

Diversidad de vertebrados muertos por atropellamiento vehicular y zonas de mayor impacto en la ruta III General Elizardo Aquino, Paraguay

Diversity of vertebrates affected by roadkill and areas of greatest impact along road III General Elizardo Aquino, Paraguay

Aurora Ortega¹ & Andrea Weiler²

¹Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de Ingeniería Ambiental. Email: auror91@hotmail.com

²Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biología, Laboratorio de Zoología. Email: andreaweiler1@gmail.com

Resumen: Aunque el atropellamiento de animales en carreteras ha sido ampliamente evaluado en el mundo, en Paraguay existen pocos estudios al respecto. Este trabajo aporta a la comprensión de la problemática de mortalidad de fauna silvestre por atropellamiento vehicular en la Ruta III Gral. Elizardo Aquino, cuantificando los atropellamientos de fauna silvestre, identificando taxonómicamente las especies muertas por atropellamiento, y determinando las áreas de mayor impacto de colisión vehicular. Se escogieron 120 km de carretera, para realizar muestreos dos veces al mes, desde abril hasta octubre de 2015, recorriendo en vehículo a 60 km/h. Dentro del mismo se tomaron seis transectos para recorridos a pie, a fin de detectar especies pequeñas. Los individuos encontrados fueron listados, fotografiados, georeferenciados e identificados hasta el nivel taxonómico más exacto posible. Se obtuvieron 109 individuos de 34 especies. Los resultados indican que los reptiles tienen el mayor número de especies afectadas por colisiones vehiculares (38%), mientras que los mamíferos registran la mayor cantidad de individuos muertos por atropellamiento (47%). Las especies más frecuentemente atropelladas fueron *Cerdocyon thous*, *Caracara plancus* y *Eumectes notaeus*. Las áreas más críticas respecto a atropellamientos corresponden a las zonas del arroyo Hondo y de los ríos Piribebuy e Yhaguy, donde existe menor presencia humana y hábitats mejor conservados. Son necesarias adecuaciones de las infraestructuras viales existentes que funcionen como pasos de fauna no específicos.

Palabras Clave: carreteras, colisiones, mortalidad, anfibios, reptiles, aves, mamíferos

Abstract: Although the collision of animals on roads has been widely evaluated in the world, there are few studies in Paraguay. This work contributes to the understanding of the problem of mortality of wildlife by vehicular traffic in Route III Gral. Elizardo Aquino, quantifying the roadkill's of wildlife, identifying taxonomically the species, and determining the areas of greatest impact of vehicular collision. We chose 120 km of road, to carry out samplings twice a month, from April to October 2015, traveling by vehicle at 60 km per hour. Six transects were established for walking, in order to detect small species. The individuals found were listed, photographed, georeferenced and identified up to the most accurate taxonomic level possible. As a result, 109 individuals of 34 species were recorded. The results suggest that reptiles have the highest number of species affected by vehicular collisions (38%), while mammals have the highest number of individuals run over (47%). The most frequent species were *Cerdocyon thous*, *Caracara plancus* and *Eumectes notaeus*. The most critical areas in relation to roadkill's correspond to the zones of the Arroyo Hondo, and the Piribebuy and Yhaguy rivers, where there is less human presence and better conserved habitats. Adaptations of the existing road infrastructures is needed to ensure non-specific fauna passages for wildlife.

Key words: highways, collisions, mortality, amphibians, reptiles, birds, mammals.

Introducción

Las carreteras son elementos claves en el desarrollo socio económico del país, sirven como medio de comunicación y como vía de transporte y comercialización de productos. Estas tienen varios efectos sobre la fauna silvestre y sus hábitats.

La fragmentación de hábitats con el consecuente aislamiento de poblaciones es, sin duda, el mayor impacto negativo de las obras viales (Clevenger & Huijser, 2011; Heilman, et al., 2002). Sin embargo, el atropellamiento vehicular de fauna silvestre es el impacto más fácilmente reconocible debido a la presencia de animales muertos en las carreteras

Recibido: 14/02/2018 Aceptado: 27/06/2018



ARTÍCULO ORIGINAL

(Arroyave et al., 2006). Estas colisiones vehiculares, además, causan daños materiales y ponen en riesgo la vida de los automovilistas (Malo et al., 2004).

Existen varios factores que inciden en el atropellamiento de fauna silvestre. Por un lado, las características de las carreteras. El buen estado del asfalto y las secciones rectas de rutas facilitan que los vehículos alcancen mayor velocidad favoreciendo los atropellamientos (Pozo et al., 2008; Artavia, 2014). Respecto a la intensidad del tráfico vehicular, se podría pensar que a mayor tráfico mayor número de atropellamientos, pero las investigaciones no siempre corroboran esta afirmación (Arroyave et al., 2006).

