









Aves del Parque Estatal Ecológico, Turístico y Recreativo Sierra Hermosa, Estado de México

Birds of Sierra Hermosa Ecological, Tourist and Recreational State Park, State of Mexico

Rogelio Bautista-Trejo¹ ,
Monserrat Ramírez-Hernández^{2,3} ,
J. Oswaldo Gómez-Garduño¹ ,
Juan G. Valverde-Nieto^{2,3} ,
Héctor Cayetano-Rosas¹ ,
Neptalí Piñón-Santoyo^{2,3} ,
J. Pedro Cabañas-Pérez^{2,3} ,
Jorge E. Ramírez-Albores^{4*} 

¹ Consultores en Sistemas Terrestres Ecológicos S.A. de C.V., Santa Mónica 244, Col. Vicente Villada, CP. 57720. Nezahualcóyotl, Estado de México, México.

² Coordinación General de Conservación Ecológica de la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México, Gustavo Baz 2160, 2° piso, Edif. Ericsson, Col. La Loma, CP. 54060. Tlalnepantla, Estado de México, México.

³ Parque Estatal Ecológico, Turístico y Recreativo Sierra Hermosa, CP. 55749, Tecámac de Felipe Villanueva, Estado de México, México.

⁴ Departamento de Botánica, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calz. Antonio Narro 1923, Col. Buenavista, CP. 25315, Saltillo, Coahuila, México.

*Autor de correspondencia:
jorgeramirez22@hotmail.com

Artículo científico

Recibido: 21 de abril 2023

Aceptado: 04 de octubre 2023

Como citar: Bautista-Trejo R, Ramírez-Hernández M, Gómez-Garduño JO, Valverde-Nieto JG, Cayetano-Rosas H, Piñón-Santoyo N, Cabañas-Pérez JP, Ramírez-Albores JE (2023) Aves del Parque Estatal Ecológico, Turístico y Recreativo Sierra Hermosa, Estado de México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 10(3): e3747. DOI: 10.19136/era.a10n3.3747

RESUMEN. Los espacios verdes inmersos en los grandes centros urbanos sirven como refugios para la biodiversidad, reduciendo el impacto negativo que representa la urbanización. Con el objetivo de contribuir al conocimiento de la avifauna del centro de México, se determinó la diversidad de aves presente en el Parque Estatal Ecológico, Turístico y Recreativo Sierra Hermosa, que es un área periurbana de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, adyacente al Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles. Los datos fueron obtenidos realizando trabajo de campo durante 29 meses de muestreo entre 2019 y 2022. Se obtuvo un total de 199 especies de aves, agrupados en 46 familias y 17 órdenes; las familias que presentaron la mayor riqueza de especies fueron Tyrannidae (19) y Parulidae (14). Se encontraron 92 especies residentes, 95 migratorias y 12 introducidas. El grupo trófico más representativo fue de los insectívoros (115) y el hábitat con mayor riqueza de especies fue las edificaciones abandonadas con arbolado inducido (92). Se hallaron tres especies endémicas y seis bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. Los resultados indican que es un sitio de gran importancia para la alimentación, refugio y reproducción para las poblaciones de aves residentes y migratorias que habitan en la periferia del área urbana, y que en el escenario local podría utilizarse para futuros estudios sobre rehabilitación, restauración y planificación territorial en el Valle de México.

Palabras clave: Avifauna, biodiversidad, espacios verdes urbanos, humedal, urbanización.

ABSTRACT. Greenspaces immersed in the large urban centers serve as shelters for biodiversity, reducing the negative impact of urbanization. To contribute to the knowledge of the avifauna of central Mexico, in the present study the bird diversity presents in the Sierra Hermosa Ecological, Tourist and Recreational State Park, a peri-urban area of the Metropolitan Area of Mexico City was determined, adjacent to the Felipe Ángeles International Airport. The data was obtained by carrying out field work over 29 months of sampling between 2019 and 2022. A total of 199 bird species were obtained, belonging to 46 families and 17 orders. The families that presented the highest species richness were Tyrannidae (19) and Parulidae (14). Ninety-two resident, 95 migratory and 12 introduced species were found. The most representative trophic group was that of insectivores (115) and the habitat with the highest species richness was abandoned buildings with induced trees (92). Three endemic species and six under some risk categories were found according to NOM-059-SEMARNAT-2010. The results indicate that is a site of great importance for feeding, shelter, and reproduction for populations of resident and migratory birds that inhabit the periphery of the urban area, and that in the local scenario could be used for future research on rehabilitation, restoration, and territorial planning in the Valley of Mexico.

Key words: Avifauna, biodiversity, urban green spaces, urbanization, wetland.

INTRODUCCIÓN

El centro de México es una región de gran relevancia en biodiversidad (Navarro-Sigüenza *et al.* 2007). En esta región se ubica la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) localizada en la provincia biótica del Eje Neovolcánico Transversal. Tiene una superficie de 7 954 km² (Ezcurra y Mazari-Hiriart 1998), abarca 16 alcaldías, 59 municipios adyacentes pertenecientes al Estado de México y un municipio del Estado de Hidalgo, por lo que se considera una de las seis megalópolis más grandes del mundo (ONU 2018). La población de esta megalópolis actualmente es mayor a los 22 millones de habitantes (más de 2 559.8 hab por km²) (Grimm *et al.* 2008, INEGI 2020), provocando una aceleración de la pérdida y transformación de los hábitats originales, a pesar de ser considerada como una región con altos niveles de biodiversidad y endemismo (Sorani *et al.* 2016). Pero la transformación del área que ocupa la ZMCM ha creado un sistema altamente heterogéneo con diferentes tipos de uso del suelo, quedando tan solo como remanente un 34% de vegetación natural (Sorani *et al.* 2016, Suárez-Lastra 2016). En esta zona se encuentran varios sitios que contienen o se consideran importantes reservorios de biodiversidad del centro de México como el Lago de Texcoco, Cumbres del Ajusco, Laguna de Zumpango, entre otros, que son utilizados como refugios y áreas de reproducción para diversas aves; además, de contener diversos endemismos (Arriaga *et al.* 2000). Aun con la importancia de esta región, la urbanización y actividades agrícolas han transformado gran parte de su entorno natural. Una de ellas, es el cambio en el paisaje que provoca diferentes grados de amenaza tanto a especies residentes como migratorias (Clergeau *et al.* 2001, Rudnick *et al.* 2012).

La velocidad con que avanza la urbanización en asociación con la modificación de los ecosistemas naturales hace necesario ampliar el conocimiento de la avifauna en los ecosistemas urbanos, donde los remanentes de vegetación natural son de reducidos a pequeños, en donde se presentan unos pocos elementos naturales nativos o introducidos (Threlfall *et al.* 2017). Estos espacios verdes urbanos son

áreas potenciales para la conservación de la biodiversidad, en donde las aves residentes y migratorias, pueden encontrar un hábitat apropiado (Blasio y Pineda-López 2020, Castillo-Muñoz y Guzmán-Hernández 2021), contribuyendo al funcionamiento del ecosistema y a la conservación de la biota (Shochat *et al.* 2010a, 2010b). Sin embargo, el rápido crecimiento de la población humana y los procesos de migración masiva hacia la ciudad, han acelerado la urbanización y reducido significativamente estos espacios en las ciudades (Grimm *et al.* 2008). Por tanto, resulta difícil evaluar el impacto directo de este factor en la composición de la avifauna, ya que existen otros factores que están ligados al proceso de urbanización, como la fragmentación del hábitat, la alteración del flujo de los recursos, contaminación (química, ruido, iluminación), interacciones intra e interespecíficas y la presencia humana (Shanahan *et al.* 2014, Isaksson 2018), lo que provoca que las poblaciones de aves se aislen, disminuyan, o desaparezcan (McKinney 2006, Rudnick *et al.* 2012).

