



EVALUACIÓN DE LA MORTALIDAD DE AVES POR EFECTO DE CARRETERAS EN UN ÁREA DE ALTO ENDEMISMO EN EL OCCIDENTE DE ECUADOR

Assessment of avian roadkill in an important endemic area in western Ecuador

Michael D. Larreátegui-Palma¹  & Jaime A. Salas^{1,2*} 

¹Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales, Carrera de Biología. Campus Mapasingue, Av. Juan Tanca Marengo s/n y Av. Raúl Gómez Lince. Guayaquil, Ecuador

²Instituto Nacional de Biodiversidad, Quito, Ecuador. Dirección postal: Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales, Carrera de Biología. Campus Mapasingue. Av. Juan Tanca Marengo y Av. Raúl Gómez Lince. Código postal: 090601. Guayaquil, Ecuador

*jaime.salasz@ug.edu.ec

RESUMEN: El occidente ecuatoriano es una región heterogénea, con distintas actividades económicas que obligan a la conexión por carreteras, las cuales afectan a las aves en esta zona biogeográficamente importante y amenazada. Nuestro principal objetivo fue evaluar la mortalidad de avifauna en las carreteras entre varios centros poblados de las provincias de Guayas y Santa Elena. Desarrollamos el trabajo de campo entre julio del 2021 hasta junio del 2022, mediante 43 muestreos en estas vías, para identificar y georeferenciar las aves muertas; se calcularon las tasas de atropellamiento y las zonas de alta incidencia usando mapas de calor. Durante este trabajo, registramos 329 individuos muertos, distribuidos en 43 especies, siendo las más frecuentes *Crotophaga sulcirostris*, *Tyto alba* y *Asio clamator*. Determinamos 13 puntos de alta incidencia de atropellamientos, en los que se recomienda la implementación de acciones de mitigación, así como monitoreos, procesos de educación y sensibilización ambiental a las comunidades y usuarios de las vías. Las carreteras actúan como una barrera antropogénica para el movimiento de las aves, por lo que es necesario evaluar su impacto en la región costera ecuatoriana a mediano y largo plazo.

PALABRAS CLAVE: *Asio clamator*, *atropellamientos*, *Ecorregión Tumbesina*, *mapas de calor*, *Tyto alba*

ABSTRACT: Western Ecuador is a heterogeneous region with diverse economic activities that require road infrastructure. However, these roads impact bird populations in this biogeographically significant and threatened area. Our main objective was to assess bird mortality on roads connecting several population centers in the provinces of Guayas and Santa Elena. Fieldwork was conducted between July 2021 and June 2022, consisting of 43 surveys along roadways to identify and georeference bird carcasses. We estimated roadkill rates and identified high-incidence areas using heat maps. During this study, we recorded 329 road-killed birds belonging to 43 species, with the most common being *Crotophaga sulcirostris*, *Tyto alba*, and *Asio clamator*. We identified 13 high-incidence roadkill hotspots, where we recommend implementing mitigation measures, with ongoing monitoring, educational programs, and environmental awareness initiatives for local communities and road users. Roadways represent an anthropogenic barrier for birds, negatively affecting their movement and dispersal. Therefore, it is essential to evaluate their medium and long-term impacts on the Ecuadorian coastal region.

KEYWORDS: *Asio clamator*, *heat maps*, *roadkill*, *Tumbesian ecorregion*, *Tyto alba*

Las carreteras conectan comunidades y facilitan el acceso a servicios, oportunidades laborales y comerciales que generan beneficios sociales y económicos para sus habitantes. De forma colateral, las vías causan fragmentación de ecosistemas, alteración de los ciclos hidrológicos y atropellamientos de fauna silvestre (Spellerberg 1998, Ree et al. 2015). La circulación de vehículos produce otros efectos adversos secundarios sobre la fauna; por ejemplo, en las aves, el ruido vehicular reduce su abundancia en los hábitats adyacentes a las carreteras (Bishop & Brogan 2013, Astudillo et al. 2014, Silva et al. 2019).

La comunidad de aves se relaciona con diversos tipos de hábitats y usos del suelo, los cuales suelen estar atravesados por carreteras (Bishop & Brogan 2013). Cuando las aves intentan cruzar estas vías por la búsqueda de alimento o refugio pueden ser impactadas o atropelladas por vehículos; estos eventos eliminan a muchas aves sanas de las poblaciones de manera no selectiva (Bujoczek et al. 2011). De acuerdo con Jaramillo-Fayad et al. (2021) la incidencia de atropellamientos de avifauna silvestre está determinada por tres factores principales: la presencia de carreteras lineales en el paisaje, la velocidad y la densidad de circulación de vehículos, especialmente cerca del amanecer o al ocaso, momentos en los que muchas especies de aves son más activas.

La región costera ecuatoriana, también conocida como Occidente de Ecuador, es una región natural muy heterogénea, con ciudades densamente pobladas, y distintas actividades económicas, que está conectada por carreteras de primer y segundo orden entre provincias, como por ejemplo entre Guayas y Santa Elena (GAD Provincial Guayas 2021). Ambas provincias costeras están comunicadas por las denominadas Vía a la Costa (E40) Guayas, y Vía Colectora (E489) Posorja, las cuales conectan a centros poblados grandes como Guayaquil, y otros más pequeños como Chanduy, Salinas, General Villamil o Posorja, y soporan un flujo alto de los vehículos livianos, pesados y extrapesados (Fig. 1). En estas vías se han evidenciado cadáveres de avifauna y otros vertebrados, a través de redes sociales, lo que no ha sido cuantificado o evaluado. Esta situación problemática ocurre en una zona biogeográficamente importante para las aves, denominada Ecorregión Tumbesina, reconocida mundialmente por su elevado endemismo, y es considerada como una región amenazada por la deforestación y degradación ambiental (BirdLife International 2024). Precisamente, las vías antes mencionadas circulan en el área de influencia directa e indirecta de varias

reservas, como el Área de Conservación El Guayacán y el Bosque Protector La Prosperina (Espinoza & Cruz 2014, Pozo-Cajas et al. 2017), o de áreas naturales que son reconocidas como de importancia para la conservación de aves (IBA o Important Birds Areas, por sus siglas en inglés), como Área Nacional de Recreación Parque El Lago, Bosque Protector Chongón - Colonche, Bosque Protector Cerro Blanco, Engunga, y Manglares del Golfo de Guayaquil (Freile & Santander 2005, Sheets & Mischler 2007, Espinoza & Cruz 2014).

Los trabajos que analizan o evalúan el impacto de las carreteras sobre las aves, u otros vertebrados en Ecuador son escasos, o carecen de metodologías sistematizadas (Medrano-Vizcaíno et al. 2023). Las investigaciones sobre este tópico en Ecuador se han realizado en ecosistemas de páramo (Aguilar et al. 2019), bosques húmedos amazónicos (Filius et al. 2020, Medrano-Vizcaíno & Espinosa 2021) y en las islas Galápagos (García-Carrasco et al. 2020). Además, Medrano-Vizcaíno et al. (2023) presentaron una recopilación de datos sistemáticos y de ciencia ciudadana de atropellamientos de vertebrados silvestres en Ecuador, y reflejaron que las aves fueron uno de los taxones más frecuentes, con casi el 30% de registros a nivel nacional. En la costa ecuatoriana, los datos disponibles provienen de información no publicada o tesis de la provincia de Manabí (Ponce 2013, Zavala 2020, Gaón & Valdez 2021), y un reciente aporte en el área de influencia a la Reserva Ecológica Manglares Churute en la provincia del Guayas (González & Salas 2025).

Es necesario dimensionar el impacto de las carreteras sobre la avifauna en esta región, cuantificando el número de animales muertos e identificando las especies más vulnerables a los atropellamientos (Fahring & Rytwinski 2009). Esta recopilación de datos permitiría identificar los sitios más propensos o frecuentes de eventos de atropellamientos, y priorizarlos para proponer medidas de mitigación (Loss et al. 2014, Lester 2015). Adicionalmente, es necesario conocer si existen especies más vulnerables debido a su patrón de actividad o hábito (D'Amico et al. 2015), pues varios autores señalan altas tasas de atropellamientos en carreteras en aves nocturnas como lechuzas o búhos (Bishop & Brogan 2013, Bravo-Naranjo et al. 2019).

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la mortalidad de aves por el efecto de carreteras entre las provincias de Guayas y Santa Elena, en el occidente de Ecuador, y propone responder las siguientes preguntas de investigación: ¿Qué especies son las más frecuentemente atropelladas en esta región? ¿Existen diferencias significativas en la frecuencia de los atro-

pellamientos entre los patrones de actividad de la avifauna en esta región? ¿Existen diferencias en las tasas de atropellamiento entre tramos o secciones en estas vías relacionadas a su cercanía a centros poblados? ¿Cuántos puntos de alta incidencia de los atropelamientos existen en el área de estudio?

MÉTODOS

Área de estudio

El estudio fue realizado en las carreteras Vía a la Costa E40 (punto de referencia: 2°08'S, 79°56'O) y Vía Colectora Posorja E489 (punto de referencia: 2°42'S, 80°15'O), entre los centros poblados de Guayaquil, General Villamil, Posorja, El Morro (en la provincia del Guayas), y Chanduy (en la provincia de Santa Elena), en el Occidente de Ecuador, durante julio del 2021 hasta junio del 2022 (Fig. 1). El área de estudio fue organizada en 4 secciones o tramos, en función a su cercanía a centros poblados grandes (García-Sánchez et al. 2023), de la siguiente forma:

Tramo 1: inició en Guayaquil (Guayas), en las afueras de la Urbanización Privada Ceibos Norte

(2°09'42"S, 79°56'0"), sobre la denominada vía Perimetral, continuando por la vía a la Costa o E40, hasta el peaje de Chongón (2°13'17"S, 80°05'22"O), con una distancia de 20 km. Esta vía tiene 6 carriles, es decir, 3 carriles de doble sentido (ida y retorno) y un ancho de vía de 14.60 m. En este tramo es notorio el desarrollo urbanístico y la influencia directa de la parte urbana de Guayaquil, la segunda ciudad más grande del país, por la presencia de centros comerciales, áreas residenciales y vías transversales de 2° y 3° orden. En contraste a este paisaje urbano, existen varias áreas protegidas en la zona de influencia directa, como los bosques protectores La Prosperina y Cerro Blanco, y la Reserva de Producción de Fauna Manglares El Salado, que presentan ecosistemas de bosque seco tropical, manglar y esteros pequeños (Sheets & Mischler 2007, Espinoza & Cruz 2014, Pozo-Cajas et al. 2017).