Por otro lado, influyen las características del hábitat que cortan. La topografía y el grado de fragmentación de los ecosistemas naturales pueden causar que la fauna silvestre sea forzada a cruzar por segmentos de la carretera aumentando las posibilidades de colisiones (Clevenger et al., 2003; Pozo et al., 2008). Además, el propio comportamiento de los animales silvestres influye. Muchas veces, estos son atraídos a las carreteras buscando alimentarse de otros animales atropellados (Delgado et al., 2004; Adán et al., 2007; Chacón, 2011); o, como es el caso de los reptiles, buscando absorber el calor acumulado (Arroyave et al., 2006). Las aves, por su capacidad de vuelo, tienen ventaja para evitar colisiones, mientras que animales de movimientos lentos o visión pobre facilitan el atropellamiento (Gómez & Monge-Nájera, 2000; Pozo et al., 2008; Laurance, 2009).

Finalmente, los factores climáticos también afectan a los atropellamientos de fauna. En primavera-verano, cuando se intensifican las lluvias e inicia el período reproductivo de muchos vertebrados, como los anfibios, estos son atropellados en grandes números (Clevenger et al., 2003; Espinosa et al., 2012). Recientemente, Colino-Rabanal et al. (2017) hallaron que la fase lunar también influye en las colisiones nocturnas a fauna silvestre, siendo el período de luna llena el de mayor número de accidentes.

Los efectos de las rutas del Paraguay sobre los animales silvestres han sido pobremente caracterizados. La principal referencia nacional al respecto es la de Cartes et al. (2010), quienes citan fauna atropellada en tres tramos de la Ruta IX Carlos Antonio López, los cuales atraviesan ecosistemas chaqueños húmedos y xerófitos. En el citado estudio, los autores contabilizaron 3046 vertebrados atropellados entre los años 2003 a 2005, de los cuales, 2168 fueron anfibios, 96 aves, 374 mamíferos y 346 reptiles.

El presente trabajo pretende aportar a la comprensión de la problemática de mortalidad de fauna silvestre por atropellamiento vehicular en la Ruta III Gral. Elizardo Aquino. Para ello, se han cuantificado los vertebrados silvestres muertos por atropellamiento, identificado taxonómicamente las especies registradas. Además, se han identificado las áreas de mayor impacto de colisión vehicular sobre la fauna nativa.

Materiales y métodos

Área de Estudio

La investigación se desarrolló en la Región Oriental de Paraguay, en un tramo de 120 km de la Ruta III Gral. Elizardo Aquino entre las coordenadas 25°7'49,66"S; 57°26'44,8"W y 24°43'3,44"S; 56°32'12,78"W, el cual atraviesa en parte los departamentos Central (distrito Limpio), Cordillera (distritos Emboscada, Arroyos y Esteros, y Juan de Mena), y San Pedro (distritos 25 de Diciembre y San Estanislao) (Figura 1).

El área de estudio corresponde a la ecorregión Chaco Húmedo (Olson et al., 2001), donde predominan tres formaciones naturales en "mosaico" de acuerdo a las variaciones del suelo y del relieve. Las zonas anegables por corto tiempo son ocupadas por bosques de especies como *Handroanthus heptaphyllus* (lapacho), *Enterolobium contortisiliquum* (timbo) y *Inga uruguensis* (inga guasu); estas comunidades están asociadas con las sabanas hidromórficas de *Copernicia alba* (karanda'y), inundables por mayores periodos; y con humedales donde se encuentran *Eichornia azurea* (aguape), *Thalia*

