



Mortalidad de aves causadas por colisión en Ciudad Victoria, Tamaulipas, México

Bird mortality caused by collision in Ciudad Victoria, Tamaulipas, Mexico

Vannia del C. Gómez-Moreno¹ , Othón J. González-Gaona¹ , Santiago Niño-Maldonado^{2*} , y Miriam E. Lucio-Martínez¹ 

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México

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

* Autor de correspondencia: coliopteranino@hotmail.com

Resumen

Se ha estimado que cada año mueren 42 a 365 millones de aves en Norteamérica a causa de las colisiones con ventanas. Sin embargo, se desconoce la magnitud de las especies que se pueden ver afectadas con las cristalerías para los países latinoamericanos que tienen una alta diversidad de aves. Por lo que, los objetivos del presente estudio fueron analizar la riqueza de especies afectadas y conocer las características (tipo de cristal y vegetación cercana) que influyen sobre la mortalidad de aves en Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. Realizamos monitoreos que consistían en búsqueda de aves muertas o lesionadas en los edificios con fachadas o ventanales en diferentes zonas de la ciudad. Además, compilamos la información ciudadana con la intención de complementar la lista de las especies afectadas en los edificios de la ciudad. Obtuvimos 474 registros de accidentes, que correspondieron a 82 especies de aves. Las especies de mayor frecuencia fueron *Zenaida asiatica*, *Turdus grayi* y *Columbina passerina*. La cristalería reflectante generó la mayor mortalidad de aves, al igual que la presencia de la vegetación cercana. El número de especies afectadas fue alto a comparación con los estudios realizados en otras regiones del país (Jalisco y Tamaulipas). Además, varias de las especies afectadas se encuentran amenazadas al nivel nacional e internacional y otras son especies endémicas de México. Por lo que, es importante evitar la cristalería reflectante al igual que la combinación árbol-ventana, pues éstos atraen a las aves y corren el riesgo de colisionar.

Palabras clave: Avifauna, colisión aves-ventanas, cristal reflectante, edificios, mortalidad aves, Kernel Quartic densidad.

Abstract

It has been estimated that 42 to 365 million birds die each year in North America due to collisions with windows. However, the magnitude of species affected by collision with windows is unknown for Latin American countries that have high avian diversity. Therefore, the objectives of the present study were to analyze the richness of species affected by windows, and determine the characteristics (type

INFORMACIÓN SOBRE EL ARTÍCULO

Recibido:

2 de septiembre de 2022

Aceptado:

17 de febrero del 2023

Editor Asociado:

Lucas M. Leveau

Contribución de cada uno de los autores:

VCGM: Elaboración del manuscrito, organización de la base de datos, recolecta de material biológico. OJGG: Apoyo en la redacción del manuscrito y análisis estadísticos. SNM: Apoyo en la redacción del manuscrito, identificación de las aves, recolecta de material biológico. MELM: Apoyo en la recolecta de ejemplares y apoyo de la georreferenciación de las aves colisionadas.

Cómo citar este documento:

Gómez-Moreno, VC, González-Gaona, OJ, Niño-Maldonado, S., Lucio-Martínez, ME. 2023. Mortalidad de aves causadas por colisión en Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. Huitzil Revista Mexicana de Ornitología 24(1):e-649. DOI: <https://doi.org/10.28947/hrmo.2022.24.1.697>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento No Comercial-Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.

of glass and nearby vegetation) that influence bird mortality in Ciudad Victoria, Tamaulipas, Mexico. We conducted surveys that consisted of searching for dead or injured birds in buildings with facades or windows in different areas of the city. In addition, we compiled citizen information to complement the list of species affected by buildings in the city. We obtained 474 records of accidents, which corresponded to 82 species of birds. The most frequent species were *Zenaida asiatica*, *Turdus grayi*, and *Columbina passerina*. Reflective glass generated the highest bird mortality, as did the presence of nearby vegetation. The number of species affected was high in comparison with studies carried out in the other regions of the country (Jalisco and Tamaulipas). In addition, several of the affected species are threatened nationally and internationally, and others are endemic to Mexico. Therefore, it is important to avoid reflective glass, as well as a tree-window combination, as these attract birds and run the highest risk of collisions.

Keywords: Avifauna, bird mortality, bird-window collision, buildings, reflective glass, Kernel Quartic density.

Introducción

Las colisiones o impactos de aves con estructuras hechas por el hombre (edificios, torres de comunicación, cables de alta tensión, antenas y aerogeneradores) dejan una tasa de mortalidad estimada que va desde los 42 a 365 millones cada año (Machtans et al. 2013, Loss et al. 2014). Estos eventos se han convertido en la segunda causa de muerte más grande después de la depredación por gatos domésticos (Loss et al. 2015). De manera específica, las colisiones más frecuentes en áreas urbanas son causadas en edificios, residencias y comercios que presentan diferentes diseños y tipos de cristalerías (reflectantes y/o transparentes) en sus ventanas.

Estos choques con ventanas se deben a que las aves no perciben a la cristalería como una barrera física (Gelb y Delacretaz 2009). Por ejemplo; el cristal transparente se vuelve peligroso ya que las aves no distinguen el cristal y pueden ver a través de él. En cuanto al cristal reflectante, se genera un espejismo de la vegetación cercana en la ventana donde las aves en busca de sitios para percha o en búsqueda de alimentos ven ese reflejo y vuelan hacia él. En ambos casos se generan choques contra las ventanas que causan contusiones, fracturas y/o la muerte (Gelb y Delacretaz 2009, Bayne y Raw-

son-Clark 2012, Sabo et al. 2016).

En este contexto, se ha mencionado que las ventanas se vuelven más peligrosas para las aves cuando están rodeadas de otros elementos como la vegetación cercana, jardines, y áreas verdes. Estos elementos cerca de las ventanas se convierten en atrayentes para las aves, lo que aumenta la probabilidad de un accidente (Blair 1996, Fuller et al. 2008). También, la cantidad y tipo de ventanas en un edificio tiene una influencia sobre la tasa de mortalidad de aves (Evans-Ogden 1996, Borden et al. 2010).

Aun cuando este tema ha recibido en los últimos años más atención por parte de la comunidad científica, la mayoría de los estudios se concentran en América del Norte (Loss et al. 2015, Bracey et al. 2016, Kahle et al. 2016, Brown et al. 2019, Barton et al. 2017). Es importante resaltar que el tema no se aborda en muchos países, en particular, en aquellos que presentan una alta diversidad de aves (Rebollo-Ifrán et al. 2019). Por lo tanto, se desconoce el impacto que la colisión con ventanas está generando en las poblaciones de aves en estos lugares. En la actualidad, existe el interés creciente en estudiar esta amenaza en países latinoamericanos como Argentina (Rebollo-Ifrán et al. 2019), Brasil (Brisque et al. 2017, Santos et al. 2017), Colombia (Ocampo-Peñuela et al. 2016), Costa Rica (Menacho-Odio 2015) y México (Cupul 2003, Gómez-Moreno et al. 2018). Por esta razón, se requiere seguir incrementando y actualizando la información sobre este tema y como afecta a las comunidades de aves.

Por lo tanto, los objetivos del presente estudio fueron: 1) conocer la riqueza de especies que chocan con las ventanas de los edificios de Ciudad Victoria, Tamaulipas. 2) determinar las principales áreas de mayor riesgo en la ciudad y 3) analizar las características que influyen sobre la mortalidad de aves. Esto tiene como finalidad contribuir al conocimiento de las especies que son vulnerables a colisionar con ventanas, al igual que, brindará herramientas para poder implementar futuras medidas de mitigación adecuadas para evitar la mortalidad de aves en la ciudad.

Métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en Ciudad Victoria (24°40'22.06"N, 98°18'11.14"O y 23°49'40.98"N, 98°14'12.37"O) en el estado de Tamaulipas, México y se ubica en la parte noreste de la República

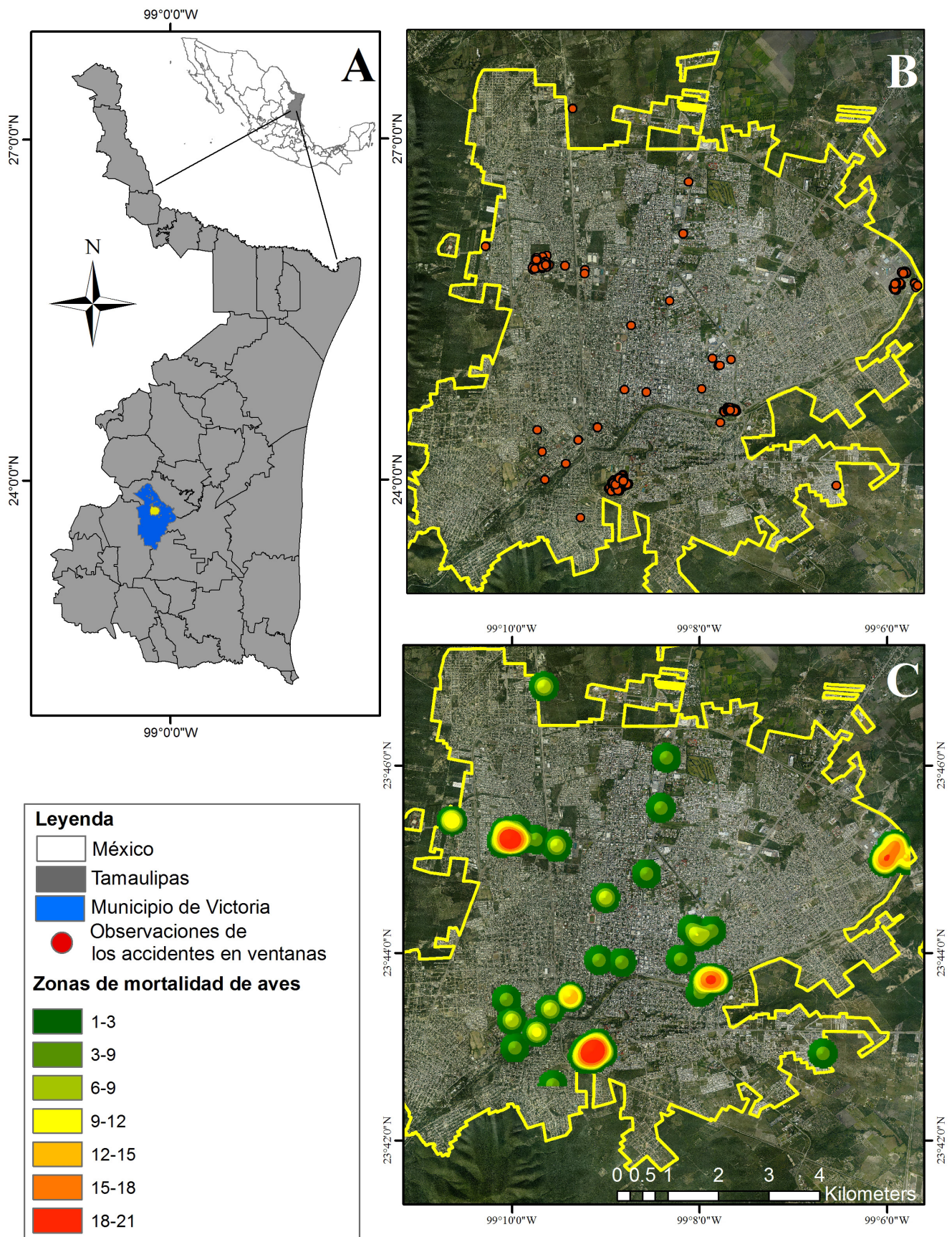


Figura 1. Ubicación de Tamaulipas y Municipio de Victoria (A), Sitios en Ciudad Victoria, Tamaulipas donde se registraron accidentes de las aves en los edificios (B), y Kernel Quartic densidad de colisiones de aves registrados en distintos sitios de la ciudad (C).

Mexicana (Figura 1A). En los últimos años, la mancha urbana de Ciudad Victoria ha incrementado de manera drástica en promedio 1.2 km² por año, lo cual se ha dado de manera extensiva y desordenada (INEGI 2015, 2020). El crecimiento de la población en el estado ha traído un incremento en las áreas urbanas, así como el aumento de construcción de viviendas, centros comerciales, y edificios de 5 a 25 pisos; muchos de los cuales presentan fachadas con diferentes tipos y porcentajes de cristalerías.

Recopilación de datos

Durante 2019 a 2021, se monitoreó diferentes zonas de la ciudad con edificios que presentaron fachadas y recubrimientos de cristalería. Los periodos de búsqueda y colecta del material biológico fueron tres veces al mes durante tres años (lo que equivale a 108 muestreos). Para ello, se hicieron recorridos a lo largo de rutas permanentes en la ciudad. Éstas consistieron en buscar de manera independiente aves muertas, lesionadas y/o aturdidas a 20 m de distancia de la base de los edificios en un horario de 07:00 a 12:00 h. Las aves encontradas fueron registradas por fecha, ubicación (coordenadas geográficas), tipo de ventana (reflectante, transparente y opacos; Sheppard 2019) o pared blanca. También, medimos la distancia (m) de la vegetación cercana a las ventanas donde ocurrieron los accidentes por medio del programa Google Earth.

De manera adicional, se tomó en cuenta la información ciudadana con la intención de complementar la lista de las especies afectadas en los edificios y viviendas de la ciudad. Para ello, se hizo pública una invitación a la ciudadanía por medio de la empresa de Servicios Profesionales en Biodiversidad (SEPROBIO) y Tropa pajarera (Universidad Autónoma de Tamaulipas), para realizar sus reportes de los accidentes o llevar los ejemplares lesionados a la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. En este caso, se le realizó una encuesta a los ciudadanos para conocer el lugar del impacto, tipo de ventana, presencia de vegetación y distancias entre árbol-ventana.

Todas las aves encontradas en los muestreos o reportadas por la ciudadanía fueron identificadas al nivel de especie (Peterson y Chalif 1973, Howell y Webb 1995, Sibley 2003). Se determinó el estado de conservación de cada especie basándose en la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN 2022), al igual que, la Norma Oficial Mexicana, Nom-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010) y para el grado de endemis-

mo en México se siguieron los criterios de Howell y Webb (1995). Las aves lesionadas fueron rehabilitadas y después fueron liberadas.

Análisis estadísticos

Se utilizó la herramienta Kernel Quartic (biponderado) predeterminado en el programa ArcMap 10.2.2. para generar un mapa de densidad de aves muertas o accidentadas en las ventanas de los edificios de Ciudad Victoria. Se aplicó el modelo de distribución binomial que consiste en un experimento aleatorio en el que solo puede dar dos posibilidades que ocurra un determinado suceso, en este caso, de que ocurra una colisión. Para este análisis se tomó en cuenta el valor total de las colisiones en el área ($n=474$ individuos) y el número de colisiones de cada una de las especies. En este caso, éxito o probabilidad alta de colisión, será considerado cuando una especie tenga un valor de $P<0.05$ y fracaso o una baja probabilidad de una colisión, será considerado cuando una especie tenga un valor de $P>0.05$.

También se calculó el porcentaje de colisión, tomado en cuenta el número total de accidentes de cada una de las especies. Se utilizó una prueba de Correspondencia (Gotelli y Ellison 2002) para visualizar mediante un gráfico la relación entre categorías. Para la generación de este análisis se utilizaron las frecuencias de las colisiones de las especies sobre los diferentes tipos de cristalería (reflectante, transparente) y la pared blanca. De manera complementaria, se utilizó la prueba de χ^2 para medir el grado de asociación entre los tipos de superficie y las especies de aves accidentadas.