Tramo 2: ubicado en las afueras de Guayaquil, inicia en el peaje de Chongón (2°13'17"S, 80°05'22"O), hasta la entrada de la cabecera parroquial de Juan Gómez Rendón, conocido comúnmente como Progreso (2°24'47"S, 80°21'56"O), con una distancia de 38 km. Esta carretera mide 10 m de ancho, con cuatro carriles

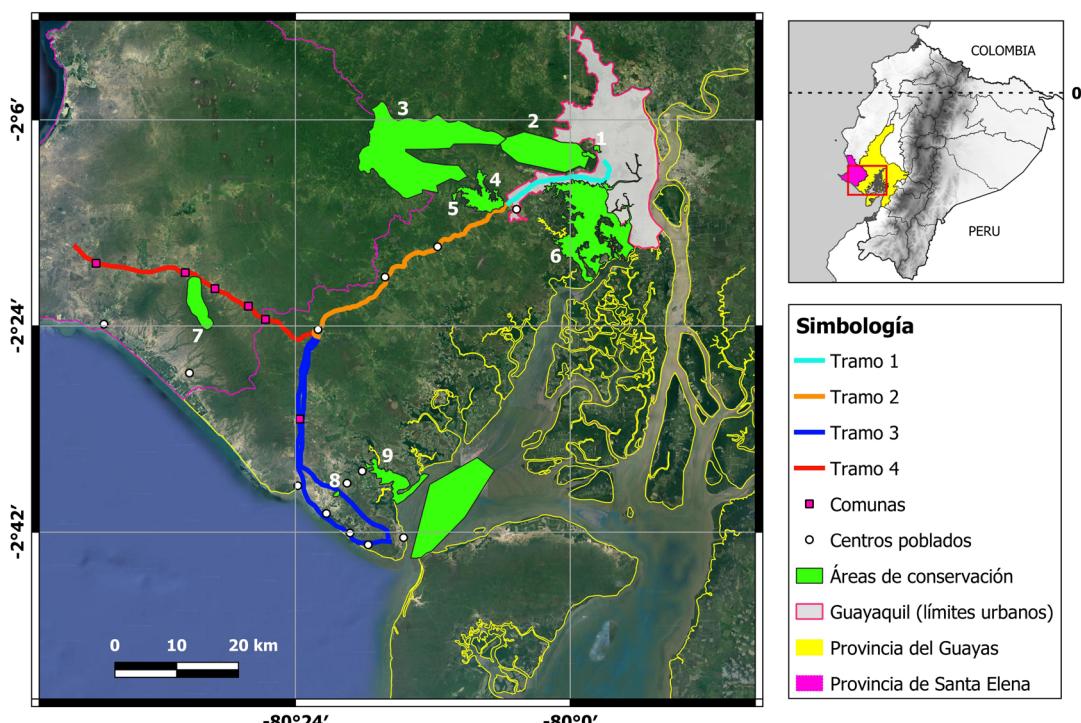


Figura 1. Ubicación geográfica de las carreteras Vía a la Costa (E40) Guayas y Vía Colectora (E489), entre las provincias de Guayas y Santa Elena (Ecuador). Los colores indican los distintos tramos en los que se dividió el área de estudio. Los números arábigos corresponden a reservas naturales en el occidente de Ecuador: 1) Bosque Protector La Prosperina, 2) Bosque Protector Cerro Blanco, 3) Bosque Protector Chongón Cholone, 4) Área Nacional de Recreación Parque Lago, 5) Área Provincial El Guayacán, 6) Reserva de Producción de Fauna Manglares El Salado, 7) Engunga, 8) Cerro del Muerto, 9) Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro. Imagen satelital de Google Earth®.

de doble sentido (ida y retorno), y una berma de 1.7 m de ancho; esta vía conecta las ciudades de Guayaquil, General Villamil y Santa Elena, atravesando los recintos de Cerecita, San Isidro y San Andrés. En esta carretera se observan áreas de actividad agropecuaria, remanentes o parches de matorral desértico y bosque seco tropical, además recorre la zona de influencia de varias reservas como el Área de Conservación El Guayacán, el Área Nacional de Recreación Parque El Lago, y Bosque Protector Chongón – Colonche (Sheets & Mischler 2007, Espinoza & Cruz 2014).

Tramo 3: inicia en la intersección de la entrada vial de Progreso ($2^{\circ}24'47"S, 80^{\circ}21'56"O$) de la vía Colectora Posorja (E489), hasta llegar a la entrada a la cabecera parroquial de Posorja ($2^{\circ}42'55"S, 80^{\circ}15'22"O$), con una distancia de 47 km. La carretera tiene un ancho promedio de 12.30 m de vía, con cuatro carriles de doble sentido (ida y retorno), y presenta centros poblados pequeños, haciendas y sectores turísticos, que incluye a la comuna San Antonio, la entrada a la ciudad de General Villamil, también conocida como Playas, así como los recintos de Data de Villamil y Data de Posorja. En esta sección existen zonas naturales y áreas protegidas en la zona de influencia como el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro y el Cerro del Muerto, que mantienen remanentes de manglar, salitrales, y matorral desértico (Espinoza & Cruz 2014).

Tramo 4: inicia en las afueras de la intersección vial de Progreso en la provincia del Guayas ($2^{\circ}24'47"S, 80^{\circ}21'56"O$), hasta la entrada de la comuna Chanduy en la provincia de Santa Elena ($2^{\circ}17'08"S, 80^{\circ}43'14"O$), con una distancia de 47 Km. Este tramo presenta 4 carriles y mide 10 m de ancho; aquí observamos un paisaje predominante rural, con varias fincas, zonas de cultivos de banano y caña de azúcar, así como reservorios de agua. Este tramo atraviesa varias comunas de la provincia de Santa Elena como: Río Verde, San Rafael, Zapotal, Buenos Aires, Sucre, Olmedo y Engunga, la cual incluye la zona natural de Cerro de Áimas, perteneciente a la IBA Engunga; en este paisaje existen remanentes de matorral desértico y bosque seco (Freile & Santander 2005, Espinoza & Cruz 2014).

De forma general, los vehículos livianos, pesados y extrapesados circulan estas las vías las 24 horas del día; la distancia total de los cuatro tramos fue de 152 km, y recorrimos un total de 6536 Km.

Fase de campo

Realizamos 43 monitoreos durante 12 meses, desde julio del 2021 hasta junio del 2022, en un vehí-

culo particular, dos veces por semana, desde las 8:30 – 17:00 h, en ambas direcciones (ida y retorno) a una velocidad promedio de 45 - 60 Km/h, procediendo a detenerse en presencia de algún individuo atropellado (Seijas et al. 2013, Bauni et al. 2017, Cervantes-Huerta et al. 2017, Yesquen-Sernaque et al. 2020, Canales-Delgadillo et al. 2021). Complementariamente, en cada sitio donde nos deteníamos al avistar un animal muerto, realizamos una búsqueda activa a pie de individuos muertos en ambos sentidos de la vía, en todos sus carriles, en un diámetro de 50 metros. Los datos registrados en cada evento de avifauna atropellada fueron hora, fecha, tramo e identificación preliminar; cada evento fue fotografiado y georreferenciado (Obando-Tobón et al. 2024). Posteriormente, los animales atropellados fueron retirados para evitar un doble conteo, a cinco o diez metros fuera de la berma (Medrano- Vizcaíno & Espinosa 2021, García-Sánchez et al. 2023). Los individuos que no pudieron ser identificadas en el sitio fueron colocados en bolsas ziploc para su posterior identificación en laboratorio. La identificación hasta el nivel taxonómico específico fue realizada con las guías de campo de aves disponibles (Sheets & Mischler 2007, Haase 2011, McMullan & Navarrete 2017, Freile & Restall 2018); realizamos el ordenamiento por secuencia taxonómica siguiendo los criterios de Remsen et al. (2025).

Análisis de datos

Para describir la abundancia relativa de las especies registradas, elaboramos curvas de rango abundancia, en base al logaritmo (\log_{10}) de la relación entre el número de individuos de cada especie (n) sobre el total de individuos registrados (N), es decir, la abundancia proporcional de las especies (P) (Feinsinger 2003).

La tasa de atropellamiento de fauna silvestre fue calculada de la siguiente manera (Monroy et al. 2015):

$$TA = \frac{Ind}{Km \cdot d}$$

Donde:

TA: Tasa de Atropellamiento.

Ind: Número de individuos atropellados.

Km: Número de kilómetros recorridos.

d: Días recorridos.

Para verificar la normalidad en distribución de los datos de los atropellamientos, usamos la prueba de Ryan-Joiner ($RJ = 0.769$, número de muestras = 43, nivel de confianza = 95%), la cual fue rechazada (P -value <0.01), por lo que optamos por representar

los valores usando las medianas (Me) y boxplots. Para determinar posibles diferencias de atropellamientos entre los tramos, y por hábito o patrón de actividad (Obando-Tobón et al. 2024), usamos una prueba no paramétrica de Kruskall-Wallis con un nivel de confianza al 95 %, y una comparación post hoc usando un test de U de Mann-Whitney en el programa Minitab 17 (2010). Los registros de avifauna doméstica no fueron incluidos, y la información de patrones de actividad de las especies se basó en revisión de literatura disponible (Ridgely & Greenfield 2006, McMullan & Navarrete 2017, Freile & Restall 2018).