Recibido: 14/02/2018 Aceptado: 27/06/2018



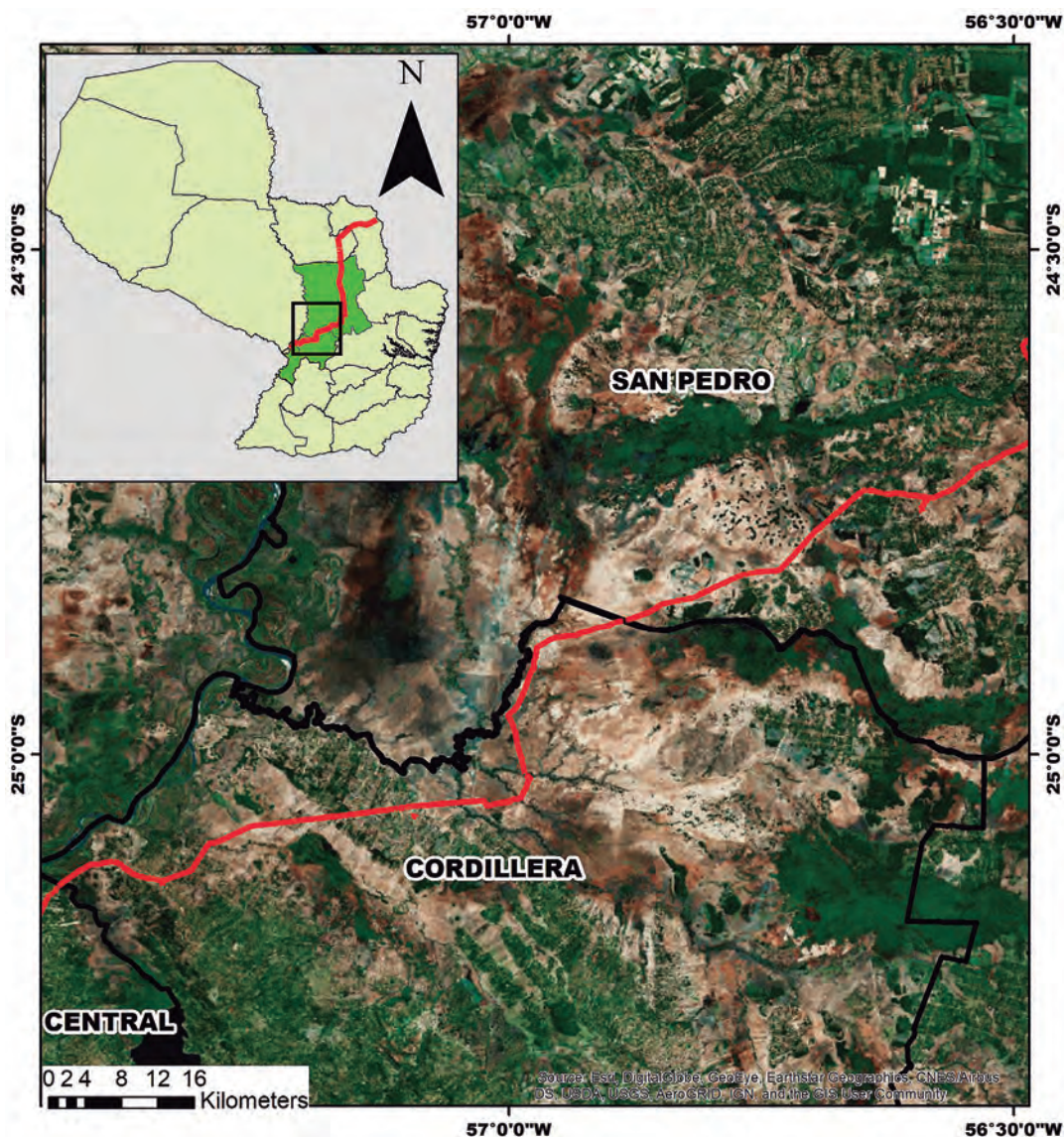


Figura 1. Tramo estudiado de la Ruta III General Elizardo Aquino.

geniculata (peguajó), *Canna glauca* (achira) y otras herbáceas. Algunas especies de fauna características de la ecorregión son *Eunectes notaeus* (kuriju), *Dendrocygna viduata* (suirirí), e *Hydrochaeris hydrochaeris* (carpincho) (Mereles, 2010; Mereles et al. 2013).

Muestreo

Se realizaron once salidas de campo diurnas entre abril y octubre de 2015, con una frecuencia de dos

salidas mensuales. En las cuales, 120 km fueron recorridos en vehículo a una velocidad de 60 km/h, y se incluyeron recorridos a pie en seis transectos de la ruta, de 1,5 km de longitud cada uno, ubicados en la intersección de la ruta con bosques en galería (Figura 2). Se registraron todos los vertebrados muertos por atropellamiento vehicular en los carriles o en las banquetas.

Cada animal atropellado fue georreferenciado, identificado, registrado en planilla y fotografiado. Individuos que requirieron confirmación de

ARTÍCULO ORIGINAL

identificación a nivel de especie, mediante claves taxonómicas, fueron colectados. Todos los restos de ejemplares fueron removidos de la ruta para evitar doble conteo. No se realizaron muestreos en días lluviosos. Los especímenes colectados fueron depositados en la Colección Zoológica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción (CZCEN) bajo el permiso de colecta otorgado por la Secretaría del Ambiente número 142/2015.

Para la identificación taxonómica se recurrió a la literatura disponible. Anfibios: Weiler et al. (2013). Reptiles: Cacciali (2009), Cabrera (2009), Cacciali

& Cabral (2015). Aves: Narosky & Yzurieta (2006). Mamíferos: Redford & Eisenberg (1992), Wallace et al. (2010).