El Parque Estatal Ecológico, Turístico y Recreativo Sierra Hermosa (PEETRSH) fue decretado como tal en 1994 (Gobierno del Estado de México 2022). Pero debido a su ubicación en la periferia de la ZMCM y adyacente al Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles (AIFA), lo que ha conllevado al aumento de infraestructura aeroportuaria y urbana cercanas a sus instalaciones y la fragmentación provocada por la construcción de carreteras es posible que la biodiversidad dentro del parque esté siendo afectada, como ha pasado en otras regiones donde se reporta la colisión de aves con las aeronaves (Santiago-Alarcón y Delgado 2017, Metz *et al.* 2020). Por lo que es necesario generar más información sobre las especies existentes dentro del parque y encontrar los mecanismos y herramientas para su conservación (Verissimo *et al.* 2011). A pesar de su importancia para este grupo faunístico, este sitio no ha contado hasta el momento con una apropiada caracterización que defina su importancia, fragilidad, y potencial como elemento urbano de conservación local, lo que es aún más notorio en lugares con un aumento significativo de las diferentes actividades antropogénicas, como lo es el centro de México (So-

rani *et al.* 2016, Suárez-Lastra 2016). Los estudios de composición, diversidad y uso de hábitats por la avifauna en áreas urbanas permiten comprender como los cambios espaciales y temporales de estas áreas afectan a las comunidades de aves, y así generar información clave para el diseño, mejora y conservación de los espacios verdes de una ciudad. Por lo anterior, en este trabajo el objetivo fue determinar la diversidad de aves en el PEEESH, con el fin de establecer su importancia en la conservación de la avifauna urbana presente en la ZMCM.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El Parque Estatal Ecológico, Ecoturístico y Recreativo Sierra Hermosa (PEEESH) se ubica al noreste de la ZMCM (19° 42' 37" LN, 99° 01' 05" LO a 2 245 msnm), en el municipio de Tecámac en una planicie correspondiente al cerro Chiconautla, Estado de México (Figura 1). Tiene una superficie de 504.34 ha y se compone de dos cuerpos de agua permanentes (2.43 y 3.70 h) y dos semipermanentes rodeados de escasa vegetación halófila (*Atlipex* sp., *Suaeda* sp., *Frankenia* sp., *Limonium* sp.) y tulares (*Typha* sp., *Scirpus* sp., *Phragmites australis*, *Arundo donax*). También se encuentran zonas recreativas, edificaciones abandonadas, pastizales inducidos y zonas arboladas inducidas. Predomina un clima semiseco, siendo los meses más calurosos de marzo a junio, con temperatura media de 34 °C del mes más caliente, y de 5 °C del mes más frío. La precipitación total anual registra en promedio 581.0 mm, siendo el periodo más lluvioso entre junio y septiembre, y el periodo más seco entre diciembre y febrero (Gobierno del Estado de México 2022). La vegetación se compone por escasa presencia de árboles inducidos como *Schinus molle*, *Eucalyptus* sp., *Cinnamomum canphora*, *Casuarina equisetifolia*, *Ficus* sp., *Castilla elastica* y *Jacaranda mimosifolia*; los valles están representados por pastizales inducidos y cultivos de maíz, nopal y zacatonales forrajeros. Se encuentra rodeado por zonas urbanas, un aeropuerto internacional y zonas agrícolas de cultivos de maíz,

cebada, trigo y frijol.

Colecta de datos

Se realizaron 29 visitas mensuales de noviembre de 2019 a marzo de 2022 (522 h de muestreo). Para el registro de aves, se realizaron recorridos entre 2 y 6 km dependiendo de la condición de los senderos establecidos en el parque entre las 07:00 y 13:00 h ubicados dentro del parque y en zonas adyacentes a este, principalmente en las zonas de cultivo. Para la observación de aves se utilizaron binoculares Bushnell 10 × 45 mm, Carson 3D ED 10 × 42 mm y Eagle Optics 10 × 50 mm. Adicionalmente se utilizaron tres redes de niebla de 12 × 3 m, con una luz de malla de 38 mm, que permanecieron abiertas entre las 07:00 y 13:00 h (522 h red). La identificación taxonómica se realizó utilizando guías de campo especializadas (Howell y Webb 1995, Dunn y Alderfer 2008, Sibley 2014).

Análisis de datos

La representatividad del esfuerzo de muestreo se determinó mediante la curva de acumulación de especies obtenida en el programa Estimates v.9.1.0 (Colwell 2018). Los estimadores utilizados fueron los no paramétricos de Chao 2, Jackknife de primer orden (Jackk 1) e ICE los cuales están basados en datos de presencia-ausencia (Hortal *et al.* 2006), además de ser los estimadores con menos sesgo (Colwell y Coddington 1995). Los datos se aleatorizaron previamente 100 veces para eliminar el efecto del orden en que se ingresan (Moreno y Halfter 2000). Se calculó la diversidad de especies con el índice de Shannon (Magurran 2004). De acuerdo con su presencia estacional, clasificamos a las especies en las categorías propuestas por Howell y Webb (1995) y con observaciones en campo: residente, migratoria de invierno, migratoria de verano, o transitoria. Las especies fueron clasificadas en grupos tróficos basados en la propuesta de González-Salazar *et al.* (2014); así como su distribución de acuerdo con el hábitat de registro (esto dependiendo del tipo de vegetación y uso del suelo) tomando como base las observaciones realizadas en campo. El endemismo de las especies se basó en Howell y Webb



Figura 1. Localización geográfica del Parque Estatal Ecológico, Turístico y Recreativo Sierra Hermosa (PEETRSH), Estado de México, México.

(1995), y González-García y Gómez-de-Silva (2003). Finalmente, se determinó la situación de riesgo de cada especie basándose en Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010). La nomenclatura científica y el orden sistemático son los establecidos por la Unión Americana de Ornitólogos (2023) y suplementos (Chesser *et al.* 2022).

RESULTADOS

Se registraron un total de 199 especies de aves distribuidas en 17 órdenes y 46 familias (Tabla 1). Las familias más representativas fueron Tyrannidae (19), Parulidae (14), Passerellidae (13) y Anatidae (13) (Tabla 1). Las curvas de acumulación de especies indican que la representatividad del muestreo estuvo entre 86 y 90% (Figura 2). De manera general, los meses en los que se registró la mayor riqueza de especies (S), abundancia y diversidad (H') fue entre septiembre a marzo (con un valor promedio de 94.6 para S y de 3.24 para H'; Figura 3), mientras el periodo de menor registro de especies fue de abril a agosto (Figura 3). Lo anterior coincide con la llegada y establecimiento de las aves migratorias y con la partida de estas mismos, respectivamente. En este sentido, las especies más abundantes a lo largo del monitoreo fueron

Spatula clypeata, *S. discors*, *Molothrus aeneus*, *M. ater*, *Agelaius phoeniceus*, *Bubulcus ibis*, *Zenaida macroura*, *Fulica americana*, *Himantopus mexicanus*, *Anas diazi*, *Charadrius vociferus*, *Hirundo rustica*, *Passer domesticus*, *Haemorrhous mexicanus*, *Spinus psaltria*, *Spizella passerina*, *S. pallida*, *Passerculus sandwichensis* y *Quiscalus mexicanus*. Respecto a la estacionalidad, 92 especies son residentes permanentes (46.2%), 95 migratorias (visitantes de invierno, transitorias, residentes de verano) (47.7%) y 12 exóticas (o introducidas) (6.1%) (Tabla 1). Cabe mencionar que, de las aves migratorias, 35 son de hábitos acuáticos como *Mareca strepera*, *Spatula discors* y *Anas crecca*, y 60 de hábitos terrestres como *Coccyzus americanus*, *Contopus sordidulus* y *Vireo plumbeus* (Tabla 1); mientras que, de las residentes permanentes 12 son de hábitos acuáticos como *Fulica americana* y *Charadrius vociferus*, y 80 de hábitos terrestres como *Buteo jamaicensis* y *Calothorax lucifer* (Tabla 1).

Los gremios alimenticios con mayor riqueza de especies fueron los invertebrados, presentando 114 especies (82 de insectos y 32 de invertebrados acuáticos), granívoros con 33, carnívoros con 28 y omnívoros con 22; mientras los gremios con menor riqueza de especies fueron nectarívoros con 11, frugívoros con 10 y carroñeros con 3 (Tabla 1).

Tabla 1. Listado de especies de aves registradas en el PEETRSH, Estado de México, México.

| Orden | Familia | Especie | Estacionalidad | Hábitos* | Gremios alimenticios** | Hábitat*** |
|-------------------------|---------|--------------------------------|----------------|----------|------------------------|--------------------|
| Anseriformes | | | | | | |
| Anatidae | | | | | | |
| | | <i>Dendrocygna autumnalis</i> | Migratoria | Aq | Om | Ca |
| | | <i>Dendrocygna bicolor</i> | Residente | Aq | Om | Ca |
| | | <i>Spatula discors</i> | Migratoria | Aq | Om | Ca |
| | | <i>Spatula cyanoptera</i> | Residente | Aq | Om | Ca |
| | | <i>Spatula clypeata</i> | Migratoria | Aq | Om | Ca |
| | | <i>Mareca strepera</i> | Migratoria | Aq | Om | Ca |
| | | <i>Mareca americana</i> | Migratoria | Aq | Om | Ca |
| | | <i>Anas diazi</i> | Residente | Aq | Om | Ca |
| | | <i>Anas acuta</i> | Migratoria | Aq | Om | Ca |
| | | <i>Anas crecca</i> | Migratoria | Aq | Om | Ca |
| | | <i>Aythya americana</i> | Migratoria | Aq | Om | Ca |
| | | <i>Aythya affinis</i> | Migratoria | Aq | Om | Ca |
| | | <i>Oxyura jamaicensis</i> | Residente | Aq | Om | Ca |
| Podicipediformes | | | | | | |
| Podicipedidae | | | | | | |
| | | <i>Podiceps nigricollis</i> | Residente | Aq | Inv (Ina) | Ca |
| | | <i>Podilymbus podiceps</i> | Residente | Aq | Inv (Ina) | Ca |
| Columbiformes | | | | | | |
| Columbidae | | | | | | |
| | | <i>Columba livia</i> | Exótica | Ter | Om | Zu |
| | | <i>Streptopelia decaocto</i> | Exótica | Ter | Om | Zu, Bi |
| | | <i>Columbina inca</i> | Residente | Ter | Gr | Zu, Pi, Za, Ha, Bi |
| | | <i>Columbina passerina</i> | Residente | Ter | Gr | Pi |
| | | <i>Leptotila verreauxi</i> | Residente | Ter | Gr | Pi |
| | | <i>Zenaida asiatica</i> | Residente | Ter | Gr, Fr | Pi, Zu, Za, Bi |
| | | <i>Zenaida macroura</i> | Residente | Ter | Gr, Fr | Pi, Za |
| Cuculiformes | | | | | | |
| Cuculidae | | | | | | |
| | | <i>Coccyzus americanus</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| Caprimulgiformes | | | | | | |
| Caprimulgidae | | | | | | |
| | | <i>Chordeiles acutipennis</i> | Residente | Ter | Inv (Ins) | Pi |
| Apodiformes | | | | | | |
| Apodidae | | | | | | |
| | | <i>Chaetura vauxi</i> | Residente | Ter | Inv (Ins) | Pi, Za |
| Trochilidae | | | | | | |
| | | <i>Colibri thalassinus</i> | Residente | Ter | Ne | Ha, Bi |
| | | <i>Eugenes fulgens</i> | Residente | Ter | Ne | Ha |
| | | <i>Lampornis clemenciae</i> | Residente | Ter | Ne | Ha |
| | | <i>Calothorax lucifer</i> | Residente | Ter | Ne | Ha |
| | | <i>Archilochus colubris</i> | Migratoria | Ter | Ne | Ha |
| | | <i>Archilochus alexandri</i> | Migratoria | Ter | Ne | Ha |
| | | <i>Selasphorus rufus</i> | Migratoria | Ter | Ne | Ha |
| | | <i>Cyananthus latirostris</i> | Residente | Ter | Ne | Ha, Bi |
| | | <i>Basilinna leucotis</i> | Residente | Ter | Ne | Ha |
| | | <i>Ramosomyia violiceps</i> | Residente | Ter | Ne | Ha |
| | | <i>Saucerottia beryllina</i> | Residente | Ter | Ne | Ha |
| Gruiformes | | | | | | |
| Rallidae | | | | | | |
| | | <i>Rallus tenuirostris</i> | Residente | Aq | Inv (Ina) | Ha |
| | | <i>Porzana carolina</i> | Migratoria | Aq | Gr | Ha |
| | | <i>Gallinula galeata</i> | Migratoria | Aq | Om | Ca |
| | | <i>Fulica americana</i> | Residente | Aq | Om | Ca |
| | | <i>Porphyrio martinicus</i> | Migratoria | Aq | Inv (Ina) | Ca |
| Charadriiformes | | | | | | |
| Recurvirostridae | | | | | | |
| | | <i>Himantopus mexicanus</i> | Migratoria | Aq | Inv (Ina) | Ca |
| | | <i>Recurvirostra americana</i> | Residente | Aq | Inv (Ina) | Ca |
| Charadriidae | | | | | | |
| | | <i>Charadrius vociferus</i> | Residente | Aq | Inv (Ina) | Ca, Za, Pi |
| Scolopacidae | | | | | | |
| | | <i>Bartramia longicauda</i> | Migratoria | Aq | Inv (Ina) | Ca |
| | | <i>Calidris himantopus</i> | Migratoria | Aq | Inv (Ina) | Ca |
| | | <i>Calidris bairdii</i> | Migratoria | Aq | Inv (Ina) | Ca |
| | | <i>Calidris minutilla</i> | Migratoria | Aq | Inv (Ina) | Ca |
| | | <i>Calidris mauri</i> | Migratoria | Aq | Inv (Ina) | Ca |
| | | <i>Limnodromus scolopaceus</i> | Migratoria | Aq | Inv (Ina) | Ca |

Tabla 1. Continuación.

| Orden | Especie | Estacionalidad | Hábitos* | Gremios alimenticios** | Hábitat*** |
|-------------------------|--------------------------------|----------------|----------|------------------------|----------------|
| Laridae | <i>Gallinago delicata</i> | Migratoria | Aq | Inv (Ina) | Ca |
| | <i>Actitis macularia</i> | Migratoria | Aq | Inv (Ina) | Ca |
| | <i>Tringa solitaria</i> | Migratoria | Aq | Inv (Ina) | Ca |
| | <i>Tringa flavipes</i> | Migratoria | Aq | Inv (Ina) | Ca |
| | <i>Tringa melanoleuca</i> | Migratoria | Aq | Inv (Ina) | Ca |
| | <i>Phalaropus tricolor</i> | Migratoria | Aq | Inv (Ina) | Ca |
| | <i>Leucophaeus atricilla</i> | Migratoria | Aq | Ca, Inv (Ina) | Ca |
| | <i>Leucophaeus pipixcan</i> | Migratoria | Aq | Ca, Inv (Ina) | Ca |
| | <i>Gelochelidon nilotica</i> | Migratoria | Aq | Ca, Inv (Ina) | Ca |
| | <i>Hydroprogne caspia</i> | Migratoria | Aq | Ca, Inv (Ina) | Ca |
| Ciconiiformes | | | | | |
| Phalacrocoracidae | <i>Nannopterum brasilianum</i> | Migratoria | Aq | Ca | Ca |
| Pelecaniformes Ardeidae | <i>Ardea herodias</i> | Migratoria | Aq | Ca, Inv (Ina) | Ca |
| | <i>Ardea alba</i> | Migratoria | Aq | Ca, Inv (Ina) | Ca |
| | <i>Egretta thula</i> | Migratoria | Aq | Ca, Inv (Ina) | Ca |
| | <i>Egretta caerulea</i> | Migratoria | Aq | Ca, Inv (Ina) | Ca |
| | <i>Bubulcus ibis</i> | Exótica | Ter | Inv (Ins) | Pi, Za, Ca |
| | <i>Butorides virescens</i> | Migratoria | Aq | Ca, Inv (Ina) | Ca |
| | <i>Nycticorax nycticorax</i> | Residente | Aq | Ca, Inv (Ina) | Ca |
| | <i>Plegadis chihi</i> | Residente | Aq | Inv (Ina) | Ca |
| Threskiornithidae | | | | | |
| Cathartiformes | | | | | |
| Cathartidae | <i>Coragyps atratus</i> | Residente | Ter | Co | Pi, Za |
| | <i>Cathartes aura</i> | Residente | Ter | Co | Pi, Za, Bi, Ha |
| Accipitriformes | | | | | |
| Accipitridae | <i>Elanus leucurus</i> | Residente | Ter | Ca | Pi, Za |
| | <i>Circus hudsonius</i> | Migratoria | Ter | Ca | Pi, Za |
| | <i>Accipiter striatus</i> | Residente | Ter | Ca | Pi, Za, Ha |
| | <i>Accipiter cooperi</i> | Residente | Ter | Ca | Pi, Za, Ha |
| | <i>Parabuteo unicinctus</i> | Exótica | Ter | Ca | Pi, Za, Ha |
| | <i>Buteo plagiatus</i> | Residente | Ter | Ca | Pi, Za |
| | <i>Buteo platypterus</i> | Migratoria | Ter | Ca | Pi, Za |
| | <i>Buteo swainsoni</i> | Migratoria | Ter | Ca | Pi, Za |
| | <i>Buteo jamaicensis</i> | Residente | Ter | Ca | Pi, Za, Bi |
| | <i>Tyto alba</i> | Residente | Ter | Ca | Pi, Za, Ha |
| | Strigiformes Tytonidae | | | | |
| Strigidae | <i>Bubo virginianus</i> | Residente | Ter | Ca | Pi, Za, Ha |
| | <i>Athene cunicularia</i> | Residente | Ter | Inv (Ins) | Pi, Za |
| | <i>Asio flammeus</i> | Migratoria | Ter | Ca | Pi |
| Piciformes | | | | | |
| Picidae | <i>Melanerpes formicivorus</i> | Residente | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| | <i>Melanerpes aurifrons</i> | Residente | Ter | Inv (Ins) | Ha, Bi |
| | <i>Sphyrapicus varius</i> | Residente | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| | <i>Dryobates scalaris</i> | Residente | Ter | Inv (Ins) | Ha, Bi |
| | <i>Colaptes auratus</i> | Residente | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| Falconiformes | | | | | |
| Falconidae | <i>Caracara cheriway</i> | Residente | Ter | Ca, Co | Pi, Za |
| | <i>Falco sparverius</i> | Migratoria | Ter | Ca, Inv (Ins) | Pi, Za, Bi |
| | <i>Falco columbarius</i> | Migratoria | Ter | Ca | Pi, Za |
| | <i>Falco peregrinus</i> | Residente | Ter | Ca | Pi, Za |
| Psittaciformes | | | | | |
| Psittacidae | <i>Myiopsitta monachus</i> | Exótica | Ter | Fr | Ha, Zu |
| | <i>Eupsittula canicularis</i> | Exótica | Ter | Fr | Pi, Zu |
| | <i>Amazona albifrons</i> | Exótica | Ter | Fr | Pi, Zu |
| | <i>Melopsittacus undulatus</i> | Exótica | Ter | Gr | Pi, Za |
| Passeriformes | | | | | |
| Tyrannidae | <i>Myiarchus cinerascens</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Pi, Ha |
| | <i>Tyrannus melancholicus</i> | Residente | Ter | Inv (Ins) | Pi, Ha |
| | <i>Tyrannus vociferans</i> | Residente | Ter | Inv (Ins) | Pi, Ha, Bi |
| | <i>Tyrannus verticalis</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Pi, Ha |