Finalmente, para determinar los puntos de alta incidencia de atropellamientos de aves en las vías usamos mapas de calor, que son herramientas óptimas de visualización y cálculo de la densidad de datos de puntos, ya que presentan las ubicaciones de las densidades más altas de las entidades geográficas. Esto se realizó mediante el complemento Heatmaps de la herramienta densidad de Kernel, para mostrar con diversos colores las densidades de los puntos de atropellamientos (Seijas et al. 2013, González-Calderón 2017, Canales-Delgadillo et al. 2021, Medrano-Vizcaíno & Espinosa 2021, Obando-Tobón et al. 2024), en el software QGIS (QGIS Development Team 2020).

RESULTADOS

Durante la fase de campo, encontramos 329 aves atropelladas, e identificamos 43 especies, distribuidas

en 20 familias y 13 órdenes (Tabla 1). Adicionalmente, registramos 3 especies domésticas: Gallina (*Gallus gallus domesticus*), Gallina de Guinea (*Numida meleagris*) y Paloma Doméstica (*Columba livia*). De forma general, las especies atropelladas con mayor frecuencia en los tramos estudiados fueron el Garrapatero Piquiestriado (*Crotophaga sulcirostris*), la Lechuza Campanaria (*Tyto alba*), el Garrapatero Piquiliso (*C. ani*), el Búho Listado (*Asio clamator*) y el Sisonte Colilargo (*Mimus longicaudatus*) (Fig. 2).

La mayor tasa de atropellamiento fue en el tramo 4 (3.60 Ind/km), seguido del tramo 2 (2 Ind/km), tramo 3 (1.38 Ind/km) y el tramo 1 (0.95 Ind/km); la tasa total en el área de estudio fue de 0.05 ind/día/km (Tabla 2). Los tramos estudiados presentaron diferencias significativas ($H = 33.30$, $DF = 3$, $p < 0.01$): el tramo 4 presentó mayor número de atropellamientos en cada salida de monitoreo ($Me = 4$; $IQ = 5$, $n = 43$), seguido de los tramos 1 ($Me = 1$; $IQ = 1$, $n = 43$), 2 ($Me = 1$; $IQ = 3$, $n = 43$), y 3 ($Me = 1$; $IQ = 2$, $n = 43$). Estas diferencias se determinaron entre los tramos 1 y 2 ($p < 0.01$), 1 y 3 ($p < 0.01$), 1 y 4 ($p < 0.01$), 2 y 4 ($p < 0.01$), 3 y 4 ($p < 0.01$), mientras no existieron diferencias entre los tramos 2 y 3 ($p = 0.4$) (Fig. 3a). En cuanto a los hábitos, el hábito diurno fue más abundante ($Me = 43.5$; $IQ = 71.5$, $n = 204$), seguido de nocturno ($Me = 21.5$; $IQ = 37$, $n = 104$), crepuscular ($Me = 3.5$; $IQ = 6.25$, $n = 15$) y catemeral ($Me = 1$; $IQ = 3$, $n = 6$), entre los cuales también hallamos diferencias significativas ($H = 11.14$; $DF = 3$; $p < 0.01$); estas diferencias se hallaron entre el hábito diurno y catemeral ($p < 0.01$), diurno y crepuscular (p

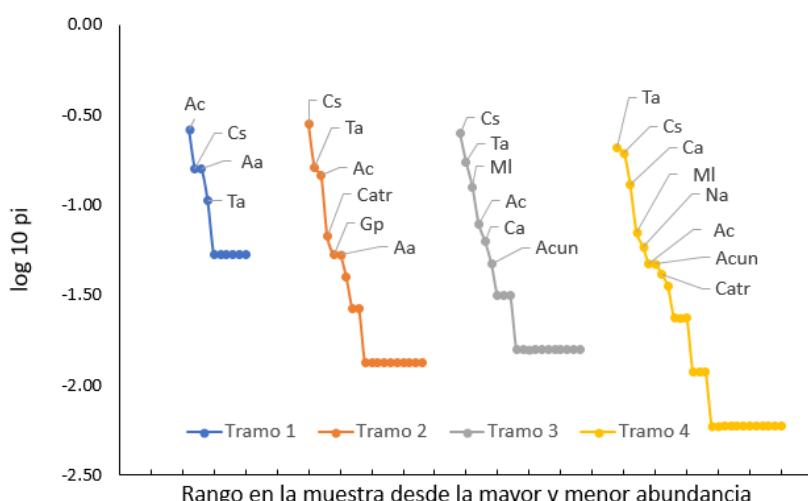


Figura 2. Curvas de rango abundancia de avifauna atropellada en la Vía a la Costa (E40) Guayas y Vía Colectora (E489) Posorja entre las provincias de Guayas y Santa Elena (Ecuador), en 43 muestras, desde julio 2021 hasta junio 2022. Las iniciales corresponden a las especies: *A. clamator* (Ac), *Crotophaga sulcirostris* (Cs), *c. Ardea alba* (Aa), *Tyto alba* (Ta), *Coragyps atratus* (Catr), *Glaucidium peruanum* (Gp), *Mimus longicaudatus* (MI), *Athene cunicularia* (Acun), *Nyctidromus albicollis* (Na). Especies con valores menores o igual a $\log_{10} \pi = -1.28$ no fueron etiquetados en la figura.

Tabla 1. Avifauna atropellada en la Vía a la Costa (E40) Guayas y Vía Colectora (E489) Posorja, entre las provincias de Guayas y Santa Elena, desde julio 2021 hasta junio 2022. Presentamos el detalle por tramos, subtipos, y patrón de actividad. El ordenamiento taxonómico secuencial sigue los criterios de Renssen et al. (2025).

No.	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común español	English common name	ACTIVIDAD	T 1	T 2	T 3	T 4	Subtotal
1	Columbiformes	Columbidae	<i>Leptotila verreauxi</i>	Paloma apical	White-tipped Dove	Diurno	0	0	2	2	2
2	Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaidura meloda</i>	Tórtola melódica	West Peruvian Dove	Diurno	0	0	1	1	1
3	Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaidura auriculata</i>	Tórtola orejuda	Eared Dove	Diurno	0	0	1	1	2
4	Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina buckleyi</i>	Tortolita ecuatoriana	Ecuadorian Ground-dove	Diurno	0	1	0	1	2
5	Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina cruziana</i>	Tortolita croante	Croaking Ground-dove	Diurno	0	0	1	6	7
6	Cuculiformes	Cuculidae	<i>Crotophaga ani</i>	Garrapatero piquiliso	Smooth-billed Ani	Diurno	1	3	4	22	30
7	Cuculiformes	Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero piquiestriado	Groove-billed Ani	Diurno	3	22	16	32	73
8	Cuculiformes	Cuculidae	<i>Coccyzus longirostris</i>	Cuchillo cabecigrís	Grey-capped Cuckoo	Diurno	0	0	1	1	2
9	Nyctibiiformes	Nyctibiidae	<i>Nyctibius griseus</i>	Nictibio común	Common Potoo	Nocturno	0	1	0	0	1
10	Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Nyctidromus albicollis</i>	Pauraque	Pauraque	Nocturno	0	0	1	10	11
11	Gruiformes	Rallidae	<i>Porphyrio martinicus</i>	Gallareta púrpura	Purple Gallinule	Diurno	1	0	0	0	1
12	Gruiformes	Rallidae	<i>Gallinula galeata</i>	Gallareta común	Common Gallinule	Crepuscular	0	2	0	0	2
13	Phaethontiformes	Phaethontidae	<i>Phaethon aethereus</i>	Rabijuncos piquirrojo	Red-billed Tropicalbird	Diurno	1	0	0	0	1
14	Suliformes	Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax brasiliensis</i>	Cormorán neotropical	Neotropical Cormorant	Diurno	1	0	0	0	1
15	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Ixobrychus exilis</i>	Mirasolmenor	Least Bittern	Crepuscular	0	0	1	0	1
16	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Nycticorax nycticorax</i>	Garza nocturna coroninegra	Black-crowned Night-Heron	Nocturno	0	0	0	2	2
17	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Nyctanassa violacea</i>	Garza nocturna coroniamarilla	Yellow-crowned Night-Heron	Nocturno	0	1	0	0	1
18	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Bubulcus ibis</i>	Garceta buyeira	Cattle Egret	Diurno	0	0	2	0	2
19	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	Garza real	Great White Egret	Diurno	3	4	1	4	12
20	Cathartiformes	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	Gallinazo negro	American Black Vulture	Diurno	0	5	2	7	14
21	Cathartiformes	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Gallinazo cabecirrojo	Turkey Vulture	Diurno	0	1	1	0	2
22	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Gampsonyx swainsonii</i>	Elanio perla	Pearl Kite	Diurno	0	0	1	0	1
23	Strigiformes	Tytonidae	<i>Tyto alba</i>	Lechuzas de campanario	Barn Owl	Nocturno	2	12	12	34	60