Análisis de datos

Se registró la riqueza de especies atropelladas, y mediante el software EstimateS 9.1.0 se calculó la curva de acumulación de especies y los índices de Chao₁ y Chao₂ (Moreno, 2001). Además, se establecieron zonas de mayor impacto de atropellamientos mediante la estimación de densidad de Kernel utilizando el software libre QGIS 2.8.

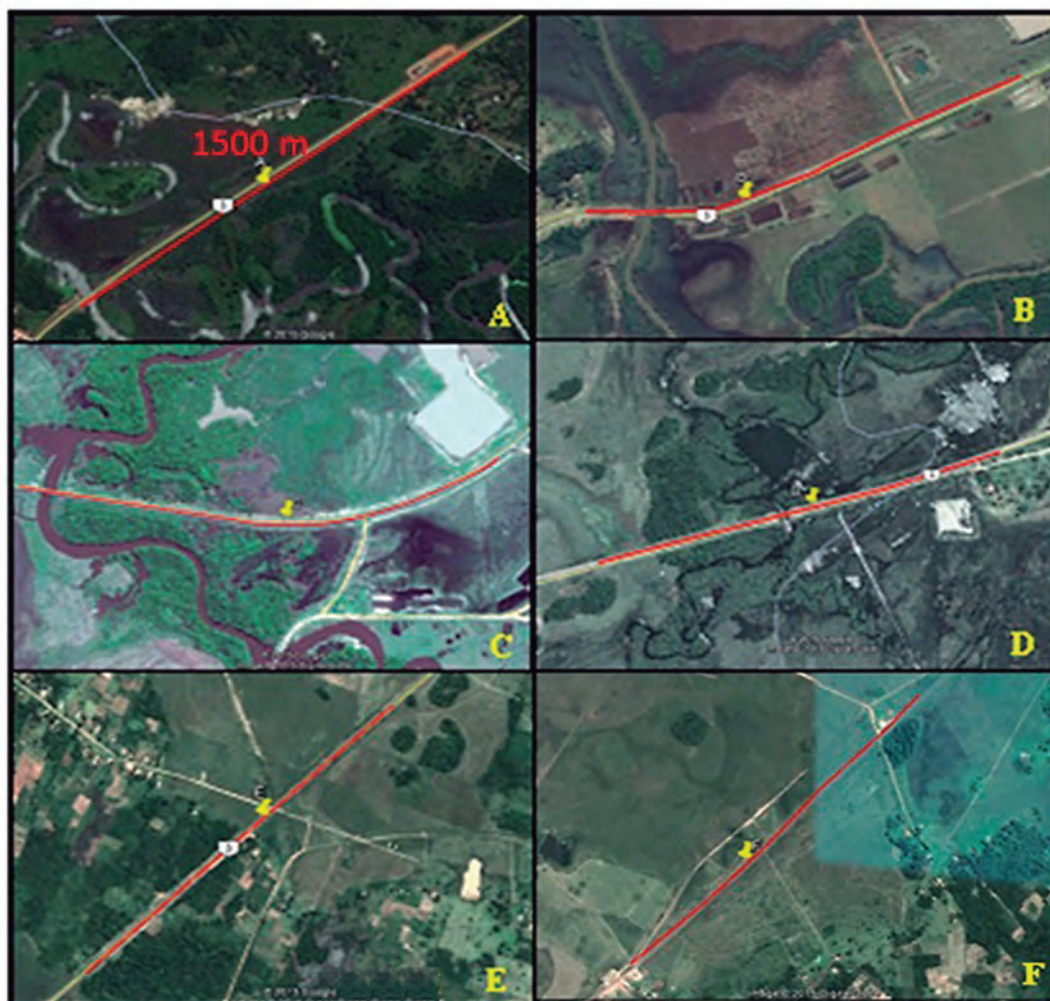


Figura 2. Transectos recorridos a pie. A) Río Salado. B) Río Piribebuy. C) Río Yhaguy. D) Arroyo Tobatiry. E) 25 de Diciembre. F) San Estanislao.

Recibido: 14/02/2018 Aceptado: 27/06/2018





Figura 3. Algunos individuos muertos por atropellamiento: **A)** *Rhinella schneideri*. **B)** *Eunectes notaeus*. **C)** *Bothrops alternatus*. **D)** *Hydrodynastes gigas*. **E)** *Sibynomorphus turgidus*. **F)** *Ophiodes intermedius*. **G)** *Caracara plancus*. **H)** *Aramus guaranauna*. **I)** *Colaptes campestris*. **J)** *Crotophaga ani*. **K)** *Cerdocyon thous*. **L)** *Cavia aperea*. **M)** *Procyon cancrivorus*. **N)** *Tamandua tetradactyla*. **O)** *Didelphis albiventris*. **P)** *Sylvilagus brasiliensis*.