Por último, se utilizó una prueba de coeficiente de correlación de Pearson para determinar si las abundancias de las especies de aves accidentadas están correlacionadas con las distancias (m) de las ventanas a los árboles más cercanos. De acuerdo con Cohen (1988), se plantearon cuatro valores absolutos del coeficiente de correlación (r): nula = 0 - 0.10; débil = 0.10 - 0.30; moderada = 0.30 - 0.50; y alta = 0.50 - 1.00. Los cálculos se realizaron en PAST 3.07 y STATISTICA 13.0 (Hammer et al. 2001, StatSoft 2021).

Resultados

Especies vulnerables a colisión con ventanas

En total se obtuvieron 474 registros de accidentes de aves, correspondiendo a 82 especies de aves, que se impactaron contra las ventanas de los edificios o viviendas (Tabla 1). De éstas, se identificaron dos especies (*Zenaida asiática* y *Turdus*

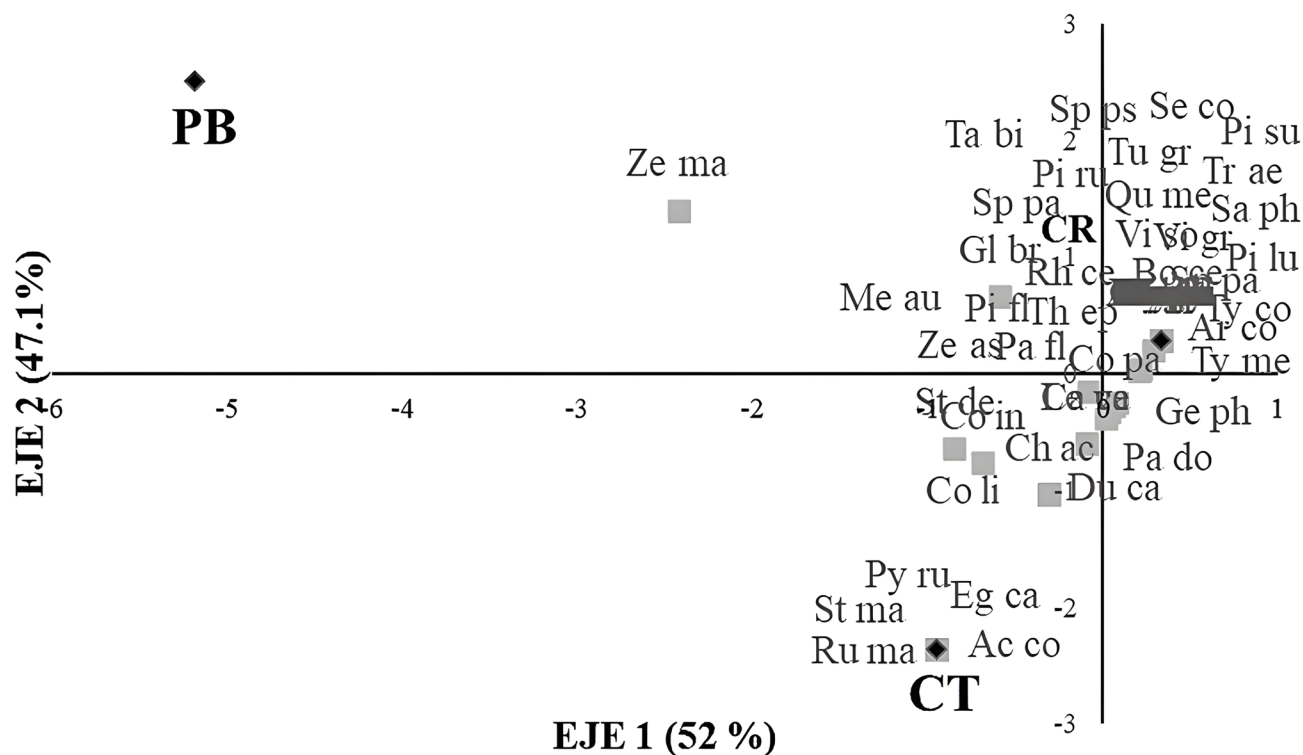


Figura 2. Análisis de Correspondencia entre las especies de aves accidentadas y los tipos de estructuras (PB = Pared Blanca, CR = Cristal reflectante, CT = Cristal transparente) en los edificios de Ciudad Victoria, Tamaulipas. Las siglas de las especies de aves están listadas en Tabla 1.

grayi) con una alta frecuencia de colisión y representaron el 37.9% de las colisiones (Tabla 2). Del total de las especies afectadas, se identificaron cinco especies bajo alguna categoría de riesgo (Tabla 1). Al nivel internacional, se obtuvieron dos especies en la lista roja: *Amazona oratrix* considerada en peligro de extinción y *Sturnella magna* como casi amenazada (IUCN 2022). Al nivel nacional hubo cuatro especies clasificadas en la NOM-059 (SEMARNAT 2010): *Amazona oratrix* en peligro de extinción; *Geothlypis tolmiei* considerada amenazada; además de *Accipiter cooperii* y *Passerina ciris* en la categoría protección especial. En este mismo sentido, se determinaron siete especies con diferentes grados de endemismos para México (Tabla 1). Entre ellas una endémica (*Rhodothraupis celaeno*) tres semiendémicas (*Cyananthus latirostris*, *Icterus bullockii* e *Icterus cucullatus*), tres cuasiendémicas (*Amazilia yucatanensis*, *Amazona oratrix* y *Corvus imparatus*).

Fuentes de riesgo para colisión de aves

Determinamos que las colisiones no se distribuyeron de manera uniforme en la ciudad, sino que existen puntos o áreas de riesgo de mortalidad para las aves. Se determinaron 33 sitios en la ciudad donde se generan accidentes de las aves con ventanas entre ellos se cuentan oficinas gubernamentales, comer-

cios, escuelas y viviendas que se encuentran dentro de la mancha urbana (Fig. 1B). Las principales áreas donde se presentaron los mayores números de impactos de aves (Fig. 1C) correspondieron a las áreas de la Universidad Autónoma de Tamaulipas con 196 accidentes, seguido de Tecnológico de Ciudad Victoria con 127 aves accidentadas, Parque Bicentenario con 55 accidentes y Torre José López Portillo con 44 ejemplares.

El análisis de correspondencia demostró una relación de las 82 especies accidentadas con el tipo de cristalería que presentaban los edificios. La mayoría de las especies sufrieron mortalidad con la cristalería reflectante entre ellas destacan: *Zenaida asiática* con 98 accidentes, *Turdus grayi* con 56, *Columbina passerina* con 15 y *Leiothlypis celata* con 12 (Fig. 2). Otras especies como *Rupornis magnirostris* y *Egretta caerulea* con dos ejemplares cada uno, se vieron afectadas con la cristalería transparente. Mientras que la pared blanca, generó la mortalidad de *Zenaida macroura* con siete ejemplares, *Zenaida asiática* con cuatro y *Columbina inca*, *Streptopelia decaocto* ambos con dos ejemplares.

Así mismo, hubo diferencias significativas entre las estructuras en el número de ejemplares de aves accidentadas ($\chi^2_{162} = 243.9$, $P < 0.05$). El cristal de tipo reflectante causó la mortalidad de 401 ejemplares, mientras que el cristal de tipo transparente

Tabla 1. Especies de aves accidentadas en edificios en Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. Se indican las abundancia de ejemplares accidentadas, las siglas de abreviaturas de nombres científicos de las especies, tipos de estructuras donde ocurrieron los accidentes (CR=Cristal reflectante, CT=Cristal transparente y PB=Pared blanca), estatus de conservación IUCN (Lc=Preocupación menor, En=En peligro de extinción, Nt= Casi amenazada), NOM-059 (A=Amenazada, P=En peligro de extinción, PR=Protección especial) y superíndice para los endemismos de México (E=Endémicas, SE=Semiendémicas, CE=Cuasiendémicas).