No.	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común español	English common name	ACTIVIDAD	T1	T2	T3	T4	Subtotal
24	Strigiformes	Strigidae	<i>Glaucidium peruanum</i>	Mochuelo del Pacífico	Peruvian Pigmy-owl	Catemeral	1	4	0	1	6
25	Strigiformes	Strigidae	<i>Athene cunicularia</i>	Búho terrestre	Burrowing Owl	Crepúscular	0	1	3	8	12
26	Strigiformes	Strigidae	<i>Asio clamator</i>	Búho listado	Striped Owl	Nocturno	5	11	5	8	29
27	Coraciiformes	Momotidae	<i>Momotus subrufescens</i>	Momoto Gritón	Whooping Motmot	Diurno	0	1	0	0	1
28	Coraciiformes	Alcedinidae	<i>Chloroceryle americana</i>	Martín pescador verde	Green Kingfisher	Diurno	0	0	0	2	2
29	Psitaciformes	Psittacidae	<i>Forpus coelestis</i>	Periquito del Pacífico	Pacific Parrotlet	Diurno	0	1	2	4	7
30	Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax mystacalis</i>	Urraca coliblanca	White-tailed Jay	Diurno	0	0	1	1	1
31	Passeriformes	Mimidae	<i>Mimus longicaudatus</i>	Sisonte colilargo	Long-tailed Mockingbird	Diurno	0	1	8	12	21
32	Passeriformes	Icteridae	<i>Leistes bellicosus</i>	Pastoreo peruano	Peruvian Meadowlark	Diurno	0	0	0	4	4
33	Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus graceannae</i>	Bolsero filiblanco	White-edged Oriole	Diurno	0	0	1	1	1
34	Passeriformes	Icteridae	<i>Cacicus cela</i>	Cacique lomiamarillo	Yellow-rumped Cacique	Diurno	0	2	0	1	3
35	Passeriformes	Icteridae	<i>Dives warzewitschi</i>	Negro matorralero	Scrub blackbird	Diurno	0	0	1	0	1
36	Passeriformes	Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Clarinégro coligrande	Great-tailed Grackle	Diurno	0	0	1	0	1
37	Passeriformes	Cardinalidae	<i>Pheucticus chrysogaster</i>	Pico grueso amarillo sureño	Golden Grosbeak	Diurno	0	0	1	1	1
38	Passeriformes	Thraupidae	<i>Stictonotus flaveola</i>	Pinzón sabanero azafranado	Saffron Finch	Diurno	1	0	0	0	1
39	Passeriformes	Thraupidae	<i>Volatinia jacarina</i>	Semillerito negruzulado	Blue-back Grassquit	Diurno	0	1	1	0	2
40	Passeriformes	Thraupidae	<i>Rhodospingus cruentus</i>	Pinzón pechicarmesí	Crimson-breasted Finch	Diurno	0	0	0	1	1
41	Passeriformes	Thraupidae	<i>Sporophila peruviana</i>	Espiguero pico de loro	Parrot-billed Seedeater	Diurno	0	0	0	1	1
42	Passeriformes	Thraupidae	<i>Poospiza hispaniolensis</i>	Pinzón gorgojeador collarejo	Collared Warbling-finches	Diurno	0	0	0	1	1
43	Passeriformes	Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	Tangara azuleja	Blue-grey Tanager	Diurno	0	2	0	0	2
Total general											329
Total general											19
Total general											76
Total general											65
Total general											169

< 0.01), diurno y nocturno ($p < 0.01$), nocturno y catemeral ($p < 0.01$), nocturno y crepuscular ($p < 0.01$) y mientras no existieron diferencias entre crepusculares y catemerales ($p = 0.3898$) (Fig. 3b).

Finalmente, identificamos un total de 13 puntos de alta incidencia de atropellamientos: el tramo 4 (Progreso – Chanduy) presentó nueve puntos de alta incidencia, que representan 8 o más atropellamientos de avifauna, seguido del tramo 3 (Progreso – Posorja) con dos puntos de alta incidencia con 4 o más atropellamientos, y del tramo 2 (Peaje de Chongón – Progreso – Chanduy) con un punto de alta incidencia con 2 o más atropellamientos.

Tabla 2. Tasas de atropellamiento (TA) de avifauna en la Vía a la Costa (E40) Guayas y Vía Colectora (E489) Posorja, durante 43 muestreos desarrollados entre julio 2021 y junio 2022.

Tramo	Longitud (Km)	Ancho (m)	Individuos (n)	TA (Ind/Km/Día)
1	20	14.6	19	0.95
2	38	10	76	2
3	47	12.3	65	1.38
4	47	10	169	3.64
Total	152		329	2.63

so) que tiene un punto de alta incidencia con 6 o más atropellamientos, y finalmente, el tramo 1 (Los Ceibos – Peaje Chongón) tiene un punto de alta incidencia con 4 o más atropellamientos (Fig. 4).

DISCUSIÓN

Hasta donde conocemos, este trabajo es el primer esfuerzo que evalúa la mortalidad de la ornitofauna causada por carreteras entre dos provincias de la costa ecuatoriana, mediante monitoreos sistemáticos y continuos durante 12 meses, superando en alcance, extensión y duración a estudios previos (Ponce 2013, Zavala 2020, Gaón & Valdez 2021, Medrano-Vizcaíno et al. 2023, González & Salas 2025).

Las diferencias entre reportes previos y el presente trabajo obedecerían a factores como esfuerzos de muestreo distintos, la longitud y geometría de las carreteras, tipo de vía, número de carriles, velocidad en secciones rectas dentro de las carreteras, la topografía, la estacionalidad climática, entre otros (Clevenger et al. 2002, Grilo et al. 2014, Cervantes-Huerta et al. 2017, González-Calderón 2017, Delgado-Trejo et al. 2018, Bravo-Naranjo et al. 2019, Yesquen-Sernaque

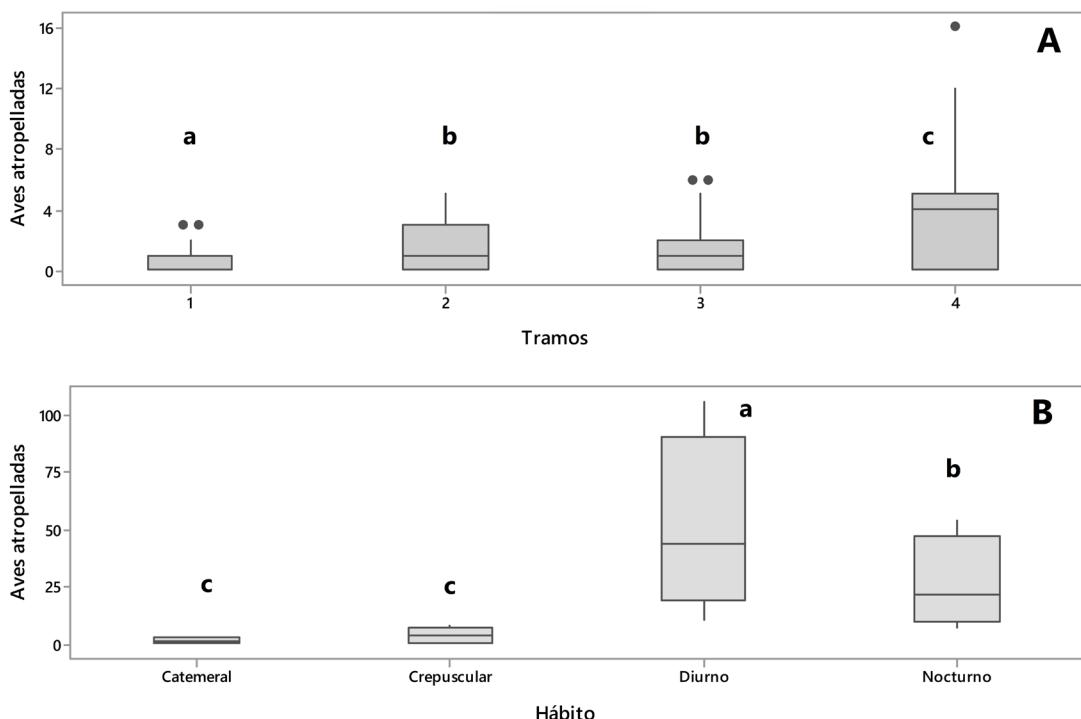


Figura 3. Boxplots de frecuencias de atropellamientos de avifauna en la Vía a la Costa (E40) Guayas y Vía Colectora (E489) Posorja, entre las provincias de Guayas y Santa Elena (Ecuador), en 43 muestreos, desde julio 2021 hasta junio 2022. A) Por tramos; B) Por patrones de actividad o hábitos. Las cajas representan los cuartiles 1 y 3, la línea dentro de las cajas corresponde a la mediana; los bigotes indican el rango mínimo y máximo, excluyendo valores atípicos u outliers, los cuales están representados en puntos negros. Los grupos etiquetados con letras minúsculas distintas difieren significativamente entre sí ($p < 0.05$).

et al. 2020, Obando-Tobón et al. 2024, Zanettini Tres et al. 2024). Esto señala la importancia de levantar información de forma sistemática, lo cual permite realizar comparaciones o extrapolaciones a regiones distintas en un mismo país (Medrano-Vizcaíno et al. 2023).

Las especies con mayores registros de atropellamiento (*C. sulcirostris*, *T. alba*, *C. ani*, *A. clamator*, *M. longicaudatus*), y las familias más frecuentemente atropelladas (Cuculidae, Tytonidae, Strigidae, Mimidae, seguido de Ardeidae, Cathartidae, y Columbidae), coinciden con varios trabajos desarrollados en el Neotrópico (Attademo et al. 2011, Seijas et al. 2013, Castillo et al. 2015, Bauni et al. 2017, González-Calderón 2017, Delgado-Trejo et al. 2018, Aguilar et al. 2019, Bravo-Naranjo et al. 2019, García-Carrasco et al. 2020, Yesquen-Sernaqué et al. 2020, Canales-Delgadillo et al. 2021, Medrano-Vizcaíno & Espinosa 2021, Medrano-Vizcaíno et al. 2022, Zanettini Tres et al. 2024). Estas especies son muy adaptables a ambientes intervenidos, donde aprovechan la abundancia de presas y disponibilidad de sitios de anidación; además, de ser especies de alto éxito reproductivo, como es el caso de *T. alba* (Meyrom et al. 2023).