Resultados

Abundancia y riqueza de animales muertos por atropellamiento vehicular

Se registraron 109 individuos muertos por atropellamiento en el tramo estudiado (Figura 3). Los mamíferos fueron los más afectados con 51 individuos (47%), seguidos de los reptiles con 30 individuos (28%), las aves con 22 individuos registrados (20%), y finalmente los anfibios con seis registros (6%). Sin embargo, considerando la cantidad de especies registradas por taxón, los reptiles (con 13 especies) y las aves (con 12 especies) fueron las

más afectadas. Por otro lado, se registraron ocho especies de mamíferos y, finalmente, los anfibios que fueron representados por una sola especie (Cuadro 1).

El 41% de las especies registradas correspondieron a la herpetofauna. Los reptiles representaron el 38% de las especies, mientras que los anfibios constituyeron el 3%. La boa de humedales, *Eunectes notaeus*, fue el reptil con mayor número de registros totalizando seis individuos, seguido por *Sibynomorphus turgidus* con cuatro individuos muertos por atropellamiento.

ARTÍCULO ORIGINAL

Tabla 1. Especies atropelladas por clases con sus cantidades.

ESPECIE	CANTIDAD
ANFIBIOS	
<i>Rhinella schneideri</i>	6
REPTILES	
<i>Eunectes notaeus</i>	6
<i>Sibynomorphus turgidus</i>	4
<i>Helicops leopardinus</i>	3
<i>Clelia clelia</i>	3
<i>Philodryas patagoniensis</i>	3
<i>Bothrops alternatus</i>	2
<i>Hydrodynastes gigas</i>	2
<i>Philodryas aestiva</i>	2
<i>Boiruna maculata</i>	1
<i>Boa constrictor amarali</i>	1
<i>Chironius quadricarinatus</i>	1
<i>Ophiodes intermedius</i>	1
<i>Erythrolamprus poecilogyrus</i>	1
AVES	
<i>Caracara plancus</i>	8
<i>Aramus guarauna</i>	3
<i>Buteogallus meridionalis</i>	2
<i>Megascops choliba</i>	1
<i>Milvago chimango</i>	1
<i>Athene cucularia</i>	1
<i>Milvago chimachima</i>	1
<i>Tyto alba</i>	1
<i>Bubulcus ibis</i>	1
<i>Colaptes campestris</i>	1
<i>Crotophaga ani</i>	1
<i>Tyrannus melancholicus</i>	1
MAMÍFEROS	
<i>Cerdocyon thous</i>	25
<i>Cavia aperea</i>	9
<i>Procyon cancrivorus</i>	8
<i>Tamandua tetradactyla</i>	3
<i>Didelphis albiventris</i>	2
<i>Myocastor coypus</i>	2
<i>Dasyypus novemcinctus</i>	1
<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	1

Las aves representaron el 35% de las especies registradas. El carancho (*Caracara plancus*) fue el ave con mayor impacto de atropellamiento vehicular registrando ocho eventos, seguido del karáu (*Aramus guarauna*) con tres colisiones. El resto de las especies fueron representaciones únicas de aves rapaces.

Finalmente, los mamíferos con ocho especies, contribuyeron al 24 % del total de especies atropelladas. De ellas, las más registradas fueron el aguara'i (*Cerdocyon thous*) con 25 individuos, la especie con mayor número de atropellos del estudio; el apere'a (*Cavia aperea*) y el aguara pope (*Procyon cancrivorus*), con nueve y ocho registros respectivamente.

Mediante los predictores de Chao₁ y Chao₂ se estimó que entre 50 y 52 especies son las que tienen probabilidad de atropellamiento en el área muestreada. Según los resultados del presente estudio, es de esperar que se registren 18 especies mediante estudios más exhaustivos en el área (Figura 4).

Áreas de mayor impacto

Se obtuvieron tres áreas con mayor concentración de atropellamientos de fauna silvestre (Figura 5). La primera área (A), en la cual predominan los humedales, habiendo además remanentes boscosos y bosques en galería, abarcó 4,7 km de ruta, es en general rectilínea (de los 24°51'58,40"S; 56°52'52,95"O a los 24°50'56,1"S; 56°50'20,18"O). Esta área se relaciona con el curso del arroyo Hondo, el cual cruza por debajo de la ruta mediante varias alcantarillas.