Especies	Abundancia	Siglas	Tipo de estructura	IUCN	NOM-059
Galliformes					
Cracidae					
<i>Ortalis vetula</i>	1	Or ve	CR	Lc	
Columbiformes					
Columbidae					
			CR		
<i>Columba livia</i>	7	Co li	CR, CT, PB	Lc	
<i>Patagioenas flavirostris</i>	2	Pa fl	CR	Lc	
<i>Streptopelia decaocto</i>	9	St de	CR, CT, PB	Lc	
<i>Columbina inca</i>	12	Co in	CR, CT	Lc	
<i>Columbina passerina</i>	18	Co pa	CR, CT	Lc	
<i>Leptotila verreauxi</i>	2	Le ve	CR, CT	Lc	
<i>Zenaida asiatica</i>	122	Ze as	CR, CT, PB	Lc	
<i>Zenaida macroura</i>	7	Ze ma	CR	Lc	
Cuculiformes					
Cuculidae					
<i>Coccyzus americanus</i>	3	Co am	CR	Lc	
Caprimulgiformes					
Caprimulgidae					
<i>Chordeiles acutipennis</i>	2	Ch ac	CR, CT	Lc	
Apodiformes					
Trochilinae					
<i>Archilochus colubris</i>	10	Ar co	CR, CT	Lc	
<i>Cynanthus latirostris</i> ^{SE}	5	Cy la	CR	Lc	
<i>Amazilia yucatanensis</i> ^{CE}	1	Am yu	CR	Lc	
Gruiformes					
Rallidae					
<i>Fulica americana</i>	1	Fu am	CR	Lc	
Pelecaniformes					
Pelecanidae					
<i>Egretta caerulea</i>	2	Eg ca	CR, CT	Lc	
<i>Bubulcus ibis</i>	1	Bu ib	CR	Lc	
Accipitriformes					
Accipitridae					
<i>Accipiter cooperii</i>	1	Ac co	CR, CT	Lc	Pr
<i>Rupornis magnirostris</i>	2	Ru ma	CR, CT	Lc	
<i>Buteo jamaicensis</i>	1	Bu ja	CR	Lc	
Strigiformes					
Strigidae					
<i>Glaucidium brasilianum</i>	6	Gl br	CR	Lc	

Piciformes					
Picidae					
<i>Melanerpes auriformis</i>	12	Me au	CR, CT	Lc	
Falconiformes					
Falconidae					
<i>Falco sparverius</i>	2	Fa sp	CR	Lc	
Psittaciformes					
Psittacidae					
<i>Amazona oratrix</i> ^{CE}	2	Am or	CR	En	P
Passeriformes					
Tyranninae					
<i>Pitangus sulphuratus</i>	2	Pi su	CR	Lc	
<i>Myiozetetes similis</i>	1	My si	CR	Lc	
<i>Tyrannus couchii</i>	2	Ty co	CR	Lc	
<i>Tyrannus melancholicus</i>	4	Ty me	CR	Lc	
<i>Empidonax minimus</i>	1	Em mi	CR	Lc	
<i>Empidonax traillii</i>	1	Em tr	CR	Lc	
<i>Sayornis phoebe</i>	1	Sa ph	CR	Lc	
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	2	Py ru	CR, CT	Lc	
Vireonidae					
<i>Vireo griseus</i>	3	Vi gr	CR	Lc	
<i>Vireo solitarius</i>	2	Vi so	CR	Lc	
Corvidae					
<i>Corvus cryptoleucus</i>	1	Co cr	CR	Lc	
<i>Corvus imparatus</i> ^{CE}	1	Co im	CR	Lc	
Hirundinidae					
<i>Tachycineta bicolor</i>	1	Ta bi	CR	Lc	
<i>Hirundo rustica</i>	1	Hi ru	CR	Lc	
<i>Petrochelidon pyrrhonota</i>	4	Pe py	CR	Lc	
Regulidae					
<i>Corthylio calendula</i>	5	Co ca	CR	Lc	
Bombycillidae					
<i>Bombycilla cedrorum</i>	11	Bo ce	CR, CT	Lc	
Troglodytidae					
<i>Troglodytes aedon</i>	2	Tr ae	CR	Lc	
Mimidae					
<i>Dumetella carolinensis</i>	2	Du ca	CR, CT	Lc	
<i>Mimus polyglottos</i>	1	Mi po	CR	Lc	
Turdidae					
<i>Turdus grayi</i>	58	Tu gr	CR, CT	Lc	
Passeridae					
<i>Passer domesticus</i>	13	Pa do	CR, CT	Lc	
Fringillidae					
<i>Euphonia affinis</i>	7	Eu af	CR	Lc	
Carduelinae					
<i>Spinus psaltria</i>	3	Sp ps	CR	Lc	

Passerellidae				
<i>Spizella pallida</i>	1	Sp pa	CR	Lc
<i>Spizella passerina</i>	6	Sp pa	CR	Lc
<i>Melospiza lincolni</i>	4	Me li	CR	Lc
Icteriidae				
<i>Icteria virens</i>	3	Ic vi	CR	Lc
<i>Sturnella magna</i>	1	St ma	CR, CT	Nt
Icterinae				
<i>Icterus bullockii</i> ^{SE}	1	Ic bu	CR	Lc
<i>Icterus cucullatus</i> ^{SE}	2	Ic cu	CR	Lc
<i>Icterus gularis</i>	3	Ic gu	CR	Lc
<i>Icterus galbula</i>	2	Ic ga	CR	Lc
Agelaiinae				
<i>Molothrus aeneus</i>	1	Mo ae	CR	Lc
<i>Molothrus ater</i>	2	Mo at	CR	Lc
<i>Quiscalus mexicanus</i>	10	Qu me	CR	Lc
Parulidae				
<i>Mniotilta varia</i>	5	Mn va	CR	Lc
<i>Leiothlypis celata</i>	12	Le ce	CR	Lc
<i>Leiothlypis ruficapilla</i>	2	Le ru	CR	Lc
<i>Geothlypis philadelphia</i>	7	Ge ph	CR, CT	Lc
<i>Geothlypis poliocephala</i>	1	Ge po	CR	Lc
<i>Geothlypis tolmiei</i>	2	Ge to	CR	Lc
<i>Geothlypis trichas</i>	2	Ge tr	CR	Lc
<i>Setophaga coronata</i>	1	Se co	CR	Lc
<i>Basileuterus culicivorus</i>	1	Ba cu	CR	Lc
<i>Cardellina pusilla</i>	2	Ca pu	CR	Lc
Cardinalidae				
<i>Piranga flava</i>	3	Pi fl	CR	Lc
<i>Piranga ludoviciana</i>	2	Pi lu	CR	Lc
<i>Piranga rubra</i>	1	Pi ru	CR	Lc
<i>Cardinalis cardinalis</i>	2	Ca ca	CR, CT	Lc
<i>Rhodothraupis celaeno</i> ^E	10	Rh ce	CR, CT	Lc
<i>Cyanocompsa parellina</i>	3	Cy pa	CR	Lc
<i>Passerina caerulea</i>	4	Pa ca	CR	Lc
<i>Passerina ciris</i>	7	Pa ci	CR	Lc
<i>Passerina cyanea</i>	6	Pa cy	CR	Lc
<i>Passerina versicolor</i>	3	Pa ve	CR	Lc
Thraupidae				
<i>Thraupis episcopus</i>	2	Th ep	CR	Lc

generó una mortalidad menor de 59 ejemplares, en comparación, la pared blanca obtuvo 14 registros. Otra característica que influyó en la mortalidad de las aves fueron los árboles cercanos que se reflejan en las ventanas de los edificios. Hubo una correlación negativa alta ($r = -0.67$, $gl = 8$, $P < 0.05$) del

número de aves accidentadas con la distancia desde la ventana al árbol cercano. El mayor número de choques (423 ejemplares) ocurrieron donde hay árboles a distancias cortas de 2-5 m desde las ventanas (Fig. 3). Por otro lado, hubo pocos accidentes de aves contra las ventanas cuando los árboles se