Nuestros resultados aportan nuevos registros de especies de aves atropelladas en Ecuador (Aguilar et al. 2019, Filius et al. 2020, García-Carrasco et al. 2020, Medrano-Vizcaíno & Espinosa 2021), como *Volatinia jacarina*, *Coccyzus lansbergi*, *Ixobrychus exilis*, *Quiscalus mexicanus*, *Gampsonix swainsonii*, *Gallinula chloropus*, *Motmotus subrufescens*, *Nyctannassa violacea*, *Nictibius griseus*, *Pseuticus chrysogaster*, *Sporophila peruviana*, *Phaethon aethereus*, *Phalacrocorax brasilianus*, *Porphyrio martinica*, *Sicalis flaveola* (Ponce 2013, Aguilar et al. 2019, García-Carrasco et al. 2020, Medrano-Vizcaíno & Espinosa 2021, González & Salas 2025). Adicionalmente, registramos 4 especies endémicas de la Región Tumbesina: *Columbina buckleyi*, *Cyanocorax mystacalis*, *Forpus coelestis*, e *Icterus graceannae* (BirdLife International 2024); entre estas, *C. mystacalis* está en categoría Vulnerable bajo los criterios de disminución poblacional, de acuerdo con la lista roja de aves de Ecuador (Freile et al. 2019).

Entre las especies reportadas, el registro de *P. aethereus* es llamativo pues se trata de una especie marina, con hábitos pelágicos, que se acerca ocasionalmente a la costa, y anida en acantilados rocosos, sin registros previos de conducta migratoria, por lo que estaría inusualmente en un hábitat distinto (Ri-

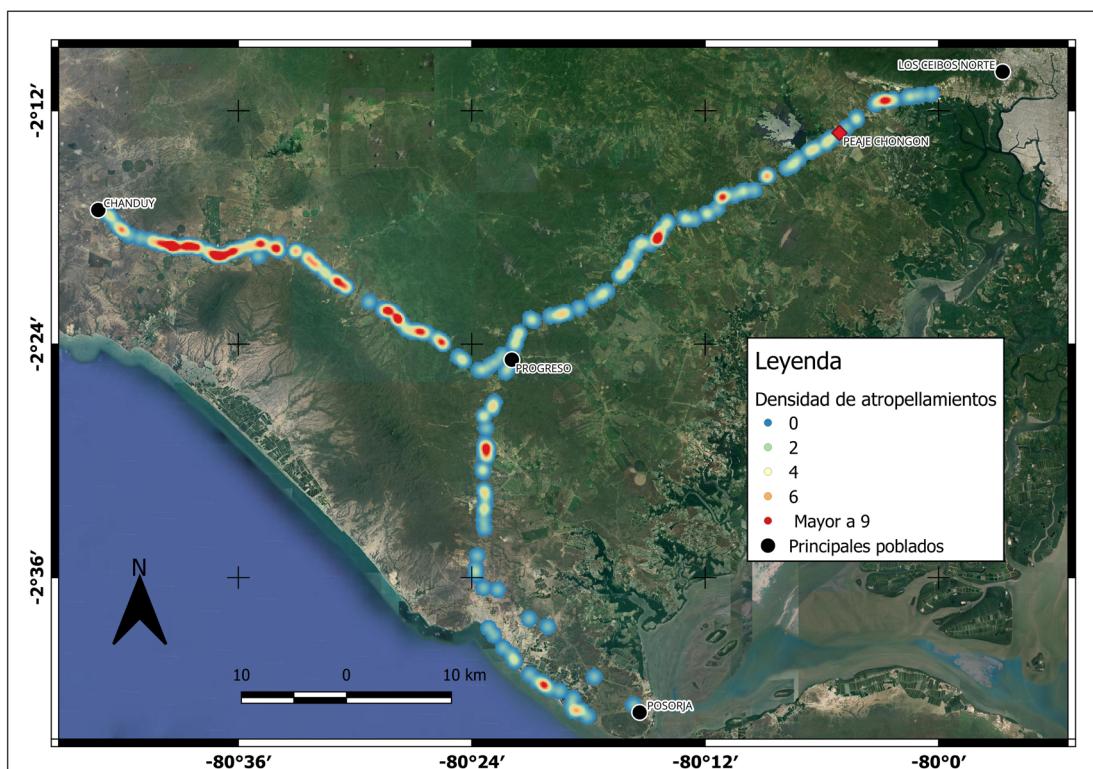


Figura 4. Puntos de calor de atropellamientos de aves en las carreteras vía a la Costa (E40) Guayas y vía Colectora (E489), entre las provincias de Guayas y Santa Elena (Ecuador), durante 43 muestreos, desde julio 2021 hasta junio 2022. Imagen satelital de Google Earth®.

dgely & Greenfield 2006, Haase 2011, McMullan & Navarrete 2017). Esta especie presenta un plumaje de color blanco, puntas negras en sus alas, y plumas centrales de la cola muy largas, muy conspicuas y por lo tanto su identificación es casi inequívoca (Haase 2011). Nuestro registro de *P. aetherus* fue en el Tramo 1, cerca del Bosque Protector La Prosperina, y una posible explicación es que algún factor climático desconocido la haya desorientado, aunque no se reportaron avistamientos de aves marinas errantes o vagabundas durante la fase de campo de este trabajo.

Las causas de estas mortalidades de aves estarían relacionadas a las estrategias de forrajeo, tipo de vuelo, y los microhábitats que ocupan a lo largo de las vías (Castillo et al. 2015, García-Sánchez et al. 2023). Por ejemplo, los garapateros (*Crotophaga* spp.) son frecuentemente observados en bordes de caminos, zonas agrícolas y ganaderas, y presentan un vuelo caracterizado por pocos aleteos, laboriosos y débiles (Ridgely & Greenfield 2006), lo que los vuelve particularmente vulnerables a las carreteras que atraviesan estos hábitats (Obando-Tobón et al. 2024). Una explicación similar podría aplicarse a los colúmbidos y mímidos, pues forrajean haciendo vuelos cortos y a baja altura (Ridgely & Greenfield 2006, Freile & Restall 2018) en los bordes de bosques, áreas abiertas y agrícolas (González-Calderón 2017), y a las aves acuáticas (*Nyctanassa*, *Nycticorax*, *Ardea*), que están asociadas a reservorios de agua artificiales o humedales naturales (Ridgely & Greenfield 2006, Haase 2011, McMullan & Navarrete 2017).

De forma no convencional, las carreteras representan una fuente de alimentos para varias aves, lo que ocasiona un impacto negativo a estas especies. Por ejemplo, la vegetación aledaña en los márgenes de las vías atrae a especies granívoras o semilleras (Castillo et al. 2015, Zanettini Tres et al. 2024). Las vías también atraen a invertebrados o a saurios que son recursos alimenticios para cuculiformes (Zanettini Tres et al. 2024). Las rapaces nocturnas como lechuzas y búhos suelen buscar sus presas, como roedores o insectos, en estas vías (Grilo et al. 2012, 2014, González-Calderón 2017, Arnold et al. 2018, Bravo-Naranjo et al. 2019), pero son enceguecidas por los faros de los vehículos (Dean et al. 2019), y a menudo no logran evadir el tráfico debido a la forma sinuosa o curva de las vías, siendo impactadas (Hodson 1962); esta vulnerabilidad aumenta especialmente durante épocas de reproducción, cría y dispersión (Grilo et al. 2014, Bravo-Naranjo et al. 2019, Raymond et al. 2021, Busby et al. 2024). Esta atracción hacia las carreteras también se observa en los catártidos, que acuden a

estas áreas en busca de animales muertos, donde pueden ser arrollados (Antworth et al. 2005, Medina et al. 2017, Delgado-Trejo et al. 2018, Canales-Delgadillo et al. 2021, Urmendez-Zanettini Tres et al. 2024).

En la Ecorregión Tumbesina se registran aproximadamente 246 especies de aves (Albuja et al. 2012), de las cuales 59 especies presentan una distribución restringida (Ridgely & Greenfield, 2006, BirdLife International 2024). En el presente estudio, nuestros registros representan al 17 % de este total, y podrían estar subestimados, particularmente en lo que respecta a especies de menor tamaño (Zanettini Tres et al. 2024). Por ejemplo, la aparente ausencia de Tyrannidae y Thraupidae se explicaría a que pasaron desapercibidas durante los monitoreos en vehículos a la velocidad que usamos (40-60 Km/hora), a pesar que complementamos con búsquedas activas a pie, o porque los cadáveres se deterioraron rápidamente debido a altas temperaturas y humedad, carroñeros y descomponedores (Attademo et al. 2011, Santos et al. 2011, Teixeira et al. 2013, García-Sánchez et al. 2023, Obando-Tobón et al. 2024). Además, es posible que la fuerza del impacto o el arrollamiento haya dispersado a los animales pequeños a mayor distancia, provocando que mueran más allá de la berma de la carretera, lo que dificulta su detección durante los monitoreos (Castillo et al. 2015, Bauni et al. 2017, García-Sánchez et al. 2023).