La segunda área (B), es la del río Piribebuy, comprende bosques en galería, rodeados de una matriz constituida principalmente por sabanas hidromórficas de *Copernicia alba*, implica 4 km de carretera (entre 25°5'47,78"S; 57°18'9,09"O y 25°4'42,05"S; 57°16'14,52"O), y en el trazado del puente hay una curva. La tercera área (C), correspondiente al río Yhaguy, bordeado por bosques que cruzan una matriz de sabanas de *Copernicia alba*, constituye 3,5 km de ruta (desde 25°2'46,95"S; 57°3'31,08"O hasta 25°1'56,40"S; 57°2'7,66"O), y contiene una curva. Los tres sitios poseen principalmente comunidades naturales relacionadas con el agua, como

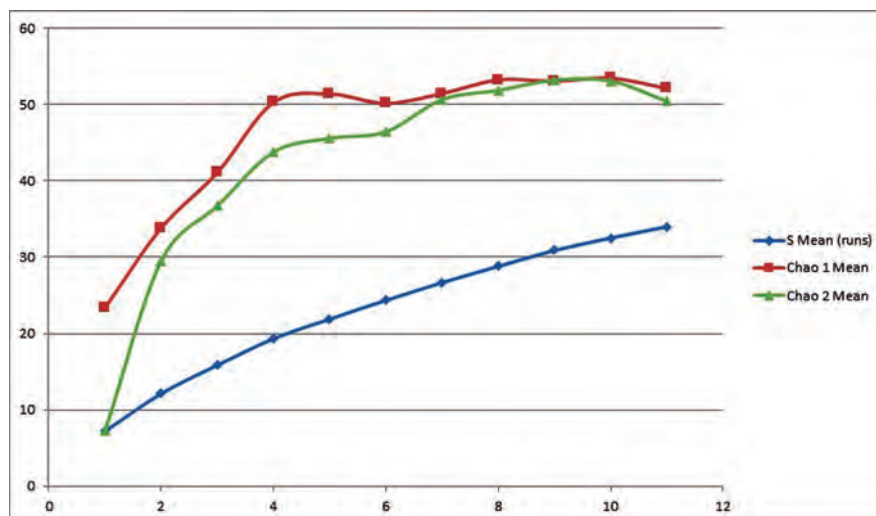


Figura 4. Curvas de predicción de Chao 1 y Chao 2.

bosques en galería, campos inundables y sabanas de *Copernicia alba*.

Discusión

Abundancia y riqueza de animales muertos por atropellamiento

Los mamíferos tuvieron una mayor cantidad de individuos muertos por atropellamiento ante las demás clases, coincidiendo con lo hallado por Omena-Junior et al. (2013), quienes obtuvieron un mayor número de registros de mamíferos, seguida de aves y finalmente herpetofauna. Esto pudo deberse a que el tamaño y textura de la piel de dichos animales favorece su permanencia en la ruta un mayor tiempo respecto a otros grupos taxonómicos (Aguirre, 2014). Santos et al. (2011), encontraron que la mayoría de los anfibios desaparecía rápidamente dado su tamaño corporal pequeño y su tegumento poco resistente.

El alto número de registros de muerte por atropellamiento de *Cerdocyon thous*, coincide con los resultados obtenidos en investigaciones de otros países latinoamericanos como Colombia (Delgado, 2007; Monroy et al., 2015) y Brasil (Vieira, 1996). La actividad nocturna de la especie facilita el encandilamiento por los faros de vehículos; adicionalmente, el ser carroñero lo acerca a las rutas para alimentarse de otros animales muertos. Cartes

et al. (2010) encontraron resultados similares en la Ruta IX Carlos Antonio López. Otra especie frecuentemente registrada fue *Procyon cancrivorus*, igualmente nocturna, que también incluye carroña en su dieta y que posee afinidad por hábitats próximos al agua (Wallace et al., 2010), como lo son los humedales del área de estudio.

Con respecto a las aves, su capacidad de vuelo les otorga mayores posibilidades de evitar atropellamientos y de volar luego de ser heridas, muriendo fuera de la ruta (Trejo & Seijas, 2003; Pozo et al., 2008), factores que podrían incidir en un subregistro. *Caracara plancus* es el ave que obtuvo la mayor frecuencia de atropellamiento, la especie fue comúnmente observada durante el muestreo alimentándose de fauna atropellada. Esto coincide con los resultados de otros investigadores, que han encontrado que las aves con hábitos rapaces son frecuentemente colisionadas mientras se alimentan de carroña (Noss, 2002; Cartes et al., 2010; Chacón, 2011). En cuanto a las demás aves, más de la mitad son rapaces y/o carroñeras; hecho que pudo haberlas atraído a la ruta en busca de otros animales muertos por atropellamiento (Arroyave et al., 2006).

En cuanto a reptiles, *Eunectes notaeus* fue la especie registrada con mayor frecuencia, esto pudo deberse a que el área de estudio abarca grandes humedales y zonas inundables, y a que el gran tamaño corporal de la especie favoreció su mayor

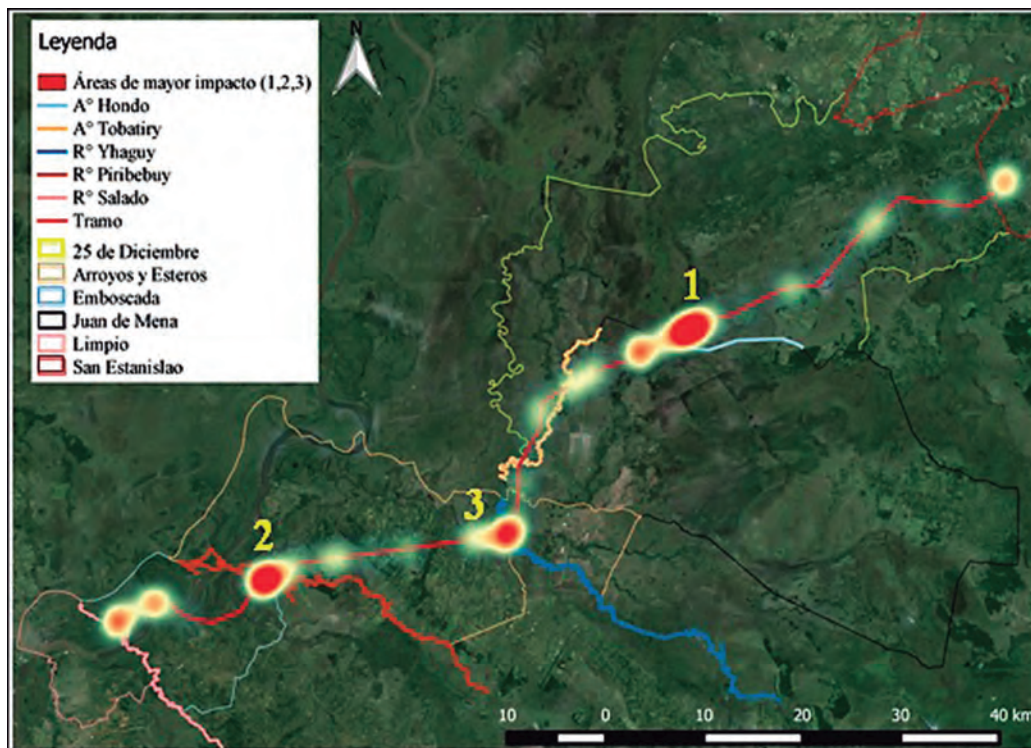


Figura 5. Áreas con mayor impacto de atropellamiento vehicular de fauna silvestre.

permanencia en la ruta respecto a especies de menor tamaño. El único lagarto encontrado fue *Ophiodes intermedius*. Monroy et al. (2015) obtuvieron también una sola especie de lagarto muerto por atropellamiento vehicular en Colombia, a pesar de que los reptiles constituyeron el grupo con mayor registro de muertes en carretera.

En anfibios, el registro de una sola especie, *Rhinella schneideri*, pese a la diversidad de anfibios de la zona (Weiler et al., 2013), pudo haberse debido a una subrepresentación de la muestra asociada a la metodología utilizada, ya que estudios de atropellamiento vehicular en anfibios requieren muestreos mucho más frecuentes que los realizados. Además, el presente trabajo se realizó mayoritariamente en otoño e invierno, evitándose el muestreo en días lluviosos, factores que pudieron también haber influido en los pocos registros de este taxón. El tamaño grande, y la piel dura y gruesa de *Rhinella schneideri*, pudieron haber favorecido su permanencia en la ruta por mayor tiempo en comparación con los demás anfibios (Santos et al., 2011), favoreciendo

los registros de esta especie.

Según los índices de $Chao_1$ y $Chao_2$, se espera un mayor número de especies muertas por atropellamiento. Probablemente, la metodología utilizada no fue la más apropiada para todos los grupos taxonómicos evaluados, subestimando el problema ocasionado por atropellamiento vehicular. Trabajos de investigación que incluyan un mayor esfuerzo, abarcando el verano y una mayor frecuencia de muestreo, son necesarios para determinar mejor el impacto que las colisiones vehiculares causan a las poblaciones de fauna silvestre.