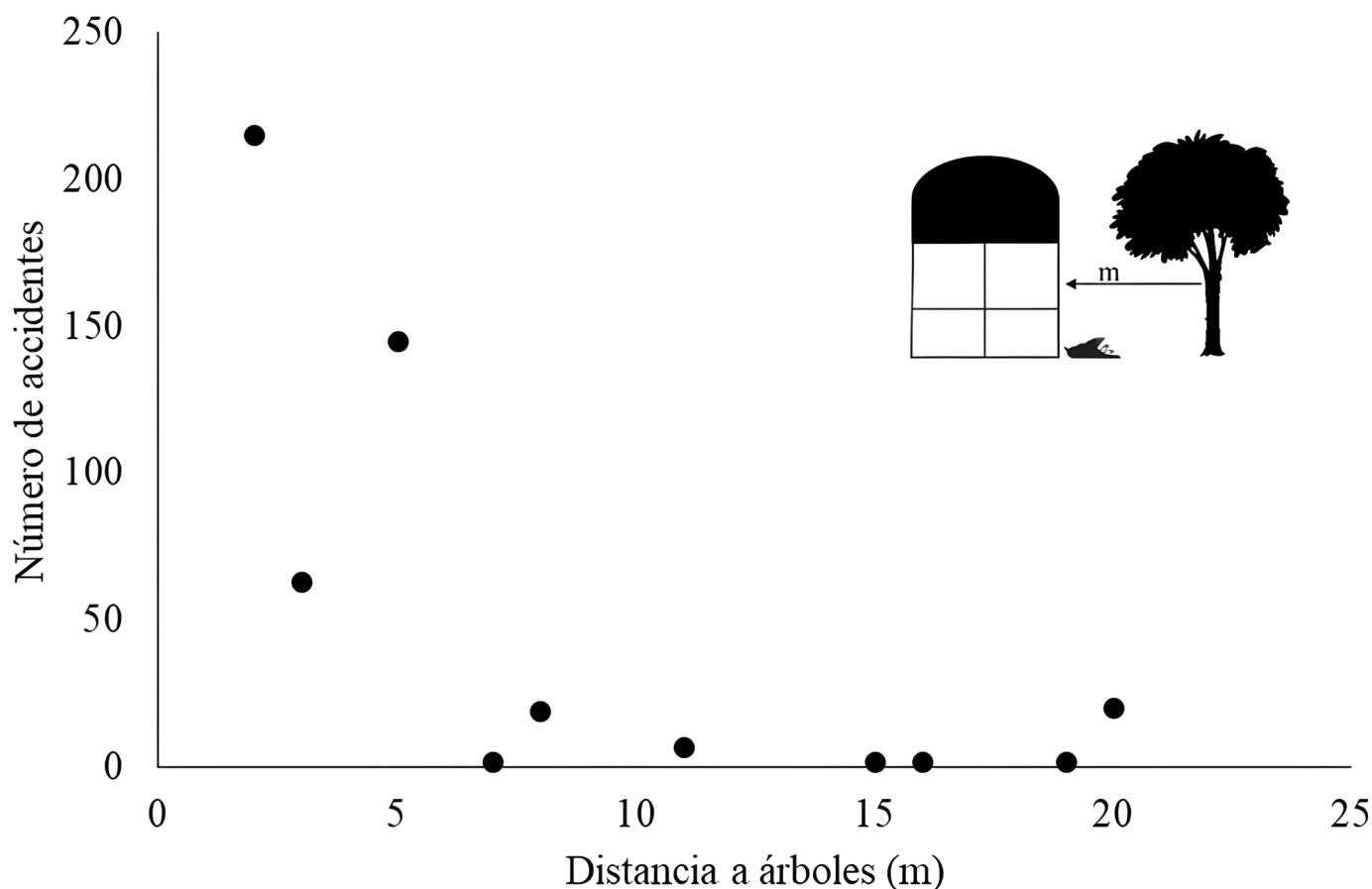


Figura 3. Correlación del número de accidentes de las aves con la distancia desde la ventana a los árboles.

encontraban a >8 m de distancia (Fig. 3).

Estaciones del año de mayor mortalidad

Se identificó que existen diferencias significativas entre estaciones del año ($\chi^2_{608.5} = 294, P < 0.05$). Las estaciones de primavera y verano se registraron el mayor número de 158 – 160 aves en colisión con los edificios (Fig. 4). Por otro lado, en el otoño e invierno hubo menor número de 75 – 85 aves en coli-

siones. En cuanto al número de especies, no vario mucho entre temporadas, a excepción de primavera cuando hubo un poco más especies afectadas (Fig. 4).

Discusión

Las 82 especies de aves que se registraron accidentadas en el presente estudio representan el 15% de

Tabla 2. Especies de aves con mayor frecuencia de colisión con la cristalería de las ventanas de los edificios en Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

Especies	Total de ejemplares accidentados	Valor de probabilidad distribución binomial	Porcentajes de colisiones
<i>Zenaida asiatica</i>	122	$P < 0.001$	25.7%
<i>Turdus grayi</i>	58	$P < 0.001$	12.2%
<i>Columbina passerina</i>	18	$P < 0.001$	3.8%
<i>Passer domesticus</i>	13	$P < 0.001$	2.7%
<i>Columbina inca</i>	12	$P < 0.003$	2.5%
<i>Leiothlypis celata</i>	12	$P < 0.003$	2.5%
<i>Bombycilla cedrorum</i>	11	$P < 0.007$	2.3%
<i>Archilochus colubris</i>	10	$P < 0.016$	2.1%
<i>Quiscalus mexicanus</i>	10	$P < 0.016$	2.1%
<i>Rhodothraupis celaeno</i>	10	$P < 0.016$	2.1%

Valores significativos con ajuste de Bonferroni a $P < 0.05$.

las especies descritas para Tamaulipas y el 41% de las especies para Ciudad Victoria (Cantú et al. 2020, Berlanga et al. 2008). Esto también representa un número alto de especies afectadas con cristalería en comparación con otros estudios realizados en México (Cupul 2003, Gómez-Moreno et al. 2018, Gómez-Moreno y Niño-Maldonado 2021). Nuestro estudio difiere de estos otros estudios con respecto al tiempo de muestreo, que fue continuo durante varios años, lo que nos arrojó un mejor panorama de la problemática de las ventanas en los edificios y sus afectaciones sobre las aves locales. Al combinar varios años, el tamaño de muestra fue suficiente (n=474 ejemplares) para examinar varios objetivos, entre ellos la mortalidad estacional, determinar especies susceptibles y analizar algunas características de los edificios que contribuyen con los accidentes con las ventanas.

Las aves que identificamos como más frecuentes en las colisiones con ventanas, también son de las especies más abundantes. *Zenaida asiática* presentó el mayor número de accidentes y también es la especie de mayor abundancia en las áreas de estudio (Gómez-Moreno et al. 2016), lo cual se convirtió en una especie con una alta probabilidad a chocar con ventanas y es posible que estos

eventos se seguirán repitiendo en futuros años para dicha especie. También, *Turdus grayi* y *Columbina passerina* son especies comunes (Gómez-Moreno et al. 2023) y presentaron altas frecuencias de colisiones. Estos resultados apoyan la hipótesis de algunos autores como Hager et al. (2008) y Nichols et al. (2009) que señalan que las colisiones de aves están correlacionadas de manera positiva con las abundancias de éstas en las áreas de estudio. Sin embargo, otra parte de las especies afectadas presentó un grado de susceptibilidad, debido a que son especies de poca abundancia en las áreas (Gómez-Moreno et al. 2016) y se encuentran con un alto grado de frecuencia en accidentes con ventanas, tal es el caso de: *Rhodothraupis celaeno*, *Archilochus colubris* y *Bombycilla cedrorum*. Estos accidentes podrían estar asociados al comportamiento y su fisiología o que tengan una menor habilidad para detectar las señales visuales de la cristalería, lo que hace que sean más propensas a chocar con las ventanas de los edificios (Klem 1989, Rattenborg et al. 2004, Fuchs et al. 2006). Estos resultados sugieren que las colisiones no solo están determinadas por las abundancias de las especies (Kahle et al. 2016), sino que pueden llegar a relacionarse con otras variables como el comportamiento o visión de las aves.

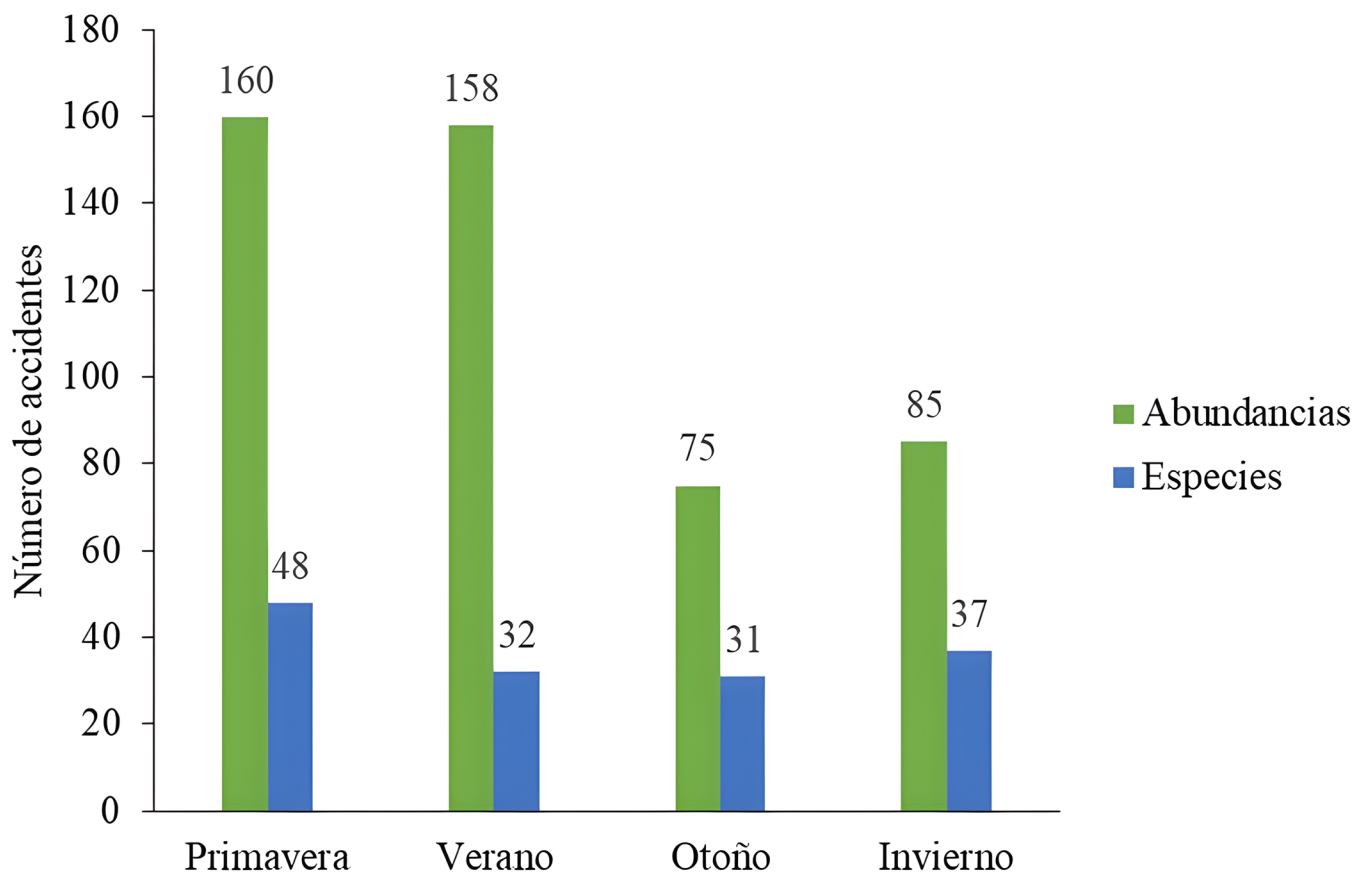


Figura 4. Número de ejemplares y especies de aves en colisión contra los edificios, registradas en cuatro estaciones del año en Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

Determinamos que en la ciudad se distribuyen en varios edificios que son considerados como puntos o áreas de riesgo de mortalidad de aves. Consideramos que los factores que influyen sobre el número de colisiones es la cantidad de cubierta de cristalería y el tamaño que tienen estos edificios. Así mismo, la presencia de vegetación cercana o alrededor de los edificios atrae a las aves por sus recursos como alimento y sitios de refugio, donde éstas tiene una mayor probabilidad de un accidente (Klem et al. 2009, Cusa et al. 2015).

En este sentido, se analizó que la mayoría de los accidentes ocurrieron en la cristalería de tipo reflectante con el 84.5% (401 ejemplares) de las colisiones totales a comparación de la cristalería transparente (12.4%, 59 ejemplares). El tipo de cristalería reflectante es considerado de alto riesgo para las especies (Kummer et al. 2016), en comparación con la cristalería transparente (Agudelo-Álvarez et al. 2010). Este material reflectante se vuelve más peligroso cuando el cielo o entorno son claramente visibles en la cristalería de las ventanas aumentando la posibilidad de un accidente (Klem y Saenger 2013). El efecto del vidrio puede deberse a la confusión de las aves y al no saber distinguir entre el panorama que se refleja en la ventana y con la realidad de su entorno (Nichols et al. 2009). Así mismo, la cantidad y el tamaño de las ventanas juega un papel importante sobre la frecuencia de las colisiones (Klem 1989). En algunos trabajos (Hager et al. 2008, 2013, Cusa et al. 2015, Parkins et al. 2015, Ocampo-Peñuela et al. 2016) han señalado una relación positiva entre la cantidad de cristalería con respecto a la mortalidad de las aves y que uno o dos edificios con una alta cubierta de cristalería pueden responder a casi el 50% de las colisiones en un área (Kim et al. 2015). Estos efectos pueden disminuir cuando los ventanales grandes, son divididas en ventanas pequeños donde hay una menor reflectancia de su entorno, y se vuelven menos peligrosas y tienen una tasa baja de impactos (Kahle et al. 2016).

Otra de las características importantes que influyó en las colisiones fue la vegetación cercana, registrando mayor número de aves accidentadas cuando hay árboles a una distancia de 2-5 m de las ventanas. Este grado de cercanía de los árboles-ventanas puede generar una mayor nitidez de la imagen que va desde una mejor apreciación de las hojas y ramas, incluso el color de los árboles dependerá también del tipo de cristal reflectante en los edificios (Cusa et al. 2015). Esto se convierte en un espejismo que engaña a las aves que buscan sitios de per-

cha o en busca de alimento. También la vegetación cercana provoca un efecto doble, donde la presencia de la vegetación y su reflejo (Hager et al. 2008, Gelb y Delacretaz 2009, Klem et al. 2009, Borden et al. 2010), lo convierte para la percepción de las aves en un área con mucha vegetación donde pueden buscar sitios de resguardo contra depredadores o para anidar. Contrario a esto, la vegetación alejada de las ventanas es menos peligrosa para las aves (Loss et al. 2014, Gelb y Delacretaz 2009), es posible que haya una mayor distorsión del reflejo de la vegetación o una menor nitidez, lo que genera una menor probabilidad de colisión de aves. En este estudio, reportamos por vez primera 14 registros de aves impactadas en paredes blancas, que en su mayoría corresponden a especies de la familia Columbidae. Martín (2014), señala que la capacidad de visión de las especies de aves difiere unas con otras para la detección de obstáculos, las cuales, dependerán en gran medida de sus campos visuales, tamaño y posición de los ojos, lo que genera o reduce la vulnerabilidad de un choque con alguna estructura urbana como la pared blanca.