Los patrones de actividad de las aves pueden influir en su vulnerabilidad al atropellamiento. Por ejemplo, en este estudio, las aves diurnas mostraron mayores frecuencias (Urmendez-Medina et al. 2017, Obando-Tobón et al. 2024). Sin embargo, varios autores señalan que las rapaces nocturnas son particularmente vulnerables a las colisiones con vehículos en vías (Bishop & Brogan, 2013, Borda-de-Água et al. 2014, Grilo et al. 2014, Silva et al. 2019). Es importante destacar que, en esta investigación, la mayor diversidad registrada de aves diurnas (33 especies) en comparación con las nocturnas (6 especies) pudo influir en la mayor frecuencia de atropellamientos observada en las primeras. Esta diferencia reflejaría tanto la riqueza específica de la zona como posibles variaciones en la abundancia estacional durante el periodo de muestreo. Apoyando esta idea, Husby (2016) señala que la riqueza y abundancia de especies son factores determinantes que pueden sesgar la detección de atropellamientos, ya que las especies más numerosas o activas durante los horarios de muestreo tienden a ser registradas con mayor frecuencia. Por lo tanto, es posible que la predominancia de aves diurnas en los registros de atropellamientos responda no

solo a su comportamiento y vulnerabilidad intrínseca, sino también la temporalidad y diseño del muestreo.

En los análisis por tramos, en el tramo 4 se registraron más aves muertas, más puntos de alta incidencia de atropellos, una tasa de atropellamiento más alta y una mayor longitud de la vía que los otros tramos. Este tramo presenta un paisaje predominantemente rural, con zonas agropecuarias y remanentes boscosos, así como pequeños centros poblados conocidos localmente como comunas ancestrales (Álvarez-Litben 2017, Pozo-Alvarado 2022), lo que contrasta con los otros tramos estudiados, que tienen una mayor influencia urbanística debido a la presencia de centros poblados grandes (Attademo et al. 2011, García-Sánchez et al. 2023). Las características paisajísticas del tramo 4 se asocian a una mejor calidad de hábitat y conectividad para las aves (Santos et al. 2013), por lo que muchas especies dependientes de bosque son vulnerables a los atropellos (Obando-Tobón et al. 2024).

En contraste, el tramo 1, que es la zona más cercana a la ciudad de Guayaquil, registró el menor número de individuos y de especies atropelladas, y una tasa de atropellamiento más baja que los otros tramos, posiblemente, porque en esta zona existen más restricciones de velocidad debido a que están dentro de áreas urbanas y periurbanas (Mella-Ávila & Muñoz-Villouta 2024, Obando-Tobón et al. 2024). Sin embargo, esperábamos cifras mayores de atropellos, debido a que en este tramo se encuentra el Bosque Protector Cerro Blanco, una IBA periurbana con una extensión de 6078 ha, muy reconocida para el aviturismo en esta ciudad (Sheets 2005, Sheets & Mischler 2007, Espinoza & Cruz 2014).

De acuerdo con Velasteguí-Montoya et al. (2023) existen niveles altos de ruido en la zona occidental de Guayaquil, que coincide con el tramo 1, con un aumento más significativo de ruido durante la noche. Esta contaminación acústica, sumado a una carretera amplia (6 carriles y ancho de 14.60 m) constituirían una barrera para la dispersión y movilidad de las aves, provocando su dispersión a mayor altura, o su traslado hacia otras áreas boscosas alejadas de la vía o de la urbanización. Varios autores señalan que las aves que habitan en zonas boscosas evitan exponerse al ruido antropogénico, reduciendo la riqueza de especies cerca de vías en ciudades, siendo una de las principales causas de pérdida de la diversidad circundante a áreas protegidas (Benítez-López et al. 2010, González-Calderón 2017, Wilson et al. 2021, Bernat-Ponce et al. 2022, Bergamini et al. 2024). Esto también ocurre con la contaminación lumínica ar-

tificial de las ciudades, la cual afecta negativamente a la avifauna (Wilson et al. 2021, Nemes et al. 2023, Mathiapanam et al. 2024). Respecto a los tramos 2 y 3, no presentaron diferencias significativas entre sí en cuanto a abundancia y riqueza de aves atropelladas, probablemente a que ambos presentan atributos paisajísticos en común: presencia de centros poblados pequeños, remanentes boscosos, además de una extensión (ancho y longitud de la vía) similar entre ellos.

En base a lo expuesto, es recomendable analizar la implementación de pasos de fauna, basados en el conocimiento ecológico e historia natural de la avifauna (Filius et al. 2020), con señalética pertinente sobre la vulnerabilidad de las aves, y reductores de velocidad en los puntos de alta incidencia identificados (Niemi et al. 2014, González-Calderón 2017, Visintin et al. 2018, Díaz et al. 2020, Yesquen-Sernaqué et al. 2020, Jaramillo-Fayad et al. 2021, Obando-Tobón et al. 2024). Sin embargo, estas medidas pueden volverse menos efectivas dado que los conductores se acostumbran a ellas (Clevenger et al. 2002, Snow et al. 2011), por lo que estos esfuerzos deben complementarse con monitoreos y seguimiento que permitan medir su efectividad (Arroyave et al. 2006, Obando-Tobón et al. 2024), y por procesos de educación y sensibilización ambiental a las comunidades, usuarios de las vías, población general y personal encargado del desarrollo vial (Castillo et al. 2015, Jaramillo-Fayad et al. 2021). Otros autores proponen la promoción del hábitat para las presas y rapaces en áreas alejadas de las carreteras, y la eliminación de vegetación en los bordes de las carreteras para disminuir la disponibilidad de refugio y alimento en estas áreas de mayor riesgo (Castillo et al. 2015, Silva et al. 2019, Busby et al. 2024). Es necesario que estas medidas de mitigación se enmarquen en una planificación político-administrativa para asegurar su permanencia en el tiempo (Fernández-Buces et al. 2022).

Finalmente, es evidente que las carreteras actúan como una barrera antropogénica que afecta negativamente a las poblaciones de aves (Pinto et al. 2020). Por tanto, recomendamos continuar evaluando su influencia en la conservación de las aves en la región costera ecuatoriana a mediano y largo plazo, con monitoreos a pie o en bicicletas, lo que permitiría estimar posibles reducciones poblacionales que pondrían en riesgo a las especies que más frecuentemente son víctimas en las carreteras (Borda-de-Águia et al. 2014, Filius et al. 2020, Obando-Tobón et al. 2024), así como reducir el subregistro de especies, y analizar posibles fluctuaciones estacionales (González-Calderón 2017). También es necesario evaluar otras posibles causas

que influyan en estas mortalidades, como la estacionalidad climática y la intensidad del tráfico vehicular (Attademo et al. 2011, Pinto et al. 2020). Una forma de realizar estos monitoreos de forma sostenible en el tiempo es a través de ciencia ciudadana usando plataformas como iNaturalist (Monge-Nájera 2018, Bil et al. 2019, Raymond et al. 2021, Swinnen et al. 2022, Medrano-Vizcaíno et al. 2023), y para validar las identificaciones taxonómicas el soporte de aplicaciones de telefonía móvil como eBird (Sullivan et al. 2009), lo que ayudaría a visibilizar esta problemática y fomentaría la participación e inclusión de la sociedad.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo presenta resultados parciales de la tesis de grado en Biología de Michael Daniel Larreátegui Palma, en el desarrollo del proyecto de investigación de la Universidad de Guayaquil FCI 046 2021: Mortalidad de vertebrados silvestres por colisiones vehiculares en las principales carreteras entre las provincias de Guayas y Santa Elena (Ecuador), bajo el permiso de investigación científica MAAE-ARSFC-2021-1862, otorgado por el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador. Ambos autores expresan su agradecimiento a Allyson Armendáriz, Santiago Reyes, Juleisy Reyes, Ricardo Soria, Oscar Piguave, Viviana García, Anthony Cabuyales, Michelle Quimí, por su acompañamiento y asistencia durante el trabajo de campo, laboratorio y análisis de datos. Pablo Medrano aportó comentarios muy útiles durante el desarrollo de este trabajo. Finalmente, JAS expresa su agradecimiento a los acertados comentarios de los dos revisores anónimos, que enriquecieron en gran medida este manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Aguilar JM, Nieto A, Espinoza N, Loja G, Tinoco BA (2019) Assessing patterns of bird roadkills in a high Andean Ecuadorian national park. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 54(3):149-156. <https://doi.org/10.1080/01650521.2019.1649953>
- Albuja L, Armendáriz A, Barriga R, Montalvo LD, Cáceres F, Román JL (2012) Fauna de Vertebrados del Ecuador. Instituto de Ciencias Biológicas. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador
- Álvarez-Litben SG (2017) Territorio comunal en la costa de Ecuador: Buscando caminos de entendimiento entre el buen vivir y el principio de bien común. *Revista de Antropología Social* 26(2):355-378. <https://doi.org/10.5209/RASO.57610>
- Antworth R, Pike DA, Stevens E (2005) Hit and run: Effects of scavenging on estimates of roadkilled vertebrates. *Southeastern Naturalist* 4(4):647-656
- Arnold EM, Hanser SE, Kociolek A, Regan T, Thompson J, Lowe M, Belthoff JR (2018) Spatial, road geometric and biotic factors associated with Barn Owl mortality along an interstate highway. *IBIS* 161(1):147-161. <https://doi.org/10.1111/ibi.12593>
- Arroyave MP, Gómez C, Gutiérrez ME, Múnera DP, Zapata PA, Vergara IC, Andrade LM, Ramos KC (2006) Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo. *Revista EIA* 5:45-57
- Astudillo PX, Samaniego GM, Machado PJ, Aguilar JM, Tinoco BA, Graham CH, Latta SC, Farwig N (2014) The impact of roads on the avifauna of páramo grasslands in Cajas National Park, Ecuador. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 49(3):204-212. <http://dx.doi.org/10.1080/01650521.2014.960778>
- Attademo AM, Peltzer PM, Lajmanovich RC, Elberg G, Junges C, Sánchez LC, Bassó A (2011) Wildlife vertebrate mortality in roads from Santa Fe Province, Argentina. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82(3):915-925. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2011.3.783>
- Bauni V, Anfuso J, Schivo F (2017) Mortalidad de fauna silvestre por atropelamientos en el bosque atlántico del Alto Paraná, Argentina. *Ecosistemas* 26(3):54-66. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2017.26-3.08>
- Benítez-López A, Alkemade R, Verweij PA (2010) The impacts of roads and other infrastructure on mammal and bird populations: A meta-analysis. *Biological Conservation* 143(6):1307-1316. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2010.02.009>
- Bergamini E, Prandelli S, Minelli F, Gatti RC (2024) Impacts of noise pollution from high-speed rail and road on bird diversity: A case study in a protected area of Italy. *Environmental Science and Pollution Research* 31(22):32033-32042. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-33372-0>
- Bernat-Ponce E, Gil-Delgado JA, López-Iborra GM (2022) Efectos de las características de las ciudades occidentales contemporáneas sobre la avifauna urbana. *Ecosistemas* 31(1):2158-2158. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2158>
- Bil M, Grilo C, Kubeček J, Sedoník J, Andrásik R, Cícha V, Favilli F, Stauder J, Schwingshakl F, Michael K, Elia M, Zotos S, Sergides L, Arvaj T, Litskas V, Vogiatzakis I (2019) Wildlife Vehicle Collisions: Road ecology, monitoring and mitigation, citizen science, pedagogical and socioeconomic aspects. ERASMUS+
- BirdLife International (2024) Endemic Bird Area factsheet: Tumbesian region. <https://datazone.birdlife.org/eba/factsheet/47> (acceso: 26/06/2024).
- Bishop CA, Brogan JM (2013) Estimates of avian mortality attributed to vehicle collisions in Canada. *Avian Conservation and Ecology* 8(2):2. <https://doi.org/10.5751/ace-00604-080202>
- Borda-de-Águia L, Grilo C, Pereira HM (2014) Modeling the impact of road mortality on barn owl (*Tyto alba*)

