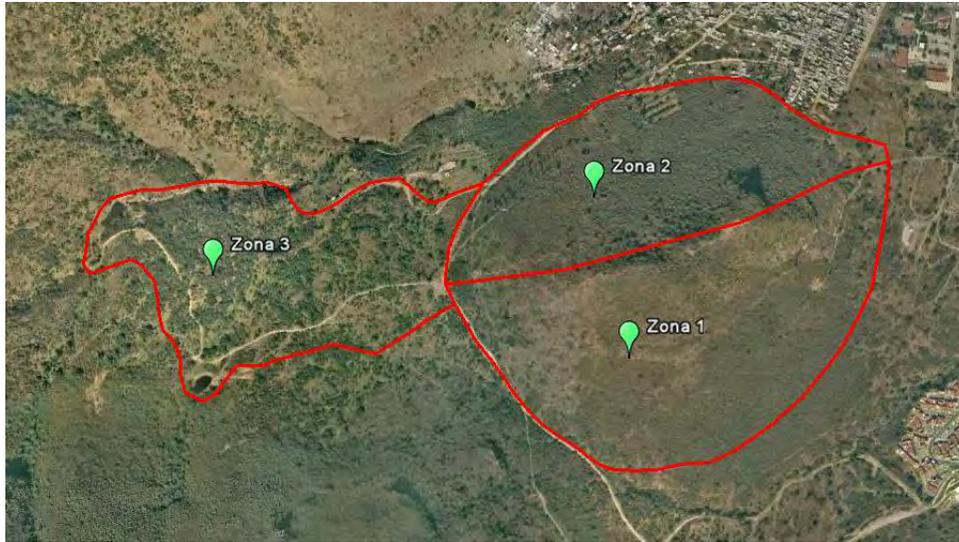


Figura 4. Área abarcada en el estudio y zonificación. Tomado y editado de Google Earth.

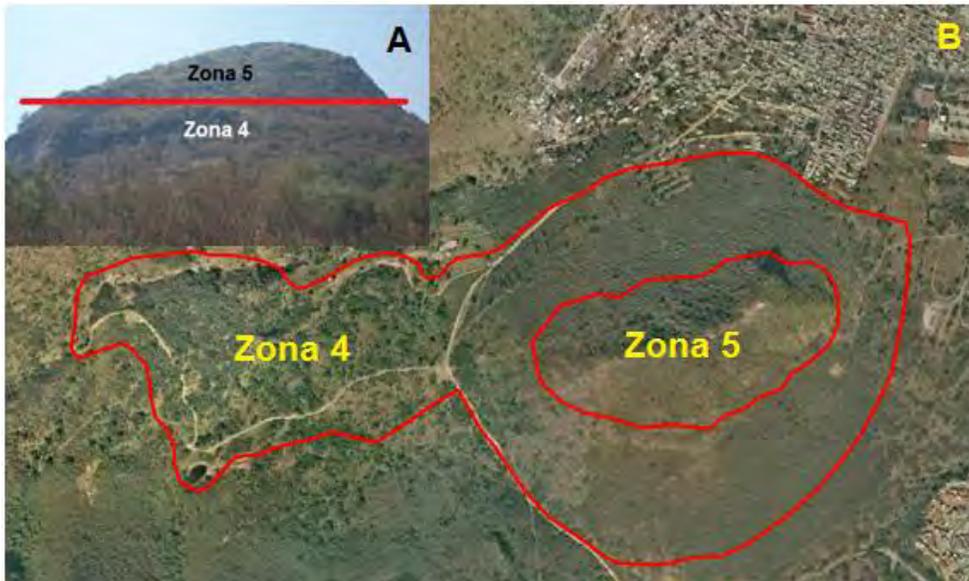


Figura 5. Zonificación altitudinal del cerro. 5A: Vista frontal de la división altitudinal del cerro Ehecatl. Fotografía: Roberto Salazar Aragón. 5B: Vista aérea de las zonas 4 y 5, tomada y editada de Google Earth.

-GEOLOGÍA

La Sierra de Guadalupe es una estructura semicircular compuesta por elevaciones volcánicas que datan del Mioceno-Oligoceno en su parte oriental (Mooser, *et. al.*, 1992). Está conformada por los cerros Tepeyac, Picacho Grande, Pico Tres Padres y Ehecatl, entre otros, y su superficie es de aproximadamente 5 306 ha (Gobierno Constitucional del

Estado de México, 1999), de las cuales, aproximadamente 300 ha corresponden al cerro Ehecatl (datos obtenidos en campo por el autor). Dicho cerro posee una altitud de 2 597 msnm (Gobierno del Estado de México, 2001), mientras que la altura del área adyacente (zona baja) oscila entre los 2 400 y 2 450 msnm (datos obtenidos en campo por el autor). El área de estudio, al ser parte del PESG, posee sus características geológicas. Las rocas que la constituyen son, en su mayoría, andesita, y en menores cantidades, riolita y dacita (Campa-Uranga, 1965). La sierra se formó por dos tipos de actividad volcánica: una en que los procesos explosivos fueron de gran intensidad, y representa las etapas iniciales de los edificios mayores, los cuales culminaron con procesos extrusivos, y otra consistente de derrames de lava (procesos efusivos), escasos y de corta extensión (Lugo-Hubp, 1996).

-EDAFOLOGÍA

Los suelos presentes son poco profundos y contienen restos de material original, que al erosionarse por la acción del agua y el viento se transforma en arcilla. En general, son suelos pocos profundos, que por sus características tienen vocación forestal y pocas zonas son susceptibles para la vocación agrícola restringida. Dichos suelos son: leptosol, fluvisol eútrico, regosol eútrico y feozem háplico (Villavicencio, 2007).

-HIDROLOGÍA

No existen cuerpos de agua permanentes dentro del área de estudio. Sin embargo, durante la temporada de lluvias (Julio) hasta parte de la temporada de secas (Abril) se forman 3 principales cuerpos de agua en la zona 3, producto de pequeñas represas construidas por el gobierno, y algunos pequeños riachuelos temporales, de vida breve, durante los meses de mayor precipitación pluvial (Julio-Septiembre), resultado a su vez de dichas represas (figuras 6 y 7) (datos obtenidos en campo por el autor).



Figuras 6 y 7. 6A y 6B. Fotografías de los cuerpos de agua formados por acumulación de agua de lluvia en la zona 3. 7A, 7B y 7C: pequeños riachuelos formados por el escurrimiento de dicha agua. Fotografías: Roberto Salazar Aragón.

-CLIMA

El clima del PESG es templado subhúmedo con lluvias en verano en las partes noreste, este y sur. La precipitación media anual oscila entre los 600 y 700 mm, y la temperatura anual media fluctúa entre los 12° y 16° C (Gobierno del Estado de México, 2001).

Dentro de la sierra se puede encontrar una pequeña variedad de microambientes, determinados por las condiciones locales de la vegetación, posición geográfica y altitud. En el área de estudio están presentes los microambientes semiseco semifresco todo el año y semiseco con oscilaciones térmicas todo el año (Cuadro 1).

-VEGETACIÓN

De acuerdo al Gobierno del Estado de México (*op. cit.*), los tipos de vegetación que se desarrollan en el PESG y el área que cubren, son: bosque de encino (9.91%), matorral xerófilo (23.65%), matorral de encino (1.07%), nopalera (9.84%), pastizal secundario (29.21%), bosque cultivado (17.38%) y áreas destinadas a la agricultura (8.94%).

El matorral xerófilo ocupa aproximadamente 40% de la superficie del país, siendo el más vasto de todos los tipos de vegetación en México. Su flora se caracteriza por un número

considerable de formas biológicas que constituyen aparentemente otros modos de adaptación del mundo vegetal para afrontar la aridez; en este tipo de vegetación se reúnen todas las comunidades de porte arbustivo, propias de las zonas áridas y semiáridas (Rzedowski, 1981). Desde el punto de vista de su composición florística, los matorrales xerófilos son variados; las Compositae están por lo general bien representadas; las Leguminosae y Gramineae también son familias cuantitativamente importantes, las Cactaceae encuentran en estos matorrales su nicho ecológico preferido, mientras que las Chenopodiaceae son particularmente abundantes en donde prevalecen suelos algo salinos (Rzedowski, *op. cit.*).

La vegetación de las zonas presentes en el área de estudio corresponde al matorral xerófilo, con las características antes mencionadas pero con una abundancia de formas de vida que variaba entre las zonas. Así:

- La zona 1 presentó una vegetación arbustiva homogénea, con numerosas nopaleras (*Opuntia* sp.) y con poca presencia de árboles (*Schinus molle*) y yucas (*Yucca filifera*). Las herbáceas también eran numerosas. En esta zona se encontró una pequeña área de pastizal (figura 8).
- La zona 2 posee una vegetación arbustiva y herbácea más abundante y densa que las demás zonas, cuenta además con presencia de algunos ejemplares de *Eucalyptus* sp. y con menor presencia de nopaleras y yucas. La temperatura es ligeramente menor que en las demás zonas (figura 9).
- La zona 3, por otro lado, mostró una abundancia mayor de nopaleras, así como una carencia de plantas arbustivas y herbáceas, en su parte más alta. En las áreas cercanas a los cuerpos de agua hay presencia de árboles, principalmente de pirul (*Schinus molle*) y plantas arbustivas y herbáceas (figura 10).
- La zona 4, evidentemente, agrupa las condiciones anteriormente mencionadas.
- La zona 5 tenía numerosas nopaleras, plantas arbustivas, y herbáceas, además de algunos individuos del género *Quercus*. La vegetación era pobre y menos abundante en esta zona (figura 11).

Cabe mencionar que se percibió un incremento en la vegetación durante la temporada de lluvias.

La fauna reportada para el PESG la constituyen anfibios como la ranita gris (*Hyla arenicolor*), ranita verde (*Hyla eximia*), y sapito excavador (*Spea hammondi*); reptiles como la lagartija de collar (*Sceloporus torquatus*), lecuiche (*Sceloporus spinosus*), camaleón (*Phrynosoma orbiculare*), culebra excavadora (*Conopsis nasus*), cincuate (*Pituophis deppei*), culebra de agua (*Thamnophis eques*) y víbora de cascabel (*Crotalus molossus*); aves como la aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*), cernícalo (*Falco sparverius*), paloma huilota (*Zenaida macroura*), correcaminos (*Geococcyx californianus*), carpintero (*Picoides scalaris*), cardenalito (*Pyrocephalus rubinus*), azulejo (*Aphelocoma ultramarina*), cuitlacoche (*Toxostoma curvirostre*), verdugo (*Lanius ludovicianus*), calandria (*Icterus parisorum*), dominico (*Spinus psaltria*), y gorrión mexicano (*Carpodacus mexicanus*); mamíferos como el tlacuache (*Didelphis virginiana*), conejo (*Sylvilagus*

floridanus), ardilla (*Spermophilus variegatus*), cacomixtle (*Bassariscus astutus*), zorra (*Urocyon cinereoargenteus*), comadreja (*Mustela frenata*) y lince (*Lynx rufus*) (Gobierno del Estado de México, 2001).