El número de choques fueron estadísticamente diferentes entre las estaciones del año. El mayor número de registros en primavera y verano (160-158 aves) pueden estar asociados con la época de reproducción, cuando las aves realicen actividades de defender territorio y buscar pareja, generando mayor movimiento de las aves (Leahy 1982) con mayor probabilidad de colisión contra las ventanas. Así mismo, en verano la vegetación es más densa y en algunos casos con fructificación a lo cual las aves son atraídas y pueden impactarse con el reflejo en 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 aves juveniles, producto de la estación de primavera, donde los juveniles se pueden ver afectados a colisionar con ventanas debido a la falta de experiencia o proceso de adaptación con las áreas urbanas (Hager y Craig 2014). En coincidencia con esto último, encontramos 43 ejemplares juveniles de la paloma de ala blanca (*Zenaida asiatica*) muertas a causa de las ventanas. Para la estación de invierno identificamos 37 especies de aves accidentadas, incluyendo cuatro especies migratorias. En algunos estudios (Blem y Willis 1998, Borden et al. 2010, Klem 2009) señalan a la migración como una de las causas de muerte. Esto se debe a que las aves migratorias vuelan a través de las ciudades donde tienen una alta probabilidad de impactarse con las venta-

nas de los edificios (Klem 1989, O'Connell 2001, Drewitt y Langston 2008).

El alto número de las colisiones de aves (474 ejemplares; 82 especies) registrados en el presente estudio representa una clara problemática digna de preocupación para la conservación de las aves de Ciudad Victoria, Tamaulipas. Además, algunas de estas especies que chocan con las ventanas, ya presentan un declive en sus poblaciones y se encuentran bajo alguna categoría de riesgo (SEMARNAT 2010, IUCN 2022) y otras especies afectadas presentan algún grado de endemismo para México, lo que vuelve aún más preocupante esta problemática para la conservación de las aves. Sugerimos que se deben plantear medidas de mitigación para reducir estos eventos. Para futuras construcciones de viviendas o edificios, algunos autores mencionan la reducción de jardines o evitar la combinación jardín-ventana (Klem 2014, Bayne y Rawson-Clark 2012, Kummer et al. 2016), pues éstos, atrae a las aves donde corren el riesgo de colisión aves (Klem et al. 2004, Bayne y Rawson-Clark 2012). De hecho, varios de los reportes que nos hicieron los ciudadanos fueron de aves que se vieron accidentadas en sus casas, y algunas personas nos mencionaron que tenían bebederos, alimentadores, néctares, plantas con flores y árboles cerca de las ventanas, los cuales pueden ser algunos de los factores que influyen en los accidentes. Sin embargo, consideramos que es imposible que la sociedad evite la creación de jardines, pero lo que se podría considerar viable es la reducción de los grandes ventanales cerca de estos jardines y evitar la cristalería de tipo reflectante, que es un material que ocasionó una gran mortalidad de individuos en el mayor número de especies de aves. Por lo que evitar ventanas reflectantes ayudará a disminuir el número de colisiones de aves con las ventanas.

En el caso de construcciones actuales y fachadas con ventanales grandes en viviendas o edificios establecidos, existen otras alternativas para disminuir la mortalidad de aves. El uso de cuerdas de 3.2 mm separadas a 10 cm entre sí, que se dejan colgar en el lado externo de las ventanas, han demostrado tener más del 90% efectividad para prevenir colisiones de las aves (Klem y Saenger 2013). Otra alternativa es el uso de tiras de colores de 2.5 cm de ancho separadas por 5 cm sobre las ventanas, lo que resalta el color ultravioleta que es percibido por las aves (Klem et al. 2009, Agudelo et al. 2010). Por último, el revestimiento total de las ventanas con películas o capas oscuras que las hacen opacas

hacia afuera, evitan los choques de las aves (Klem et al. 2009). Entre estos, creemos que la estrategia más viable para evitar este tipo de incidentes con las aves podría ser la utilización de las tiras de 2.5 cm de ancho, ya que son de larga duración y de fácil aplicación entre los espacios de las ventanas. Esto podría prevenir la colisión o minimizar los eventos. Además, se debe evitar la colocación de néctares, comederos y flores cerca de las ventanas, lo ideal es colocar este tipo de atrayentes en lugares alejados u opuestos a las ventanas. El presente estudio brinda información de las especies de aves que se ven afectadas en las zonas urbanas de ciudad Victoria. Esperamos que más estudios de este tipo se repliquen, pero considerando mayor número de variables (gremio alimenticio, estado reproductivo e incluso el clima), de áreas urbanas de mayor extensión del país para poder caracterizar este fenómeno y establecer un protocolo para mitigar este problema.

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. A la empresa Servicios Profesionales en Biodiversidad (SEPROBIO) por su apoyo con las valoraciones médicas y tratamientos para la recuperación de las aves lesionadas. A los estudiantes Jose Juan Vela, Martín Gallegos, Norberto Lucio y Zulema Medina por su apoyo en campo. También a la Fundación Mamaleón por apoyo económico y al Conacyt por el apoyo con la beca (713687) y agradecemos a los revisores por sus comentarios que permitieron mejorar este manuscrito.

Literatura Citada

- Agudelo-Álvarez L, Moreno-Velásquez J, Ocampo-Peñuela N. 2010. Colisiones de aves contra ventanales en un campus universitario de Bogotá, Colombia. *Ornitología Colombiana* 3(10):3-10.
- Barton CM, Riding CS, Loss SR. 2017. Magnitude and correlates of bird collisions at glass bus shelters in an urban landscape. *PLOS One* 12: e0178667. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178667>
- Bayne S, Rawson-Clark E. 2012. Factors influencing the annual risk of bird-window collisions at residential structures in Alberta, Canada. *Wildlife Research* 39:583-592. <https://doi.org/10.1071/WF11197>

org/10.1071/WR11179

- Berlanga H, Rodríguez-Contreras V, Oliveras de Ita A, Escobar M, Rodríguez L, Vieyra J, Vargas V. 2008. Red de conocimientos sobre las Aves de México (avesmx). Conabio. <http://avesmx.conabio.gob.mx/index.html>
- Blem C, Willis B. 1998. Seasonal variation of human-caused mortality of birds in the Richmond area. *The Raven* 69: 3-8.
- Borden WC, Lockhart OM, Jones AW, Lyons MS. 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.
- Bracey AM, Etterson MA, Niemi GJ, Green RF. 2016. Variation in bird-window collision mortality and scavenging rates within an urban landscape. *Wilson Journal of Ornithology* 128: 355-367. <https://doi.org/10.1676/wils-128-02-355-367.1>
- Brisque T, Silva LAC, Piratelli AJ. 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>
- Brown BB, Kusakabe E, Antonopoulos A, Siddoway S, Thompson L. 2019. Winter bird-window collisions: mitigation success, risk factors, and implementation challenges. *PeerJ* 7: e7620. <https://doi.org/10.7717/peerj.7620>
- Cantú GJC, Rodríguez RER, Sánchez SME, Moreno A. 2020. Guía rápida de las aves del municipio de Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. Gobierno del estado.
- Cohen J. 1988. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2a. ed. Hillsdale, NJ. Erlbaum Associates. New York, E.U.A.
- Cupul MFG. 2003. Nota sobre colisiones de aves en las ventanas de edificios universitarios en Puerto Vallarta, México. *Huitzil. Revista Mexicana de Ornitología* 4(2): 17-21. <https://doi.org/10.28947/hrmo.2003.4.2.209>
- Drewitt AL, Langston RHW. 2008. Collision effects of wind-power generators and other obstacles on birds. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1134: 233-266.
- Evans-Ogden LJ. 1996. *Collision course: the hazards of lighted structures and windows to migrating birds*. University of Nebraska, E.U.A.
- Fuchs T, Haney A, Jechura TJ, Moore FR, Bingman VP. 2006. Daytime naps in night-migrating birds: behavioural adaptation to seasonal sleep deprivation in the Swainson's Thrush, *Catharus ustulatus*. *Journal of Animal Behaviour* 72:951-8. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2006.03.008>
- Fuller R, McHugh C, Pender S. 2008. Task difficulty and risk in the determination of driver behaviour. La difficulté de la tâche et le risque dans le comportement des conducteurs. *Revue européenne de psychologie appliquée* 58:13-21.
- Gelb Y, Delacretaz N. 2009. Windows and vegetation: primary factors in Manhattan bird collisions. *Northeastern Naturalist* 16:455-470. <https://doi.org/10.1656/045.016.n312>
- Gómez-Moreno V del C, Niño-Maldonado S, Sánchez-Reyes UJ. 2016. Lista ornitológica del Centro Universitario de Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. *Huitzil Revista Mexicana de Ornitología* 17(1):33-43. <https://doi.org/10.28947/hrmo.2016.17.1.216>
- Gómez-Moreno V del C, Herrera-Herrera JR, Niño-Maldonado S. 2018. Colisión de aves en ventanas del Centro Universitario Victoria, Tamaulipas, México. *Huitzil Revista Mexicana de Ornitología* 19:227-236. <https://doi.org/10.28947/hrmo.2018.19.2.347>
- Gómez-Moreno V del C, Niño-Maldonado S. 2021. Colisión de aves en México: la urbanización de un problema creciente y una barrera del vuelo. Pp. 556-566. Fonseca F, Nascimento E, Armesto M, Delgado J, Nomberto V (eds.) *Alas-Asociación Latinoamericana de Sociología Perú*. Lima, Perú.
- Gómez-Moreno V del C, González-Gaona OJ, Niño-Maldonado S, Azuara-Domínguez A, Barrientos-Lozano L. 2023. Las áreas verdes urbanas con vegetación mixta favorecen la riqueza y abundancia de aves

- en Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. *Revista de Biología Tropical* 71:1-16. <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.v71i1.50729>
- Gotelli NJ, Ellison AM. 2002. *A primer of ecological statistics*. Sinauer Associates, Inc, Massachusetts, U.S.A.
- Hammer O, Harper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 1-9.
- Hager SB, Cosentino BJ, McKay KJ, Monson C, Zuurdeeg W, Belvins B. 2013. Window area and development drive spatial variation in bird-window collisions in an urban landscape. *PLoS ONE* 8(1): e53371. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0053371>
- Hager SB, Trudell H, McKay KJ, Crandall SM, Mayer L. 2008. Bird density and mortality at windows. *Wilson Journal of Ornithology* 120:550-564.
- Hager SB, Craig ME. 2014. Bird-window collisions in the summer breeding season. *PeerJ* 2:e460. <https://doi.org/10.7717/peerj.460>
- Howell SNG, Webb S. 1995. *A guide to the birds of Mexico and northern Central America*. Oxford University Press. New York, E.U.A.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2015. Marco Geoestadístico Nacional. Cartografía geoestadística Urbana 2000. <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/?t=0710000000000000&tg=3604> (consultado el 25 de marzo de 2022).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2020. INEGI Marco Geoestadístico Nacional. Estadísticas de Vehículos de Motor Registrados. <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/?t=0710000000000000&tg=3604> (consultado el 28 de marzo de 2022).
- IUCN (International Union for Conservation of Nature). 2022. Red List of Threatened Species. <https://www.iucnredlist.org/> (consultado el 29 de mayo de 2022).
- Kahle LQ, Flannery ME, Dumbacher JP. 2016. Bird-window collisions at a west-coast urban park museum: analyses of bird biology and window attributes from golden gate Park, San Francisco. *PLoS One* 11(1):1-22. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144600>
- Kim D, Hirayama K, Okimoto T. 2015. Ship collision avoidance by distributed tabu search. *The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation* 9: 23-29. <https://doi.org/10.12716/1001.09.01.03>
- Klem DJ. 1989. Bird window collisions. *Wilson Bulletin* 101:606-620
- Klem DJ. 2009. Avian mortality at windows: the second largest human source of bird mortality on earth. Pp. 244-251. En: Rich TD, Arizmendi C, Demarest D, Thompson C, (eds.). *Tundra to tropics: proceedings of the fourth international partners in flight conference*. McAllen: Partners in Flight.
- Klem DJ. 2014. Landscape, legal, and biodiversity threats that windows pose to birds: a review of an important conservation issue. *Land* 3:351-61. <https://doi.org/10.3390/land3010351>
- Klem DJ, Farmer CJ, Delacretaz N, Gelb Y, Saenger P. 2009. Architectural and landscape risk factors associated with bird-glass collisions in an urban environment. *Wilson Journal of Ornithology* 121:126-134. <https://doi.org/10.1676/08-068.1>
- Klem DJ, Saenger PJ. 2013. Evaluating the effectiveness of select visual signals to prevent bird-window collisions. *Wilson Journal of Ornithology* 125:406-411.1
- Kummer JA, Bayne EM, Machtans CS. 2016. Use of citizen science to identify factors affecting bird-window collision risk at houses. *Condor: Ornithological Applications* 118:624-39. <https://doi.org/10.1650/CONDOR-16-26.1>
- Leahy C. 1982. *The birdwatcher's companion: an encyclopedic handbook of North American birdlife*. Gramercy Books. New York. E.U.A.
- Loss SR, Will T, Loss SS, Marra PP. 2014. Bird-building collisions in the United States: estimates of annual mortality and species vulnerability. *Condor* 116:8-23. <https://doi.org/10.1650/CONDOR-13-090.1>
- Loss SR, Will T, Marra PP. 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>
- Machtans C, Wedeles C, Bayne E. 2013. A first estimate for Canada of the number of birds killed by colliding with building windows. *Avian Conservation and Ecology* 8(2):6. <https://doi.org/10.5751/ACE-00568-080206>
- Martin GR. 2014. The subtlety of simple eyes: the tuning of visual fields to perceptual challenges in birds. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 369:20130040. <http://doi.org/10.1098/rstb.2013.0040>
- Menacho-Odio RM. 2015. Colisión de aves contra ventanas en Costa Rica: conociendo el problema a partir de datos de museos, ciencia ciudadana y el aporte de biólogos. *Zeledonia* 19:10-21.
- Nichols JD, Thomas L, Conn PB. 2009. Inferences about landbird abundance from count data: recent advances and future directions. Pp 201-235 In: Thomson DL, Cooch EG, Conroy MJ, (eds). *Modeling demographic processes in marked populations. Environmental and ecological statistics; vol. 3.* New York: Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-78151-8_9
- O'Connell TJ. 2001. Avian window strike mortality at a suburban office park. *The Raven* 72:141-149.
- Ocampo-Peñuela N, Peñuela-Recio L, Ocampo-Durán A. 2016. Decals prevent bird-window collisions at residences: a successful case study from Colombia. *Ornitología Colombiana* 94-101.
- Peterson RT, Chalif EL. 2008. *Aves de México: Guía de campo.* Editorial Diana. México, D.F.
- Rattenborg NC, Mandt BH, Obermeyer WH, Winsauer PJ, Huber R, Wikelski M, Benca RM. 2004. Migratory sleeplessness in the White-crowned Sparrow (*Zonotrichia leucophrys gambelii*). *PLoS Biology* 2:924-36. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0020212>
- Rebolo-Ifrán N, Virgilio AD, Lambertucci SA. 2019. Drivers of bird-window collisions in southern South America: a two-scale assessment applying citizen science. *Scientific Reports* 9:18148. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54351-3>
- Sabo AM, Hagemeyer NDG, Lahey AS, Walters EL. 2016. Local avian density influences risk of mortality from window strikes. *PeerJ* 4: e2170. <https://doi.org/10.7717/peerj.2170>
- Santos LPS, Abreu VF, Vasconcelos MF. 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>
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación 30 diciembre, 2010. <https://www.gob.mx/profepa/documentos/norma-oficial-mexicana-nom-059-semarnat-2010>. (consultado de 15 de julio de 2022).
- Sheppard CD. 2019. Evaluating the relative effectiveness of patterns on glass as deterrents of bird collisions with glass. *Global Ecology and Conservation* 20:e00795. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00795>
- Sibley D. 2003. *The Sibley field guide to birds of eastern North America.* Woodstock: Chanticleer Press and Alfred A. Knopf, Inc. New York, E.U.A.
- StatSoft. 2021. Statistica 13.3 is a data analysis and visualization program. Informer Technologies, Inc. URL, <https://statistica.software.informer.com/> (consultado el 25 de agosto de 2022).