Tabla 1. Continuación.

| Orden | Especie | Estacionalidad | Hábitos* | Gremios alimenticios** | Hábitat*** |
|------------------|--|----------------|----------|------------------------|--------------------|
| | <i>Tyrannus forficatus</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Pi, Ha |
| | <i>Contopus cooperii</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Pi, Ha |
| | <i>Contopus pertinax</i> | Residente | Ter | Inv (Ins) | Pi, Ha |
| | <i>Contopus sordidulus</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Pi, Ha |
| | <i>Empidonax traillii</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| | <i>Empidonax minimus</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| | <i>Empidonax hammondi</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| | <i>Empidonax wrightii</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| | <i>Empidonax oberholseri</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| | <i>Empidonax occidentalis</i> | Residente | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| | <i>Empidonax fulvifrons</i> | Residente | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| | <i>Sayornis nigricans</i> | Residente | Ter | Inv (Ins) | Ca |
| | <i>Sayornis phoebe</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| | <i>Sayornis saya</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Pi, Za |
| | <i>Pyrocephalus rubinus</i> | Residente | Ter | Inv (Ins) | Pi, Za, Ca, Zu, Bi |
| Vireonidae | <i>Vireo huttoni</i> | Residente | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| | <i>Vireo cassini</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| | <i>Vireo solitarius</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| | <i>Vireo plumbeus</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| | <i>Vireo gilvus</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| Laniidae | <i>Lanius ludovicianus</i> | Residente | Ter | Ca, Inv (Ins) | Pi, Za, Bi |
| Corvidae | <i>Aphelocoma ultramarina</i> | Residente | Ter | Om | Ha |
| | <i>Corvus corax</i> | Residente | Ter | Om | Pi, Za |
| Alaudidae | <i>Eremophila alpestris</i> | Residente | Ter | Gr | Za |
| Hirundinidae | <i>Tachycineta bicolor</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Za, Ca |
| | <i>Tachycineta thalassina</i> | Residente | Ter | Inv (Ins) | Za, Ca |
| | <i>Stelgidopteryx serripennis</i> | Residente | Ter | Inv (Ins) | Za, Ca |
| | <i>Hirundo rustica</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Za, Ca, Bi |
| | <i>Petrochelidon pyrrhonota</i> | Residente | Ter | Inv (Ins) | Za, Ca |
| Aegithalidae | <i>Psaltriparus minimus</i> | Residente | Ter | Inv (Ins) | Ha, Bi |
| Regulidae | <i>Corthylio calendula</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| Bombacillidae | <i>Bombocilla cedrorum</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins), Fr | Ha |
| Ptiliongonatidae | <i>Ptiliongonys cinereus</i> | Residente | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| | <i>Phainopepla nitens</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Ha, Bi |
| Poliptilidae | <i>Poliptila caerulea</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| Troglodytidae | <i>Catherpes mexicanus</i> | Residente | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| | <i>Campylorhynchus brunneicapillus</i> | Residente | Ter | Inv (Ins) | Ha, Bi |
| | <i>Thryomanes bewickii</i> | Residente | Ter | Inv (Ins) | Ha, Ca |
| | <i>Troglodytes aedon</i> | Residente | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| | <i>Cistothorus palustris</i> | Residente | Ter | Inv (Ins) | Ca |
| Mimidae | <i>Toxostoma curvirostre</i> | Residente | Ter | Inv (Ins) | Ha, Za, Zu, Bi |
| | <i>Mimus polyglottos</i> | Residente | Ter | Inv (Ins) | Ha, Za, Zu, Bi |
| Sturnidae | <i>Sturnus vulgaris</i> | Exótica | Ter | Om | Zu, Za, Bi |
| Turdidae | <i>Catharus guttatus</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| | <i>Turdus rufopalliatus</i> | Residente | Ter | Inv (Ins) | Ha, Bi |
| | <i>Turdus migratorius</i> | Residente | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| Passeridae | <i>Passer domesticus</i> | Exótica | Ter | Om | Zu, Za, Pi, Ha |
| Motacillidae | <i>Anthus rubescens</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Pi, Za |
| Fringillidae | <i>Haemorhous mexicanus</i> | Residente | Ter | Gr | Za, Zu, Ha, Pi |
| | <i>Spinus psaltria</i> | Residente | Ter | Gr | Za, Ha, Pi, Bi |
| Passerellidae | <i>Peucaea botterii</i> | Residente | Ter | Gr | Pi |
| | <i>Ammodramus savannarum</i> | Migratoria | Ter | Gr | Pi |
| | <i>Chondestes grammacus</i> | Migratoria | Ter | Gr | Pi |
| | <i>Spizella passerina</i> | Residente | Ter | Gr | Pi |
| | <i>Spizella pallida</i> | Migratoria | Ter | Gr | Pi |
| | <i>Spizella atrogularis</i> | Residente | Ter | Gr | Pi |
| | <i>Poocetes gramineus</i> | Migratoria | Ter | Gr | Pi |
| | <i>Passerculus sandwichensis</i> | Residente | Ter | Gr | Pi |

Tabla 1. Continuación.

| Orden | Especie | Estacionalidad | Hábitos* | Gremios alimenticios** | Hábitat*** |
|--------------|--------------------------------------|----------------|----------|------------------------|--------------------|
| | <i>Melospiza melodia</i> | Residente | Ter | Gr | Pi, Ca |
| | <i>Melospiza lincolnii</i> | Residente | Ter | Gr | Pi |
| | <i>Melospiza fusca</i> | Residente | Ter | Gr | Pi, Ha, Zu, Za, Bi |
| | <i>Aimophila rufescens</i> | Residente | Ter | Gr | Pi |
| | <i>Aimophila ruficeps</i> | Residente | Ter | Gr | Pi |
| Icteridae | <i>Icteria virens</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| Icteridae | <i>Xanthocephalus xanthocephalus</i> | Migratoria | Ter | Gr | Za, Pi, Ca |
| | <i>Sturnella magna</i> | Residente | Ter | Inv (Ins) | Za, Pi |
| | <i>Icterus spurius</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Tu |
| | <i>Icterus cucullatus</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins), Fr | Ha |
| | <i>Icterus pustulatus</i> | Exótica | Ter | Inv (Ins), Fr | Ha |
| | <i>Icterus bullockii</i> | Residente | Ter | Inv (Ins), Fr | Ha |
| | <i>Icterus abeillei</i> | Residente | Ter | Inv (Ins), Fr | Ha |
| | <i>Agelaius phoeniceus</i> | Residente | Ter | Inv (Ins), Gr | Pi, Za, Tu |
| | <i>Molothrus aeneus</i> | Residente | Ter | Gr | Pi, Za |
| | <i>Molothrus ater</i> | Residente | Ter | Gr | Pi, Za |
| | <i>Quiscalus mexicanus</i> | Exótica | Ter | Om | Zu, Za, Ca, Bi |
| Parulidae | <i>Mniotilta varia</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| | <i>Leiothlypis peregrina</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| | <i>Leiothlypis celata</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| | <i>Leiothlypis ruficapilla</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| | <i>Geothlypis tolmiei</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Ca |
| | <i>Geothlypis trichas</i> | Residente | Ter | Inv (Ins) | Ca |
| | <i>Setophaga ruticilla</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| | <i>Setophaga petechia</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| | <i>Setophaga coronata</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Ha, Bi |
| | <i>Setophaga nigrescens</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| | <i>Setophaga townsendi</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| | <i>Setophaga occidentalis</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| | <i>Setophaga virens</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| | <i>Cardellina pusilla</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| Cardinalidae | <i>Piranga rubra</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| | <i>Piranga ludoviciana</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| | <i>Pheucticus ludovicianus</i> | Migratoria | Ter | Inv (Ins) | Ha |
| | <i>Pheucticus melanocephalus</i> | Residente | Ter | Gr | Ha |
| | <i>Passerina caerulea</i> | Residente | Ter | Inv (Ins), Gr | Pi, Za, Ha |
| | <i>Passerina cyanea</i> | Migratoria | Ter | Gr | Pi, Za, Ha |
| | <i>Passerina versicolor</i> | Residente | Ter | Gr | Pi, Za, Ha |
| | <i>Spiza americana</i> | Migratoria | Ter | Gr | Pi |
| Thraupidae | <i>Sporophila torqueola</i> | Residente | Ter | Gr | Ca |

*Hábitos (Ter, terrestre; Aq, acuática o semiacuática); **gremios alimenticios (Inv invertebrados -ins, insectos; Ina invertebrados acuáticos); Om, omnívoro; Gr, granívoro; Fr, frugívoro; Ne, nectarívoro; Ca, carnívoro; Co, carroñero); ***hábitat (Ha, edificaciones abandonadas con arbolado inducido; Pi, pastizal inducido; Zu, zona urbana; Za, cultivos; Bi, bosque inducido; Ca, cuerpos de agua asociado a tulares y a vegetación halófila).

Con relación al uso del hábitat, la mayor riqueza de especies se presentó en las edificaciones abandonadas con arbolado inducido con 92, pastizal inducido con 69, cuerpos de agua con 60 y cultivos con 52; mientras que los de menor riqueza fueron bosque inducido con 25 y zona urbana con 15 (Tabla 1). Se registró un total de tres especies endémicas de México: *Anas diazi*, *Rallus tenuirostris* e *Icterus abellei*. Del total de especies registradas sólo seis especies se encuentran catalogadas en riesgo:

Anas diazi catalogada como amenazada, y *Accipiter cooperii*, *A. striatus*, *Buteo platypterus*, *B. swainsoni*, *Asio flammeus* catalogadas bajo protección especial por la Norma Oficial Mexicana 059. Se registraron 25 especies de aves congregarias, ocupando lugares de alimentación y anidación durante la migración; así como bandas mixtas de *Agelaius phoeniceus*, *Molothrus ater*, *M. aeneus* y *Xanthocephalus xanthocephalus*, donde se llegaron a registrar más de 3 000 individuos en busca de sitios de alimentación.

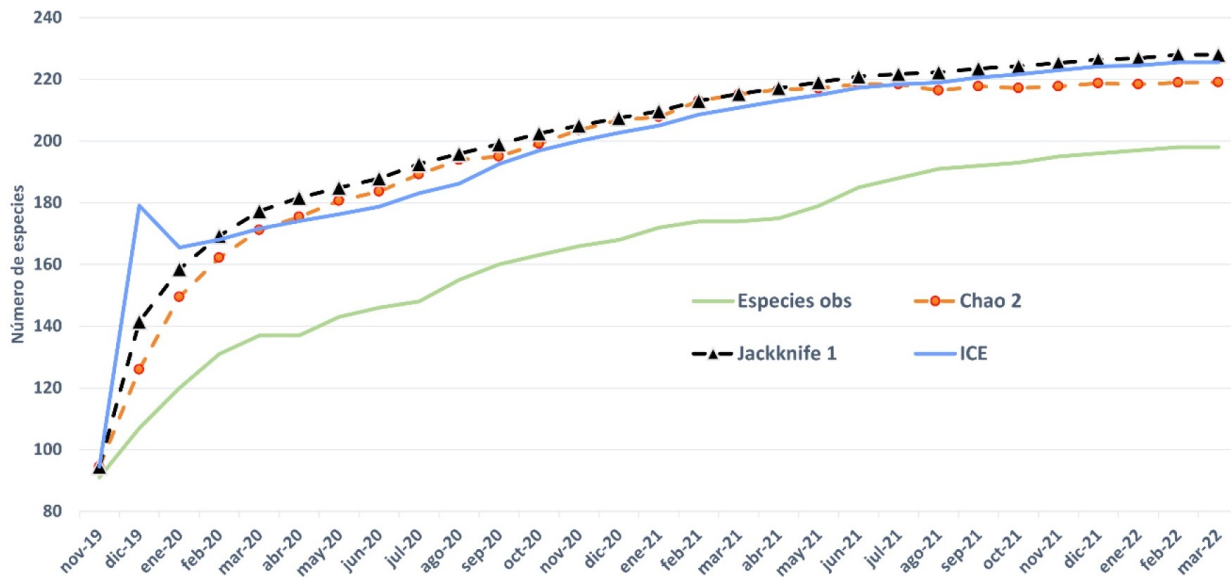


Figura 2. Curva de acumulación de las especies de aves registradas en el PEETRSH.

DISCUSIÓN

Se reporta la presencia de 199 especies de aves en el PEETRSH, lo que representa el 19% de las aves registradas en México (Navarro-Sigüenza *et al.* 2014), 7.06% de la avifauna reportada para el Estado de México (De Sucre *et al.* 2009) y 49.6% para el Valle de México (Meléndez-Herradas *et al.* 2016). A pesar de la continua transformación a los alrededores de este espacio verde urbano, el PEETRSH es un lugar de refugio, de paso y de alimentación de aves, migratorias y rapaces (Cayetano-Rosas *et al.* 2023), por lo que es un sitio clave para la migración. En el caso de las acuáticas, este grupo se moviliza entre los diferentes cuerpos de agua, probablemente en dirección noreste hacia la Laguna de Tecomomulco y Presa Tejocotal en el Estado de Hidalgo y otros grupos en dirección noroeste y sureste hacia otros cuerpos de agua como la Laguna de Zumpango, Lago Nabor Carrillo, Presa La Requena y Lago de Guadalupe. Por tanto, la alta riqueza de aves del PEETRSH, en un espacio relativamente pequeño e inmerso dentro de un mosaico urbano y agrícola puede ser el resultado de la heterogeneidad del paisaje compuesta por cultivos, arbolado en espacios verdes, remanentes de vegetación natural y pequeños humedales artificiales.

Esta riqueza de aves es alta con relación a otros sitios cercanos a este parque que tienen una mayor extensión como la Sierra de Guadalupe con 174 especies (Salazar *et al.* 2018, eBird 2022).

La composición y diversidad de aves en el PEETRSH varió entre los meses de muestreo, lo cual puede explicarse por la estructura del paisaje, la presencia de cuerpos de agua y vegetación circundante o por diferencias en los patrones de distribución o abundancia de recursos (Thiollay 2007). Así como por las condiciones creadas por actividades humanas, dado que estas nuevas condiciones ofrecen recursos principalmente para especies de hábitos generalistas y tolerantes a hábitats alterados (Shochat *et al.* 2010a, 2010b, González-Lagos *et al.* 2021), pero afectando de forma negativa a las poblaciones de especies vulnerables o poco abundantes (Clergeau *et al.* 2006). Dentro de este grupo de especies consideradas como generalistas, tolerantes y muchas de ellas introducidas, se puede mencionar a *Columba livia*, *Columbina inca*, *Streptopelia decaocto*, *Bubulcus ibis*, *Hirundo rustica*, *Thryomanes bewickii*, *Turdus migratorius*, *Quiscalus mexicanus*, *Molothrus aeneus*, *Haemorhous mexicanus*, *Spinus psaltria* y *Passer domesticus*, las cuales sobresalen por su mayor adaptación a las condiciones urbanas.

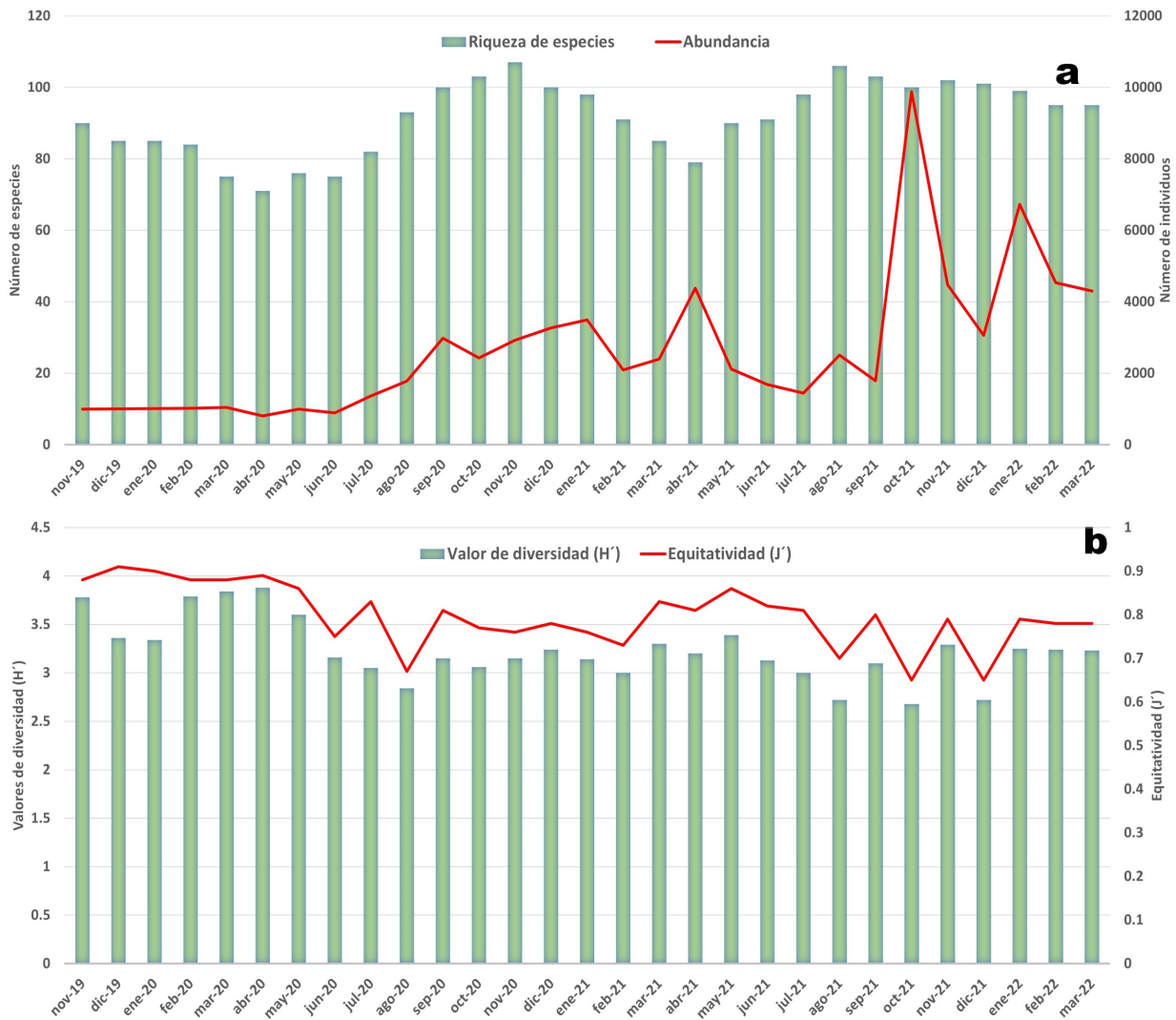


Figura 3. Variación mensual en los valores de riqueza de especies (a), abundancia (a), diversidad (H') (b) y equitatividad (J') (b) de las especies de aves en el PEETRSH.

De acuerdo con Miller *et al.* (2001), la presencia de estas aves puede estar relacionada con la vegetación introducida que se encuentra dentro y alrededor del PEETRSH (*Casuarina equisetifolia*, *Schinus molle*, *Ficus* sp, *Eucalyptus* sp, *Castilla elastica* y *Jacaranda mimosifolia*), dado que este mismo patrón se ha reportado en estudios realizados en otras regiones de México (Blasio y Pineda-López 2020). Por otro lado, algunas otras aves como *Cynanthus latirostris*, *Archilochus colubris*, *Dryobates scalaris*, *Piranga rubra*, *Turdus rufopalliatu*s, *Leiostyris ruficapilla* entre otras han encontrado un sitio de refugio en el

PEETRSH.

El análisis de la riqueza de especies y la curva de acumulación indicó que el muestreo tuvo más del 85% de representatividad (Colwell y Coddington 1995, Pineda y Halffter 2004). Lo anterior, podría indicar una selección de hábitat dado que muchas de especies de hábitos terrestres como acuáticas, muestran dispersiones locales, especialmente en distancias cortas o medias entre los diferentes humedales, además de que exhiben una alta adaptabilidad a la disponibilidad y uso de los recursos (Ayala-Pérez *et al.* 2013, Beatty *et al.* 2014).

Los grupos tróficos que dominaron la avifauna en el PEETRSH fueron los insectívoros y granívoros, probablemente debido a los tipos de vegetación y usos del suelo que generan los recursos que consumen estas aves. Esto concuerda con lo reportado en otras regiones de México (Blasio y Pineda-López 2020, López-Muñoz *et al.* 2022), y que podría deberse a la asociación a algún cuerpo de agua o sistema productivo que permite mantener una constante oferta de recursos (Ramírez-Albores y Pérez-Suárez 2019). Varios estudios han demostrado que estos grupos tróficos se ven especialmente beneficiados dentro de los ambientes urbanos (Kark *et al.* 2007, Carbo-Ramírez y Zuria 2011). Otro grupo importante fueron los carnívoros, que puede atribuirse a la alta disponibilidad de roedores, principalmente por la alta abundancia de tuzas (*Thomomys umbrinus*, *Cratogeomys merriami*) (Gómez-Garduño *et al.* 2021, Cayetano-Rosas *et al.* 2023). Lo anterior, podría explicar la presencia de nidos e individuos juveniles de *Buteo jamaicensis*, *Accipiter cooperi*, *A. striatus*, *Circus hudsonius*, *Elanus leucurus*, *Falco peregrinus* y *F. sparverius*, especies consideradas como tolerantes a las perturbaciones antrópicas (Chace y Walsh 2006, Kettel *et al.* 2018, Leveau 2022).

La riqueza de la avifauna encontrada en PEETRSH, se debe a que es un sitio de paso localizado en una zona de transición hacia ecosistemas semiáridos dominados por matorrales con arbolado disperso y los diversos cuerpos de agua, dado que se puede presentar un efecto de borde como resultado de la interacción de dos ecosistemas adyacentes en los que hay un aumento en la disponibilidad de recursos alimenticios, soportando así altas densidades de aves (Soifer *et al.* 2021). En este sentido, el PEETRSH se localiza dentro de la ruta migratoria del centro de México y representa un área de hibernación y de paso para muchas aves migratorias, presentándose una mayor riqueza entre noviembre y marzo, coincidiendo con lo reportado en otros trabajos (Ayala-Pérez *et al.* 2013, Ramírez-Bastida *et al.* 2018), por lo que toman mayor relevancia para su conservación. La riqueza y abundancia de especies muestra que incluso los pequeños humedales artificiales con vegetación podrían ser relevantes para

la conservación de las aves (McKinney *et al.* 2006, Bellio *et al.* 2009, Ma *et al.* 2010), ya que estos espacios verdes son un refugio para muchas especies migratorias. Por lo que su monitoreo es útil para incrementar el conocimiento de la avifauna y generar planes para su conservación.

Otro aspecto son las perturbaciones ocasionadas por las actividades aeroportuarias debido al establecimiento del AIFA. Por ejemplo, el uso del espacio aéreo por parte de las rapaces indica que el aeropuerto suele usarse como sitio de paso, dado que este grupo realiza sobrevuelos para caza en los pastizales y cultivos que se encuentran adyacentes al aeropuerto y al parque, pudiendo colisionar con las aeronaves durante estos movimientos (Sodhi 2002). Lo anterior, implica que muchas aves sean obligadas a desplazarse a nuevos sitios (Ning y Chen 2014, Elías-Cruzado y Madrid-Ibarra 2019). Durante los monitoreos no se encontraron evidencias de que las rutas de vuelo de este grupo de aves hayan tenido afectaciones, ni cambios por la preparación del sitio o la construcción del aeropuerto. Pero esto puede deberse al poco tránsito aéreo actual, pero en un futuro habrá un incremento sustancial cuando el AIFA comience a operar en su totalidad, por lo que se requiere continuar con los monitoreos por las condiciones biológicas y etológicas de las aves. En este sentido el establecimiento de programas de monitoreo e investigación de largo plazo, permiten actualizar los conocimientos y dar seguimiento a los cambios, para entender los patrones, procesos y tendencias que aporten información valiosa para el manejo adecuado. Sin embargo, en zonas adyacentes al aeropuerto, pero relativamente lejanas de las rutas de vuelo de las aeronaves mayor o igual a 15 km se pueden encontrar condiciones idóneas para las aves (Blackwell *et al.* 2008, Andersson *et al.* 2017, Pfeiffer *et al.* 2018). Estas condiciones pueden resultar atractivas para las aves, como cuerpos de agua u humedales artificiales, cercos vivos, camellones arbolados, pastizales con vegetación adyacente, incluyendo otros espacios verdes urbanos (McKinney *et al.* 2006, Bellio *et al.* 2009, Ma *et al.* 2010). Por tanto, el extenso sistema de pequeños humedales ubicados a los alrededores y dentro de la ZMCM

pueden representar un hábitat amplio para las aves en su conjunto (Ramírez-Bastida *et al.* 2008, Ayala-Pérez *et al.* 2013).

CONCLUSIONES

La riqueza avifaunística (199 especies) revela la importancia del PEETRSH para la conservación, como sitio de refugio, reproductivo y de paso de muchas especies. La presencia de especies migratorias refuerza la necesidad de mantener las actividades relacionadas con el monitoreo a largo plazo de las poblaciones y los cambios ambientales dentro y en áreas adyacentes al parque. Este tipo de estudios son de importancia, debido a que permiten entender cómo las áreas verdes urbanas son espacios importantes que contribuyen a mantener la riqueza y abundancia de las aves en las ciudades. Los resultados apoyan la idea de realizar acciones de manejo para integrar a ambientes alterados en la planificación urbana de la ZMCM para la conservación de la biodiversidad regional. Para ello, es

necesario realizar estudios que aborden temas como la alimentación de las diferentes especies, el uso de hábitat, el estado de salud de los individuos y aspectos demográficos como el éxito reproductivo y la supervivencia en poblaciones de especies representativas de los distintos grupos de aves, y de cómo las distintas condiciones ambientales podrían influir en dichos aspectos.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de la Defensa Nacional y al Instituto de Ingeniería de la UNAM. Al personal del Parque Estatal Ecológico, Recreativo y Turístico Sierra Hermosa por el apoyo logístico y las facilidades otorgadas, en específico a Noé Cabañas por su apoyo en los recorridos. A los ejidatarios de Tecamac, Nextlalpan, San Miguel Jaltocan, San Lucas Xolox, San Juan Pueblo Nuevo y San Juan Zitlaltepec por facilitarnos el trabajo de campo en sus terrenos.

LITERATURA CITADA

- Andersson K, Davis CA, Blackwell BF, Heinen JR (2017) Wetland bird abundance and safety implications for military aircraft operations. *Wildlife Society Bulletin* 41: 424-433.
- Arriaga L, Espinoza JM, Aguilar C, Martínez E, Gómez L, Loa E (Coords) (2000) Regiones terrestres prioritarias de México. CONABIO. México. 609p.
- Ayala-Pérez V, Arce N, Carmona R (2013) Distribución espacio-temporal de aves acuáticas invernantes en la ciénega de Tláhuac, planicie lacustre de Chalco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84: 327-337.
- Beatty WS, Kesler DC, Webb EB, Raedeke AH, Naylor LW, Humburg DD (2014) The role of protected area wetlands in waterfowl habitat conservation: implications for protected area network design. *Biological Conservation* 176: 144-152.
- Bellio MG, Kingsford RT, Kotagama SW (2009) Natural versus artificial - wetlands and their waterbirds in Sri Lanka. *Biological Conservation* 142: 3076-3085.
- Blackwell BF, Schafer LM, Helon DA, Linnell MA (2008) Bird use of stormwater management ponds: decreasing avian attractants on airports. *Landscape and Urban Planning* 86: 162-170.
- Blasio C, Pineda-López R (2020) Diversidad de aves en ambientes antrópicos en una localidad del semidesierto del centro de México. *Huitzil* 21: e572. DOI: 10.28947/hrmo.2020.21.2.449
- Carbó-Ramírez P, Zuria I (2011) The value of small urban greenspaces for birds in a Mexican city. *Landscape and Urban Planning* 100: 213-222.

- Castillo-Muñoz M, Guzmán-Hernández JL (2021) Composición y estructura de la comunidad de aves en un corredor ribereño urbano del área metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México. *Huitzil* 22: e628. DOI: 10.28947/hrmo.2021.22.2.499.
- Cayetano-Rosas H, Ramírez M, Gómez-Garduño JO, Piñón N, Bautista-Trejo R, Valverde JG, Ramírez-Albores JE (2023) Composición espacial y temporal de aves acuáticas y rapaces en humedales del centro de México. *Cuadernos de Investigación UNED* 23: e4382. DOI: 10.22458/urj.v15i1.4382.
- Chace J, Walsh JJ (2006) Urban effects on native avifauna: a review. *Landscape and Urban Planning* 74: 46-69.
- Chesser RT, Billerman SM, Burns KJ, Cicero C, Dunn JL, Hernández-Baños BE, Jiménez RA, Krater AW, Mason NA, Rasmussen PC, Rensler Jr. JV, Stotz DF, Winker K (2022) Sixty-third supplement to the American Ornithological Society's Checklist of North American Birds. *Ornithology* 139: 1-13.
- Clergeau P, Jokimäki, J, Savard JPL (2001) Are the urban birds communities influenced by the bird diversity of adjacent landscapes? *Journal of Applied Ecology* 38: 1122-1134.
- Clergeau P, Croci S, Jokimäki J, Kaisanlathi-Jokimäki M, Dinetti M (2006) Avifauna homogenization by urbanization: Analysis at different European latitudes. *Biological Conservation* 127: 336-344.
- Colwell RK (2018) EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. User's Guide and application. <https://purl.oclc.org/estimates>. Fecha de consulta 6 de enero de 2023.
- Colwell RK, Coddington JA (1995) Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. In: Hawksworth DL (ed) *Biodiversity: Measurement and estimation*. Chapman & Hall. London. pp: 101-118.
- De Sucre AE, Ramírez-Bastida P, Gómez de Silva H, Ramírez S (2009) Aves. In: Ceballos G, List R, Garduño G, López-Cano R, Muñozcano MJ, Collado E, San Román JE (comps) *La diversidad biológica del Estado de México. Estudio de Estado*. Gobierno del Estado de México. Toluca, México. pp: 131-144.
- Dunn JL, Alderfer J (2008) *Field guide to the birds of North America*. National Geographic Society. Washington, D.C. 503p.
- eBird (2022) eBird: an online database of bird distribution and abundance [web application]. eBird, Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY. <https://www.ebird.org>. Fecha de consulta: 6 de enero de 2023.
- Elías-Cruzado CA, Madrid-Ibarra FM (2019) Distribución espacial y temporal de avifauna en el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, Callao-Perú. *Biotempo* 16: 257-269.
- Ezcurra E, Mazari-Hiriart M (1998) Son viables las megaciudades? *Las enseñanzas de la Ciudad de México. Gaceta Ecológica* 48: 6-23.
- Gobierno del Estado de México (2022) Actualización del Programa de Manejo del Parque Estatal Ecológico, Turístico y Recreativo Sierra Hermosa. Publicado en el periódico oficial *Gaceta de Gobierno* el 5 de abril de 1994.
- Gómez-Garduño JO, Bautista-Trejo R, Cayetano-Rosas H, Ramírez-Albores JE (2021) Rapaces de la periferia norte y este de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, México. *Spizaetus* 32: 9-17.
- González-García F, Gómez-de-Silva H (2003) Especies endémicas: riqueza, patrones de distribución y retos para su conservación. In: Gómez de Silva H, Oliveras de Ita A (eds) *Conservación de aves. Experiencias en México*. CIPAMEX, CONABIO, NFWF, México. pp: 150-154.
- González-Lagos C, Cardador L, Sol D (2021) Invasion success and tolerance to urbanization in birds. *Ecography* 44: 1642-1652.