- populations using age-structured models. *Ecological Modelling* 276:29-37. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2013.12.022>
- Bravo-Naranjo V, Piñones-Cañete C, Norambuena HV, Zuleta C (2019) Puntos calientes y factores asociados al atropello de aves rapaces en una ruta costera de la zona semiárida de Chile central. *Ornitología Neotropical* 30:208-216
- Bujoczek M, Ciach M, Yosef R (2011) Road-kills affect avian population quality. *Biological Conservation* 144(3):1036-1039. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.12.022>
- Busby BT, Gordon MP, Belthoff J (2024) Roads reduce breeding occupancy and productivity in barn owls. *The Journal of Wildlife Management* 88(5):e22597. <https://doi.org/10.1002/jwmg.22597>
- Canales-Delgadillo J, Pérez-Ceballos R, Zaldivar-Jiménez A, Gómez-Ponce M, Vázquez-Pérez N, De La Rosa M, Potenciano-Morales L (2021) Muertes por tráfico sobre la carretera costera del golfo de México: ¿cuántas y cuáles especies de fauna silvestre se están perdiendo? *Revista Mexicana de Biodiversidad* 91:e913189. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.3189>
- Castillo JC, Urmendez MD, Zambrano GG (2015) Mortalidad de fauna por atropello vehicular en un sector de la vía panamericana entre Popayán y Patía. *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural* 19(2):207-219. <https://doi.org/10.17151/bccm.2015.19.2.12>
- Cervantes-Huerta R, Escobar F, García-Chávez JH, González-Romero A (2017) Atropellamiento de vertebrados en tres tipos de carretera de la región montañosa central de Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana* 33(3):472-481. <https://doi.org/10.21829/azm.2017.3331148>
- Clevenger AP, Chruszcz B, Gunson KE (2002) Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biological Conservation* 109(1):15-26. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00127-1](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00127-1)
- D'Amico M, Román J, de los Reyes L, Revilla E (2015) Vertebrate road-kill patterns in Mediterranean habitats: Who, when and where. *Biological Conservation* 191:234-242. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2015.06.010>
- Dean WRJ, Seymour CL, Joseph GS, Foord SH (2019) A review of the impacts of roads on wildlife in semi-arid regions. *Diversity* 11(5):81. <https://doi.org/10.3390/d11050081>
- Delgado-Trejo C, Herrera-Robledo R, Martínez-Hernández N, Bedolla-Ochoa C, Hart CE, Alvarado-Díaz J, Suazo-Ortuño I, Nava-Bravo H, López-Toledo L, Mendoza E (2018) Vehicular impact as a source of wildlife mortality in the Western Pacific Coast of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 89(4):1234-1244. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.4.2084>
- Díaz JA, Escalante CI, Serment VA, Mares JM (2020) Manual de diseño de pasos para fauna silvestre en carreteras. 1º edición. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México D.F.
- Espinoza F, Cruz C (2014) Aviturismo: Guía para la provincia del Guayas. Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial del Guayas, Dirección de Turismo, Guayaquil, Ecuador
- Fahring L, Rytwinski T (2009) Effects of roads on animal abundance: An empirical review and synthesis. *Ecology and Society* 14(1):21
- Feinsinger P (2003) El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad. Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN), Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
- Fernández-Buces N, Trinidad-Lora K, Olivé-Arrioya M, Resendiz-Rodríguez J, López-Noriega S, Juárez-Casillas LA (2022) Ecological connectivity and wildlife passages on roads: A reflection for México. *Therya notes* 3(2):87-92. https://doi.org/10.12933/therya_notes-22-76
- Filius J, Hoek Y, Jarrín-V P, Hooft P, van der Hoek Y (2020) Wildlife roadkill patterns in a fragmented landscape of the Western Amazon. *Ecology and Evolution* 10(13):6623-6635. <https://doi.org/10.1002/ece3.6394>
- Freile JF, Santander T, Jiménez-Uzcátegui G, Carrasco L, Cisneros-Heredia DF, Guevara EA, Sánchez-Nivicela M, Tinoco BA (2019) Lista Roja de las Aves del Ecuador. Ministerio del Ambiente de Ecuador, Aves y Conservación, Comité Ecuatoriano de Registros Ornitológicos, Fundación Charles Darwin, Universidad del Azuay y Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador
- Freile J, Restall R (2018) Birds of Ecuador. HELM Bloomsbury Publishing Plc., London
- Freile J, Santander T (2005) Áreas Importantes para la Conservación de las Aves en Ecuador. Aves & Conservación, Birdlife Internacional, Conservación Internacional y Ministerio del Ambiente de Ecuador, Quito, Ecuador
- GAD Provincial Guayas (2021) Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Provincial del Guayas. Dirección Provincial de Planificación Institucional, Guayaquil, Ecuador
- Gaón J, Valdez G (2021) Mortalidad de la fauna silvestre por efecto vehicular en la carretera Calceata-Quiroga. Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Calceta, Manabí
- García-Carrasco JM, Tapia W, Román-Muñoz A (2020) Roadkill of birds in Galapagos Islands: A growing need for solutions. *Avian Conservation and Ecology* 15(1):1-8. <https://doi.org/10.5751/ACE-01596-150119>
- García-Sánchez S, Juárez-Agis A, Álvarez-Álvarez EA, Oliver Salomé B, Zeferino Torres J, Rivas González M, Osorio Rodríguez AN (2023) Vertebrados silvestres atropellados en asentamientos humanos del Pacífico sur mexicano. *Revista de Biología Tropical* 71(1):e53600. <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.v71i1.53600>
- González M, Salas JA (2025) Evaluación preliminar del impacto de la carretera Troncal de la Costa E25 sobre vertebrados silvestres en el área de

