

<https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.v71i1.50729>

Las áreas verdes urbanas con vegetación mixta favorecen la riqueza y abundancia de aves en Ciudad Victoria, Tamaulipas, México

Vannia del C. Gómez-Moreno¹;  <https://orcid.org/0000-0002-9074-7508>

Othón J. González-Gaona¹;  <https://orcid.org/0000-0002-9232-5376>

Santiago Niño-Maldonado^{2*};  <https://orcid.org/0000-0002-7494-6531>

Ausencio Azuara-Domínguez¹;  <https://orcid.org/0000-0002-1180-1538>

Ludivina Barrientos-Lozano¹;  <https://orcid.org/0000-0001-5370-4667>

1. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, Boulevard Emilio Portes Gil, núm. 1301, C.P. 87010, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México; mantiz@outlook.es, othonjavier@hotmail.com, azuarad@gmail.com, ludivinab@yahoo.com
2. Facultad de Ingeniería y Ciencias, Centro Universitario Victoria, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Adolfo López Mateos, C.P. 87149, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México; coliopteranino@hotmail.com (*Correspondencia)

Recibido 02-IX-2022. Corregido 06-I-2023. Aceptado 26-IV-2023.

ABSTRACT

Urban green areas with mixed vegetation favor avian richness and abundance in Ciudad Victoria, Tamaulipas, Mexico.

Introduction: The presence and structure of vegetation in urban areas have an impact on the composition of bird communities. Green areas with a higher ratio of introduced vegetation tend to have a greater homogenization of avifauna, whereas green areas with a high ratio of native vegetation have a greater diversity of birds. In several studies carried out in urban areas of Mexico, the factors of vegetation are not considered. Therefore, the responses of the species to vegetation types in terms of richness and diversity are unknown.

Objective: To analyze the composition of bird species in the green areas of Ciudad Victoria, Tamaulipas, and evaluate the response of bird communities in areas with differences in vegetation composition. As well as to analyze the relationship between the trophic guilds in birds and vegetation in urban areas.

Methods: Three sampling sites were established in Ciudad Victoria, Tamaulipas, Mexico, based on two criteria: similar sampling area (ha) and differences in vegetation characteristics. Monitoring took place between January and December 2020, with three monthly visits in each site for a total of 108 visits, using the direct visual method.

Results: We identified 98 species (11 orders, 28 families). The most abundant species were *Quiscalus mexicanus* and *Molothrus aeneus*. Differences in species richness were found for each site. The insectivorous and granivorous were the dominant guilds. An association between the guilds and the study sites was determined, where most were linked to mixed native vegetation, compared to homogeneous or introduced vegetation.

Conclusions: The urban areas studied maintained a notable number of birds, and several of them presented some category of risk or endemism. This demonstrates the importance of these green areas composed of native vegetation as a refuge for birds and highlights the need to conserve and protect these areas within Ciudad Victoria and similar cities.

Key words: avifauna; diversity; guilds; refuges; urbanization.



RESUMEN

Introducción: La presencia y estructura de la vegetación en áreas urbanas tiene un impacto en la composición de las comunidades de aves. Las áreas verdes con una mayor proporción de vegetación introducida tienden a presentar una homogeneización de avifauna, mientras que las áreas verdes con alta proporción de vegetación nativa presentan mayor diversidad de aves. En varios trabajos realizados en áreas urbanas de México, estos factores no son tomados en cuenta. Por lo tanto, se desconocen las respuestas de las especies en términos de riqueza y diversidad.

Objetivo: Analizar la composición de especies de aves en las áreas verdes de Ciudad Victoria, Tamaulipas y evaluar la respuesta de las comunidades de aves en tres áreas verdes con diferente composición de vegetación. Así como analizar la relación entre los gremios tróficos de aves con los elementos de la vegetación en las áreas urbanas.

Métodos: El estudio se llevó a cabo en tres sitios de muestreo de Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, con base en dos criterios: área similar de muestreo (ha) y diferencias en las características de la vegetación. Los monitoreos se realizaron de enero a diciembre de 2020, con tres visitas mensuales en cada sitio para un total de 108 visitas, utilizando el método visual directo.

Resultados: Identificamos 98 especies (11 órdenes, 28 familias). Las especies más abundantes fueron *Quiscalus mexicanus* y *Molothrus aeneus*. Hubo diferencias en la riqueza de especies para cada sitio. Las insectívoras y granívoras fueron las dominantes. Se determinó una asociación entre los gremios y los sitios de estudio, donde la mayoría están relacionados con la vegetación mixta, comparado con la vegetación homogénea o introducida.

Conclusiones: Las áreas urbanas estudiadas mantuvieron un número notable de aves, y varias de ellas presentaron alguna categoría de riesgo o endemismo. Esto demuestra la importancia de estas áreas verdes como refugio de aves y resalta la necesidad de conservar y proteger dichas áreas dentro de Ciudad Victoria y ciudades similares.

Palabras clave: avifauna; diversidad; gremios; refugios; urbanización.

Nomenclatura: AT1: Anexo Tabla 1; AT2: Anexo Tabla 2; AF1: Anexo Figura 1.

INTRODUCCION

El aumento de la población humana promueve el crecimiento de la urbanización, así como de una mayor demanda de infraestructura, desarrollo de residencias y comercios. Debido a esto, se generan cambios o pérdidas de áreas verdes que son esenciales para la fauna en los ambientes urbanos (Shwartz et al., 2013). El diseño y mantenimiento de las áreas verdes en la ciudad es de gran importancia para la calidad de vida del ser humano y en especial para la fauna silvestre urbana (Ikin et al., 2013; Shwartz et al., 2013). De manera específica, las comunidades de aves constituyen uno de los taxones más sensibles a los cambios del paisaje en las áreas urbanas (Morante-Filho et al., 2015). Donde las especies son capaces de adaptarse a las áreas urbanas, algunas son exploradoras que se benefician de los recursos y otras tienden a desplazarse a zonas forestales (Aronson et al., 2014; Chace & Walsh, 2006).

Los principales elementos que dan mantenimiento a las poblaciones de aves en la ciudad son los árboles en las calles, jardines y remanentes de vegetación nativa (Zuñiga-Palacios et al., 2020). Dependiendo de la estructura y composición de la vegetación en estas áreas verdes urbanas, así como de su tamaño, tendrán un efecto sobre la riqueza de aves (Hong et al., 2012; Young et al., 2007). Por ejemplo, las áreas verdes pequeñas con una mayor proporción de vegetación introducida tienden a presentar una baja riqueza de aves u homogeneización biótica (Kowarik, 1995; Thompson et al., 2003). Mientras que las áreas verdes con alta proporción de vegetación nativa están asociadas con una mayor diversidad de aves (Hostetler & Main, 2010; Meurk & Swaffield, 2000). Esto dado a que los frutos de los árboles nativos pueden proporcionar una fuente de alimento valiosa para una amplia gama de gremios, en especial para las aves nectarívoras y frugívoras (Beissinger & Osborne, 1982).

Dado que las aves en ambientes urbanos presentan diferencias en sus requerimientos ecológicos, las respuestas de cada una de las especies a las características de la vegetación urbana tienden a diferir (Litteral & Wu, 2012). Por lo que, una adecuada planeación en la distribución y selección del arbolado sembrado en las áreas urbanas reduciría los efectos negativos para la avifauna, ya que muchas especies podrían utilizar el arbolado en las calles para desplazarse, alimentarse, perchar o anidar (White et al., 2005).

En México se han llevado a cabo estudios sobre la avifauna urbana durante las últimas dos décadas (Almazán-Núñez & Hinterholzer-Rodríguez, 2010; Arizmendi et al., 1994; Carbó-Ramírez & Zuria, 2011; Castro-Torreblanca & Blancas, 2014; Chávez-Zichinelli et al., 2010; Cupul-Magaña, 1996; Gómez-Aíza & Zuria, 2010; González-Oreja et al., 2007; MacGregor, 2005; Necedal, 1987; Ortega-Álvarez & MacGregor-Fors, 2010; Pablo-López & Díaz-Porras, 2011; Pineda-López, 2009; Pineda-López et al., 2010; Ruelas & Aguilar, 2010). No obstante, estos estudios no han considerado las variables que pueden influir en la abundancia y riqueza de las aves en las áreas urbanas, como la estructura y composición de la vegetación (Chace & Walsh, 2006; Møller, 2008; Schütz & Schulze, 2015; Zhou & Chu, 2012). Así, el conocimiento sobre los efectos de la urbanización en las comunidades de aves aún es limitado, a pesar de que los procesos de urbanización suelen ser rápidos e intensos en gran parte de la república mexicana (INEGI, 2020).

Tomando en cuenta la importancia de estudiar la diversidad de aves en los ecosistemas urbanos, en particular en las áreas verdes, los objetivos de este estudio fueron: 1) analizar la composición de especies de aves en las áreas verdes de Ciudad Victoria, Tamaulipas, 2) evaluar la respuesta de las comunidades de aves en tres áreas verdes con diferente composición de vegetación, y 3) analizar la relación entre los gremios tróficos de aves con los elementos de la vegetación en las áreas urbanas.

Debido a que la vegetación influye en la disponibilidad de recursos (p. ej., alimentación, percha y anidación), esperamos que las características de los árboles (nativos y exóticos) de los tres sitios tengan un efecto en la diversidad taxonómica y funcional de las comunidades de aves. Este trabajo busca conocer la respuesta de las especies de aves ante los cambios que se presentan en las áreas urbanas y tratar de mejorar dichas áreas a futuro, con la intención de conservar y mantener las poblaciones de aves en los ecosistemas urbanos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: El municipio de Ciudad Victoria se encuentra en la región central del estado de Tamaulipas (23°43'15.4" N & 99°09'04.9" W, 365 m.s.n.m) (Fig. 1A). Cuenta con una extensión territorial de 1 538.25 km² (INEGI, 2015) (Fig. 1B). Con un total de 311 421 habitantes. Además, la ciudad presenta un crecimiento extensivo y desordenado en la superficie urbanizada. En la actualidad presenta un total de 70.22 km² de área construida (INEGI, 2017) (Fig. 1C). Está conformada por seis tipos de vegetación, los de mayor dominancia son: matorral submontano, bosque de encino y bosque de pino (Elizondo, 2009). Presenta un clima semicálido húmedo con temperatura media anual superior a 18 °C, mientras que la temperatura del mes más frío es inferior a 18 °C y la temperatura de los meses más calientes supera los 22 °C. La precipitación del mes más seco es inferior a 40 mm, mientras que las lluvias de verano con índices de P/T menores de 43.2 mm y un porcentaje de lluvia invernal que oscila entre el 5 y 10.2 % del total anual (García, 1998).

Selección y descripción de los sitios de estudio: Durante agosto y septiembre de 2019, se llevaron a cabo salidas preliminares para identificar tres áreas que cumplieran con dos criterios: 1) que presentaran superficies similares, y 2) presencia de vegetación compuesta por árboles y arbustos tanto nativos como exóticos. Una vez ubicadas las áreas, se delimitaron

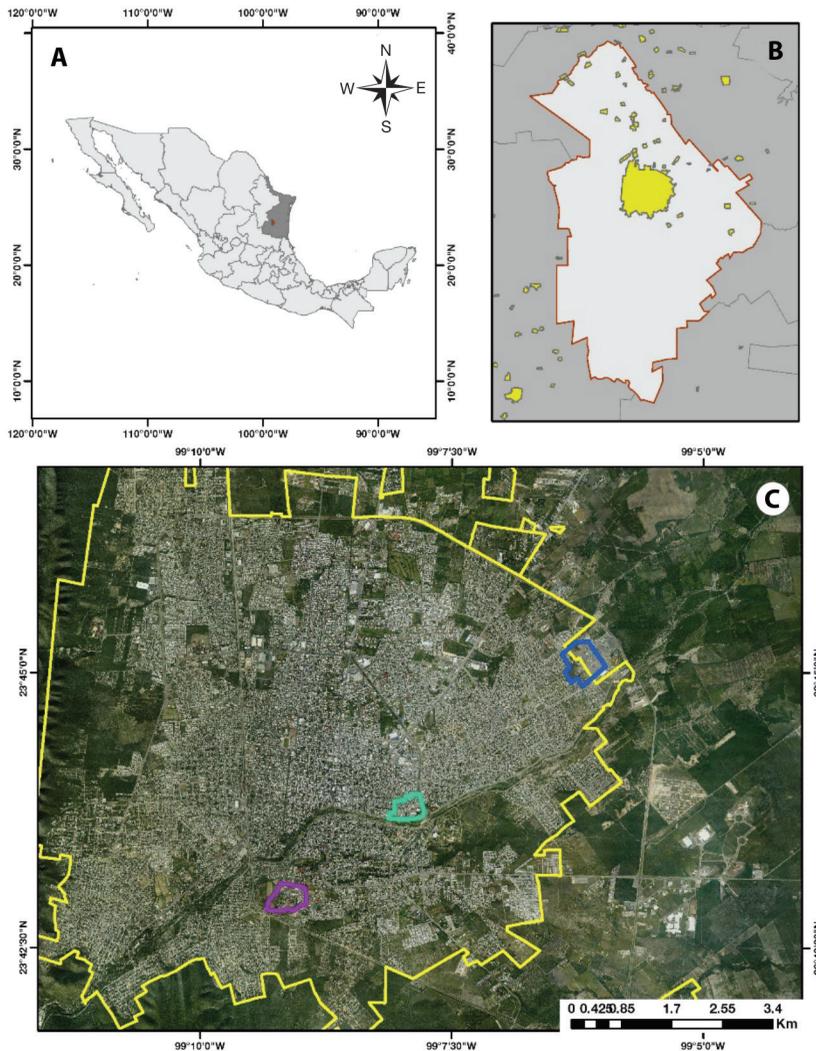


Fig. 1. Ubicación geográfica del área de estudio. **A.** ubicación del estado de Tamaulipas, **B.** municipio de Ciudad Victoria, Tamaulipas, **C.** Mancha urbana de Ciudad Victoria (delimitación en amarillo). Se observan las áreas de muestreo: Área Morada = Centro Universitario (CU), Área verde = Torre López Portillo (TLP) y Área Azul = Parque Bicentenario (PB). / **Fig. 1.** Geographical location of the study area. **A.** location of the state of Tamaulipas, **B.** municipality of Ciudad Victoria, Tamaulipas, **C.** Urban area of Ciudad Victoria (delimitation in yellow). The sampling areas are observed: Purple Area = University Center (CU), Green Area = Torre López Portillo (TLP) and Blue Area = Bicentennial Park (PB).

las superficies de muestreo en hectáreas (ha). Estas mediciones se hicieron mediante imágenes satelitales procesadas en ArcMap 10.2. Posteriormente, realizamos una clasificación supervisada en los sitios de muestreo, este análisis permite la exploración de los atributos en las áreas. Para esto, se utilizó el algoritmo de máxima verosimilitud (asume la probabilidad

de que un pixel cualquiera pertenezca a cada una de las clases). Para este análisis se usaron imágenes tipo raster que fueron procesadas en el ArcMap 10.2 con las herramientas de Spatial Analyst. Se tomaron en cuenta cuatro clasificaciones: cobertura arbórea, pastos, asfalto, edificios y/o viviendas (Willington et al., 2013). También se ejecutó una fase de

comprobación y reclasificación (Fig. 2), la cual consistió en una comprobación preliminar con información de campo. Con esta clasificación supervisada se analizó la cobertura arbórea presente, y se obtuvo una mejor visualización de los componentes que presenta cada una de las áreas urbanas de muestreo. Con base en lo anterior, se establecieron los siguientes tres sitios de muestreo.

- 1) Centro Universitario (CU): Cuenta con una superficie de 16.18 ha, presenta una mezcla de vegetación nativa conformada por ébano (*Ebenopsis ebano*, Fabaceae), anacua (*Ehretia anacua*, Ehretiaceae), tenaza (*Havardia pallens*, Fabaceae), mezquite (*Prosopis tamaulipana*, Fabaceae). Entre la vegetación exótica destacan árboles como casuarina (*Casuarina cunninghamiana*,

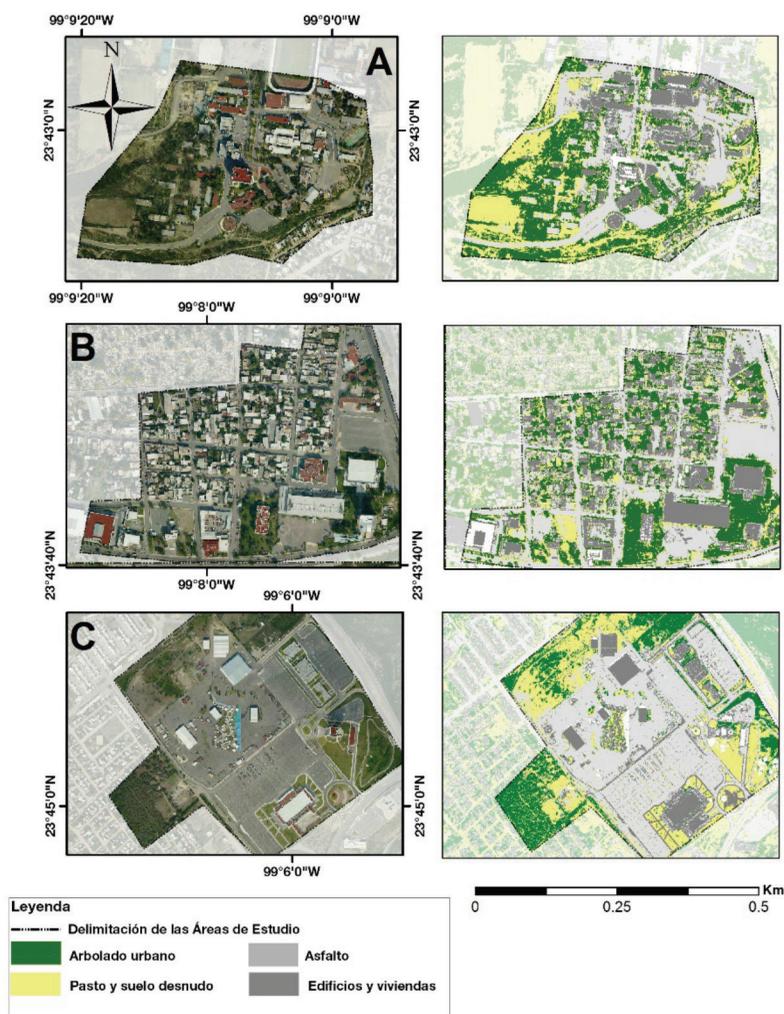


Fig. 2. Clasificaciones supervisadas de las tres áreas urbanas de estudio en Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. Lado izquierdo imagen satelital. Lado derecho imagen satelital procesada con clasificación supervisada. Se indica con letras en negritas los sitios. **A.** Centro Universitario (CU), **B.** Torre López Portillo (TLP), **C.** Parque Bicentenario (PB). / **Fig. 2.** Supervised classifications of the three urban study areas in Ciudad Victoria, Tamaulipas, Mexico. Left side satellite image. Right side satellite image processed with supervised classification. The sites are indicated in bold letters. **A.** University Center (CU), **B.** Torre López Portillo (TLP), **C.** Bicentennial Park (PB).



- Casuarinaceae), palmas (*Washingtonia filifera* y *W. robusta*, Arecaceae), álamo (*Platanus occidentalis*, Platanaceae), neem (*Azadirachta indica*, Meliaceae), guayaba (*Psidium guajava*, Myrtaceae), naranjo agrio (*Citrus aurantium*, Rutaceae) y mora (*Morus alba*, Moraceae) (Mora-Olivo & Martínez-Ávalos, 2012; Shalisko, 2019). Esta combinación de elementos presenta alturas que oscilan entre 1 y 20 m (Fig. 2A). Por la combinación de elementos nativos y exóticos este sitio fue categorizado como área de vegetación mixta.
- 2) Torre López Portillo (TLP): Presenta una superficie de muestreo de 16.07 ha, la vegetación está dominada por árboles y arbustos exóticos en su mayoría por fresno (*Fraxinus americana*, Oleaceae), neem (*A. indica*), brassaia (*Schefflera actinophylla*, Araliaceae), ficus (*Ficus benjamina*, Moraceae) y crotón (*Codiaeum variegatum*, Euphorbiaceae) (Mora-Olivo & Martínez-Ávalos, 2012; Shalisko, 2019). La altura promedio de la vegetación oscila entre 1 y 15 m de altura (Fig. 2B). Por la alta dominancia de elementos exóticos, fue categorizada como área de vegetación exótica.
 - 3) Parque Bicentenario (PB): Cuenta con una superficie de 17.25 ha, presenta una mezcla homogénea de árboles y arbustos (Fig. 2C), la mayoría está conformada por encinos (*Quercus* sp., Fagaceae), seguido de palma mexicana (*W. robusta*), anacahuita (*Cordia boissieri*, Cordiaceae) y san pedro (*Tecoma stans*, Bignoniaceae) (Mora-Olivo & Martínez-Ávalos, 2012; Shalisko, 2019). La altura promedio de la vegetación oscila entre 1 y 8 m. Por la alta dominancia de árboles de encino (*Quercus* sp.) en el área, esta fue categorizada como área de vegetación homogénea.

Muestreo de las aves: Los monitoreos se efectuaron de enero a diciembre de 2020. Se llevaron a cabo tres visitas mensuales para cada una de las tres áreas de estudio (36 visitas en 12 meses), haciendo un total de 108 muestreos al año. El método de identificación de

las aves consistió en observación directa con binoculares (18 x 56 mm). Se contabilizaron todas las aves que estaban en cada área y se omitieron aquellas que solo sobrevolaban los sitios de muestreo. Se estableció un recorrido a lo largo de una ruta permanente equivalente a 3.25 km, en horarios de 07:00 a 12:00 h. Por la tarde se hizo un recorrido exclusivo de 15:00 a 19:00 h, para la identificación de aves que no se observaron por la mañana, evitando el doble conteo de las aves (Gómez-Moreno et al., 2016; Krauth & Salazar, 2018).

Para la identificación de las especies se utilizaron las obras de Kaufman (2005) y de Dunn y Alderfer (2006). La nomenclatura taxonómica se apega a la propuesta por la American Ornithologists Union (Chesser et al., 2020). Para determinar las categorías de residencia de las especies (R = Residente, MI = Migratoria de invierno, T = Transitoria) se siguieron los criterios de Howell y Webb (1995) y de Sibley y Allen (2000). Las categorías asignadas representaron la dieta principal de las especies (i. e. carnívoras, frugívoras, granívoras, insectívoras, nectarívoras y omnívoras) (Gómez-Moreno et al., 2022). Se determinó el estado de conservación de cada especie con base en la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2021), al igual que la Norma Oficial Mexicana, Nom-059-SEMAR-NAT-2010 (SEMARNAT, 2010). Se siguió a Howell y Webb (1995) para determinar el endemismo de especies en México.

Análisis estadísticos: Se utilizaron índices de diversidad basados en la estructura de la comunidad. El índice de Simpson (D) cuantifica la probabilidad de que dos individuos tomados al azar en una muestra sean de la misma especie. Este análisis se complementa con el índice de dominación (entre 0 y 1). De manera que cuando este valor incrementa, la diversidad disminuye (Magurran, 2004). El índice de Shannon-Wiener expresa la uniformidad en la distribución de la abundancia por cada una de las especies muestreadas (Moreno, 2000). Este toma valores entre 1.5 y 3.5, e incluso, en ocasiones toma un valor de 4, cuando se trata

de comunidades con elevada diversidad (Margalef, 1972). Los valores obtenidos del índice de Shannon-Wiener (H') se transformaron a diversidad verdadera siguiendo a Jost (2010).

Se utilizó un análisis de varianza con permutaciones (PERMANOVA) de una vía para comparar la composición de especies entre cada sitio de muestro (Anderson, 2001). Para este análisis se utilizó el índice de Bray-Curtis como medida de distancia, con 9999 permutaciones aleatorias, estableciendo un valor de $P < 0.05$ como límite para valores significativos. Para conocer la variación de los gremios tróficos de las especies de aves entre los sitios (PB, TLP y CU), se aplicó una prueba de análisis de correspondencia (AC). Esta prueba multivariada de ordenamiento permite relacionar categorías con variables discretas (Gotelli & Ellison, 2002). Las relaciones de cercanía-lejanía entre puntos calculados reflejan la relación de dependencia y semejanza, donde los puntos más cercanos entre sí se encuentran más relacionados (Legendre & Legendre, 2003). De manera complementaria, se utilizó la prueba de χ^2 para medir el grado de asociación entre ambas variables (gremios-sitios) con un nivel de significancia $P < 0.05$. Los cálculos se realizaron

en PAST 3.07 y STATISTICA 13.0 (Hammer et al., 2001; StatSoft, 2021).

RESULTADOS

Se registraron 98 especies de aves que corresponden a 11 órdenes y 28 familias, con una abundancia total de 9 178 individuos. Las especies más comunes fueron *Quiscalus mexicanus* con 1 508 ejemplares, *Molothrus aeneus* con 1 247, *Passer domesticus* con 842, *Zenaida asiatica* con 571, y *Columba livia* con 508. La lista completa de especies se muestra en AT 1.

De acuerdo con el estado de residencia, se registraron 39 especies migratorias, 53 residentes y seis de tránsito o paso. También se identificaron tres especies introducidas, a saber, *C. livia*, *P. domesticus* y *Streptopelia decaocto*.

Las familias con mayor abundancia correspondieron a Columbidae con 241 individuos, seguido de Tyrannidae con 203 e Icteridae con 181; mientras que las menos abundantes fueron Ardeidae, Regulidae y Tityridae, con un individuo cada una (Fig. 3).

Análisis y comparación entre sitios:

La riqueza y abundancia de aves varió entre los sitios de muestreo. El sitio CU aportó el

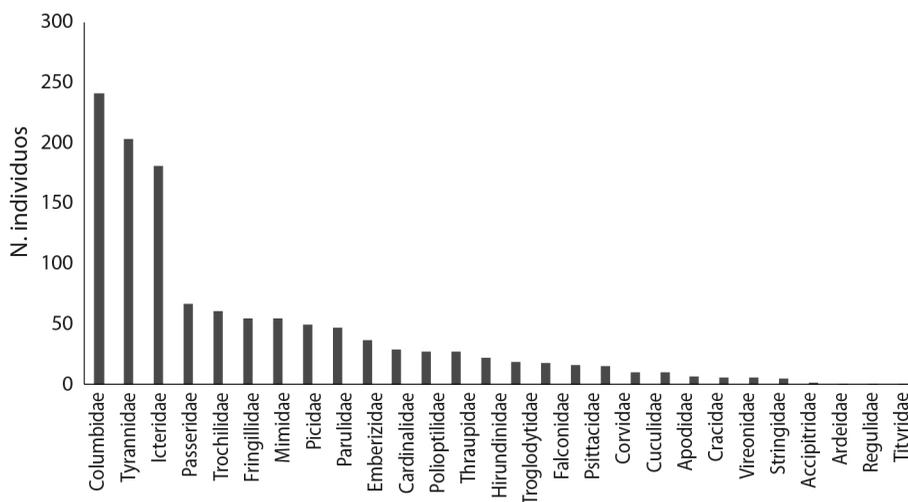


Fig. 3. Abundancia de las familias de aves presentes en tres áreas urbanas de Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. / **Fig. 3.** Abundance of bird families present in three urban areas of Ciudad Victoria, Tamaulipas, Mexico.



TABLA 1 / TABLE 1

Riqueza, diversidad y abundancia de las aves en las tres áreas de estudio en Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. / Richness, diversity and abundance of birds in the three study areas in Ciudad Victoria, Tamaulipas, Mexico.

Número de especies	TLP	PB	CU
	36	46	79
Abundancias	2 848	3 117	3 213
D = índice Simpson (dominancia)	0.09916	0.2154	0.06553
1/D = índice de diversidad Simpson	0.9008	0.7846	0.9345
H' = índice Shannon-Wiener	2.688	2.081	3.221
e ^{H'} = Shannon Diversity	14.70	8.01	25.05

mayor número de especies con 79 y 3 213 individuos, en comparación con PB (46 spp., 3 117 individuos) y TLP (36 spp.; 2 848 individuos) (Tabla 1). En cuanto a diversidad verdadera, el sitio PB presentó la menor diversidad con $e^{H'} = 8.01$ y valores elevados de dominancia de especies ($D = 0.2154$), seguido de TLP con $e^{H'} = 14.70$ ($D = 0.099$), mientras que CU presentó los valores más altos de diversidad con $e^{H'} = 25.05$ y una baja dominancia de especies ($D = 0.065$).

El análisis de PERMANOVA indicó que la composición de avifauna fue diferente en casi todas las comparaciones ($SS = 7.03$, $Ss = 4.60$, $F = 7.13$, $P < 0.0001$), a excepción de la comparación entre los sitios CU y TLP ($F = 1.864$, $P > 0.05$) (Tabla 2).

TABLA 2 / TABLE 2

Análisis de PERMANOVA de la composición de aves entre sitios de Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. PERMANOVA analysis of bird composition between sites in Ciudad Victoria, Tamaulipas, Mexico

	PB	TLP	CU
PB	-	3.113	2.651
TLP	0.0018	-	1.864
CU	0.0144	0.1155	-

Diagonal superior: valores F; valores diagonales inferiores a P. / Upper diagonal: F values; lower diagonal values than P.

Gremios tróficos: Se identificaron ocho gremios tróficos para las áreas urbanas de ciudad Victoria. De los cuales, las insectívoras fueron las más abundantes (3 877 individuos),

de estas, las especies comunes fueron *M. aeneus*, *Tyrannus couchii*, *Pitangus sulphuratus* y *Melanerpes aurifrons*. Seguido de las granívoras con 3 309 individuos, integradas en su mayoría por *C. livia*, *Z. asiatica* y *Z. macroura*. Omnívoras con 1 550 individuos que fueron mejor representadas por *Q. mexicanus*. Las frugívoras (222 individuos) y nectarívoras (185 individuos) fueron poco abundantes en los sitios de estudio, mientras que las carnívoras (31 individuos), carroñeras (tres individuos) y piscívoras (un individuo) fueron las de menor frecuencia y abundancia en las áreas.

El análisis de χ^2 indicó que la presencia de los gremios tróficos está asociada a los sitios de muestreo y al tipo de vegetación que presenta cada área ($\chi^2 = 7162.9$, g.l. = 194, $P < 0.0001$). Mientras que el análisis de correspondencia (AC) mostró las distribuciones de los gremios tróficos entre las áreas de estudio, e indicó que los dos ejes explican el 89.04 % de la variación de los datos (Fig. 4). Este análisis muestra que CU, con presencia de vegetación mixta, presenta la mayor concentración de gremios tróficos e incluso tres gremios (carroñeros, carnívoros y piscívoros) son exclusivos de esta área, en comparación con PB y TLP, que presentaron una menor asociación con estos.

Estado de conservación y endemismo de las especies: De las 98 especies identificadas en las áreas, se determinaron algunas con estatus de conservación a nivel nacional según SEMARNAT (2010). A saber, dos en peligro de extinción (P; *Amazona oratrix* y *A.*

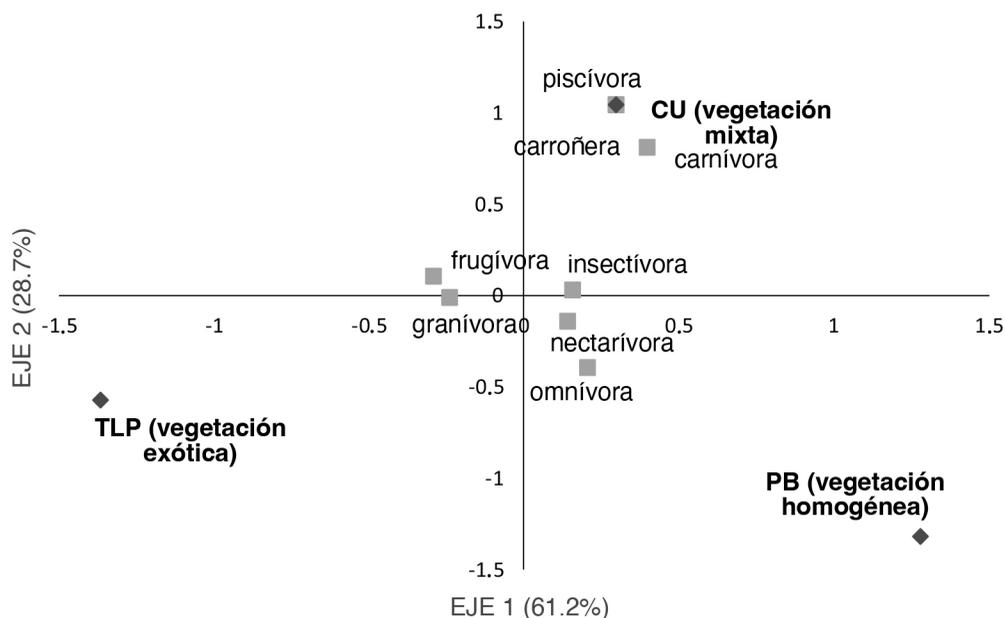


Fig. 4. Análisis de correspondencia (AC) de la asociación y distribución de los gremios en función a los sitios de Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. / **Fig. 4.** Correspondence analysis (CA) of the association and distribution of the guilds according to the sites of Ciudad Victoria, Tamaulipas, Mexico.

viridigenalis) y dos sujetas a protección especial (Pr; *Passerina ciris* y *Falco peregrinus*).

A nivel global, la IUCN (2021) categorizó dos especies en peligro de extinción (EN; *A. oratrix* y *A. viridigenalis*), dos especies casi amenazadas (NT; *Contopus cooperi* y *P. ciris*) y una Vulnerable (Vu; *Chaetura pelagica*).

Además, siguiendo a Howell y Webb (1995) se encontraron siete especies endémicas: cuatro cuasiendémicas (CE; *Amazilia yucatanensis*, *A. oratrix*, *A. viridigenalis* e *Icterus graduacauda*), dos semiendémicas (SE; *I. cucullatus* y *Cyananthus latirostris*) y una endémica (E: *Rhodothraupis celaeno*).

DISCUSIÓN

Las áreas verdes de la ciudad albergan 49 % de las especies descritas para el municipio de Victoria, Tamaulipas (Cantú et al., 2020). Consideramos que es un porcentaje alto de riqueza para el área, ya que al comparar nuestros resultados con el estudio de MacGregor-Fors et al. (2021) quienes analizaron las áreas verdes de

24 ciudades capitales de México, identificaron una riqueza de aves que oscila entre 13 y 38 especies de aves en las áreas verdes y atribuyen esto a la poca estructura vegetal en las áreas urbanas. Por lo que, este estudio demuestra que la presencia de parches verdes con vegetación mixta son un factor clave que explica la variación en la riqueza y abundancia de las aves. Los resultados obtenidos son similares a los estudios de Carbó-Ramírez y Zuria (2011), Kang et al. (2015) y Zhou y Chu (2012), quienes señalan que los espacios verdes en las ciudades proporcionan hábitats y disponibilidad de recursos, tales como sitios para anidar, alimento y zonas de descanso o percha (Schütz & Schulze, 2015). Mientras que el tamaño de las áreas verdes proporciona un aumento en la complejidad y variabilidad de los recursos (Fernández-Juricic & Jokimäki, 2001), que son útiles para más especies con diferentes requerimientos alimenticios o de anidamiento (Fernández-Juricic, 2000; Zanette et al., 2000).

Tomando en cuenta lo anterior y añadiendo los tamaños de las tres áreas de estudio CU, TB



y TLP, estas son relativamente grandes (16 - 17 ha), por lo que se obtuvieron altos valores de riqueza de aves. En comparación con los estudios de Carbó-Ramírez & Zuria (2011) y Shanahan et al. (2011) que toman encuentra áreas pequeñas (1-3 ha), y en consecuencia registran un menor número de especies. Esto indica que el tamaño de las áreas verdes tiene un efecto en la riqueza y en la abundancia de las especies. Las áreas pequeñas están limitadas en recursos y son aprovechadas por pocas especies que generalmente son las mejor adaptadas a estos ambientes urbanos. Mientras que las áreas verdes más grandes, proporcionan una mayor diversidad de hábitats y disponibilidad de recursos para un mayor número de especies (Cornelis & Hermy, 2004; Schütz & Schulze, 2015). Así, las áreas verdes en ciudad Victoria, contribuyen al mantenimiento de las comunidades de aves y desempeñan un papel en apoyo para sus funciones ecológicas de las especies residentes, las migratorias y transitorias que visitan estas áreas.

Los resultados obtenidos demuestran que las características que presentan las tres áreas de estudio (PB, TLP y CU) influyen sobre la diversidad, riqueza y abundancia de las especies de aves. Cada área presenta diferencias significativas en cuanto a la composición de la avifauna que se alberga y que hace uso de los recursos. Por lo que, se considera que un elemento de gran influencia sobre las especies de aves es la vegetación y su complejidad. Por ejemplo, el sitio CU presenta una mayor cobertura, altura y variedad de elementos de vegetación nativa y exótica. Promoviendo una mayor variedad de recursos como frutos, semillas y flores para un mayor número de especies, mientras que la altura de los árboles (promedio de 20 m) presentes en el área de CU aumenta la complejidad del dosel brindando sitios potenciales para anidación, refugio o percha (Lindenmayer et al., 2014; Patricelli & Blickley, 2006). Por lo tanto, la estructura de la vegetación en las áreas urbanas tiene un efecto positivo y explica que CU aporte la mayor diversidad y riqueza de aves. Por su parte, los otros dos sitios de muestreo (TLP y PB) presentan una vegetación

fragmentada de pequeños parches verdes, una menor cobertura, presencia de vegetación exótica, al igual que una mayor presencia de edificios, casas y asfalto. Esto promueve una baja riqueza y diversidad de especies para ambas áreas, que posiblemente se deba a dos factores: 1) la presencia de una mayor cobertura de asfalto, edificios y viviendas en las áreas que provocan un descenso en el número de especies, ya que muchas aves son sensibles al proceso de la urbanización (Meffert & Dziock, 2013; Sandström et al., 2006) y, 2) a los pocos recursos alimenticios que la vegetación exótica pueda proveer a unas cuantas especies de aves, incrementando la homogenización biótica en estas áreas. Por tanto, la cobertura y el número de árboles nativos y exóticos presentes en las áreas verdes influyen sobre la riqueza de aves. Algunos autores como Zhou y Chu (2012) y Schütz y Schulze (2015), explican que la presencia de vegetación variada (nativa, introducida, remanentes de vegetación original y/o arbustos), generan una complejidad de elementos vegetativos, que podrían ser las razones de los cambios y la alta riqueza de especies de aves en las diferentes áreas (Kang et al., 2015).

Sin embargo, cuando esta mezcla de elementos en la vegetación nativa y exótica cambia a una mayor dominancia de vegetación exótica, se genera una homogenización en la estructura vegetal, con una menor variabilidad y disponibilidad de recursos (Kühn et al., 2004; La Sorte & McKinney, 2006; McKinney, 2006; Ricotta et al., 2012). Esto a menudo genera que las especies de aves nativas tengan una desventaja competitiva. Esto llega a generar una disminución en la riqueza y diversidad en las áreas verdes urbanas (Lososova et al., 2012).

Gremios tróficos: Se identificó que las especies insectívoras y granívoras fueron las más abundantes en las tres áreas. Estos resultados son similares a los reportados en algunos estudios, en los cuales se atribuye que estos gremios encuentran su alimento sin dificultad en las zonas urbanas (Germain et al., 2008; Maragliano et al., 2009; Ruelas & Aguilar, 2010; Leveau & Leveau, 2011). Varias de las

especies granívoras son consideradas oportunistas, como *P. domesticus*, *C. livia* y *Columbina inca*; además, pueden obtener su alimento de restos de comida o incluso se dejan alimentar por las personas en los parques. Las insectívoras buscan su alimento en el aire o en el dosel de los árboles, por lo cual, este gremio no se ven afectados por la urbanización (Leveau & Leveau, 2011). Las frugívoras y nectarívoras presentaron menos abundancia en las tres áreas de estudio. La baja presencia de estos gremios está restringida por algunos factores como la temporada de floración y fructificación de las plantas en las áreas verdes, una vez que concluye este periodo muchas especies se desplazan a otras zonas (Gómez-Moreno et al., 2022).

Por lo regular, la poca disponibilidad de alimento en cuanto a flores y frutos en las áreas verdes se debe al mal diseño de los parques o áreas verdes donde se sustituye la vegetación nativa por exótica, y que en muchas ocasiones los frutos o flores de estos árboles no son de la preferencia de algunas especies de aves (Corlett, 2005; Lim & Sodhi, 2004; White et al., 2005).

En este mismo sentido, se observaron diferencias significativas entre los gremios presentes en las áreas. El sitio CU presentó mayor variedad de gremios, incluso tres de ellos son exclusivos (carnívora, carroñera y piscívora) de esta área, en comparación PB y TLP. Estas diferencias pueden estar relacionadas con la composición del arbolado urbano de CU y presencia del remanente de vegetación nativa a los alrededores. CU presenta árboles con 20 m de altura, con amplias coberturas que generan sitios de percha para algunas especies de gran tamaño como rapaces, carroñeras o pericos. También cuenta con árboles frutales como anacua (*E. anacua*), manzanita (*E. tinifolia*), mezquite (*P. tamaulipana*), nopal (*Opuntia engelmannii*, Cactaceae), mora (*M. alba*) y guamúchil (*Pithecellobium dulce*, Fabaceae) que han servido de alimento para varias especies correspondientes a los géneros *Amazona*, *Toxostoma*, *Thraupis*, *Zenaida*, *Piranga* e *Icterus*. Otras especies de arbustos, como *T. stans*, *Malvaviscus arboreus* (Malvaceae), *O.*

engelmannii y *Agave angustifolia* (Agavaceae), en época de floración atraen a una gran variedad de colibríes (Niño-Maldonado, com. pers., 2019). Mientras que TLP presenta una menor variedad en los árboles y muchos de estos son exóticos de escasa fructificación, al igual que, PB presenta una homogenización en la vegetación, al presentar una mayor abundancia de una sola especie de árbol (*Quercus* sp.). Estos diseños en la vegetación urbana son inadecuados en estas dos áreas (TLP y PB), conllevan a una disminución de los gremios tróficos. Por lo tanto, la complejidad de la vegetación o mantener un equilibrio entre la vegetación nativa e introducida en las áreas urbanas tiene un efecto positivo en los diferentes gremios (Lindenmayer et al., 2014; Lososova et al., 2012; Threlfall et al., 2016).

Importancia de las áreas verdes: Las áreas verdes urbanas de Ciudad Victoria, son de gran importancia para la presencia y mantenimiento de la diversidad de aves. De estas, cada año reciben una parte de aves migratorias y transitorias. Mientras que a lo largo del año es posible observar a las aves residentes. Algunas de estas especies se encuentran bajo alguna categoría de riesgo (IUCN, 2021; SEMARNAT, 2010), como las dos especies de loros (*A. oratrix* y *A. viridigenalis*) en peligro de extinción o especies endémicas (*A. yucatanensis*, *A. oratrix*, *A. viridigenalis*, *I. graduacauda*, *I. cucullatus*, *R. celaeno*), que se han identificado en las áreas verdes urbanas.

En conjunto, la elevada riqueza de aves en las áreas verdes de Ciudad Victoria, la presencia de especies bajo alguna categoría de riesgo y la existencia de endemismos en áreas verdes, ponen de manifiesto la importancia de estas áreas o refugios para la presencia de las aves, dado que todas las especies de este estudio fueron observadas utilizando, de algún modo, los recursos que representan. Por lo que, es necesario la conservación, mantenimiento de estas áreas dentro de las zonas urbanas. Al igual que, hacer una gestión adecuada de la vegetación en las futuras áreas verdes.



Con base en lo anterior, se hacen las siguientes sugerencias. En primer lugar, se debe planificar y mejorar la composición de las plantaciones de árboles que en un futuro proporcionarán hábitats y áreas de alimentación para las especies de aves. Se debe considerar una proporción de vegetación nativa y exótica con una proporción de césped, para crear áreas verdes urbanas más complejas (Karuppanan et al., 2014; Toledo et al., 2011). Donde se generen hábitats con una variedad de recursos que pueden utilizar una amplia gama de especies, en particular aves nativas. También, se debe tomar en cuenta árboles frutales nativos o de valor nutricional que puedan beneficiar a las aves (Stagoll et al., 2012; Lindenmayer et al., 2014; Threlfall et al., 2016). En nuestro caso identificamos que las aves se alimentan de los frutos del nopal cuijo (*O. engelmannii*), granjeno (*Celtis pallida*, Cannabaceae), guamúchil (*P. dulce*), manzanita (*E. tinifolia*), anacua (*E. anacua*), palo hediondo (*Cestrum dumentorum*, Solanaceae) y las flores del san pedro (*T. stans*), las cuales consideramos adecuadas para la alimentación de una gran variedad de aves, en especial, para las aves nectarívoras y frugívoras que fueron poco frecuentes en las áreas urbanas de ciudad Victoria. Lo cual puede deberse a la falta de alimento para estas especies. Se sugiere que estas observaciones sean tomadas en cuenta para el manejo de las áreas verdes urbanas del estado de Tamaulipas, con la intención de mejorar y conservar la diversidad de aves en las zonas urbanas.

Declaración de ética: los autores declaran que todos están de acuerdo con esta publicación y que han hecho aportes que justifican su autoría; que no hay conflicto de interés de ningún tipo; y que han cumplido con todos los requisitos y procedimientos éticos y legales pertinentes. Todas las fuentes de financiamiento se detallan plena y claramente en la sección de agradecimientos. El respectivo documento legal firmado se encuentra en los archivos de la revista.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Tamaulipas, en especial a la Facultad de Ingeniería y Ciencias por las facilidades brindadas. De igual manera, al Instituto Tecnológico de Cd. Victoria Tamaulipas. También al Conacyt por el apoyo con la beca y a la Consultoría SEPROBIO (Servicios Técnicos en Biodiversidad) por el apoyo financiero. Por último, agradecemos a los revisores por sus comentarios que permitieron mejorar este manuscrito.

Ver apéndice digital /
See digital appendix - a22v70n1-A1

REFERENCIAS

- Almazán-Núñez, R. C., & Hinterholzer-Rodríguez, A. (2010). Dinámica temporal de la avifauna en un parque urbano de la ciudad de Puebla, México. *Revista de Ornitología Huitzil*, 11(1), 26–34.
- Anderson, M. (2001). A new Method of non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, 26, 32–46. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2001.01070.pp.x>
- Arizmendi, M. del C., Espinoza, A., & Ornelas, J. F. (1994). Las aves del Pedregal de San Ángel. En A. Rojo (Ed.), *Reserva Ecológica, El Pedregal de San Ángel: ecología, historia natural y manejo* (pp. 239–260). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Aronson, M. F. J., La Sorte, F. A., Nilon, C. H., Katti, M., Goddard, M. A., Lepczyk, C. A., Warren, P. S., Williams, S. G., Cilliers, S., Clarkso, B., Dobbs, C., Dolan, R., Hedblom, M., Klotz, S., Louwe, K. J., MacGregor-Fors, I., McDonnel, M., Mortberg, U., Pysek, P.,... Winter, M. (2014). A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers. *Proceedings of the Royal Society*, 281, 1–8. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.3330>
- Beissinger, S. R., & Osborne, D. R. (1982). Effects of urbanization on avian community organization. *The Condor*, 84(1), 75–83. <https://doi.org/10.2307/1367825>
- Cantú, G. J. C., Rodríguez, R. E. R., Sánchez, S. M. E., & Moreno, A. (2020). Guía rápida de las aves del municipio de Ciudad Victoria, Tamaulipas. Gobierno del Estado de Tamaulipas, México.
- Carbó-Ramírez, P., & Zuria, I. (2011). The value of small urban greenspaces for birds in a Mexican city. *Landscape and Urban Planning*, 100(3), 213–222. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.12.008>

- Castro-Torreblanca, M., & Blancas, E. (2014). Aves de Ciudad Universitaria, campus Sur de la Universidad Autónoma de Guerrero, Chilpancingo, Guerrero, México. *Huitzil*, 15(2), 82–92.
- Chace, J. F., & Walsh, J. J. (2006). Urban effects on native avifauna: a review. *Landscape and Urban Planning*, 74, 46–79. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.08.007>
- Chávez-Zichinelli, C. A., MacGregor-Fors, I., Talamas Rohana, P., Valdez, R., Romano, M. C., & Schon-dube, J. E. (2010). Stress responses of the House Sparrow (*Passer domesticus*) to different urban land uses. *Landscape and Urban Planning*, 98, 183–189. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.08.001>
- Chesser, R. T., Billerman, S. M., Burns, K. J., Cicero, C., Dunn, J. L., Kratter, A. W., Lovette, I. J., Mason, N. A., Rasmussen, P. C., Remsen, J. V., Stotz, D. F., & Winker, K. (2020). Check-list of North American Birds. American Ornithological Society. <http://checklist.aou.org/taxa>
- Corlett, R. T. (2005). Interactions between birds, fruit bats and exotic plants in urban Hong Kong, South China. *Urban Ecosyst*, 8, 275–283. <https://doi.org/10.1007/s11252-005-3260-x>
- Cornelis, J., & Hermy, M. (2004). Biodiversity relationships in urban and suburban parks in Flanders. *Landscape and Urban Planning*, 69(4), 385–401. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.10.038>
- Cupul-Magaña, F. G. (1996). Incidencia de avifauna en un parque urbano de Los Mochis, Sinaloa, México. *Ciencia Ergo-Sum*, 3, 193–200.
- Dunn, J., & Alderfer, J. (2006). *Field Guide to the Birds of North America*. National Geographic Society.
- Elizondo, R. (2009). *Guía de árboles y otras plantas nativas de la zona metropolitana de Monterrey*. Fondo Editorial de Nuevo León.
- Fernández-Juricic, E. (2000). Avifaunal use of wooded streets in an urban landscape. *Conservation Biology*, 14(2), 513–521. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.98600.x>
- Fernández-Juricic, E., & Jokimäki, J. (2001). A habitat island approach to conserving birds in urban landscape: case studies from southern and northern Europe. *Biodiversity and Conservation*, 10, 2023–2043. <https://doi.org/10.1023/A:1013133308987>
- García, E. (1998). Precipitación total anual. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México (CONABIO). <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Germain, P., Cuevas, Y., Sanhueza, C. F., Tizón, R., Loydi, A., Villalobos, A. E., Zapperi, G., Vázquez, B., Pompozzi, G., & Piován, M. J. (2008). Ensamble de aves en zonas con diferente grado de urbanización en la ciudad de bahía blanca Buenos Aires, Argentina. *BioScriba*, 1(2), 35–45.
- Gómez-Aíza, L., & Zuria, I. (2010). Aves visitantes a las flores del maguey (*Agave salmiana*) en una zona urbana del centro de México. *Ornitología Neotropical*, 21, 17–30.
- Gómez-Moreno, V del C., Niño-Maldonado, S., & Sánchez-Reyes, J. U. (2016). Lista ornitológica del Centro Universitario de Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. *Huitzil*, 17(1), 33–43.
- Gómez-Moreno, V. del C., González-Gaona, O. J., López-Mancilla, A., Montoya-Cruz, L., Vela-Puga, J. J., & Niño-Maldonado, S. (2022). Dinámica estacional de las comunidades de aves en el matorral submontano de la Sierra de San Carlos, Tamaulipas, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 38, 1–18. <https://doi.org/10.21829/azm.2022.3912416>
- González-Oreja, J. A., Bonache, C., Buzo, D., De la Fuente, A. A., & Hernández, L. (2007). Caracterización ecológica de la avifauna de los parques urbanos de la ciudad de Puebla, México. *Ardeola*, 54, 53–67.
- Gotelli, N. J., & Ellison, A. M. (2002). *A primer of ecological statistic*. Sinauer Associates.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 1–9.
- Hong, S. H., Han, B. H., Choi, S. H., Sung, C. Y., & Lee, K. J. (2012). Planning an ecological network using the predicted movement paths of urban birds. *Landscape and Ecological Engineering*, 9, 165–174. <https://doi.org/10.1007/s11355-012-0194-3>
- Hostetler, M. E., & Main, M. B. (2010). Native landscaping vs. exotic landscaping: what should we recommend? *The Journal of Extension*, 48(5), 5COM1. <https://tigerprints.clemson.edu/joe/vol48/iss5/10>
- Howell, S. N. G., & Webb, S. (1995). *A guide to the birds of Mexico and northern Central America*. Oxford University Press.
- Ikin, K., Beaty, R. M., Lindenmayer, D. B., Knight, E., Fischer, J., & Manning, A. D. (2013). Pocket parks in a compact city: how do birds respond to increasing residential density? *Landscape Ecology*, 28(1), 45–56. <https://doi.org/10.1007/s10980-012-9811-7>
- INEGI. (2015). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Marco Geoestadístico Nacional. Cartografía Urbana 2000. <http://www.inegi.org.mx/>
- INEGI. (2017). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación. Escala 1:250 000. Serie VI (Capa Unión). <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>



- INEGI. (2020). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Conjunto de Datos Censo de Población y Vivienda 2020. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/default.html>
- IUCN. (2021). International Union for Conservation of Nature. Red List of Threatened Species. <https://www.iucnredlist.org/>
- Jost, L. (2010). The relation between evenness and diversity. *Diversity*, 2(2), 207–232. <https://doi.org/10.3390/d2020207>
- Kang, W., Minor, E. S., Park, C., & Lee, D. (2015). Effects of habitat structure, human disturbance and habitat connectivity on urban forest bird communities. *Urban Ecosystems*, 8(3), 857–870. <https://doi.org/10.1007/s11252-014-0433-5>
- Karuppannan, S., Baharuddin, Z. M., Sivam, A., & Daniels, C. B. (2014). Urban Green Space and Urban Biodiversity: Kuala Lumpur, Malaysia. *Journal of Sustainable Development*, 7(1), 1–16.
- Kaufman, K. (2005). *Guía de Campo Kaufman a las aves de Norteamérica. La guía más práctica para identificación de aves*. Hillstar Editions L.C.
- Kowarik, I. (1995). On the role of alien species in urban flora and vegetation. In P. Pysek, K. Prach, M. Rejmanek, & M. Wade (Eds.), *Plant invasions general aspects and special problems* (pp. 85–103). Urban Ecology.
- Krauth, K., & Salazar, J. (2018). Distribución de la avifauna en ESPOL mediante EER y la creación de mapas para impulsar el avistamiento de aves como una actividad recreativa dentro del campus. *Sistemas de Información Geográfica*, 2, 1–9.
- Kühn, I., Brandl, R., & Klotz, S. (2004). The flora of German cities is naturally species rich. *Evolutionary Ecology Research*, 6, 749–764.
- La Sorte, F. A., & McKinney, M. L. (2006). Compositional similarity and the distribution of geographic range size for native and alien species in urban floras. *Diversity and Distributions*, 12(6), 679–686. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2006.00276.x>
- Legendre, P., & Legendre, L. (2003). *Numerical Ecology*. Elsevier.
- Leveau, L. M., & Leveau, C. M. (2011). Uso de bordes de cultivo por aves durante invierno y primavera en la pampa austral. *Hornero*, 26(2), 149–157.
- Lim, H. C., & Sodhi, N. S. (2004). Responses of avian guilds to urbanisation in a tropical city. *Landscape and Urban Planning*, 66(4), 199–215. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(03\)00111-7](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(03)00111-7)
- Lindenmayer, D. B., Laurance, W. F., Franklin, J. F., Likens, G. E., Banks, S. C., Blanchard, W., Gibbons, P., Ikin, K., Blair, D., McBurney, L., Manning, A. D., & Stein, J. A. R. (2014). New policies for old trees: averting a global crisis in a keystone ecological structure. *Conservation Letters*, 7(1), 61–69. <https://doi.org/10.1111/conl.12013>
- Litteral, J., & Wu, J. (2012). Urban landscape matrix affects avian diversity in remnant vegetation fragments: evidence from the Phoenix metropolitan region, USA. *Urban Ecosystems*, 15, 939–959. <https://doi.org/10.1007/s11252-012-0245-4>
- Lososova, Z., Chytry, M., Tichy, L., Danihelka, J., Fajmon, K., Hajek, O., Kintrova, K., Lanikova, D., Otypkova, Z., & Rehorek, V. (2012). Biotic homogenization of Central European urban floras depends on residence time of alien species and habitat types. *Biological Conservation*, 145(1), 179–184. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.11.003>
- MacGregor, I. (2005). Listado ornitológico del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Jalisco, México: un espacio suburbano. *Huitzil*, 6(1), 1–6.
- MacGregor-Fors, I., Escobar-Ibáñez, J. F., Schondube, J. E., Zuria, I., Ortega-Álvarez, R., Sosa-López, R., Ruvalcaba-Ortega, I., Almazán-Núñez, C., Arellano-Delgado, M., Arriaga-Weiss, S. L., Calvo, A., Chapa-Vargas, L., Silvestre Lara, P. X., García-Chávez, H. O., Koller-González, J. M., Lara, C., López de Aquino, S., López-Santillán, D., Maya-Elizarrarás, E., ... Vega-Rivera, J. H. (2021). The urban contrast: A nationwide assessment of avian diversity in Mexican cities. *Science of the Total Environment*, 753, 141915. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141915>
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity*. Blackwell Science Ltd.
- Maragliano, R. E., Marti, L. J., Ibañez, L. M., & Montalti, D. (2009). Comunidades de aves urbanas de Lavallol, Buenos Aires, Argentina. *Acta Zoológica Lilloana*, 53(1-2), 108–114.
- Margalef, R. (1972). Homage to Evelyn Hutchinson, or why is there an upper limit to diversity? *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences*, 44, 211–235.
- McKinney, M. L. (2006). Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*, 127(3), 247–260. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.09.005>
- Meffert, P. J., & Dziocck, F. (2013). The influence of urbanisation on diversity and trait composition of birds. *Landscape Ecology*, 28, 943–957. <https://doi.org/10.1007/s10980-013-9867-z>
- Meurk, C., & Swaffield, S. (2000). A landscape ecological framework for indigenous regeneration in rural New Zealand-Aotearoa. *Landscape and Urban*

- Planning*, 50, 129–144. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(00\)00085-2](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(00)00085-2)
- Møller, A. P. (2008). Flight distance of urban birds, predation, and selection for urban life. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 63(1), 63–75. <https://doi.org/10.1007/s00265-008-0636-y>
- Mora-Olivo, A., & Martínez-Ávalos, J. G. (2012). *Plantas Silvestres del Bosque Urbano Cd. Victoria, Tamaulipas, México*. Editorial Dolores Quintanilla.
- Morante-Filho, J. C., Faria, D., Mariano-Neto, E., & Rhodes, J. (2015). Birds in anthropogenic landscapes: the responses of ecological groups to forest loss in the Brazilian Atlantic Forest. *PLoS One*, 10, e0128923. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128923>
- Moreno, C. E. (2000). *Manual de métodos para medir diversidad*. Textos universitarios. Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México.
- Nocedal, J. (1987). Las comunidades de pájaros y su relación con la urbanización de la ciudad de México. En E. H. Rapoport & I. López-Moreno (Eds.), *Aportes a la ecología urbana de la ciudad de México* (pp. 73–109). MAB, Limusa.
- Ortega-Álvarez, R. E., & MacGregor-Fors, I. (2010). What matters most? Relative effect of urban habitat traits and hazards on urban park birds. *Ornitología Neotropical*, 21, 519–533.
- Pablo-López, R. E., & Díaz-Porrás, D. F. (2011). Los campus universitarios como refugios de aves: el caso de la Universidad Autónoma “Benito Juárez” de Oaxaca (UABJO), Oaxaca, México. *El Canto del Centzonlte*, 2, 48–63.
- Patricelli, G. L., & Blickley, J. L. (2006). Avian communication in urban noise: Causes and consequences of vocal adjustment. *The Auk*, 123(3), 639–649. <https://doi.org/10.1093/auk/123.3.639>
- Pineda-López, R. (2009). Aves de la ciudad de Querétaro: una muestra del impacto de la urbanización en la biodiversidad. *Extensión Nuevos Tiempos*, 16, 3–7.
- 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*, 11(2), 69–80.
- Ricotta, C., La Sorte, F. A., Pysek, P., Rapson, G. L., Celesti-Grappo, L., & Thompson, K. (2012). Phylogenetic beta diversity of native and alien species in European urban floras. *Global Ecology and Biogeography*, 21, 751–759. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00715.x>
- Ruelas, I. E., & Aguilar, S. H. R. (2010). La avifauna urbana del parque ecológico Macuiltépetl en Xalapa, Veracruz, México. *Ornitología Neotropical*, 21, 87–103.
- Sandström, U. G., Angelstam, P., & Mikusi ski, G. (2006). Ecological diversity of birds in relation to the structure of urban green space. *Landscape Urban Planning*, 77, 39–53. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2005.01.004>
- Schütz, C., & Schulze, C. H. (2015). Functional diversity of urban bird communities: effects of landscape composition, green space area and vegetation cover. *Ecology and Evolution*, 5(22), 5230–5239. <https://doi.org/10.1002/ece3.1778>
- SEMARNAT. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- Lista de especies en riesgo. <https://www.gob.mx/profepa/documentos/norma-oficial-mexicana-nom-059-semarnat-2010>
- Shalisko, V. (2019). *Manual para identificación de principales especies de árboles en la Zona Metropolitana de Guadalajara*. Universidad de Guadalajara CUCBA, Departamento de Botánica y Zoología CUCSH, Guadalajara, Jalisco, México.
- Shanahan, D. F., Miller, C., Possingham, H. P., & Fuller, R. (2011). The influence of patch area and connectivity on avian communities in urban revegetation. *Biological Conservation*, 144(2), 722–729. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.10.014>
- Shwartz, A., Muratet, A., Simon, L., & Julliard, R. (2013). Local and management variables outweigh landscape effects in enhancing the diversity of different taxa in a big metropolis. *Biological Conservation*, 157, 285–292. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.09.009>
- Sibley, D. A., & Allen, D. S. (2000). *The Sibley Guide to Birds*. Andrew Stewart Publishing.
- Stagoll, K., Lindenmayer, D. B., Knight, E., Fischer, J., & Manning, A. D. (2012). Large trees are keystone structures in urban parks. *Conservation Letters*, 5, 115–122. <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2011.00216.x>
- StatSoft. (2021). Statistica 13.3 is a data analysis and visualization program. Informer Technologies. <https://statistica.software.informer.com>
- Thompson, K., Austin, K. C., Smith, R. M., Warren, P. H., Angold, P. G., & Gaston, K. J. (2003). Urban domestic gardens (I): putting small-scale plant diversity in context. *Journal of Vegetation Science*, 14, 71–78. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2003.tb02129.x>
- Threlfall, C. G., Williams, N. S. G., Hahs, A. K., & Livesley, S. J. (2016). Approaches to urban vegetation management and the impacts on urban bird and bat assemblages. *Landscape Urban Planning*, 153, 28–39. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.04.011>
- Toledo, M. C. B., Donatelli, R. J., & Batista, G. T. (2011). Relation between green spaces and bird community



- structure in an urban area in Southeast Brazil. *Urban Ecosystems*, 15(1), 111–131. <https://doi.org/10.1007/s11252-011-0195-2>
- White, J. G., Antos, M. J., Fitzsimons, J. A., & Palmer, G. C. (2005). Non-uniform assemblages in urban environments: the influence of streetscape vegetation. *Landscape Urban Planning*, 71, 123–135. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.02.006>
- Willington, E., Nolasco, M., & Bocco, M. (2013). Clasificación supervisada de suelos de uso agrícola en la zona central de Córdoba (Argentina): comparación de distintos algoritmos sobre imágenes Landsat. Congreso Argentino de AgroInformática. <http://hdl.handle.net/11086/17028>
- Young, K. M., Daniels, C. B., & Johnston, G. (2007). Species of street tree is important for southern hemisphere bird trophic guilds. *Austral Ecology*, 32, 541–550. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2007.01726.x>
- Zanette, L., Doyle, P., & Trémont, S. (2000). Food shortage in small fragments: evidence from an area-sensitive passerine. *Ecology*, 81, 1654–1666. <https://doi.org/10.2307/177314>
- Zhou, D., & Chu, L. M. (2012). How would size, age, human disturbance, and vegetation structure affect bird communities of urban parks in different seasons? *Journal of Ornithology*, 153(4), 1101–1112. <https://doi.org/10.1007/s10336-012-0839-x>
- Zuñiga-Palacios, J., Zuria, I., Moreno, C., Almazán-Núñez, R. C., González-Ledesma, M. (2020). Can small vacant lots become important reservoirs for birds in urban areas? A case study for a Latin American city. *Urban Forestry & Urban Greening*, 47, 126551. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126551>