Microambiente	Características
<p>Semiseco semifresco todo el año</p>	<p>Se localiza al suroeste, oeste, norte y noreste, encontrándose principalmente en áreas con arbolado de encino (<i>Quercus</i> sp.), matorral de encinillo (<i>Quercus berberidifolia</i>) con asociaciones de pirul (<i>Schinus molle</i>) y arbustos de acacia (<i>Acacia schaffneri</i>) con coberturas del 70%.</p>
<p>Semiseco con oscilaciones térmicas todo el año</p>	<p>Se encuentra diseminado en grandes extensiones de la sierra, presentándose principalmente a mayor altitud (2700-3000 msnm), en zonas escarpadas, áreas con cultivos y deforestadas donde las oscilaciones térmicas en invierno son hasta de 24° C y 5° C en verano y otoño.</p>

Cuadro 1. Microambientes encontrados en el área de estudio (Gobierno Constitucional del Estado de México, 1999; Villavicencio, 2007).

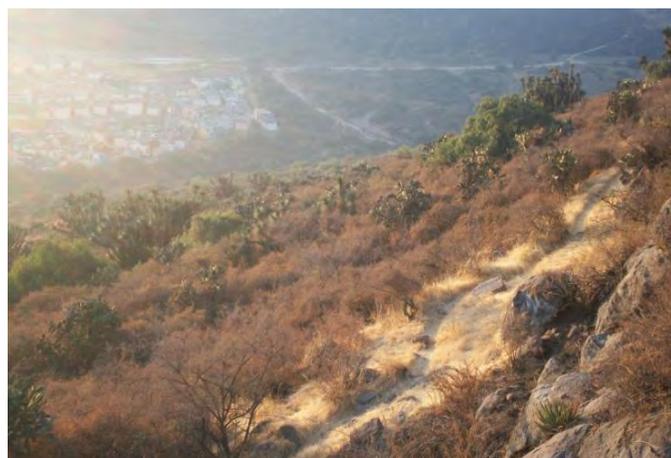


Figura 8. Fotografía de una parte de la zona 1. Fotografía: Roberto Salazar Aragón.



Figura 9. Fotografía de una parte de la zona 2 donde se aprecia la abundancia de vegetación. Fotografía: Roberto Salazar Aragón.



Figura 10. Fotografías de la zona 3. 10A: parte más alejada de los cuerpos de agua. 10B: zona más cercana a los cuerpos de agua y riachuelos. Fotografías: Roberto Salazar Aragón.



Figura 11. Zona 5. 11A: En la imagen se aprecia la abundancia de nopaleras (*Opuntia* sp.). 11B: Se aprecian algunos arbustos e individuos del género *Quercus*. Fotografías: Roberto Salazar Aragón.

MATERIALES Y MÉTODOS

-TRABAJO DE CAMPO

Durante Octubre de 2010 a Septiembre de 2011, se realizaron dos salidas al mes con duración de un día cada una.

En una visita previa a la zona de estudio, se pudo apreciar que la mayor parte del cerro es accidentado, además de que en algunas partes la densidad de vegetación es tal, que impide el paso, haciendo que muchas partes sean de difícil acceso. Sin embargo, existen senderos que son usados por las personas con fines recreativos y de transporte. Existen también pequeñas represas de agua que fueron incluidas dentro del área de estudio, ya que era probable que en ellas se encontrarán algunas especies de particular interés.

Para las zonas de difícil acceso, se establecieron 21 puntos de conteo fijo, distribuidos en puntos estratégicos donde se detectaron especies de interés en la visita previa. Se escogió este método debido a su eficacia en todo tipo de terrenos y hábitats (Ralph *et al.*, 1996). Así mismo, se empleó el censo de búsqueda intensiva, pues al ser zonas de difícil acceso, era probable encontrar una mayor riqueza de especies que en las zonas perturbadas (Ugalde-Lezama, 2010). Se establecieron 12 transectos de distancia variable aprovechando los senderos antes mencionados.

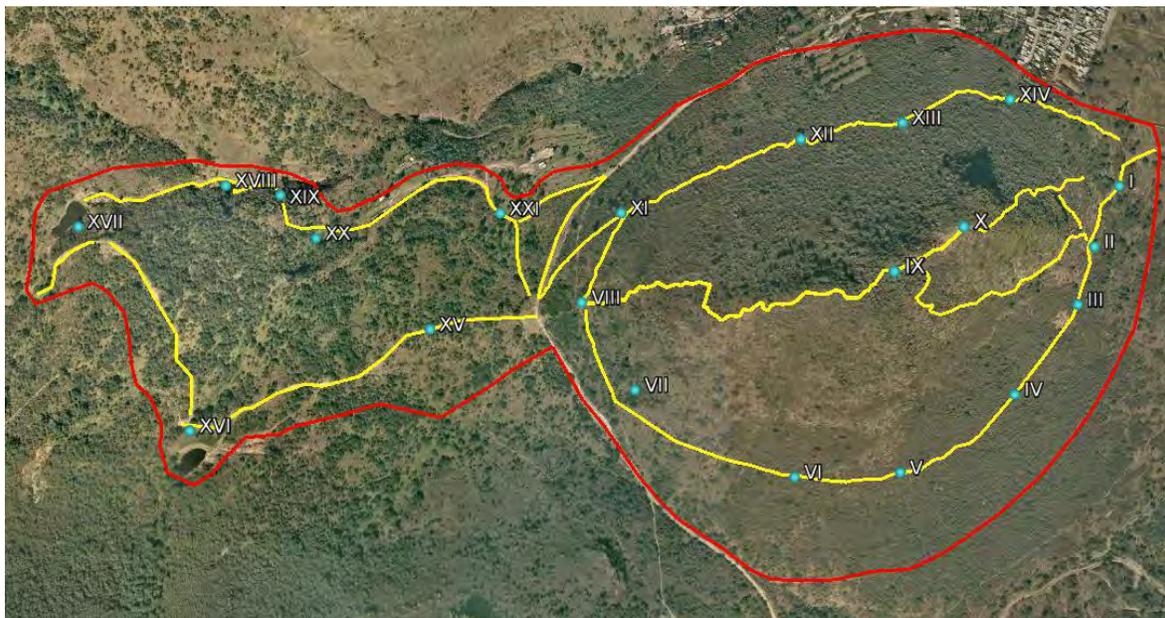


Figura 5. Área de estudio (en rojo) determinada para este estudio. En amarillo se muestran los transectos recorridos, mientras que los puntos azules representan los puntos de conteo fijos. Tomado y editado de Google Earth.

La determinación de especies se realizó con ayuda de unos binoculares Konusvue (8x40) y con el empleo de las guías de campo Howell y Webb (1995), Peterson y Chalif (2008) y National Geographic (2008). Todos los registros fueron georeferenciados con un GPS Garmin 60scx. La información obtenida en campo incluyó: especie, número de individuos, número de machos y de hembras (cuando fue posible diferenciarlos), sustrato donde se observó al ave, actividad que ésta realizaba, hora, latitud y longitud.

La nomenclatura taxonómica de las especies se apega a la propuesta por la AOU (1998, 2011). En algunos casos no fue posible determinar la subfamilia de los organismos, pues no se encontraba en la base de datos de la AOU. Con el fin de conocer si la mayoría de las aves ha sido registrada al final del estudio, se graficó el número de especies nuevas que se registraron en cada uno de los muestreos. Para evaluar si el listado de especies es o no completo, se tomaron en cuenta las características propuestas por Gómez de Silva & Medellín (2001).

La abundancia relativa se suele expresar como el número de individuos (o la biomasa) por unidad de superficie (o volumen) en un tiempo dado (Odum, 1972). Las especies fueron agrupadas en categorías de abundancia en relación a todos los muestreos en que ésta se presentó, para ello, se utilizaron las categorías empleadas por Villafranco (2000):

Categorías:

- Abundancia extrema (AE): cuando se presentan de 100 a más organismos.
- Muy abundante (MA): cuando se presentan de 41 a 99 organismos.
- Abundante: (A): cuando se presentan de 16 a 40 organismos.
- Común (C): cuando se presentan de 6 a 15 organismos.
- Rara (R): cuando se presentan de 3 a 5 organismos.
- Muy rara (MR): cuando se presentan de 1 a 2 organismos.

- 24 -

Odum (*op. cit.*) define la frecuencia relativa (F. R.) como la frecuencia con la que una especie aparece en un sitio. Esta se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$F. R. = \frac{\text{No. de muestreos en que se registra la especie}}{\text{No. de muestreos totales}}$$

Se designó la frecuencia relativa en base a la siguiente escala:

- Muy frecuente (MF) 0.76-1.00
- Frecuente (F) 0.51-0.75

- Poco frecuente (PF) 0.26-0.50
- Esporádico (E) 0-0.25

Para calcular la diversidad α se empleó el índice de diversidad de Simpson, ya que toma en cuenta tanto los patrones de abundancia como la riqueza de especies (Brower & Zar, 1998). La diversidad α fue calculada para cada zona y para el área de estudio en conjunto. Así, tenemos que:

$$D = 1 - \frac{\sum ni(ni-1)}{N(N-1)}$$

Donde:

D = índice de diversidad.

N = número total de individuos.

ni = número de individuos por especie.

Para calcular la diversidad β se determinaron las aves presentes en cada zona, y el recambio de especies se analizó empleando del coeficiente de similitud de Jaccard, el cual compara dos muestras mediante la presencia o ausencia de sus especies, obteniéndose un valor cualitativo (Moreno, 2001):

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

Donde:

I_J = Índice de diversidad de Jaccard, o coeficiente de similitud de Jaccard.

a = número de especies presentes en el sitio A.

b = número de especies presentes en el sitio B.

c = número de especies presentes en ambos sitios A y B.

La estacionalidad de las especies se apega a la propuesta por Howell & Webb (2007), y está dada por los meses en que fueron observadas las aves. Así, se tienen las siguientes clasificaciones:

- Residente (Rd): se reproduce y reside dentro de su rango a lo largo de todo el año.
- Residente de verano (RV): se reproduce en la región pero está presente solo por un periodo durante el verano del norte.
- Reproductor (Rp): un residente local de verano, que es una especie que no deja la región en invierno, pero tiene diferentes rangos de reproducción y no reproducción.
- Visitante de invierno (Vi): visitante no reproductor presente durante el invierno del norte.
- Transitoria (T): visitante no reproductor presente solamente durante la migración de primavera y/u otoño.
- Visitante (V): visitante no reproductor presente en periodos variados, o hasta todo el año.
- Vagabundo (Va): ave fuera de su rango normal.

El estado de conservación de las especies se señaló en base a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010):

- Probablemente extinta en el medio silvestre (E): aquella especie nativa de México cuyos ejemplares en vida libre dentro del territorio nacional han desaparecido, hasta donde la documentación y los estudios realizados lo prueban, y de la cual se conoce la existencia de ejemplares vivos, en confinamiento o fuera del territorio mexicano.
- En peligro de extinción (P): Aquellas especies cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el territorio nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros.
- Amenazadas (A): aquellas especies que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones.
- Sujetas a protección especial (Pr): aquellas que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones o especies asociadas.

Se considera endémica a una especie cuando su área de distribución se encuentra limitada a una sola región del mundo. La endemidad de las especies se determinó en base a lo señalado por González-García y Gómez de Silva (2003). En ese sentido, tenemos:

- Especies endémicas de México: especie que se restringe a la República Mexicana y que no se encuentra en ningún otro lugar.

- Especies cuasiendémicas de México: son aquellas que penetran ligeramente a algún país vecino al territorio mexicano, debido a la continuidad de los hábitats o sistemas orográficos.
- Especies semiendémicas de México: especies que son endémicas de México durante una época del año.

RESULTADOS

-RIQUEZA

Se registraron 43 especies, pertenecientes a 21 familias y 8 órdenes. La nomenclatura y el arreglo taxonómico se apegan a la propuesta por la AOU (1998, 2011).

Orden: Pelecaniformes

Familia: Ardeidae

Bubulcus ibis (Linnaeus) 1758

Orden: Accipitriformes

Familia: Accipitridae

Buteo magnirostris (Gmelin) 1788

Buteo platypterus (Vieillot) 1823

Buteo albicaudatus (Vieillot) 1816

Buteo jamaicensis (Gmelin) 1788

Orden: Falconiformes

Familia: Falconidae

Subfamilia: Falconinae

Falco sparverius Linnaeus 1758

Orden: Columbiformes

Familia: Columbidae

Zenaida macroura (Linnaeus) 1758

Columbina inca (Lesson) 1847

Orden: Cuculiformes

Familia: Cuculidae

Subfamilia: Neomorphinae

Geococcyx californianus (Lesson) 1829

Orden: Apodiformes

Familia: Trochilidae

Subfamilia: Trochilinae

Cynanthus latirostris Swainson 1827

Orden: Piciformes

Familia: Picidae

Subfamilia: Picinae

Picoides scalaris (Wagler) 1829

Orden: Passeriformes

Familia: Tyrannidae

Subfamilia: Fluvicolinae

Contopus pertinax Canabis and Heine 1859

Sayornis nigricans (Swainson) 1827

Pyrocephalus rubinus (Boddaert) 1783

Subfamilia: Tyranninae

Tyrannus vociferans Swainson 1826

Familia: Laniidae

Lanius ludovicianus Linnaeus 1766

Familia: Corvidae

Aphelocoma ultramarina (Bonaparte) 1825

Corvus corax Linnaeus 1758

Familia: Hirundinidae

Subfamilia: Hirundininae

Hirundo rustica Linnaeus 1758

Familia: Troglodytidae

Campylorhynchus brunneicapillus (Lafresnaye) 1835

Thryomanes bewickii (Audubon) 1827

Familia: Polioptilidae

Polioptila caerulea (Linnaeus) 1766

Familia: Turdidae

*Turdus rufopalliatu*s (Lafresnaye) 1840

Familia: Mimidae

Mimus polyglottos (Linnaeus) 1758

Toxostoma curvirostre (Swainson) 1827

Familia: Ptilogonatidae

Phainopepla nitens (Swainson) 1838

Familia: Parulidae

Setophaga magnolia (Wilson) 1811

Setophaga coronata (Linnaeus) 1766

Setophaga townsendi (Townsend) 1837

Cardellina pusilla (Wilson) 1811

Mniotilta varia (Linnaeus) 1766

Familia: Emberizidae

Melospiza fusca (Swainson) 1827

Aimophila ruficeps (Cassin) 1852

Spizella passerina (Bechstein) 1798

Spizella pallida (Swainson) 1832

Spizella atrogularis (Cabanis) 1851

Junco phaeonotus Wagler 1831

Familia: Cardinalidae

Passerina caerulea (Linnaeus) 1758

Familia: Icteridae

Molothrus aeneus (Wagler) 1829

Icterus wagleri Sclater 1857

Icterus gularis (Wagler) 1829

Familia: Fringillidae

Subfamilia: Carduelinae

Carpodacus mexicanus (Müller) 1776

Spinus psaltria (Say) 1823

El orden más representativo fue Passeriformes, con 32 especies, seguido de Accipitriformes con 4 especies y Columbiformes con 2 especies. Pelecaniformes, Falconiformes, Cuculiformes, Apodiformes y Piciformes están representados solamente por una especie cada uno (figura 6).

Por otro lado, las familias mejor representadas fueron Emberizidae y Parulidae, con 6 y 5 especies respectivamente, seguidas por Accipitridae y Tyrannidae con 4 especies, Columbidae, Troglodytidae, Mimidae, Fringillidae y Corvidae con 2 especies, y las familias restantes con una sola especie (figura 7).

Las zonas mostraron diferencias entre las especies que las componen y su número. La zona 1 presentó 33 especies, la zona 2 presentó 22 especies, y la zona 3 presentó 23 especies. Hubo una mayor diferencia en el caso de las zonas 4 y 5; la zona 4 presentó 41 especies, mientras que la zona 5 solo presentó 10 especies. El cuadro 2 del anexo enlista las especies de cada zona.

Riqueza de especies por órdenes

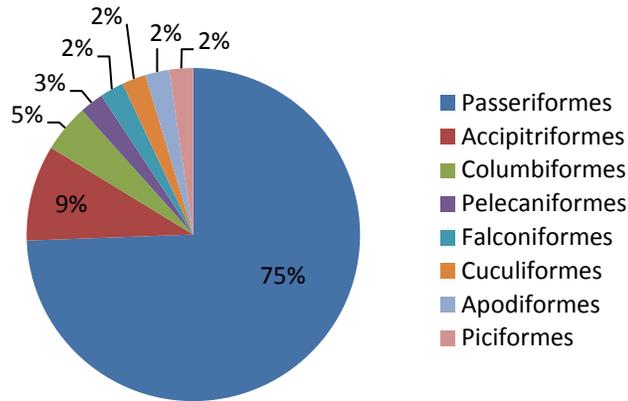


Figura 6. Número de especies de cada orden.

Riqueza de especies por familia

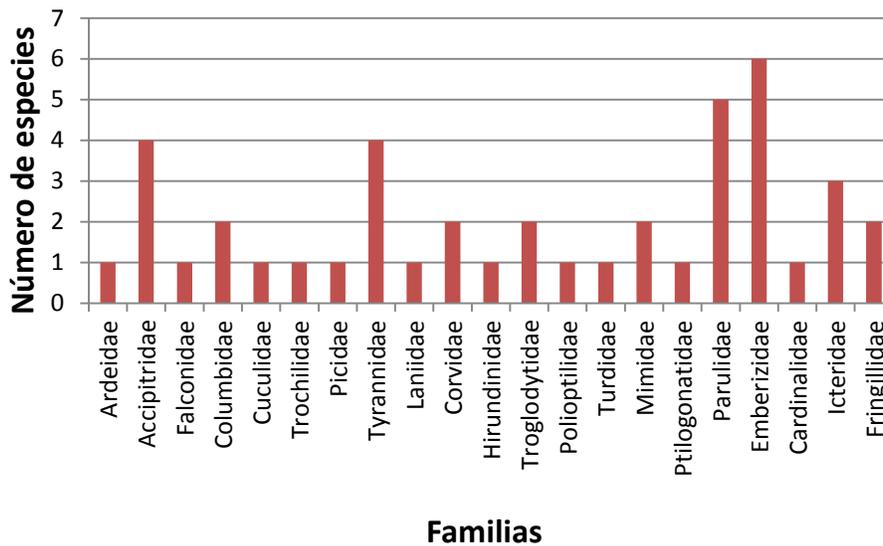


Figura 7. Riqueza de especies por familias.

La curva de acumulación de especies muestra un crecimiento que aumenta conforme avanzan los muestreos. Este crecimiento no se estabiliza, y sus puntos de menor crecimiento son los correspondientes a los meses de Abril a Junio, mientras que los de mayor crecimiento corresponden a los meses de Octubre a Noviembre, Febrero a Abril y Agosto a Septiembre (figura 8).

Curva de acumulación de especies

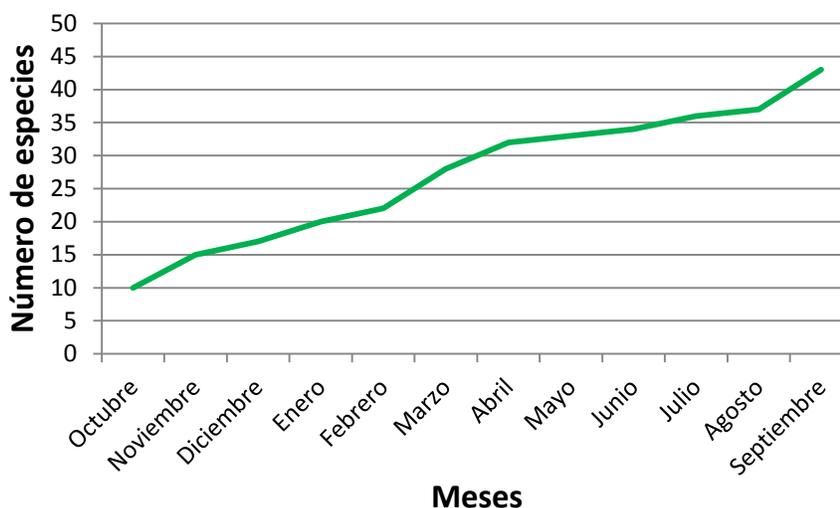


Figura 8. La curva de acumulación de especies sugiere que quedan especies sin ser registradas.

El listado taxonómico cumple con 9 de los 10 parámetros establecidos por Gómez de Silva y Medellín (2001). El único punto faltante corresponde a la presencia de las familias Cathartidae y Strigidae en el listado. Las razones se exponen en la discusión.

- 33 -

-ABUNDANCIA

Una especie presentó abundancia extrema (*Carpodacus mexicanus*), cinco especies fueron muy abundantes, 6 fueron abundantes, 9 fueron comunes, 6 fueron raras y 16 fueron muy raras. El 43% del total de individuos registrados fueron *Carpodacus mexicanus*, el 8% fueron *Hirundo rustica*, el 7% fueron *Tyrannus vociferans*, el 6% *Melospiza fusca*, un 5% fueron *Spizella atrogularis*, un 4% fueron *Spizella passerina* y *Zenaidura macroura*, un 2% *Buteo jamaicensis* y otro 2% *Icterus wagleri*. El resto de las especies corresponden al 19% del total de individuos (figura 9). En el cuadro 3 del anexo se enlistan las especies registradas y sus categorías de abundancia. En la figura 10 se ilustran los porcentajes de especies que cada categoría de abundancia abarca.

Número de individuos por especie

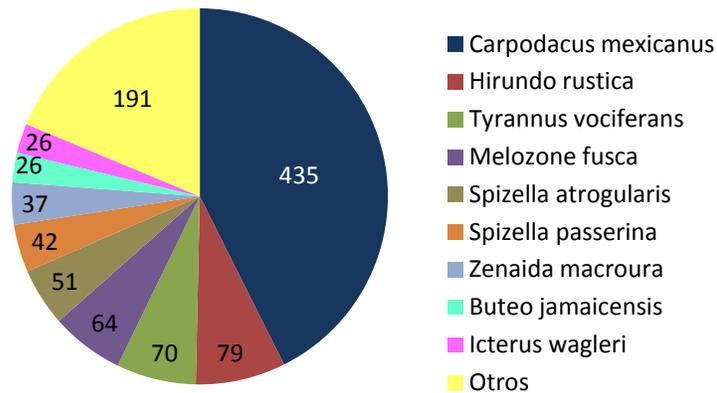


Figura 9. Abundancia de individuos por especie. Los números dentro del gráfico corresponden al número de individuos. *Carpodacus mexicanus* fue la especie más abundante, aunque sin llegar a ser dominante.

Porcentaje de categorías de abundancia

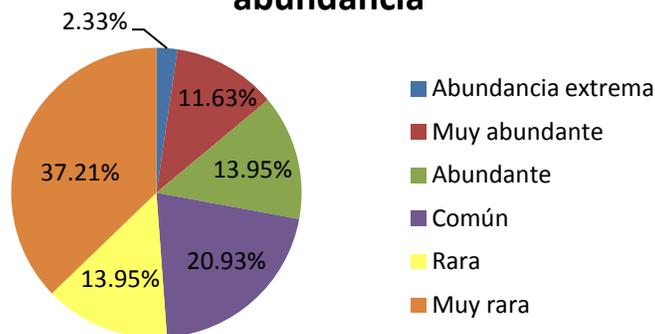


Figura 10. Porcentajes de abundancia. Hubo un mayor porcentaje de especies raras que de otra categoría de abundancia.

El orden más abundante fue Passeriformes, seguido de Columbiformes, Accipitriformes, Apodiformes, Pelecaniformes, Piciformes, Falconiformes y Cuculiformes (figura 11). La familia más abundante fue Fringillidae, seguida de Emberizidae, Hirundinidae y Tyrannidae. El número de individuos por familia se muestra en la figura 12.

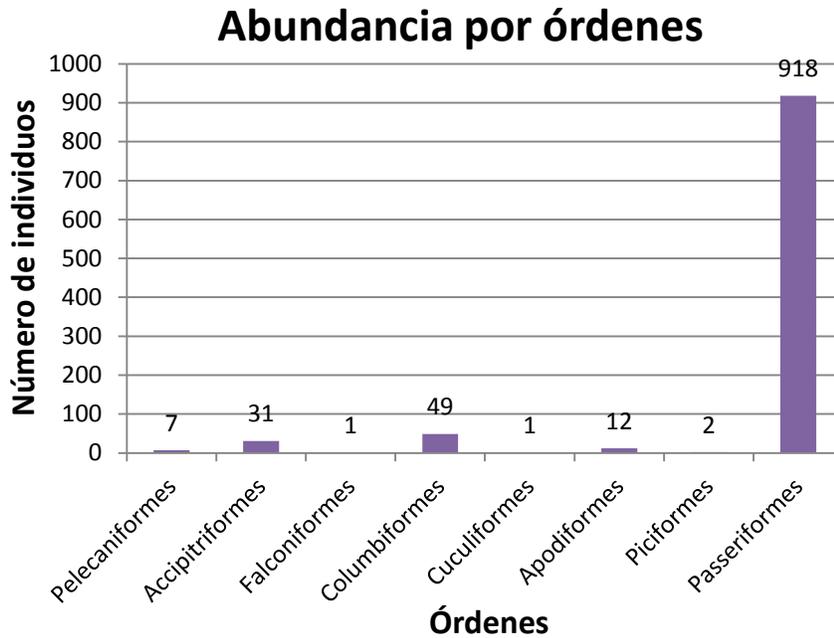


Figura 11. Se muestra el número de individuos para cada orden. Podemos apreciar una amplia dominancia del orden Passeriformes sobre los demás órdenes.

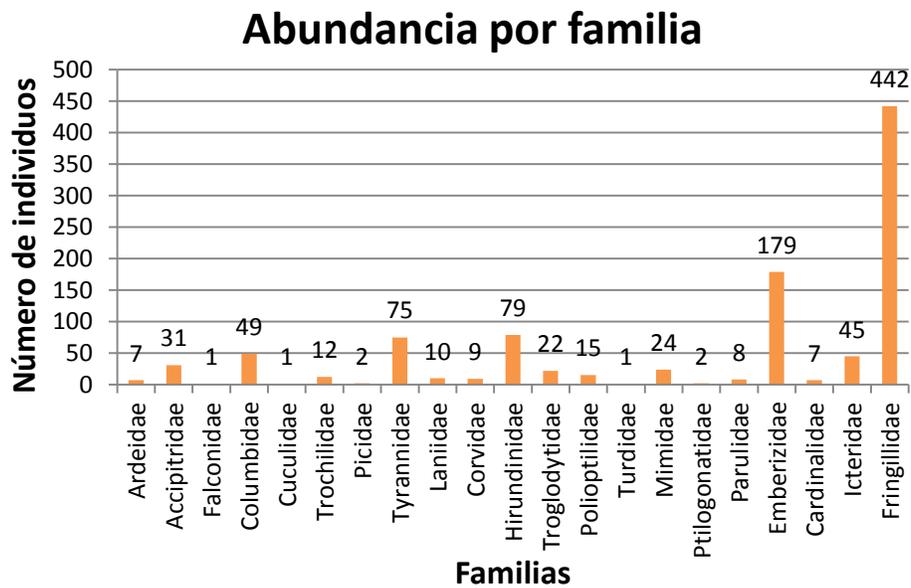


Figura 12. Se muestra el número de individuos por familia. Las familias más abundantes fueron Fringillidae y Emberizidae.

La zona que presentó mayor abundancia fue la zona 4 con 916 individuos registrados, seguida de la zona 1 con 565, después la zona 3 con 358, la zona 2 con 155, y por último la zona 5 con 92 individuos (figura 13).

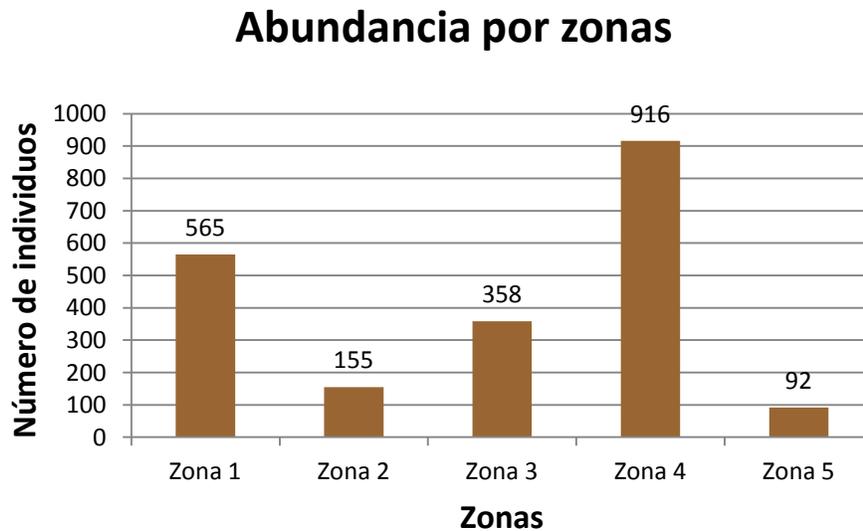


Figura 13. Abundancia de individuos por zonas. Las zonas 1 y 4 presentaron la mayor abundancia.

-FRECUENCIA

Solo 2 especies fueron muy frecuentes, *Carpodacus mexicanus* y *Melozona fusca*, mientras que *Icterus wagleri* fue la única especie frecuente. Por otro lado, 12 especies fueron poco frecuentes y hubo 28 especies esporádicas. Los porcentajes que las categorías de frecuencia abarcan del total de especies se ilustran en la figura 14. La categoría de frecuencia de cada especie puede consultarse en el cuadro 2 del anexo 1.

Porcentajes de categorías de frecuencia

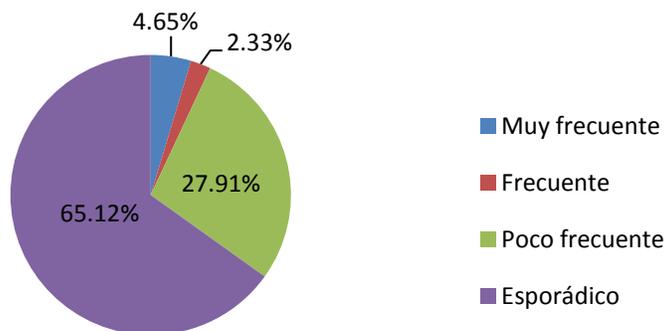


Figura 14. Los individuos esporádicos representan un porcentaje mayor al de cualquier otra categoría de frecuencia.

-DIVERSIDAD α

El índice de Simpson arrojó un valor de diversidad (D) de 0.7957 para toda el área de estudio. La diversidad varió en cada mes, alcanzando su punto más bajo en Febrero y un máximo en Abril (figura 15).

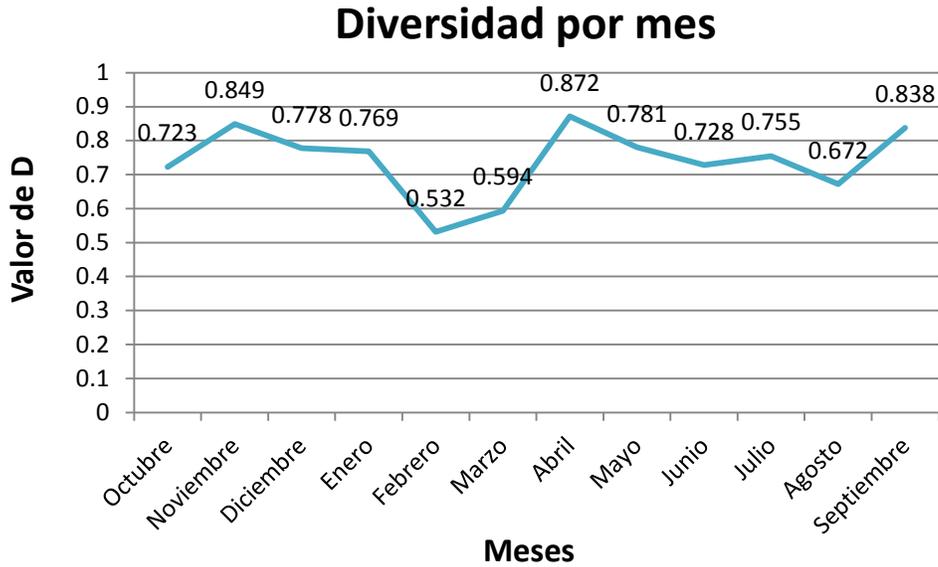


Figura 15. Gráfica de diversidad α por mes. Se muestra el valor de D sobre cada pico.

La diversidad varió para cada zona, aunque no fue una variación amplia. El mayor valor de D se presentó en la zona 2 (D=0.7932), seguida de la zona 4 (D=0.7860), después la zona 5 (D=0.7921), la zona 1 (D=0.7830) y finalmente la zona 3 (D=0.7726) (figura 16).

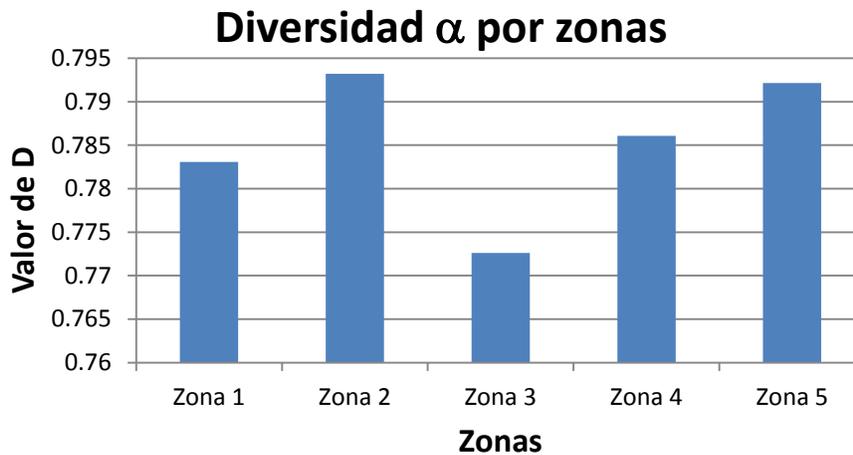


Figura 16. Diversidad α por zona.

-DIVERSIDAD β

La mayor diferencia entre el número de especies fue la correspondiente a las zonas 4 y 5. Las zonas 1 y 2 fueron las más similares en su composición de especies, mientras que la diversidad beta entre las zonas 1 y 3, y las zonas 2 y 3, fue similar.

El coeficiente de similitud de Jaccard arroja un resultado de 1 cuando dos sitios compartan las mismas especies (Moreno, 2001). El valor de similitud entre la zona 1 y 2 fue de 0.5714; para las zonas 1 y 3 fue de 0.3333; para las zonas 2 y 3 fue de 0.3235; y para las zonas 4 y 5 fue de 0.186.

-ESTACIONALIDAD

La mayoría de las especies cayeron dentro de la categoría de residentes (33 especies). Ocho especies fueron visitantes de invierno: *Bubulcus ibis*, *Falco sparverius*, *Spizella pallida*, *Cardellina pusilla*, *Setophaga coronata*, *Setophaga townsendi*, *Mniotilta varia* y *Phainopepla nitens*. Solo 2 especies fueron transitorias: *Buteo platypterus* y *Setophaga coronata*. En el cuadro 3 del anexo se muestran las categorías para cada especie.

-ESTADO DE CONSERVACIÓN

De acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, dos especies, *Buteo albicaudatus* y *Buteo platypterus*, se encuentran bajo protección especial. Siete especies tienen subespecies habitantes de las islas Tres Marías, Socorro, Todos Santos, Guadalupe, San Clemente y San Benito, así como de las montañas del estado de Baja California Sur y de Chiapas que se encuentran bajo protección especial. Evidentemente no son las subespecies correspondientes al estudio, así que no se consideraron bajo categoría de protección alguna.

-ENDEMISMO

Del listado total, cinco especies son semiendémicas o cuasiendémicas. No se registró a ninguna especie endémica de México. Las tres especies semiendémicas registradas son: *Cyananthus latirostris*, *Spizella pallida* y *Tyrannus vociferans*. Por otro lado, se registraron dos especies cuasiendémicas: *Junco phaeonotus* y *Turdus rufopalliatu*s.

-RIQUEZA

De acuerdo a lo reportado por De Sucre *et. al.* (2009), la avifauna registrada en el presente estudio representa aproximadamente un 10% de la diversidad del Estado de México. Así mismo, en base a lo señalado por Contreras (1999) y Barbero (2004), las especies aquí registradas representan el 50% de las especies previamente reportadas por dichos autores. En este sentido, la riqueza de aves aquí reportada es una representación de la avifauna del PESG, además de algunos elementos migratorios que usan el área como refugio “de paso” o de invierno. A pesar de esta importancia, la riqueza fue baja si la comparamos con otros inventarios avifaunísticos de zonas áridas o semiáridas (Arizmendi & Espinosa, 1996; Ramírez-Albores *et. al.*, 2007; Pineda-López *et. al.*, 2010), esto debido al menor tamaño del área de estudio en comparación con los trabajos mencionados.

Se añadieron 10 nuevos registros a la avifauna del PESG: *Buteo magnirostris*, *B. platypterus*, *B. albicaudatus*, *Corvus corax*, *Campylorhynchus brunneicapillus*, *Phainopepla nitens*, *Spizella passerina*, *Passerina caerulea*, *Icterus wagleri* e *Icterus gularis*. Dos de estas especies son migratorias (*B. platypterus* y *P. nitens*), lo que sugiere que la Sierra de Guadalupe puede ser utilizada como refugio temporal por otras especies migratorias aún sin reportar.

La riqueza del orden Passeriformes era de esperarse si tomamos en cuenta el gran número de especies pertenecientes a este orden. La riqueza reportada en el presente estudio es una fracción de la avifauna del PESG, y esta a su vez puede ser una fracción de la avifauna de la FVT que quedó atrapada por el proceso de desecación del antiguo lago de Texcoco y del proceso de urbanización creciente, procesos que impidieron el intercambio de especies con otras áreas naturales cercanas, creando así un efecto de isla. Esto significaría que la avifauna está representada en su mayoría por organismos de dispersión corta (residentes) y por algunas especies de migraciones largas (visitantes de invierno y transitorias), que usan el área de estudio como proveedor temporal de recursos. Sin embargo, este tema es objeto de otro tipo de estudios.

Respecto a la riqueza de cada zona, la zona 1 poseía mayor cantidad de frutos de *Opuntia* sp., lo que ofrecía mayor cantidad de recursos disponibles que la zona 2. La zona 3 también poseía opuntias con frutos, además de cuerpos de agua que las aves podían utilizar. Por otro lado, la zona 2 tenía una vegetación muy densa, que con frecuencia impedía la observación de aves, además de que los frutos eran escasos y los cuerpos de agua nulos (excepto en época de lluvias, cuando se formaban pequeños riachuelos efímeros). En cuanto a la zona 4, esta abarcó una mayor área que la zona 5. Si bien el incremento en la riqueza de especies depende en parte del método de muestreo, de igual manera depende del incremento del tamaño del fragmento de área (Herkert, 1994). Es decir, a mayor área, mayor probabilidad de encontrar un número mayor de especies. Esto,

aunado al hecho de que la zona 5 tuviera menor abundancia de opuntias (y por ende, de frutos), así como una vegetación menos abundante, puede ser la causa de la gran disparidad en el número de especies. Las razones se exponen posteriormente.

-CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES

El crecimiento continuo de la curva de acumulación de especies y el hecho de que no se estabilice sugieren que aún no se han encontrado todas las especies de la zona. La continua adición de especies puede ser resultado de la inmigración de especies migratorias y la posibilidad de añadir especies conforme avancen los muestreos. En un área, la diversidad local no puede entenderse de forma aislada a la regional (Loreau, 2000); de la misma manera, no puede entenderse por separado la diversidad local del área de estudio de la diversidad del PESG. En este sentido, la curva también sugiere que en el área de estudio es posible encontrar cualquier especie del PESG.

Cabe señalar que durante el mes de Marzo se registraron incendios forestales en zonas aledañas al área de estudio (Venegas & Lázaro, 2011); esto pudo provocar la dispersión de las especies que habitaban las zonas afectadas hacia zonas inafectadas (Gill *et. al.*, 1999).

-LISTADO AVIFAUNÍSTICO

En cuanto al listado, puede considerarse como un listado incompleto, en base a lo establecido por Gómez de Silva y Medellín (2001). En particular, la ausencia de la familia Strigidae se debe a que los muestreos se realizaron durante el día, y los organismos de esta familia tienen su actividad durante la noche. La ausencia de la familia Cathartidae puede atribuirse a que estos organismos se alimentan de carroña, la cual no fue observada en el área de estudio. Además, los estudios en los que se basan los parámetros de Gómez de Silva y Medellín se llevaron a cabo en áreas mucho más grandes que la del presente estudio, lo que pudo haber favorecido la presencia de más especies.

-ABUNDANCIA

En cuanto a la abundancia, *Carpodacus mexicanus* fue la especie más abundante, y la que más veces se presentó en los muestreos. Esta especie se observó constantemente asociada a los frutos de las nopaleras (*Opuntia* sp.), las cuales proveían una fuente de alimento (e incluso refugio) a lo largo de todo el año. Dado que la presencia constante de frutos permite mayores niveles de persistencia de aves (Peters *et. al.*, 2010), el aprovechamiento de las tunas por parte de *C. mexicanus* pudo propiciar su gran

abundancia, e incluso la frecuencia, de esta especie. Además esta especie se alimenta de insectos y semillas, lo que le proporciona una fuente alternativa de alimentación.

Doce especies fueron abundantes, ya sea que se clasificaran en abundancia extrema, muy abundantes o abundantes (ver cuadro 3 del anexo). La mayoría de estas especies son residentes que encuentran en el área de estudio sus nichos ecológicos preferidos, pues esta les ofrece: (1) espacios abiertos a las especies que buscan su alimento en el suelo, que lo atrapan al vuelo o que lo acechan desde el aire o la punta de algún árbol; (2) vegetación densa a las especies que buscan su alimento entre los arbustos, hojas y cortezas de los árboles; (3) peces a aquellas especies picívoras; y (4) diferentes estratos donde hacer sus nidadas (suelo, árboles o arbustos).

Passeriformes fue el orden más abundante, debido a la aportación de individuos de las familias Fringillidae, Emberizidae, Hirundinidae y Tyrannidae. Los emberízidos anidan tanto en árboles como en arbustos y en el suelo, las golondrinas lo hacen en árboles, al igual que los tiránidos, y los fringílidos en árboles y nopales (The Cornell Lab of Ornithology, 2011). Además de que el área de estudio constituye un hábitat ideal, pues la vegetación está estratificada de tal forma que ofrece nichos a estas especies que atrapan su alimento al vuelo, entre los arbustos o que lo buscan en el suelo.

En cuanto a la abundancia por zonas, la zona 4 presentó la mayor abundancia debido a que comprendía la mayor área, mientras que la zona 5 comprendía un área menor y por ende su abundancia también fue menor.

-FRECUENCIA

La mayoría de las especies son raras o se presentan en números pequeños, y pocas son comunes o abundantes (Gill, 2007). La frecuencia de las especies nos puede indicar su capacidad adaptativa para aprovechar los recursos que brinda un área (Miranda, 2009). En ese sentido, el hecho de que la mayoría de las especies sean esporádicas, y que solo *C. mexicanus* y *M. fusca* sean muy frecuentes, sugiere que estas dos especies aprovechan mejor los recursos que el área les provee, pues aunque *Hirundo rustica* y *Tyrannus vociferans* fueron también muy abundantes, ambas especies fueron poco frecuentes.

-DIVERSIDAD α

La baja diversidad registrada en Febrero y Marzo se debe a que en estos meses se registraron pocas especies y un elevado número de *C. mexicanus*. Por el contrario, la mayor diversidad mostrada en Abril se debe más a la uniformidad con que los individuos se distribuyeron que a la riqueza de especies, pues el valor máximo de esta última se registró en Septiembre, resultado del aporte que realizaron las especies migratorias.

El hecho de que la zona 2 haya mostrado la mayor diversidad se debe a la uniformidad con la que los individuos se distribuyeron, y no a su riqueza. Si analizamos las zonas 1, 2 y 3, y dado que la diversidad depende tanto de la riqueza como de la abundancia (Begon, 1999), podemos considerar a la zona 1 como la de mayor importancia en cuanto a la diversidad α se refiere. Por otro lado, la zona 4 tuvo una mayor diversidad que la zona 5 puesto que poseía un área mucho mayor. La baja riqueza de especies de la zona 2 puede deberse a que la densa vegetación frecuentemente impedía la observación de aves, además de que la vegetación era más homogénea y las opuntias eran escasas. Por un lado, la flora fanerogámica explica la riqueza de especies, ya que la riqueza de aves frugívoras está positivamente relacionada con la abundancia de frutos (Peters *et. al.*, 2010), además, las áreas abiertas proveen un mejor hábitat para especies que buscan su alimento en el suelo (Chettri *et. al.*, 2005). Ahora bien, la zona 1 muestra un carácter más heterogéneo en cuanto a vegetación que la zona 3. Esto, evidentemente, le confiere a la zona 1 una mayor heterogeneidad de microambientes. La heterogeneidad ambiental es considerada como factor primario que promueve la diversidad de aves (Pineda-López *et. al.*, 2010).

Por otro lado, la gran disparidad entre la diversidad α de las zonas 4 y 5 se atribuye a la mayor heterogeneidad ambiental y a la mayor área de la zona 4, pues ambos factores influyen en la diversidad avifaunística (MacArthur *et. al.*, 1962), ya sea proveyendo diversos sitios de anidación (Tomoff, 1974), u ofreciendo una mayor diversidad de microhábitats que alberguen diversas fuentes de alimento, como insectos, néctar, frutos y semillas (Root, 1973).

-DIVERSIDAD β

Como se mencionó anteriormente, el tamaño del área puede influir en la diversidad y el número de especies que contenga. La zona 5 comprende un área mucho menor que la zona 4, y por ello no puede contener un mayor número de especies, además de que la heterogeneidad ambiental era mayor en la zona 4. La similitud en la composición de especies entre la zona 1 y la zona 2 se atribuye a que forman parte de un continuo, en este caso el cerro. Mientras que el mayor recambio de especies entre la zona 1 y la zona 3 se atribuye a la presencia de cuerpos de agua en la zona 3, esto pudo provocar un efecto oasis con algunas especies (Bock *et. al.*, 2008) (por ejemplo: *Bubulcus ibis*, *Setophaga coronata*, *S. magnolia* y *Sayornis nigricans*), lo que a su vez puede inducir una riqueza de especies diferente a la de otras zonas (Sabo & Soykan, 2005).

La proporción de individuos por especie nos indica que no todas las especies registradas tienen la misma importancia biológica, hablando en términos de recambio de flujo energético entre los ecosistemas, es decir, otra interpretación de la diversidad β (Altamirano *et. al.*, 2011). La abundancia y la frecuencia de *Carpodacus mexicanus* y *Melospiza fusca* nos indica que estas dos especies son las de mayor importancia biológica dentro de la comunidad de aves, y que representan a las poblaciones con mayor biomasa

que influyen en el funcionamiento de la comunidad. En la figura 17 se ilustran las especies representativas de cada zona y las dos especies más importantes.

-ESTACIONALIDAD, ENDEMISMO Y CONSERVACIÓN

Diez especies utilizaron el área de estudio como refugio temporal durante sus migraciones, es decir, eran visitantes de invierno o transitorias (ver cuadro 3 del anexo). Aunado a esto, la presencia de dos especies bajo protección especial (*Buteo platypterus* y *B. albicaudatus*), así como la presencia de tres especies semiendémicas (*Cyananthus latirostris*, *Tyrannus vociferans* y *Spizella pallida*) y dos cuasiendémicas (*Turdus rufopalliatus* y *Junco phaeonotus*), hacen al cerro Ehecatl un área natural donde los esfuerzos locales de conservación deben ser reforzados.

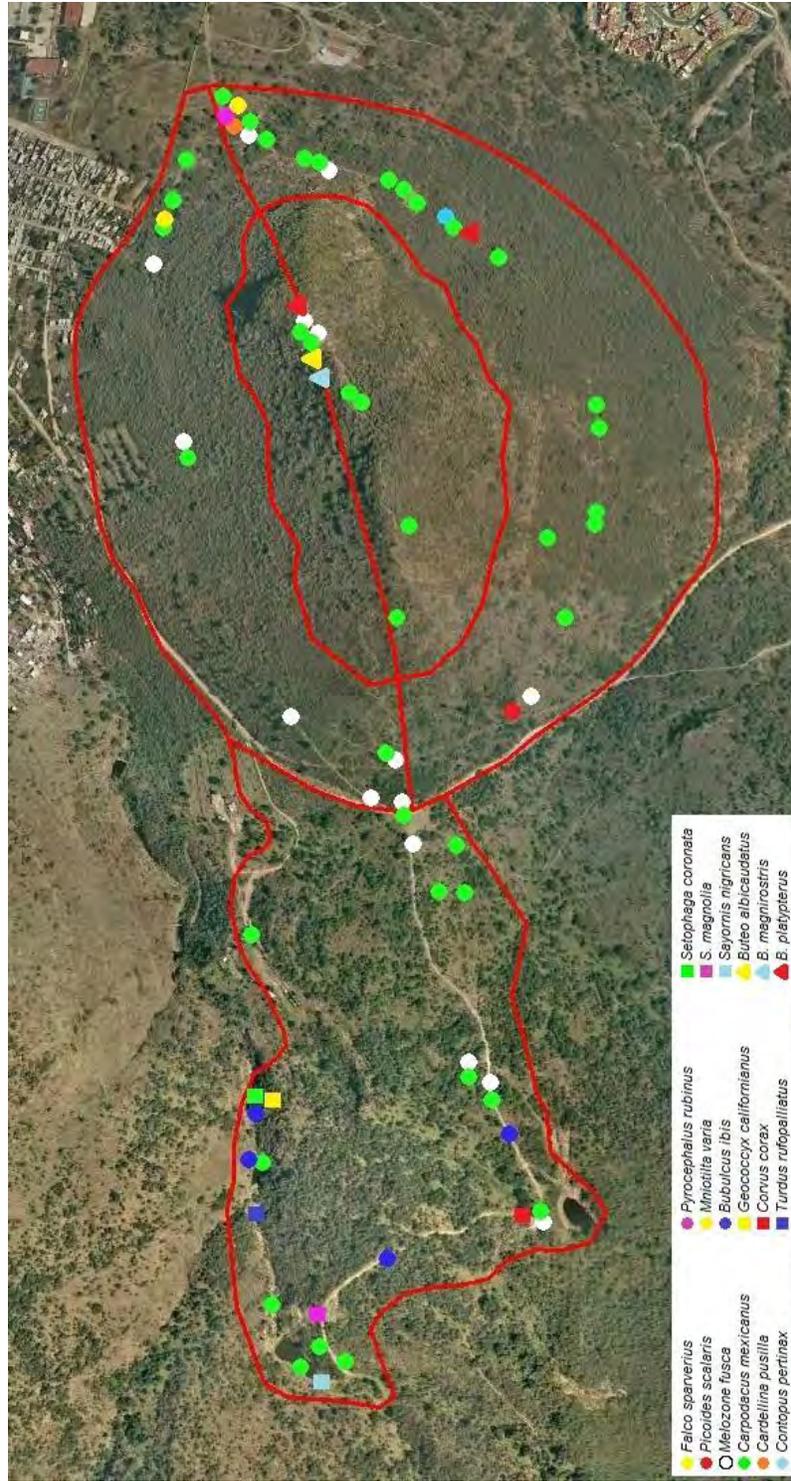


Figura 17. Se muestran las especies representativas de cada zona y las dos especies biológicamente más importantes: *C. mexicanus* y *M. fusca*.

CONCLUSIONES

El cerro Ehecatl es un área importante para la conservación local de la biodiversidad, específicamente de la diversidad avifaunística, pues a pesar de que es una fracción muy pequeña del PESG, es un área que posee una riqueza considerable (aproximadamente el 10% de la diversidad de aves del Estado de México). Los registros añadidos y la curva de acumulación demuestran que aún quedan especies por reportar dentro del PESG.

Dos especies son las de mayor importancia biológica dentro del área de estudio: *Melospiza fusca* y *Carpodacus mexicanus*, pues fueron las especies de mayor frecuencia y abundancia relativa. Dicho en otro sentido, estas dos especies son las más influyentes dentro del flujo de energía de la cadena trófica.

Cabe señalar que dentro de su avifauna existen dos especies bajo protección especial, tres especies semiendémicas y dos especies cuasiendémicas de México. Además, el cerro es utilizado como refugio temporal por algunas especies de aves migratorias. Por estas razones, es necesario incrementar esfuerzos en la conservación de esta fracción del PESG, pues su importancia no solo radica en su biodiversidad, sino también en los servicios ambientales y recursos que ofrece a los habitantes de las poblaciones cercanas.

Por las razones anteriores, se recomienda dar continuidad a los estudios avifaunísticos de la Sierra de Guadalupe. Así mismo, se recomienda también realizar otro tipo de estudios faunísticos, pues de la misma forma en que las características del cerro Ehecatl lo hacen ideal para estudios de gremios alimenticios, recambio de especies y flujo de energía, las características de la Sierra la hacen ideal para estudios de biogeografía de islas y proyectos de conservación a largo plazo.

LITERATURA CITADA

1. Almazán-Núñez, R. C. & Nova M., O. 2006-a. *La guacamaya verde (Ara militaris) en la Sierra Madre del Sur, Guerrero, México*. Huitzil Revista de Ornitología Mexicana. 7(1): 20-22.
2. Almazán-Núñez, R. C. & Navarro S., A. G. 2006-b. *Avifauna de la subcuenca del río San Juan, Guerrero, México*. Revista Mexicana de Biodiversidad. 77(1): 103-114.
3. Almazán-Núñez, R. C. & Hinterholzer-Rodríguez, A. 2010. *Dinámica temporal de la avifauna en un parque urbano de la ciudad de Puebla, México*. Huitzil Revista de Ornitología Mexicana. 11(1): 26-34.
4. Altamirano A., T. A.; Soriano S., M.; García B., A. de J.; Miranda G., N. P.; Navarrete S., N. A. & López G., F. 2011. *Recambio de aves en el gradiente Tlajotla-El Rincón en el municipio de Miacatlán, Morelos, México*. Revista de zoología. 22: 43-62.
5. AOU (American Ornithologist's Union). 1998. *Check-list of North American birds*. 7° ed. American Ornithologist's Union. Lawrence, Kansas.
6. AOU (American Ornithologist's Union) (en línea). 2011. *Check-list of North American birds*. <<http://www.aou.org/checklist/north/>> Consultado el 29 de Septiembre de 2011.
7. Arizmendi, M. C. & Espinosa M., A. 1996. *Avifauna de los bosques de cactáceas columnares del valle de Tehuacán, Puebla*. Acta Zoológica Mexicana. 67: 25-46.
8. Barbero I., J. A. 2004. *La educación ambiental como estrategia de conservación en el Parque Estatal "Sierra de Guadalupe"*. Tesis de licenciatura (Biología). Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 89 Pp.
9. Begon, M.; Harper, J. L. & Townsend, C. R. 1999. *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades*. Ed. Omega. Barcelona, España. 1148 Pp.
10. Bock, C. E.; Zach, F. J. & Bock, J. H. 2008. *The oasis effect: response of birds to exurban development in a southwestern savanna*. Ecological Applications. 18(5): 1093-1106.
11. Bojorges B., J. C. 2004. *Riqueza de aves de la región noreste de la Sierra Nevada, Estado de México*. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie). 20(3): 15-29.
12. Bray, D. B.; Ellis, E. A.; Armijo-Canto, N. & Beck, C. T. 2004. *The institutional drivers of sustentable landscapes: A case of study of the Mayan Zone in Quintana Roo, Mexico*. Land Use Policy. 21: 333-346.
13. Brower, J. E & Zar, J. H. 1981. *Field and laboratory methods for general ecology*. WMC. Brown Company Publishers. Iowa, USA. P. 136-137.
14. Canales D., J. C.; Altamirano A., T. A. & Soriano S., M. 2004. *Riqueza avifaunística de Isidro Fabela, Estado de México*. Revista de Zoología. 15(1): 14-19.

15. Campa-Uranga, M. F. 1965. *Breve análisis petrográfico de la Sierra de Guadalupe*. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura. Tesis profesional.
16. Ceballos, G.; List, R., Garduño, G.; López C., R; Muñózcano Q., M. J.; Collado, E. & Eivin San R., J. 2009. *La diversidad biológica del Estado de México: Estudio de estado*. Gobierno del Estado de México Editor. México.
17. Cedillo A., O. L.; Rivas S., M. A. & Rodríguez C., F. N. 2007. *El área natural protegida sujeta a conservación ecológica "Sierra de Guadalupe"*. Revista Sistemas Ambientales. 1 (1): 1-14.
18. Chávez L., G. 2007. *Riqueza de aves del Parque Nacional Barranca del Cupatitzio, Michoacán, México*. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie). 23(2): 11-19.
19. Chettri, N.; Chandra, D.; Sharma, E. & Jackson, R. 2005. *The relationship between bird communities and hábitat*. Mountain Research and Development. 25(3): 235-243.
20. CONABIO. 2008. *Provincias biogeográficas de México*. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/rbiog4mgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no . Consultado el 2 de Octubre de 2011.
21. CONABIO. 2010. *¿Cuántas especies hay?* [En línea]. <http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/cuantasesp.html> . Revisado el 23 de Agosto de 2010.
22. Contreras R., Y de J. 1999. *Estudio preliminar de la avifauna del parque estatal Sierra de Guadalupe, Edo. De México*. Tesis de licenciatura (Biología). Escuela Nacional de Estudios Profesionales de Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 41 Pp.
23. De Sucre M., A. E.; Ramírez B., P; De Silva G., H. & Ramírez V., S. 2009. Aves. En: Ceballos, G.; List, R., Garduño, G.; López C., R; Muñózcano Q., M. J.; Collado, E. & Eivin San R., J. (eds.). 2009. *La diversidad biológica del Estado de México: Estudio de estado*. Gobierno del Estado de México Editor. México.
24. De Sucre-Medrano, A. E.; Ramírez-Bastida, P.; Varona-Graniel, D. E.; Opongo-Piña, L. H. & Morlán-Cahué, Y. 2010. *Dos registros nuevos de aves en el Estado de México: Protonotaria citrea y Euthlypis lachrymosa*. Huitzil Revista de Ornitología Mexicana. 11(1): 21-25.
25. Dirección de la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán. 2001. *Registro de guacamaya verde (Ara militaris) en los cañones del Río Sabino y Río Seco, Santa María Tecomavaca, Oaxaca, México*. Huitzil Revista de Ornitología Mexicana. 2(2): 18-20.
26. Dirzo, R. 1990. *La biodiversidad como crisis ecológica actual ¿Qué sabemos?* Ciencias, número especial 4: 48-55.
27. Escalante P., P.; Navarro S., A. G. & Townsend P., A. 1998. *Un análisis geográfico, ecológico e histórico de la diversidad de aves terrestres de México*.

- En: Ramamoorthy T., P., Bye, R. y Lot, A. (eds.). 1998. *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM. México. 792 Pp.
28. García-Trejo, E. A. & Navarro S., A. G. 2004. *Patrones biogeográficos de la riqueza de especies y el endemismo de la avifauna en el oeste de México*. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie). 20(2): 167-185.
 29. García V., J. P. & Bautista G., A. 2009. *Efemérides de Ecatepec*. Ed. Esfera. México. Pp. 37.
 30. Gill, A. M.; Woinarski, J. C. Z. & York, A. 1999. *Australia's biodiversity responses to fire. Plants, birds and invertebrates*. Environment Australia. Australia. 266 Pp.
 31. Gill, F. B. 2007. *Ornithology*. National Audubon Society. 3° ed. New York. 758 Pp.
 32. Gobierno Constitucional del Estado de México. 1999. *Programa de manejo del Parque Estatal Sierra de Guadalupe*. Gaceta del gobierno. Toluca de Lerdo, México. Martes 9 de Febrero de 1999.
 33. Gobierno del Estado de México. 2001. *Proyecto de Conservación Ecológica de la Zona Metropolitana del Valle de México: cinco parques estatales*. Gobierno del Estado de México Editor. Secretaría de Ecología. Toluca, Estado de México, México Pp. 59.
 34. Gobierno del Estado de México. 2002. *Programa integrado de manejo de 4 microcuencas en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe*. Resumen ejecutivo. Informe final. Secretaría de ecología. Toluca, Estado de México.
 35. Gómez de Silva G., H. 1997. *Análisis avifaunístico de Temascaltepec, Estado de México*. Anales del Instituto de Biología UNAM Serie Zoología. 68(1): 137-152.
 36. Gómez de Silva, H. & Medellín, R. A. 2001. *Evaluating completeness of species lists for conservation and macroecology: a case study of mexican land birds*. Conservation biology. 15(5): 1384-1395.
 37. González-García, F. & Gómez de Silva. 2003. *Especies endémicas: riqueza, patrones de distribución y retos para su conservación*. Pp. 150-194. En: Gómez de Silva, H. & Olivera de Ita, A. (eds.). 2003. *Conservación de aves, experiencias en México*. CIPAMEX. México, D.F. 406 P.
 38. Herkert, J. R. 1994. *The effect of habitat fragmentation on Midwestern grassland birds communities*. Ecological applications. 4:461-471.
 39. Howell S., N. G. & Webb, S. 2007. *A guide to the birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University Press. U.S.A. 851 Pp.
 40. Llorente-Bousquets, J. & Ocegueda, S. 2008. *Estado del conocimiento de la biota, en Capital Natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO. México. Pp. 283-322.
 41. López, C.; Becerril Z., G.; Benítez, C. & Cuevas S., S. 2009. *El medio físico, biológico y social*. En: Ceballos, G.; List, R., Garduño, G.; López C., R; Muñozcano Q., M. J.; Collado, E. & Eivin San R., J. 2009. *La diversidad biológica del Estado de México: Estudio de estado*. Gobierno del Estado de México Editor. México. P. 49-62.
 42. López P., R. E. 2009. *Primer registro del perico argentino (Myiopsitta monachus) en Oaxaca, México*. Huitzil Revista de Ornitología Mexicana. 10(2): 48-51.

43. Loreau, M. 2000. *Are communities saturated? On the relationship between α , β and γ diversity*. Ecology letters. 3:73-76.
44. Lugo-Hubp, J. & Salinas-Montes, A. 1996. *Geomorfología de la Sierra de Guadalupe (al norte de la Ciudad de México) y su relación con peligros naturales*. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. 13(2): 240-251.
45. MacArthur, R. H.; MacArthur, J. W. & Preer, J. 1962. *On bird species diversity. II. Prediction of bird census from hábitat measurements*. The American Naturalist. 96: 167-174.
46. Martínez M., M. A. 2004. *Nuevos registros de aves en el bosque mesófilo de montaña del noreste de Hidalgo, México*. Huitzil Revista de Ornitología Mexicana. 5(2): 12-19.
47. May, R. M. & Lawton, J. H. 1995. *Assesing extinction rates*. En: Lawton, J. H. & May, R. M. (eds.). *Extinction rates*. Oxford University Press. Oxford. Pp. 1-24.
48. Medina T., S. M.; Marquez R., M. & García M., E. 2007. *Uso y selección de embalses por el pato mexicano (Anas diazi) en la región del Llano, Aguascalientes-Jalisco, México*. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie). 23(2): 163-181.
49. Méndez-De la Cruz, F. R.; Camarillo-R., J. L.; Villagrán-Santa Cruz, M. & Aguilar-Cortez, R. 1992. *Observaciones del status de los anfibios y reptiles de la Sierra de Guadalupe (Distrito Federal-Estado de México)*. Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoología. 63 (2). 249-256.
50. M. E. A. 2003. *Ecosystems and human well-being: a framework for assessment*. Island Press. Washington, D.C.
51. Miranda G., N. P. 2009. *Avifauna de la comunidad El Paredón, Municipio de Miacatlán, Morelos, México*. Tesis de licenciatura (biología). UNAM. Facultad de Estudios Superiores Iztacala.
52. Mittermier, R. & Goettsch, C. 1992. *La importancia de la diversidad biológica*. En México, en La diversidad biológica de México: estudio de país. 1998. México.
53. Mooser, F.; Montiel-Rosado, A. & Zúñiga-Arista, A. *El suroeste de la cuenca de México en el nuevo mapa geológico*. En: Lugo-Hubp, J. & Salinas-Montes, A. 1996. *Geomorfología de la Sierra de Guadalupe (al norte de la Ciudad de México) y su relación con peligros naturales*. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. 13(2): 240-251.
54. Moreno, C. E. 2001. *Métodos para evaluar diversidad*. M\$T-Manuales y Tesis SEA. Vol. 1. Zaragoza, España. 84 Pp.
55. Morrone, J. J. 2005. *Hacia una síntesis biogeográfica de México*. Revista Mexicana de Biodiversidad. 76 (2): 207-252.
56. National Geographic. 2008. *Field guide to the birds of North America*. Fifth edition. National Geographic Society. Washington, D.C. 504 Pp.
57. Navarro S., A. G. 1989. *La sistemática ornitológica en México: posibilidades y limitaciones*. En: Llorente, J. (ed.). 1989. Los patrones de la evolución y la sistemática en México. Ciencias Revista Especial. 3: 96-102.

58. Navarro S., A. G.; Lira-Noriega, A.; Peterson T., A.; Oliveras de Ita, A. & Gordillo-Martínez, A. 2007. *Diversidad, endemismo y conservación de las aves*. En: Luna, I.; Morrone, J. J. & Espinosa, D. (eds.). 2007. Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 514 P.
59. Odum, E. P. 1972. *Ecología*. McGraw-Hill Interamericana. 3° ed. México, D. F. 640 Pp.
60. Peters, V. E.; Mordecai, C. R.; Carroll, R. J. & Greenberg, R. 2010. *Bird community response to fruit energy*. Journal of Animal Ecology. 79: 824-835.
61. Peterson, R. T. & Chalif, E. L. 2008. *Aves de México: guía de campo*. Ed. Diana. México, D. F. 473 Pp.
62. Pineda L., R.; Arellano S., A.; Almazán-Núñez, C.; López G., C. & González-García, F. 2010. *Nueva información para la avifauna del estado de Querétaro, México*. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie). 26(1): 47-57.
63. Pineda-López, R.; Febvre, N. & Martínez, M. 2010. *Importancia de proteger pequeñas áreas periurbanas por su riqueza avifaunística: el caso de Mompaní, Querétaro, México*. Huitzil Revista de Ornitología Mexicana. 11(2): 69-80.
64. Ralph, C. J.; Geupel P., G. R. ; Pyle, P., Martin, T. E.; Desante, D. F. & Milla, B. 1993. *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. Servicio Social Forestal de los Estados Unidos. Estación de investigaciones del Pacífico Sudoeste. Informe Técnico General PSW-GRT-144.
65. Ramírez-Albores, J. E. 2007. *Avifauna de cuatro comunidades del oeste de Jalisco, México*. Revista Mexicana de Biodiversidad. 78(2): 439-457.
66. Ramírez-Albores, J. E.; Martínez V., F. & Vásquez S., J. C. 2007. *Listado avifaunístico de un matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México*. Huitzil Revista de Ornitología Mexicana. 8:1-10.
67. Rodríguez B., F. J.; Navarrete S., N. A.; Trujillo P., E. & Contreras R., G. 2007. *Contribución al estudio avifaunístico del área de estanques rurales en Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México*. Revista de Zoología. 18(1): 27-35.
68. Root, R. B. 1973. *Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse hábitat: the fauna of collards (Brassica oleracea)*. Ecological Monographs. 43: 95-124.
69. Rzedowski, J. 1981. *Vegetación de México*. Ed. Limusa. México. 432 Pp.
70. SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Diario oficial de la Federación. Publicado el Jueves 30 de Diciembre de 2010.
71. The Cornell Lab of Ornithology. 2011. Bird guide [En línea] Consultado el 3 de Octubre de 2011. <http://www.allaboutbirds.org/guide/search>.
72. Toledo, V. M. 1994. *La diversidad biológica de México. Nuevos retos para la investigación en los noventas*. Ciencias. 34: 43-59.
73. Tomoff, C. S. 1974. *Avian species diversity in desert scrub*. Ecology. 55: 396-403.
74. Ugalde-Lezama, S.; Alcántara-Carbajal, J. L.; Valdéz-Hernández, J. I.; Ramírez-Velarde, G.; Velázquez-Mendoza, J. & Tarángo-Arámbula, I. A. 2010. *Riqueza, abundancia y diversidad de aves en un bosque templado con diferentes condiciones de perturbación*. Agrociencia. 44(2): 159-169.