- González-Salazar C, Martínez-Meyer E, López-Santiago G (2014) A hierarchical classification of trophic guilds for North America birds and mammals. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 931-941.
- Grimm N, Faeth S, Golubiewski N, Redman C, Wu J, Bai X, Briggs JM (2008) Global change and the ecology of cities. *Science* 319: 756-760.
- Hortal J, Borges PAV, Gaspar C (2006) Evaluating the performance of species richness estimators: sensitivity to sample grain size. *Journal of Animal Ecology* 75: 274-287.
- Howell SNG, Webb S (1995) *A guide to the birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University Press. New York. 851p.
- INEGI (2020) *Censo de población y vivienda 2020*. Instituto Nacional de Geografía y Estadística. México. <https://censo2020.mx>. Fecha de consulta: 18 de abril de 2023.
- Isaksson C (2018) Impact of urbanization on birds. In: Tietze DT (ed) *Bird species. How they arise, modify and vanish*. Springer. Cham, Switzerland. pp: 235-258.
- Kark S, Iwaniuk A, Schalimtzek A, Banker E (2007) Living in the city: can anyone become an 'urban exploiter'? *Journal of Biogeography* 34: 638-651.
- Kettel EF, Gentle LK, Quinn JL, Yarnell RW (2018) The breeding performance of raptors in urban landscapes: a review and meta-analysis. *Journal of Ornithology* 159: 1-8. DOI: 10.1007/s10336-017-1497-9.
- Leveau LM (2022) Large-scale variations of raptor communities in urban green spaces of neotropical cities. *Perspectives in Ecology and Conservation* 20: 352-359.
- López-Muñoz EC, Enríquez PL, Saldaña-Vázquez RA, Hernández-Morales F, Vandame R, Rodríguez-Estrella R (2022) Diversidad avifaunística y gremios tróficos en tres condiciones diferentes de cobertura vegetal selvática, al sureste de Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 38: 1-36. DOI: 10.21829/azm.2022.3812434.
- Ma Z, Cai Y, Li B, Chen J (2010) Managing Wetland Habitats for Waterbirds: An international perspective. *Wetland* 30: 15-27.
- Magurran AE (2004) *Measuring biological diversity*. Blackwell Science Ltd. Oxford, UK. 272p.
- McKinney AL (2006) Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation* 127: 247-260.
- McKinney RA, McWilliams SR, Charpentier MA (2006) Waterfowl-habitat associations during winter in an urban North Atlantic estuary. *Biological Conservation* 132: 239-249.
- Meléndez-Herrada A, Gómez de Silva H, Ortega-Álvarez R (2016) Aves. In: CONABIO, SEDEMA (eds), *La biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. II, CONABIO-SEDEMA, México. pp: 404-413.
- Metz IC, Ellerbroek J, Mühlhausen T, Kügler D, Hoekstra JM (2020) The birdstrike challenge. *Aerospace* 7: 7030026. DOI: 10.3390/aerospace7030026.
- Miller JR, Fraterrigo JM, Hobbs NT, Theobald DM, Wiens, JA (2001) Urbanization, avian communities, and landscape ecology. In: Marzluff JM, Bowman R, Donnelly R (eds) *Avian ecology and conservation in an urbanizing world*. Kluwer Academic. Norwell, Massachusetts. pp: 117-137.
- Moreno CE, Halffter G (2000) Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology* 37: 149-158.

- Navarro-Sigüenza AG, Lira-Noriega A, Peterson AT, Oliveras de Ita A, Gordillo-Martínez A (2007) Diversidad, endemismo y conservación de las aves. In: Luna I, Morrone JJ, Espinosa D (eds) Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana. FES Zaragoza, UNAM-Instituto de Biología, UNAM-CONABIO-UNAM. México. pp: 461-483.
- Navarro-Sigüenza AG, Rebón-Gallardo MF, Gordillo-Martínez A, Peterson AT, Berlanga H, Sánchez-González LA (2014) Biodiversidad de aves. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 476-495.
- Ning H, Chen W (2014) Bird strike risk evaluation at airports. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology* 86: 129-137.
- ONU (2018) 2018 Revision of world urbanization prospects. United Nations. <https://population.un.org/wup/>. Fecha de consulta: 6 de enero de 2023.
- Pfeiffer MB, Kougher JD, DeVault TL (2018) Civil airports from a landscape perspective: a multi-scale approach with implications for reducing bird strikes. *Landscape and Urban Planning* 179: 38-45.
- Pineda E, Halffter G (2004) Species diversity and habitat fragmentation: frogs in a tropical montane landscape in Mexico. *Biological Conservation* 117: 499-508.
- Pineda-López R, Malagamba-Rubio A, Ojeda-Orranti JA (2013) Detección de aves exóticas en parques urbanos del centro de México. *Huitzil* 14: 56-64.
- Ramírez-Albores JE, Pérez-Suárez M (2019) El papel de la Universidad Autónoma del Estado de México-campus El Cerrillo como refugio de la diversidad de aves en el Valle de Toluca, México. *Ciencia ergo-sum* 25(3): e32. DOI: 10.30878/ces.v25n3a10.
- Ramírez-Bastida P, Navarro-Sigüenza AG, Peterson AT (2008) Aquatic bird distributions in Mexico: designing conservation approaches quantitatively. *Biodiversity and Conservation* 17: 2525-2558.
- Ramírez-Bastida P, Meléndez-Herrada A, López-Saut EG, Saldaña-Martínez S, Ruiz-Rodríguez A, Vargas-Gómez M, Cruz-Nava AR, Dávalos-Fong MI, García UD, Sánchez-Sánchez C, Gómez-Rosas A (2018) Importancia de los ambientes acuáticos urbanos para las aves nativas: el caso de la zona metropolitana de la Ciudad de México. In: Ramírez-Bautista A, Pineda-López R (eds) *Ecología y conservación de fauna en ambientes antropizados*. REFAMA-CONACyT-UAQ. Querétaro, México. pp: 5-28.
- Rudnick D, Ryan SJ, Beier P, Dieffenbach F (2012) The role of landscape connectivity in planning and implementing conservation and restoration priorities. *Issues in Ecology* 16: 1-20.
- Salazar R, Altamirano TA, Soriano M (2018) Avifauna del cerro Ehecatl, municipio de Ecatepec de Morelos, Estado de México. *Revista Zoológica* 29: 59-79.
- Santiago-Alarcón D, Delgado CA (2017) Warning! Urban threats for birds in Latin America, In: MacGregor-Fors I, Escobar-Ibañez JF (eds) *Avian ecology in Latin America cityscapes*. Springer, Cham, Switserland. pp: 125-142.
- SEMARNAT (2010) Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010. Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación 30 de diciembre de 2010.
- Shanahan DF, Strohbach MW, Warren PS, Fuller RA (2014) The challenges of urban living. In: Gil D, Brumm H (eds) *Avian urban ecology: Behavioural and physiological adaptations*. Oxford University Press. Oxford, UK. pp: 3-20.

- Sibley DA (2014) *The Sibley guide to birds*. 2nd ed. Knopf. New York. 624p.
- Sochat E, Lerman SB, Fernández-Juricic E (2010a) Birds in urban ecosystems: population dynamics, community structure, biodiversity, and conservation. In: Aitkenhead-Peterson JA, Volder A (eds) *Urban Ecosystems Ecology*, American Agronomy Society. Madison, WI, USA. pp: 75-86.
- Sochat E, Lerman SB, Anderies JM, Warren PS, Faeth SH, Nilon CH (2010b) Invasion, competition, and biodiversity loss in urban ecosystems. *BioScience* 60: 199-208.
- Sodhi NS (2002) Competition in the air: birds versus aircraft. *The Auk* 119: 587-595.
- Soifer LG, Donovan SK, Brentjens ET, Bratt AR (2021) Piecing together cities to support bird diversity: development and forest edge density affect bird richness in urban environments. *Landscape and Urban Planning* 213: 104122. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2021.104122.
- Sorani VG, Rodríguez G, Reygadas DD (2016) Usos y cobertura de suelo. In: CONABIO, SEDEMA (eds) *La biodiversidad de la Ciudad de México*, vol. I. CONABIO-SEDEMA. México. pp: 104-112.
- Suárez-Lastra M (2016) Expansión urbana y reemplazo del hábitat natural. In: CONABIO, SEDEMA (eds) *La biodiversidad de la Ciudad de México*, vol. I. CONABIO-SEDEMA. México. pp: 119-126.
- Thiollay JM (2007) Raptor communities in French Guiana: distribution, habitat selection, and conservation. *Journal of Raptor Research* 41: 90-105.
- Threlfall CG, Mata L, Mackie JA, Hahs AK, Stork NE, Williams NSG, Livesley SJ (2017) Increasing biodiversity in urban green spaces through simple vegetation interventions. *Journal of Applied Ecology* 54: 1847-1883.
- Unión Americana de Ornólogos (2023) Checklist of North and Middle American Birds. <https://checklist.americanornithology.org>. Fecha de consulta: 18 de abril de 2023
- Verissimo D, MacMillan DC, Smith RJ (2011) Toward a systematic approach for identifying conservation flagships. *Conservation Letters* 4: 1-8.