- influencia de la Reserva Ecológica Manglares Churute (Occidente de Ecuador). *Revista Peruana de Biología* 32(1):e28454. <https://doi.org/10.15381/rpb.v32i1.28454>
- González-Calderón A (2017) Mortalidad de aves por colisión vehicular en la Reserva de Uso Múltiple Bañados del Río Dulce y Laguna Mar Chiquita, Córdoba, Argentina. *El Hornero* 32(2):197-203. <https://doi.org/10.56178/eh.v32i2.506>
- Grilo C, Reto D, Filipe J, Ascensão F, Revilla E (2014) Understanding the mechanisms behind road effects: Linking occurrence with road mortality in owls. *Animal Conservation* 17:555-564. <https://doi.org/10.1111/acv.12120>
- Grilo C, Sousa J, Ascensao F, Matos H, Leitao I, Pinheiro P, Costa M, Bernardo J, Reto D, Lourenco R, Santos-Reis M, Revilla E (2012) Individual spatial responses towards roads: Implications for mortality risk. *PLoS ONE* 7(9):e43811. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043811>
- Haase B (2011) Aves marinas de Ecuador continental y acuáticas de las piscinas artificiales de Ecuasal. Aves & Conservación, Birdlife Internacional en Ecuador, Ecuasal C. A., Guayaquil, Ecuador
- Hodson NL (1962) Some notes on the causes of birds' road casualties. *Bird Study* 9:168-173
- Husby M (2016) Factors affecting road mortality in birds. *Ornis Fennica* 93(4):212-224
- Jaramillo-Fayad JC, Velázquez MM, Premauer JM, González JL, González-Vélez JC (2021) Atropellamiento de fauna silvestre en Colombia: Guía para entender y diagnosticar este impacto. Gobierno Nacional de Colombia, Institución Universitaria ITM, Bogotá, Colombia
- Lester D (2015) Effective Wildlife Roadkill Mitigation. *Journal of Traffic and Transportation Engineering* 3(1):42-51. <https://doi.org/10.17265/2328-2142/2015.01.005>
- Loss SR, Will T, Marra PP (2014) Estimation of bird-vehicle collision mortality on U.S. roads. *The Journal of Wildlife Management* 78(5):763-771. <https://doi.org/10.1002/jwmg.721>
- Mathiapanam KJ, Mulder RA, Hale R (2024) Anthropogenic double jeopardy: Urban noise and artificial light at night interact synergistically to influence abundance. *Environmental Pollution* 363(1):125078. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.125078>
- McMullan M, Navarrete L (2017) Fieldbook of the Birds of Ecuador including the Galápagos Islands and common mammals. Ratty Ediciones, Quito, Ecuador
- Medrano-Vizcaíno P, Brito-Zapata D, Rueda-Vera A, Jarrín-V P, García-Carrasco JM, Medina D, Aguilera J, Acosta-Buenaño N, González-Suárez M (2023) First national assessment of wildlife mortality in Ecuador: An effort from citizens and academia to collect roadkill data at country scale. *Ecology and Evolution* 13(3):e9916. <https://doi.org/10.1002/ece3.9916>
- Medrano-Vizcaíno P, Espinosa S (2021) Geography of roadkills within the Tropical Andes Biodiversity Hotspot: Poorly known vertebrates are part of the toll. *Biotropica* 53(3):820-830. <https://doi.org/10.1111/btp.12938>
- Medrano-Vizcaíno P, Grilo C, Silva Pinto FA, Carvalho WD, Melinski RD, Schultz ED, González-Suárez M (2022) Roadkill patterns in Latin American birds and mammals. *Global Ecology and Biogeography* 31(9):1756-1783. <https://doi.org/10.1111/geb.13557>
- Mella-Ávila J, Muñoz-Villouta C (2024) Efectos de atropellos vehiculares sobre la fauna de aves y mamíferos en Magallanes, en verano. *Anales del Instituto de la Patagonia* 52:1-13. <http://dx.doi.org/10.22352/aiip202452008>
- Meyrom K, Yosef R, Charter M (2023) Are roadkills density-dependent? Case study of the Barn Owl (*Tyto alba*). *Diversity* 15(3): 412. <https://doi.org/10.3390/d15030412>
- Minitab 17 Statistical Software (2010) State College, PA: Minitab, Inc.
- Monge-Nájera J (2018) Road kills in tropical ecosystems: A review with recommendations for mitigation and for new research. *Revista de Biología Tropical* 66(2):722-738. <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i2.33404>
- Monroy MC, De La Ossa-Lacayo A, De La Ossa J (2015) Tasa de atropellamiento de fauna silvestre en la vía San Onofre – María la baja, Caribe Colombiano. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas* 27:88-95. <https://doi.org/10.47499/revistaaccb.v1i27.106>
- Nemes CE, Cabrera-Cruz SA, Anderson MJ, DeGroote LW, DeSimone JG, Massa ML, Cohen EB (2023) More than mortality: Consequences of human activity on migrating birds extend beyond direct mortality. *Ornithological Applications* 125(3):1-21. <https://doi.org/10.1093/ornithapp/duad020>
- Niemi M, Jääskeläinen NC, Nummi P, Mäkelä T, Nordahl K (2014) Dry paths effectively reduce road mortality of small and medium-sized terrestrial vertebrates. *Journal of Environmental Management* 144:51-57. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.05.012>
- Obando-Tobón JM, Delgado CA, Urrego-Giraldo LE, Saravia-Ruiz P, Tapias J, Arias-Alzate A (2024) Influencia del comportamiento y hábitat en el atropellamiento de fauna silvestre: El caso de los vertebrados de vías perirurbanas en los Andes colombianos. *Revista de Biología Tropical* 72(1):e56433. <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.v72i1.56433>
- Pinto FAS, Clevenger AP, Grilo C (2020) Effects of roads on terrestrial vertebrate species in Latin America. *Environmental Impact Assessment Review* 81:106337. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2019.106337>
- Ponce L (2013) Mortalidad de fauna silvestre por atropellamiento en la ruta E15 que atraviesa área protegida Refugio de Vida Silvestre y Marino Costera Pacoche. Ministerio de Ambiente de Ecuador, Manta, Ecuador
- Pozo-Alvarado ES (2022) Evaluación multitemporal

- de la cubierta forestal en la parroquia Colonche, provincia de Santa Elena. Tesis de grado, Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, Ecuador
- Pozo-Cajas M, Quinteros-Trelles A, Pino-Acosta A, Piedrahita P (2017) Un paraíso a grandes alturas: Aves del Bosque Protector La Prosperina y alrededores. Unidad de Vinculación con la Sociedad, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador
- Raymond S, Schwartz ALW, Thomas RJ, Chadwick E, Perkins SE (2021) Temporal patterns of wildlife roadkill in the UK. *PLoS ONE* 16(10):e0258083. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258083>
- Ree R, Smith DJ, Grilo C (2015) *Handbook of Road Ecology*. 1° edition. Wiley Blackwell, Oxford, UK
- Remsen JV Jr, Areta JI, Bonaccorso E, Claramunt S, Lane DF, Robbins MB, Stiles FG, Zimmer KJ (2025) A classification of the bird species of South America. Museum of Natural Science, Louisiana State University. <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.htm>
- Ridgely R, Greenfield P (2006) Aves del Ecuador. Guía de Campo. Volumen I y II. Fundación de Conservación Jocotoco. Academia de Ciencias Naturales de Filadelfia, Quito, Ecuador
- Santos SM, Carvalho F, Mira A (2011) How long do the dead survive on the road? Carcass persistence probability and implications for road-kill monitoring surveys. *PLoS ONE* 6(9): e25383. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0025383>
- Santos SM, Lourenço R, Mira A, Beja P (2013) Relative effects of road risk, habitat suitability, and connectivity on wildlife roadkills: The case of Tawny Owls (*Strix aluco*). *PLoS ONE* 8(11):e79967. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079967>
- Seijas AE, Aráujo Quintero A, Velásquez N (2013) Mortalidad de vertebrados en la carretera Guanare-Guanarito, estado Portuguesa, Venezuela. *Revista de Biología Tropical* 61(4):1619-1636. <https://doi.org/10.15517/rbt.v61i4.12803>
- Sheets DR (2005) Catálogo diagnóstico de las aves del Bosque Protector Cerro Blanco y sus cercanías. Fundación ProBosque, Darwin Initiative, Guayaquil, Ecuador
- Sheets DR, Mischler TC (2007) Catálogo diagnóstico de las aves del Bosque Protector Cerro Blanco y sus cercanías (provincia del Guayas, Ecuador). 2° edición. Birdlife International, Fundación ProBosque y Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador
- Silva C, Simões MP, Mira A, Santos SM (2019) Factors influencing predator roadkills: The availability of prey in road verges. *Journal of Environmental Management* 247:644-650. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.06.083>
- Snow NP, Andelt WF, Gould NP (2011) Characteristics of road-kill locations of San Clemente island foxes. *Wildlife Society Bulletin* 35(1):32-39. <https://doi.org/10.1002/wsb.4>
- Spellerberg I (1998) Ecological effects of roads and traffic: A literature review. *Global Ecology and Biogeography* 7(5):317-333. <https://doi.org/10.1046/j.1466-822x.1998.00308.x>
- Sullivan BL, Wood CL, Iliff MJ, Bonney RE, Fink D, Kelling S (2009) eBird: A citizen-based bird observation network in the biological sciences. *Biological Conservation* 142(10):2282-2292. <https://doi.org/10.1016/j.BIOCON.2009.05.006>
- Swinnen KRR, Jacobs A, Claus K, Ruyts S, Vercayie D, Lambrechts J, Herremans M (2022) 'Animals under wheels': Wildlife roadkill data collection by citizen scientists as a part of their nature recording activities. *Nature Conservation* 47:121-153. <https://doi.org/10.3897/natureconservation.47.72970>
- Teixeira FZ, Coelho AVP, Esperandio IB, Kindel A (2013) Vertebrate road mortality estimates: Effects of sampling methods and carcass removal. *Biological Conservation* 157:317-323. <https://doi.org/10.1016/j.BIOCON.2012.09.006>
- Urmendez-Medina D, Castillo-Ramos JC, Zambrano-González G (2017) Mortalidad de vertebrados silvestres por atropello vehicular en 13 kilómetros de la vía Panamericana en el municipio del Patía. *Revista Novedades Colombianas* 12(1):57-64
- Velastegui-Montoya A, Guerrero-Cabrera G, González-Camba S, Jaramillo-Lindao Y, Murillo-Portillo R, Hidalgo-Crespo J, Encalada-Abarca L (2023) Acoustic contamination assessment during the transition between the COVID-19 restrictions and reactivation: A exploratory analysis in Guayaquil. *Geography and Sustainability* 4(2):138-149. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2023.02.001>
- Visintin C, Golding N, van der Ree R, McCarthy MA (2018) Managing the timing and speed of vehicles reduces wildlife-transport collision risk. *Transport and Environment* 59:86-95. <https://doi.org/10.1016/j.TRD.2017.12.003>
- Wilson AA, Ditmer MA, Barber JR, Carter NH, Miller ET, Tyrrell LP, Francis CD (2021) Artificial night light and anthropogenic noise interact to influence bird abundance over a continental scale. *Global Change Biology* 27(17):3987-4004. <https://doi.org/10.1111/gcb.15663>
- Yesquen-Sernaque F, Ugaz-Cherre AF, Chávez-Villavicencio CL (2020) Mortalidad de vertebrados por atropellos en carreteras en Tambogrande, Piura, Perú. *Revista Peruana de Biología* 27(2):131-138. <https://doi.org/10.15381/rpb.v27i2.16827>
- Zanettini Tres G, Domínguez Pacheco T, Cardozo Silva VG, Carniel Wagner PG, Nisa-Castro-Neto W, Farias Cruz CE (2024) The impact of RS-040 highway on wildlife roadkill patterns, Porto Alegre, Southern Brazil. *Ethnobiology and Conservation* 13(1):1-16. <https://doi.org/10.15451/ec2024-01-13.01-1-16>
- Zavala J (2020) Mortalidad de fauna silvestre en la carretera 483 tramo Jipijapa-Puerto Cayo. Tesis de grado, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador