



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN / RESEARCH ARTICLE

COLISIÓN DE AVES CON VENTANAS DE EDIFICIOS EN CIUDAD VICTORIA, TAMAULIPAS, MÉXICO

Bird Collision with Building Windows in Ciudad Victoria, Tamaulipas, Mexico

Vannia del Carmen GOMEZ-MORENO¹, Othón Javier GONZÁLEZ-GAONA¹,

Santiago NIÑO-MALDONADO^{2*}

¹. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, mantiz@outlook.es; othonjavier@hotmail.com

². Facultad de Ingeniería y Ciencias, Centro Universitario Victoria, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, coliopteranino@hotmail.com

* For correspondence

Recibido: 20 de diciembre de 2022. **Revisado:** 27 de febrero de 2023. **Aceptado:** 25 de septiembre de 2023

Editor asociado: Enrique Arbeláez-Cortés

Citation/ citar este artículo como: Gómez-Moreno, V.C., González-Gaona, O.J., y Niño-Maldonado, S. (2024). Colisión de aves con ventanas de los edificios en ciudad Victoria, Tamaulipas, México. *Acta Biol Colomb.*, 29(2), 73-84. <https://doi.org/10.15446/abc.v29n2.104820>

RESUMEN

Las colisiones con ventanas causan millones de muertes de aves al año, estos eventos se deben a que estas son incapaces de reconocer el vidrio como una barrera física. En algunos estudios se menciona que existen familias y comportamientos que hacen que algunas especies sean más susceptibles a chocar. Los objetivos del presente estudio fueron determinar la composición de especies que colisionan contra las ventanas de los edificios, conocer la cristalería que genera mayor grado de mortalidad y analizar las características de las especies como hábitos migratorios, alimenticios y estados de conservación de las especies afectadas. El estudio se llevó a cabo en Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. Donde fueron seleccionadas tres áreas con edificios que presentaran la mayor cantidad de cristalería y se estuvieron monitoreando tres veces de enero a diciembre de 2019. Se obtuvieron 270 cadáveres pertenecientes a 44 especies, de estas *Zenaida asiática* (Linnaeus, 1758) fue la de mayor número de accidentes, la cristalería reflectante generó una elevada tasa de mortalidad y cada estación del año es distinta en cuanto a la composición de aves afectadas. Estas estructuras están generando un declive en especies con estatus de conservación (*Passerina ciris* Linnaeus, 1758) y endemismos de México (*Corvus imparatus* Peters, JL 1929 y *Periporphyrus celaeno* Deppe, W 1830). Los hallazgos evidencian un problema para la conservación de especies y, por esta razón, se debería continuar investigando los edificios para conocer el impacto real que se está ocasionando en las poblaciones de aves.

Palabras clave: Accidentes, cristal, pájaros, estación, monitoreo.

ABSTRACT

Collisions with windows cause millions of bird deaths per year, these events are because birds are unable to recognize glass as a physical barrier. Some studies mention that some families and behaviors make some species more susceptible to collisions. The objectives of the present study were to determine the composition of species that collide against building windows, to know the glass that generates the highest degree of mortality, and to analyze the characteristics of the species such as migratory habits, feeding habits, and conservation status of the affected species. The study was carried out in Ciudad Victoria, Tamaulipas, Mexico. Three areas were selected with buildings that presented the highest amount of glassware and were monitored three times a month from January to December 2019. A total of 270 carcasses belonging to 44 species were obtained, of these, *Zenaida asiatica* (Linnaeus, 1758) was the one with the highest number of accidents, the reflective glass generated a high mortality rate, and each season of the year is different

in terms of the composition of birds affected. These structures are generating a decline in species with conservation status (*Passerina ciris* Linnaeus, 1758) and endemics of Mexico (*Corvus imparatus* Peters, JL 1929 and *Periporphyrus celaeno* Deppe, W 1830). The findings show a problem for the conservation of species, and for this reason, the buildings should continue to be investigated to know the real impact on bird populations.

Keywords: Accidents, glass, birds, station, monitoring.

INTRODUCCIÓN

Las aves se enfrentan a diversas amenazas en áreas urbanas, que incluyen la depredación por gatos domésticos (Loss et al., 2015), contaminación ambiental por metales pesados como plomo, cadmio y arsénico (De Luca-Abbott et al., 2001; Markman et al., 2011), envenenamiento (Orlowski et al., 2010) y las colisiones con cables de alta tensión, vehículos motorizados, molinos de viento y ventanales de edificios (Klem, 1990; Hager et al., 2008; Loss et al., 2014; Gómez-Moreno et al., 2018).

En estudios de colisiones se ha evidenciado que las aves son incapaces de reconocer el vidrio como una barrera física (Klem, 1990), puesto que las aves solo ven el reflejo de la vegetación en las ventanas y vuelan hacia ellas, provocando un choque que en muchas ocasiones las llevan a la muerte (Gelb y Delacretaz, 2009; Klem, 2009; Gómez-Moreno et al., 2023). Los accidentes con ventanas suelen provocar en las aves hemorragias intracraneales, fuertes contusiones, fracturas múltiples, desprendimiento de retina y pico (Gómez-Moreno et al., 2018), tras lo cual la probabilidad de supervivencia es muy baja.

El problema de colisión con ventanas está ocasionando una tasa de mortalidad que oscila entre los 3,5 hasta 42 millones de aves por año en Estados Unidos de América y Canadá (Klem, 1990; Drewitt y Langston, 2008; Loss et al., 2014). El valor es aún mayor si consideramos la mortalidad de aves que se genera a causa de las colisiones en las áreas urbanas de toda Latinoamérica. Estas muertes son una alerta y una creciente problemática para la conservación de las poblaciones de aves silvestres (Klem, 2009; Loss et al., 2015). Entre las muertes están incluidas especies bajo alguna categoría de riesgo (*Amazona oratrix* Ridgway, R 1887, *Passerina ciris* (Linneo, C 1758), *Sturnella magna* Linneo, C 1758), endémicas (*Archilochus alexandri* (Bourcier, J; Mulsant, MÉ 1846), *Periporphyrus celaeno* (Deppe, W 1830), *Sporophila torqueola* Bonaparte, CLJL 1850) y vulnerables (*Catharus ustulatus* (Nuttall, T 1840), *Turdus migratorius* Linneo, C 1766, *Zonotrichia albicollis* Gmelin, JF 1789) (Borden et al., 2010; Gómez-Moreno et al., 2021).

Por lo que es necesario generar nuevos estudios para determinar una respuesta del porqué las aves colisionan con ventanas y conocer a escala real la magnitud de este problema sobre las poblaciones de aves (Klem, 1990; Gómez-Moreno et al., 2018).

Este tema cada vez recibe más atención por la comunidad científica de varios países en Latinoamérica; sin embargo, el número de estudios científicos sigue siendo limitado (Santiago-Alarcón y Delgado, 2017), principalmente en

México (Cupul-Magaña, 2003; Gómez-Moreno et al., 2018; Gómez-Moreno et al., 2023). Por lo que se requiere una actualización de los datos existentes hasta la fecha, al igual que, contribuir al conocimiento de este tema en México con la finalidad de llenar los vacíos de conocimiento e identificar algunas de las posibles causas de estos accidentes. Con base en este escenario, el presente trabajo tuvo la finalidad de documentar las especies afectadas en los diferentes tipos de cristalerías de las ventanas (reflextantes y transparentes), determinar las familias, especies, el sexo de mayor frecuencia a accidentarse y conocer las estaciones del año de mayor mortalidad de aves en Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El municipio de Victoria se encuentra en la región centro del estado de Tamaulipas, México (23°43'15,4" N, 99°09'04,9" O, 365 m s.n.m). Cuenta con una extensión territorial de 1538,25 km² (INEGI, 2015) (Fig. 1a). Está conformada por seis tipos de vegetación; los dominantes en la zona son: matorral submontano, bosque de encino y bosque de pino (Gómez-Moreno et al., 2015). El clima es semicálido húmedo, con una temperatura media anual de 18 °C; mientras que, la temperatura del mes más frío es menor a 18 °C y la temperatura del mes más caliente es mayor de 22 °C. La precipitación del mes más seco es menor de 40 mm, las lluvias de verano son de 53,2 mm y un porcentaje de lluvia invernal que oscila del 5 % al 10,2 % del total anual (Köppen, 1948; García, 1998). Ciudad Victoria cuenta con un total de 311 421 habitantes, presenta un crecimiento extensivo y desordenado en la superficie urbanizada; en la actualidad presenta un total de 70,22 km² de área construida y está constituida por escuelas, viviendas, centros comerciales y edificios con diferentes tamaños que van desde dos hasta 25 pisos de altura con diferentes cubiertas de cristalerías (INEGI, 2015) (Fig. 1c).

Para la selección de las áreas de estudio, se realizaron salidas preliminares en la ciudad para buscar edificios que presentaran la mayor cobertura de cristalería en sus caras o fachadas. Con base en esto, se seleccionaron tres áreas de muestreo, cada una con dos edificios de diferentes características.

La primera área de estudio corresponde a la Torre Bicentenario (TB), está conformado por dos edificios de diferentes dimensiones. El primer edificio tiene 25 pisos y una

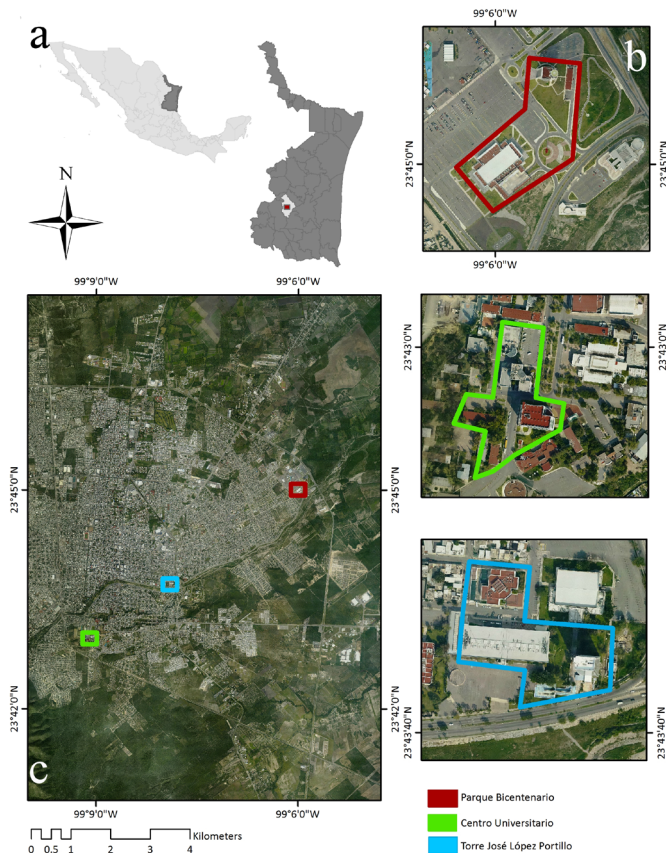


Figura 1. Ubicación del área de estudio. a) México, b) Tamaulipas y el municipio de Victoria, c) Ciudad Victoria, Tamaulipas y los tres sitios de muestreo. Delimitación de las áreas de estudio (línea roja, verde y azul). Mapa generado ArcMap 10.2.

cobertura de 14 668 m² de cristales reflectantes. El segundo tiene dos pisos y una cobertura de 2215 m² de cristalería reflectante (Fig. 1b, delimitación en línea roja). En cuanto al Centro universitario (CV), cuenta con un edificio de seis pisos y una cubierta de cristalería transparente de 1664 m², el segundo edificio tiene cuatro pisos y una cobertura de 1468 m² de cristal reflectante (Fig. 1b, delimitación en línea verde). Al final, la Torre José López Portillo (TJLP). Tiene un edificio de 13 pisos y una cobertura de 5532 m² de cristalería transparente, el segundo edificio cuenta con cuatro pisos y una cobertura de 2447 m² de cristalería reflectante (Fig. 1b, delimitación en línea azul). Sumando estas superficies de cristalerías se tienen de reflectante 20 700 m² que equivalen a 74 % de superficie para impactarse y transparente de 7200 m² (26 % de superficie).

Los cadáveres de las aves fueron recolectados tres veces al mes de enero a diciembre de 2019. Para ello, tres observadores hacían los recorridos de manera simultánea a lo largo de las rutas permanentes en las inmediaciones de las tres áreas de estudio. Estos recorridos consistieron en buscar aves muertas alrededor de los edificios, con un ancho de búsqueda de tres metros de distancia de la base de los

edificios, en un horario de 07:00 a 12:00 h (Gómez-Moreno et al., 2018). Las aves encontradas fueron registradas por ubicación (edificio), fecha, estaciones del año; primavera (20 de marzo a 21 de junio), verano (21 de junio a 23 de septiembre), otoño (23 de septiembre a 21 de diciembre) e invierno (21 de diciembre a 20 de marzo) y tipo de cristalería donde se impactaron. Para determinar la causa de muerte por colisión se tomaron en cuenta rasgos como pérdida de plumas en el cráneo, fracturas en el cuello, desprendimiento y sangrado del pico y ojos (Cupul-Magaña, 2003; Gómez-Moreno et al., 2018), además cada 15 minutos se recorrían los edificios para recolectar los cadáveres frescos al pie de las ventanas.

Las especies de aves colisionadas fueron clasificadas considerando por estatus migratorio (Howell y Webb, 1995; Sibley y Allen, 2000), estado de conservación (IUCN, 2020), dependencia forestal (Howell y Webb, 1995; Crossley, 2011), gremio alimenticio (González-Salazar et al., 2014), endemismos de México (Howell y Webb, 1995), y fueron sexadas por medio de las claves de Pyle y Engilis (1997). Una vez identificadas y clasificadas las especies, se realizó el procedimiento de taxidermia a un individuo por especie y fueron depositados en la colección de la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, México; el resto de los ejemplares fueron enterrados.

Análisis estadísticos

Se utilizó un análisis de agrupamiento con el método del promedio de pares de grupos sin peso (UPGM) (Gotelli y Ellison, 2004). Este análisis requiere de una matriz de observaciones (Jongman et al., 1987) en este caso, se usaron las abundancias de las especies colisionadas para agrupar en función a sus gremios de alimentación y conocer el grado de similitud entre estas. Se empleó una prueba de Chi-cuadrado (χ^2) para examinar las diferencias entre variables categóricas de una muestra, los datos que se tomaron para calcular fueron aleatorios, sin procesar y provenían de una variable independiente. De las dos pruebas de χ^2 (prueba de independencia y prueba de bondad de ajuste) se empleó la prueba de independencia que está enfocada a una pregunta de relación y puede contestar que tan probable es que al azar pueda explicar cualquier diferencia observada entre las frecuencias reales de los datos. En este caso, para examinar las diferencias entre las especies que chocaron con los diferentes tipos de cristalerías de las ventanas (reflectantes o transparentes) (Mendenhall, 1994). Al igual que un análisis multivariado de correspondencia para determinar la distribución y el grado de asociación de las especies accidentadas con la cristalería (reflectante y transparente). Por último, se empleó el índice Bray-Curtis para evaluar las similitudes de las composiciones de especies colisionadas entre las estaciones del año (Magurran, 2004). Todos los análisis se realizaron en el software estadístico PAST 3.07 (Hammer et al., 2001).

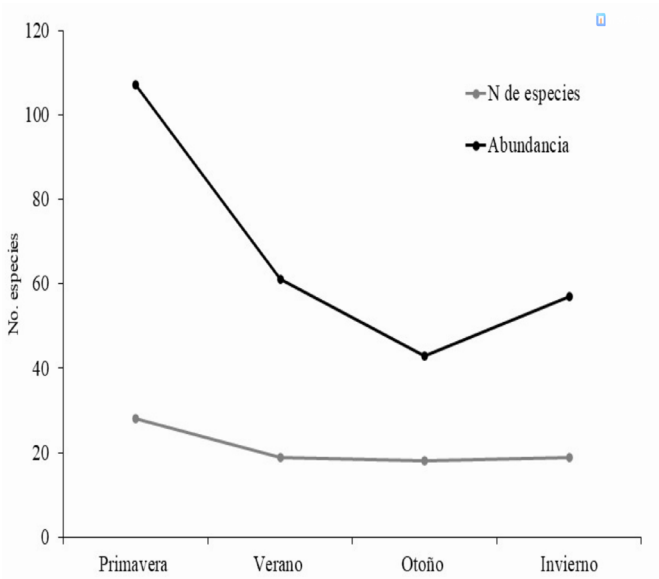


Figura 3. Abundancia y número de especies muertas registradas en las estaciones del año en Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

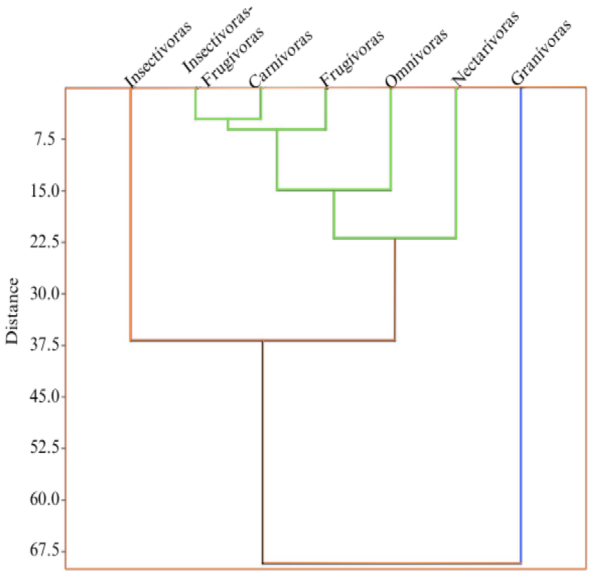


Figura 4. Análisis de Agrupamiento (UPGMA) en función al número de especies por gremios tróficos para Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

Tabla 1. Especies de aves que colisionaron con las ventanas de los edificios en Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. Estado migratorio: Residente (R), Migratoria (M) y Migratoria de Verano (MV). Especies introducidas: (*). Endemismos: Endémica (E), Semiendémica (SE) y Cuasiendémica (CE). Estado de conservación: Preocupación menor (LC), Poblaciones casi amenazadas (NT). Gremios tróficos: Carnívora (C), Frugívora (F), Granívora (G), Insectívora (I), Insectívora- frugívora (IF), Omnívora (O). Tipo de ventana: Reflectante (Rf), Transparente (Ts). Estación del año: Primavera (P), Verano (V), Otoño (O), Invierno (I). Hábitat: Bosque caducifolio (Bc), B. manglar (Bm), B. pino-encino (Bpe), B. húmedo (Bh), B. coníferas, B. ribereño (Br), B. subtropical (Bs), Matorral (M) y Mezquital (Mq).

Especies	Estado migratorio	Endemismos	IUCN	Gremio	Tipo de ventana	Estación del año	Hábitat
Columbiformes							
Columbidae							
<i>Columba livia</i> *	R		LC	G	Ts	O, I	Au
<i>Streptopelia decaocto</i> *	R		LC	G	Rf, Ts	P, V, I	Au
<i>Zenaida asiatica</i>	R		LC	G	Rf, Ts	P, V, O, I	M
<i>Zenaida macroura</i>	R		LC	G	Rf, Ts	P, V, O, I	M
Cuculiformes							
Cuculidae							
<i>Coccyzus americanus</i>	MV		LC	I	Rf	P	Br
Apodiformes							
Trochilidae							
<i>Archilochus colubris</i>	M		LC	N	Rf, Ts	O, I	Bc
<i>Cyananthus latirostris</i>	R	SE	LC	N	Rf, Ts	P, V, O	M
<i>Amazilia yucatanensis</i>	R	CE	LC	N	Rf, Ts	P	M
Gruiformes							

Especies	Estado migratorio	Endemismos	IUCN	Gremio	Tipo de ventana	Estación del año	Hábitat
Rallidae							
<i>Fulica americana</i>	M		LC	O	Ts	O	Lc
Pelecaniformes							
Ardeidae							
<i>Butorides virescens</i>	M		LC	C	Rf	V	Bm
Piciformes							
Picidae							
<i>Melanerpes aurifrons</i>	R		LC	I	Rf, Ts	P, V, O, I	Mq
<i>Sphyrapicus varius</i>	M		LC	I	Rf, Ts	V, I	Bcf
Falconiformes							
Falconidae							
<i>Falco sparverius</i>	M		LC	C	Ts	V	Aas
Passeriformes							
Tyrannidae							
<i>Myiozetetes similis</i>	R		LC	I	Rf	O, I	Bh
<i>Pitangus sulphuratus</i>	R		LC	I	Rf, Ts	P, V	Aas
Vireonidae							
<i>Vireo griseus</i>	R		LC	I	Rf, Ts	O	M
Corvidae							
<i>Corvus imparatus</i>	R	CE	LC	O	Rf, Ts	V, I	M
Troglodytidae							
<i>Troglodytes aedon</i>	R		LC	I	Rf	P	M
Polioptilidae							
<i>Polioptila caerulea</i>	M		LC	I	Rf	P, V, I	M
Regulidae							
<i>Corthylio calendula</i>	M		LC	I	Rf	P, I	Bcf
Turdidae							
<i>Turdus grayi</i>	R		LC	I	Rf, Ts	P, V, O, I	M
Mimidae							
<i>Toxostoma longirostre</i>	R	CE	LC	I	Rf	V	M
<i>Mimus polyglottos</i>	R		LC	I	Rf	P	M
Parulidae							

Especies	Estado migratorio	Endemismos	IUCN	Gremio	Tipo de ventana	Estación del año	Hábitat
<i>Oreothlypis celata</i>	M		LC	I	Rf	P, O, I	Bc
<i>Setophaga petechia</i>	M		LC	I	Rf, Ts	P	Bcf
<i>Setophaga coronata</i>	M		LC	I	Rf	I	Bcf
<i>Cardellina pusilla</i>	M		LC	I	Rf, Ts	P	Bh
<i>Icteria virens</i>	M		LC	I	Ts	P	Bc
Thraupidae							
<i>Thraupis episcopus</i>	R		LC	F	Rf, Ts	P, O	Aas
Cardinalidae							
<i>Piranga ludoviciana</i>	M		LC	I	Rf, Ts	P, V, I	Bcf
<i>Cardinalis sinuatus</i>	R		LC	G	Rf	P	M
<i>Cardinalis cardinalis</i>	R		LC	G	Rf, Ts	P, I	M
<i>Periporphyrus celaeno</i>	R	E	LC	F	Rf	P	Bh
<i>Passerina ciris</i>	M		NT	IF	Rf	P	Br
<i>Passerina versicolor</i>	R		LC	IF	Rf	P	M
Icteridae							
<i>Quiscalus mexicanus</i>	R		LC	O	Rf, Ts	V, O, I	Au
<i>Molothrus aeneus</i>	R		LC	G	Rf	V, O	Aas
<i>Icterus graduacauda</i>	R	CE	LC	IF	Rf	P	Bpe
<i>Icterus gularis</i>	R		LC	IF	Rf	P, V	Mq
<i>Passer domesticus</i> *	R		LC	G	Rf, Ts	P, V, O, I	Au
Fringillidae							
<i>Spinus psaltria</i>	R		LC	G	Rf, Ts	P, V, O	Bs
Parulidae							
<i>Basileuterus culicivorus</i>	R		LC	I	Rf	O	Bm

Gremios alimenticios

Las colisiones se presentaron en siete gremios de alimentación y acorde con el análisis de agrupamiento Clúster, se identificaron tres grupos en función a las abundancias de las especies de aves afectadas a lo largo del año (Fig. 4). El grupo uno estuvo conformado por insectívoras, las cuales fueron las más abundantes, con 20 especies y 99 ejemplares. El grupo dos lo integraron las granívoras, con nueve especies y 117 ejemplares. El grupo tres estuvo conformado por cinco gremios representados por 15 especies y 54 individuos.

Dependencia forestal

El 31,82 % de las especies accidentadas provenían del matorral; de éstas, las familias más afectadas fueron Cardinalidae con tres especies, Columbidae y Mimidae con dos especies cada una (Tabla 2). El 11,36 % de las especies estuvieron asociadas al bosque de coníferas, siendo la familia Parulidae la más frecuente a colisionar. El 9,09 % de las especies estuvieron asociadas a las áreas urbanas, de ellas destacaron: *Columba livia* Gmelin, JF 1789, *Passer domesticus* (Linneo, C 1758), *Quiscalus mexicanus* (Gmelin, JF 1788) y *Streptopelia decaocto* (Frivaldszky, 1838).

Tabla 2. Registro y abundancia de las especies colisionadas de acuerdo con su dependencia forestal de Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

Dependencia Forestal	No. especies	Abundancias	Porcentajes totales de las especies afectadas.
Matorral	14	146	31.82 %
Bosques de Coníferas	5	19	11.36 %
Áreas abiertas y semiabiertas	4	7	9.09 %
Áreas urbanas	4	28	9.09 %
Bosque Húmedo	4	13	9.09 %
Bosque Caducifolio	3	23	6.82 %
Bosque de Manglar	2	2	4.55 %
Bosques ribereños	2	3	4.55 %
Mezquital	2	21	4.55 %
Bosque de pino-encino	1	1	2.27 %
Bosques subtropicales	1	4	2.27 %
Laguna costera	1	1	2.27 %

Especies endémicas y estado de conservación

Se determinaron siete especies con diferentes categorías de endemismos para México. Cuatro especies están consideradas como cuasiendémicas, dos son semiendémicas y una es endémica (Tabla 1). De acuerdo con la Lista Roja de la IUCN (2020), la mayoría de las especies colisionadas se clasificaron en la categoría de preocupación menor (LC=43 spp., 97,6 %) y una especie (*Passerina ciris* Linneo, C 1758) en la categoría de casi amenazada (NT).

DISCUSIÓN

De las tres áreas de estudio se identificaron un total de 270 colisiones correspondientes a 44 especies de aves que están muriendo con frecuencia a causa de las ventanas en los edificios de Ciudad Victoria. Este número de especies representa el 8,07 % de las especies descritas para Tamaulipas (Cantú et al., 2020) y el 4,62 % de las especies de México (Berlanga et al., 2008).

Al hacer una comparación de los resultados de las especies afectadas con otros estudios realizados en México (Cupul-Magaña, 2003; Gómez-Moreno et al., 2018; Gómez-Moreno et al., 2023), identificamos una similitud entre algunas especies accidentadas, es posible que estas similitudes entre especies dependan en gran medida de los comportamientos, hábitos y abundancias, lo que vuelve unas especies más susceptibles que otras a chocar con las ventanas (Hager et al., 2008; Nichols et al., 2009; Borden et al., 2010).

Haciendo una referencia con lo antes mencionado en los resultados obtenidos, identificamos que los machos murieron con mayor frecuencia (61,1 %) en comparación con las hembras (38,9 %); este porcentaje alto en los machos puede estar relacionado con su comportamiento. Por ejemplo, algunas de las especies frecuentes con mayor número de machos fueron *Archilochus colubris* (Linnaeus, C 1758), *Melanerpes aurifrons* (Wagler, JG 1829) y *Turdus grayi* estos son considerados como agresivos, al defender sus territorios, e incluso atacar a otras aves cuando están cerca de sus nidos (Sibley y Allen, 2000). En cuanto a los hábitos alimenticios, se determinó que las insectívoras colisionaron con mayor frecuencia, y estos resultados concuerdan con algunos estudios (Cupul-Magaña, 2003; Agudelo-Álvarez et al., 2010; Gómez-Moreno et al., 2018; Menacho-Odio, 2018), donde la alta mortalidad que se representa en este gremio puede estar relacionada con el número de especies que se encuentran en las áreas urbanas. Por ejemplo, en nuestro caso, el 45,4 % de las especies (20 spp.) pertenecen a este gremio, Klem (1990) indica que este grupo tiene una elevada probabilidad de colisión debido a su conducta de cacería, muchas de estas especies vuelan sobre y entre el dosel de los árboles para atrapar insectos (Niño-Maldonado com pers.). En muchas ocasiones los árboles están en la cercanía de las ventanas incrementando la probabilidad de golpearse contra ellas. De hecho, durante los recorridos se observó algunas especies como *Myiozetetes similis* (Spix, JB 1825) y *Pitangus sulphuratus* (Linnaeus, C 1766) cazando cerca de los ventanales. Además, son especies territoriales e identificamos que algunas de ellas picaban y se

golpeaban de manera intencional en los cristales de las ventanas al ver el reflejo de su imagen.

Sin embargo, en algunos estudios como Hager et al. (2008), Cusa et al. (2015) y Parkins et al. (2015) se ha evidenciado que las colisiones tienen una correlación positiva con las superficies de cristalerías (m^2), y no sobre el tipo de material (reflectante o transparente) en los edificios. Lo cual concuerda con nuestros resultados; al sumar las superficies totales de las cristalerías se determinó que los reflectantes presentan 74 % (20, 700 m^2) de superficie para impactos, y por ende se obtuvieron valores altos (68,7 %) de mortalidad. De modo idéntico, las transparentes presentaron el 26 % (7200 m^2) de superficie para impactos, de los cuales se obtuvo una tasa de mortalidad del 31,3 %. Si estandarizamos los valores de las superficies de las cristalerías, se observarían que no existen diferencias entre ambos materiales y que cualquiera de ambos materiales provoca la mortalidad de las aves. Por lo que, se llegó a la conclusión que las mortalidades de aves no se deben al tipo de material (reflectante o transparente) en las ventanas, sino a la superficie m^2 de cristalerías que se tiene entre edificios, pues al obtener un alto porcentaje de estos materiales, también aumentan las probabilidades de impactos (Cusa et al. 2015). Un ejemplo similar ocurrió en el estudio de Kim et al. (2013) en el que solo dos edificios fueron responsables de casi la mitad de las colisiones y esto se debió a la cantidad de cristalería que presentaban los edificios. En este contexto no podemos concluir que las mortalidades se deban a los tipos de materiales porque estamos sobrestimando las cristalerías en las áreas de estudio. Cabe destacar que el presente estudio no fue diseñado para reportar las diferencias entre materiales, sino para reportar de manera general las colisiones de aves. Para estudios futuros, con el objetivo de realizar una comparación entre tipos de cristalerías, se deben delimitar las superficies de estas, a los mismos tamaños.

Es importante resaltar que estos accidentes se presentaron a lo largo de las cuatro estaciones del año, además cada una de las estaciones presentaron una baja similitud (menor al 50 %) entre las composiciones de las especies afectadas. Lo que significa, que en cada una se presentan distintas familias, especies y abundancias; en gran medida estas diferentes composiciones de especies entre estaciones están relacionadas con la disponibilidad de recursos (Gómez-Moreno et al., 2018). En la estación de primavera se produjo una gran mortalidad de aves (28 spp., 109 ejemplares), lo cual se debe a que en dicha estación hay una mayor actividad y movilidad de las aves que están buscando pareja y sitios de anidamiento que pueden generar mayores probabilidades de choques contra las ventanas (Leahy, 1982; Gómez-Moreno et al., 2015; Gómez-Moreno et al., 2018).

En verano se mantuvieron altas abundancias, pero el número de especies disminuyó. Este alto nivel de mortalidad puede estar asociado a la vegetación adyacente que rodea los edificios, en esta estación; la vegetación es más densa y en algunos casos con fructificación, en las que las aves

son atraídas y pueden impactarse con las ventanas (Gelb y Delacretaz, 2009; Borden et al., 2010). De igual forma, la mortalidad de las aves puede estar relacionada con el número de juveniles, producto de la estación de primavera, los cuales colisionan más frecuentemente debido a la falta de experiencia o al proceso de adaptación con las áreas urbanas (Hager et al., 2008). Para la estación de invierno, se identificó una combinación entre algunas aves residentes y la mayoría de las aves migratorias (16 spp.), en estudios previos (Klem, 2009; Borden et al., 2010) señalan a la migración como una de las causas de muerte, a consecuencia de que las aves migratorias están menos relacionadas con las estructuras urbanas como las ventanas, incrementando la probabilidad de choques (Klem, 1989; O'Connell, 2001; Drewitt y Langston, 2008).

Además de eso, se encontró que las especies más afectadas son las que habitan en el matorral, con un 31,82 %. En Ciudad Victoria hay diferentes tipos de matorral como submontano o espinoso tamaulipeco (Gómez-Moreno et al., 2022), donde habitan familias como Cardinalidae, Columbidae y Mimidae que son abundantes en el área, pero también son las principales afectadas y mantuvieron colisiones constantes a lo largo de las cuatro estaciones del año. Asimismo, *Zenaida asiatica* fue la de mayor número de colisiones y es abundante en Ciudad Victoria (Gómez-Moreno et al., 2015). Estos resultados apoyan la hipótesis de algunos autores como Dunn (1993), Hager et al. (2008), Nichols et al. (2009) que señalan que las colisiones de aves están correlacionadas de manera positiva con las abundancias de estas especies en las áreas de estudio. Es importante enfatizar que estos accidentes también se presentan en especies que se encuentran sujetas bajo alguna categoría de riesgo (IUCN, 2020) y en algunas que son endémicas de México (Howell y Webb, 1995), lo que vuelve aún más preocupante esta problemática para la conservación de las aves.

Por lo que es importante, seguir realizando estudios de colisión para conocer el grado de afectación que este problema está generando a las poblaciones de aves silvestres de México (Cupul-Magaña, 2003; Gómez-Moreno et al. 2018) y en Latinoamérica (Agudelo-Álvarez et al., 2010; Ocampo-Peñuela et al., 2016; Brisque et al., 2017; Santos et al., 2017). La generación de este tipo de datos científicos nos permite identificar desde estaciones del año de mayor mortalidad, especies que chocan frecuentemente y el tipo de cristalería que está generando mayor grado de problemática; de esta manera se puede priorizar y dar tratamientos adecuados a estas ventanas en los edificios. El problema de las colisiones con ventanas se encuentra lejos de solucionarse, dado que la cristalería es una pieza de gran popularidad y es frecuentemente empleada en proyectos de arquitectura y construcción. Por consiguiente, la utilización de la cristalería aún no se considera riesgoso para las aves silvestres (Gelb y Delacretaz, 2009; Borden et al., 2010). Para poder cambiar esto, se necesita que otros países o regiones ofrezcan más información sobre sus datos y hallazgos que afectan a la

mayoría de sus especies. De esta manera, este tema puede ser considerado como una problemática ambiental (Loss et al., 2015; Kummer et al., 2016) y se pueden generar políticas que consideren la cantidad y tipo de cristalería que deberían de tener los edificios para minimizar la mortalidad de las aves silvestres.

CONCLUSIONES

En este estudio se documentó como algunas especies presentan descensos en sus poblaciones, debido a los choques con la cristalería de las ventanas en los edificios de Ciudad Victoria. Se determinó que existen especies que chocan con mayor frecuencia con las ventanas, lo cual está relacionado con el comportamiento, hábitos y abundancias de las especies de aves en las áreas. Las cristalerías reflectantes y transparentes están generando una tasa de mortalidad del 17,6 % para Ciudad Victoria. Por lo que, disminuir el área de ventanales expuestos en los edificios ayudaría a disminuir los accidentes por colisiones. De igual manera, se deberían ir buscando soluciones arquitectónicas adecuadas que permitan al mismo tiempo mantener la iluminación adecuada y natural al interior de los edificios, pero que, por otra parte, facilite la visualización de las áreas de ventanales para las aves, con el fin de disminuir las muertes por colisión de las mismas.

PARTICIPACIÓN DE AUTORES

VCGM realizó la redacción del manuscrito y muestreos. OJGG apoyó con la elaboración de los análisis estadísticos. SNM realizó el diseño de muestreo, en la redacción del manuscrito y muestreos.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca de Doctorado, la cual fue fundamental para el desarrollo de este proyecto. Al Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria (ITCV) departamento de Estudios de Posgrado. A la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT) por todas las facilidades en el uso de sus instalaciones. En especial al Servicio Profesional en Biodiversidad (SEPROBIO) por el apoyo económico para la realización de esta investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en la realización y publicación del presente estudio.

REFERENCIAS

Agudelo-Álvarez, L., Moreno-Velásquez, J., y Ocampo-Peñuela, N. (2010). Colisiones de aves contra ventanales en un campus universitario de Bogotá, Colombia. *Ornitología Colombiana*, 3, 3-10.

Berlanga, H., Rodríguez-Contreras, V., Oliveras de Ita, A., Escobar, M., Rodríguez, L., Vieyra, J., y Vargas, V. (2008). Red de Conocimientos sobre las Aves de México (AVESMX). CONABIO. <http://avesmx.conabio.gob.mx>

Borden, W. C., Lockhart, O. M., Jones, A. W., and Lyons, M. S. (2010). Seasonal, taxonomic, and local habitat components of bird-window collisions on an urban university campus in Cleveland, OH. *The Ohio Journal of Science*, 110, 44-52.

Brisque, T., Campos-Silva, L. A., and Piratelli, A. J. (2017). Relationship between bird-of-prey decals and bird-window collisions on a Brazilian university campus. *Zoologia*, 34, 1-8. <https://doi.org/10.3897/zoologia.34.e13729>

Cantú, G. J. C., Rodríguez, R. E. R., Sánchez, S. M. E., y Moreno, A. (2020). Guía rápida de las aves del municipio de Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. Gobierno del estado de Tamaulipas.

Crossley, R. (2011). *The Crossley ID Guide Eastern Birds*. (p. 528). Edition Princeton University Press. <https://doi.org/10.1515/9781400839230>

Cupul-Magaña, F. G. (2003). Nota sobre colisiones de aves en las ventanas de edificios universitarios en Puerto Vallarta, México. *Revista de ornitología Huitzil*, 4(2), 17-21. <https://doi.org/10.28947/hrmo.2003.4.2.209>

Cusa, M., Jackson, D. A., and Mesure, M. (2015). Window collisions by migratory bird species: urban geographical patterns and habitat associations. *Urban Ecosystems*, 18(4), 1427-1446. <https://doi.org/10.1007/s11252-015-0459-3>

De Luca-Abbott, S. B., Wong, B. S. F., Peakall, D. B., Lam, P. K. S., Young, L., Lam, M. H. W., and Richardson, B. J. (2001). Review of effects of water pollution on the breeding success of waterbirds, with particular reference to ardeids in Hong Kong. *Ecotoxicology*, 10, 327-349. <https://doi.org/10.1023/A:1012288811808>

Drewitt, A. L., and Langston, R. H. W. (2008). Collision effects of wind-power generators and other obstacles on birds. *Ann. of the New York Acad. Sci.*, 1134(1), 233-266. <https://doi.org/10.1196/annals.1439.015>

Dunn, E. H. (1993). Bird mortality from striking residential windows in winter. *J Field Ornithology*, 64, 302-309.

García, E. (1998). Climas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Escala 1:1000000. México. http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/clima/climas/clima1mgw

Gelb, Y., y Delacretaz, N. (2009). Windows and Vegetation: Primary Factors in Manhattan Bird Collisions. *Northeastern Naturalist*, 16(3), 455-470. <https://doi.org/10.1656/045.016.n312>

Gómez-Moreno, V. del C., González-Gaona, O. J., Niño-Maldonado, S., y Lucio-Martínez, M. E. (2023). Mortalidad de aves causadas por colisión en Ciudad

- Victoria, Tamaulipas, México. *Revista de Ornitología Mexicana Huitzil*, 24(1), e-649. <https://doi.org/10.28947/hrmo.2022.24.1.697>
- Gómez-Moreno, V del C, González-Gaona, O. J., y Niño-Maldonado, S. (2021). Colisión de aves en México: la urbanización de un problema creciente y una barrera del vuelo. *Alas-asociación latinoamericana de sociología Perú*. Biblioteca Nacional del Perú. (p. 566).
- Gómez-Moreno, V del C, Herrera-Herrera, J. R., y Niño-Maldonado, S. (2018). Colisión de aves en ventanas del Centro Universitario Victoria, Tamaulipas, México. *Revista de Ornitología Mexicana Huitzil*, 19(2), 227-236. <https://doi.org/10.28947/hrmo.2018.19.2.347>
- Gómez-Moreno, V del C, Niño-Maldonado, S., y Sánchez-Reyes, U. J. (2015) Lista ornitológica del Centro Universitario de Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. *Revista de Ornitología Mexicana Huitzil*, 17(1), 33-43. <https://doi.org/10.28947/hrmo.2016.17.1.216>
- González-Salazar, C., Martínez-Meyer, E., and López-Santiago, G. (2014). A herarchical classification of trophic guilds for North American birds and mammals. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(3), 931-941. <https://doi.org/10.7550/rmb.38023>
- Gotelli, N. J., and Ellison, A. M. (2004). *A Primer of Ecological Statistics*. Sinauer Associates, Sunderland, M. A.
- Hager, S. B., Trudell, H., McKay, K. J., Crandall, S. M., and Mayer, L. (2008). Bird density and mortality at windows. *The Wilson Journal of Ornithology*, 120(3), 550-64. <https://doi.org/10.1676/07-075.1>
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., and Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4, 1-9.
- Howell, S.N.G., and Webb, S. (1995). *A guide to the birds of Mexico and norther and Central America*. (p. 1010). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198540137.001.0001>
- INEGI, (10 de abril de 2015). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Marco Geoestadístico Nacional. Cartografía Urbana 2000. <https://www.inegi.org.mx/>
- IUCN, (13 de marzo de 2020). IUCN Red List of Threatened Species, version 2020-3. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. Recuperado el 17 de julio de 2020 de <https://www.iucnredlist.org/>
- Jongman, R. G. H., Ter Braak C. J. F., and O. F. R. van Tongeren, (1987). Data analysis in community and landscape ecology. Pudoc, Wageningen.
- Kim, E. M., Choi, C. Y., and Kang, C. W. (2013). Causes of injury and mortality of fairy *Pitta pitta nympha* on Jeju island, Republic of Korea. *Forktail*, 29, 145-148.
- Klem, D., Farmer, C. J., Delacretaz, N., Gelb, Y., and Saenger, P. G. (2009). Architectural and landscape risk factors associated with bird-glass collisions in an urban environment. *The Wilson Journal of Ornithology*, 121, 12-134. <https://doi.org/10.1676/08-068.1>
- Klem, D. (1990). Collisions between birds and windows: mortality and prevention. *Journal of Field Ornithology*, 61, 120-128.
- Klem, D. (2009). Avian mortality at windows: the second largest human source of bird mortality on earth. In: Rich, T. D., Arizmendi, C., Demarest, D. W., and Thompson, C. editor(s). *Tundra to Tropics: Connecting Birds, Habitats and People*. (pp. 244-251). McAllen, TX.
- Klem, D. (1989). Bird window collisions. *The Wilson Journal of Ornithology*, 101, 606-620.
- Köppen, W. (1948). *Climatología: Como un estudio de los climas de la tierra*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Kummer, J. A., Bayne, E. M., and Machtans, C. S. (2016). Use of citizen science to identify factors affecting bird-window collision risk at houses. *The Condor: Ornithological Applications*, 118(3), 624-39. <https://doi.org/10.1650/CONDOR-16-26.1>
- Kusch, A., Cárcamo, J., y Gómez, H. (2008). Aves acuáticas en el humedal urbano de tres puentes, Punta Arenas, Chile austral. *Anales Instituto Patagonia*, 36(2), 45-51. <https://doi.org/10.4067/S0718-686X2008000200005>
- Leahy, C. (1982). *The birdwatcher's companion: an encyclopedic handbook of North American Birdlife*. Gramercy Books.
- Loss, S. R., Will, T., Loss, S. S., and Marra, P. P., (2014). Bird-building collisions in the United States: estimates of anual mortality and species vulnerability. *The Condor: Ornithological Applications*, 116(1), 8-23. <https://doi.org/10.1650/CONDOR-13-090.1>
- Loss, S. R., Will, T., and Marra, P. P. (2015). Direct Mortality of Birds from Anthropogenic Causes. *Annual Review of Ecology, Evolution, And Systematics*, 46, 99-120. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-112414-054133>
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity*. Oxford: Blackwell Science.
- Markman, S., Muller, C. T., Pascoe, D., Dawson, A., and Buchanan, K. L. (2011). Pollutants affect starling development *Sturnus vulgaris*. *Journal of Applied Ecology*, 48(2), 391-397. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01931.x>
- Menacho-Odio, R. M. (2018). Local perceptions attitudes beliefs and practices toward bird-window collisions in Monteverde Costa Rica. *UNED Research Journal*, 10, 33-40. <https://doi.org/10.22458/urj.v10i1.2038>
- Mendenhall, W. (1994). Introduction to probability and statistics. In Mendenhall, W., and Beaver, R.J. (Eds.) *Introduction to linear models and the desing and analysis of experiments*. (pp. 244-255).
- Nichols, J. D., Thomas, L., and Conn, P. B. (2009). Inferences about landbird abundance from count data: recent advances and future directions. In: Thomson, D. L., Cooch, E. G., Conroy, M. J., editor(s). *Modeling Demographic Processes in Marked Populations. Environmental and ecological statistics* (Vol. 3, pp 201-235). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-78151-8_9

- Ocampo-Peñuela, N, Winton, R. S., Wu, C. J., Zambello, E., Wittig, T. W., and Cagle, N. L. (2016). Patterns of bird window collisions inform mitigation on a university campus. *PeerJ*, 4, e1652. <https://doi.org/10.7717/peerj.1652>
- O'Connell, T. J. (2001). Avian window strike mortality at a suburban office park. *The Raven*, 72 (2), 141-9.
- Orlowski, G., Kasprzykowski, Z., Dobick, W., Pokorny, P., and Polechonski, R. (2010). Geographical and habitat differences in concentrations of copper, zinc and arsenic in eggshells of the Rook in Poland. *Journal of Ornithology*, 151, 279-286. <https://doi.org/10.1007/s10336-009-0453-8>
- Parkins, K. L., Elbin, S. B. and Barnes, E. (2015). Light, glass, and bird-building collisions in an urban park. *Northeastern Naturalist*, 22(1), 84-94. <https://doi.org/10.1656/045.022.0113>
- Pyle, P. (1997). *Identification guide to North American birds*. Part 1. (pp. 732). Editorial Slate Creek Press.
- Santos, L. P. S., De Abreu, V. F., y De Vasconcelos, M. F. (2017). Bird mortality due to collisions in glass panes on an Important Bird Area of southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 25(2), 90-101. <https://doi.org/10.1007/bf03544384>
- Santiago-Alarcon, D., and Delgado, C. A. (2017). Warning! Urban threats for birds in Latin America. In: MacGregor-Fors, I., y Escobar-Ibáñez, J. F. editor (s). *Avian ecology in Latin American cityscapes*. (p. 142). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-63475-3_7
- Sibley, D. A. and Allen, D. S. (2000). *The Sibley Guide to Birds*. (p. 240). Andrew Stewart Publishing Inc.