75. Valencia H., J.; Valencia H., R. & Mendoza Q., F. 2008. *Registros adicionales de aves para Hidalgo, México*. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie). 24(2): 115-123.
76. Venegas, P. & Lázaro, J. 2011. *Ha durado 10 días incendio forestal*. [En línea]. <http://www.oem.com.mx/elsoldetoluca/notas/n2019097.htm> . Consultado el 28 de Marzo de 2011.
77. Villafranco C., J. A. 2000. *Avifauna del Parque Tezozomoc Azcapotzalco*. Tesis profesional (biología). UNAM. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala.
78. Villavicencio, A. A. 2007. *Evaluación de funciones y servicios ambientales. Parque Estatal Sierra de Guadalupe-Proyecto de conservación ecológica de la Zona Metropolitana del Valle de México*. Tesis doctoral. Universidad de Granada. Facultad de filosofía y Letras. España.
79. Whelan J., C.; Wenny G., D. & Marquis J., R. 2008. *Ecosystem services provided by birds*. Annals of the New York Academy of Sciences. 1134: 25-60.

ANEXO

Cuadro 2. Lista de especies por zona.

Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5
<i>Buteo albicaudatus</i>	<i>Buteo albicaudatus</i>	<i>Bubulcus ibis</i>	<i>Bubulcus ibis</i>	<i>Buteo albicaudatus</i>
<i>Buteo jamaicensis</i>	<i>Buteo jamaicensis</i>	<i>Buteo jamaicensis</i>	<i>Buteo jamaicensis</i>	<i>Buteo jamaicensis</i>
<i>Buteo magnirostris</i>	<i>Buteo magnirostris</i>	<i>Columbina inca</i>	<i>Buteo platypterus</i>	<i>Buteo magnirostris</i>
<i>Buteo platypterus</i>	<i>Buteo platypterus</i>	<i>Zenaida macroura</i>	<i>Falco sparverius</i>	<i>Buteo platypterus</i>
<i>Falco sparverius</i>	<i>Columbina inca</i>	<i>Geococcyx californianus</i>	<i>Columbina inca</i>	<i>Melozone fusca</i>
<i>Columbina inca</i>	<i>Zenaida macroura</i>	<i>Cyananthus latirostris</i>	<i>Zenaida macroura</i>	<i>Spizella atrogularis</i>
<i>Zenaida macroura</i>	<i>Aphelocoma ultramarina</i>	<i>Corvus corax</i>	<i>Geococcyx californianus</i>	<i>Carpodacus mexicanus</i>
<i>Cyananthus latirostris</i>	<i>Passerina caerulea</i>	<i>Lanius ludovicianus</i>	<i>Cyananthus latirostris</i>	<i>Hirundo rustica</i>
<i>Picoides scalaris</i>	<i>Junco phaeonotus</i>	<i>Passerina caerulea</i>	<i>Picoides scalaris</i>	<i>Polioptila caerulea</i>
<i>Aphelocoma ultramarina</i>	<i>Melozone fusca</i>	<i>Melozone fusca</i>	<i>Corvus corax</i>	<i>Tyrannus vociferans</i>
<i>Lanius ludovicianus</i>	<i>Spizella atrogularis</i>	<i>Spizella atrogularis</i>	<i>Aphelocoma ultramarina</i>	
<i>Passerina caerulea</i>	<i>Carpodacus mexicanus</i>	<i>Spizella pallida</i>	<i>Lanius ludovicianus</i>	
<i>Aimophila ruficeps</i>	<i>Spinus psaltria</i>	<i>Spizella passerina</i>	<i>Passerina caerulea</i>	
<i>Junco phaeonotus</i>	<i>Hirundo rustica</i>	<i>Carpodacus mexicanus</i>	<i>Aimophila ruficeps</i>	
<i>Melozone fusca</i>	<i>Mimus polyglottos</i>	<i>Spinus psaltria</i>	<i>Junco phaeonotus</i>	
<i>Spizella atrogularis</i>	<i>Toxostoma curvirostre</i>	<i>Hirundo rustica</i>	<i>Melozone fusca</i>	
<i>Spizella pallida</i>	<i>Setophaga townsendi</i>	<i>Molothrus aeneus</i>	<i>Spizella atrogularis</i>	
<i>Carpodacus mexicanus</i>	<i>Mniotilta varia</i>	<i>Setophaga coronata</i>	<i>Spizella pallida</i>	
<i>Spinus psaltria</i>	<i>Polioptila caerulea</i>	<i>Setophaga magnolia</i>	<i>Spizella passerina</i>	
<i>Hirundo rustica</i>	<i>Campylorhynchus brunneicapillus</i>	<i>Polioptila caerulea</i>	<i>Carpodacus mexicanus</i>	
<i>Icterus gularis</i>	<i>Thryomanes bewickii</i>	<i>Turdus rufopalliatus</i>	<i>Spinus psaltria</i>	
<i>Icterus wagleri</i>	<i>Tyrannus vociferans</i>	<i>Sayornis nigricans</i>	<i>Hirundo rustica</i>	
<i>Molothrus aeneus</i>		<i>Tyrannus vociferans</i>	<i>Icterus gularis</i>	
<i>Mimus polyglottos</i>			<i>Icterus wagleri</i>	
<i>Toxostoma curvirostre</i>			<i>Molothrus aeneus</i>	
<i>Cardellina pusilla</i>			<i>Mimus polyglottos</i>	
<i>Setophaga townsendi</i>			<i>Toxostoma curvirostre</i>	
<i>Polioptila caerulea</i>			<i>Cardellina pusilla</i>	
<i>Phainopepla nitens</i>			<i>Setophaga coronata</i>	
<i>Campylorhynchus brunneicapillus</i>			<i>Setophaga magnolia</i>	
<i>Contopus pertinax</i>			<i>Setophaga townsendi</i>	
<i>Pyrocephalus rubinus</i>			<i>Mniotilta varia</i>	
<i>Tyrannus vociferans</i>			<i>Polioptila caerulea</i>	
			<i>Phainopepla nitens</i>	
			<i>Campylorhynchus brunneicapillus</i>	
			<i>Thryomanes bewickii</i>	
			<i>Turdus rufopalliatus</i>	
			<i>Contopus pertinax</i>	
			<i>Pyrocephalus rubinus</i>	
			<i>Sayornis nigricans</i>	
			<i>Tyrannus vociferans</i>	

Cuadro 3. Tabla de categorías.

Especie	Abundancia	Frecuencia relativa	Estacionalidad	Estado de conservación	Endemismo
<i>Bubulcus ibis</i>	C	E	Vi	---	---
<i>Buteo magnirostris</i>	MR	E	Rd	---	---
<i>Buteo platypterus</i>	MR	E	T	Pr	---
<i>Buteo albicaudatus</i>	MR	E	Rd	Pr	---
<i>Buteo jamaicensis</i>	A	PF	Rd	*	---
<i>Falco sparverius</i>	MR	E	Vi	---	---
<i>Zenaid macroura</i>	A	PF	Rd	---	---
<i>Columbina inca</i>	C	PF	Rd	---	---
<i>Geococcyx californianus</i>	MR	E	Rd	---	---
<i>Cyananthus latirostris</i>	C	PF	Rd	*	Se
<i>Picoides scalaris</i>	MR	E	Rd	---	---
<i>Contopus pertinax</i>	MR	E	Rd	---	---
<i>Sayornis nigricans</i>	R	E	Rd	---	---
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	MR	E	Rd	---	---
<i>Tyrannus vociferans</i>	MA	PF	Rd	---	Se
<i>Lanius ludovicianus</i>	C	PF	Rd	---	---
<i>Aphelocoma ultramarina</i>	C	E	Rd	---	---
<i>Corvus corax</i>	MR	E	Rd	---	---
<i>Hirundo rustica</i>	MA	PF	Rd	---	---
<i>Campylorhynchus brunneicapillus</i>	A	PF	Rd	---	---
<i>Thryomanes bewickii</i>	R	E	Rd	---	---
<i>Polioptila caerulea</i>	C	PF	Rd	---	---
<i>Turdus rufopalliatu</i>	MR	E	Rd	*	Ce
<i>Mimus polyglottos</i>	R	E	Rd	---	---
<i>Toxostoma curvirostre</i>	A	PF	Rd	---	---
<i>Phainopepla nitens</i>	MR	E	Vi	---	---
<i>Setophaga magnolia</i>	MR	E	T	---	---
<i>Setophaga coronata</i>	MR	E	Vi	*	---
<i>Setophaga townsendi</i>	R	E	Vi	---	---
<i>Cardellina pusilla</i>	MR	E	Vi	---	---
<i>Mniotilta varia</i>	MR	E	Vi	---	---
<i>Melospiza fusca</i>	MA	MF	Rd	---	---
<i>Aimophila ruficeps</i>	MR	E	Rd	*	---
<i>Spizella passerina</i>	MA	E	Rd	---	---
<i>Spizella pallida</i>	A	E	Vi	---	Se
<i>Spizella atrogularis</i>	MA	PF	Rd	---	---
<i>Junco phaeonotus</i>	R	E	Rd	*	Ce
<i>Passerina caerulea</i>	C	PF	Rd	---	---
<i>Molothrus aeneus</i>	C	E	Rd	---	---
<i>Icterus wagleri</i>	A	F	Rd	---	---
<i>Icterus gularis</i>	R	E	Rd	---	---
<i>Carpodacus mexicanus</i>	AE	MF	Rd	*	---
<i>Spinus psaltria</i>	C	E	Rd	---	---

CATEGORÍAS

Abundancia:

- Abundancia extrema (AE): cuando se presentan de 100 a más organismos.
- Muy abundante (MA): cuando se presentan de 41 a 99 organismos.
- Abundante (A): cuando se presentan de 16 a 40 organismos.
- Común (C): cuando se presentan de 6 a 15 organismos.
- Rara (R): cuando se presentan de 3 a 5 organismos.
- Muy rara (MR): cuando se presentan de 1 a 2 organismos.

Frecuencia relativa:

- Muy frecuente (MF) 0.76-1.00
- Frecuente (F) 0.51-0.75
- Poco frecuente (PF) 0.26-0.50
- Esporádico (E) 0-0.25

Estacionalidad:

- Rd: residente.
- Rv: residente de verano.
- Rp: reproductor.
- Vi: visitante de invierno.
- T: transitorio.
- V: visitante.
- Va: vagabundo.

Estado de conservación:

- P: en peligro de extinción.
- A: amenazada.
- Pr: sujetas a protección especial.

Endemismo:

- E: especie endémica de México.
- Ce: especie cuasiendémica de México.
- Se: especie semiendémica de México.

*Algunas subespecies se encuentran bajo protección especial o amenazadas. Sin embargo, no es el caso de las subespecies del presente estudio.