Áreas de mayor impacto

Como consecuencia de la predominancia de humedales y zonas inundables, en estas áreas existen hábitats naturales mejor conservados, más continuos, sin asentamientos humanos permanentes, o si los hay, estas son viviendas aisladas, excepto una pequeña parte del área B, al Oeste del río Piribebuy. El mosaico de varios tipos de hábitats, la existencia de áreas boscosas asociadas a espacios

Recibido: 14/02/2018

Aceptado: 27/06/2018



abiertos y la casi ausencia de edificaciones, son factores que pueden influenciar una mayor riqueza (Malo et al., 2004), esto a su vez podría ser la causa del mayor registro de individuos muertos por atropellamiento. Además, muchas de las especies con registros elevados, son comunes en hábitats asociados a cuerpos de agua o humedales (Cacciali, 2009; Wallace et al., 2010; Cartes et al., 2010), esto pudo contribuir a la concentración de puntos de atropellamiento en estas tres áreas, las cuales incluyen intersecciones de la ruta con cursos de agua.

Si bien las secciones rectas favorecerían el atropellamiento de fauna (Artavia, 2014), como de hecho ocurrió con el segmento de ruta más afectado de entre los tres (área A), las curvas de la ruta, en las otras dos áreas de alto impacto, pudieron incidir en la visibilidad de los conductores.

Conclusiones

Mediante el presente trabajo se ha caracterizado el atropellamiento vehicular de fauna silvestre en el tramo estudiado de la Ruta III General Elizardo Aquino, encontrándose que especies carroñeras, nocturnas y de movimientos lentos fueron las más afectadas. Estudios con una o más réplicas diarias y mayor frecuencia y duración son necesarios para esclarecer la problemática ocasionada por atropellamientos vehiculares. Las áreas críticas de atropellamiento identificadas correspondieron a cruces de cauces hídricos con comunidades naturales hidromórficas poco perturbadas. Se recomienda la adecuación de las infraestructuras viales existentes en las tres áreas identificadas, la colocación de cartelería indicativa de cruce de fauna y la modificación de puentes y alcantarillas para que funcionen como pasos de fauna no específicos.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo de familiares y amigos de A.O. A la FACEN en nombre de sus profesores Karina Núñez, Katia Airaldi, Frederick Bauer y Pastor Pérez por su colaboración para identificar especies. Asimismo, a Pier Cacciali por confirmar dos identificaciones de serpientes. Al Dr. Salvador Peris, de

la Universidad de Salamanca, por sus comentarios y sugerencias. Al Laboratorio de Zoología y la Colección Zoológica de la FACEN (CZCEN), por la recepción de los especímenes colectados.

Literatura citada

- Adán, J., Ayuso, A., & Rodríguez, A. (2007). Efectos de las infraestructuras viarias en los vertebrados. En J. Barea-A., M. Moleón, R. Travesí, E. Ballesteros, J. Luzón, & J. Tierno, J. (Eds), *Biodiversidad y conservación de fauna y flora en ambientes mediterráneos* (pp. 839-858). Granada, España: Sociedad Granatense de Historia Natural.
- Aguirre, G. (2014). Métodos de estimación, captura y contención de anfibios y reptiles. En Gallina, S., & C. López. (Eds), *Manual de técnicas para el estudio de la fauna* (pp 63-84). México D.F., México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Instituto de Ecología, Universidad Autónoma de Querétaro.
- Arroyave, M., Gómez, C., Gutiérrez, M., Múnera, D., Zapata, P., Vergara, I., Andrade, L., & Ramos, K.. (2006). *Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo*. Revista EIA, (5) 45-57.
- Artavia, A. (2014). *Identificación y caracterización de cruces de fauna silvestre en la sección de la ampliación de la carretera nacional Ruta 32, Limón, Costa Rica* (tesis de posgrado). CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Cabrera, M. (2009). *Lagartos del centro de la Argentina*. Córdoba, Argentina: The Rufford Foundation.
- Cacciali, P. (2009). *Guía para la identificación de 60 serpientes del Paraguay*. Asunción, Paraguay: Guyra Paraguay.
- Cacciali, P., & Cabral, H. (2015). The genus *Chironius* (Serpentes, Colubridae) in Paraguay: composition, distribution, and morphology. *Basic and Applied Herpetology*, 29, 51-60
- Cartes, J., Morales, C., López, N., Motte, M., & Vitale, C. (2010). Mortandad de fauna nativa

ARTÍCULO ORIGINAL

- silvestre por atropellamiento en la Ruta 9 “Carlos A. López” (Transchaco). *Revista de la Sociedad Científica del Paraguay*, 15(2), 191-202.
- Chacón, E. (2011). Atropello de vertebrados en una carretera secundaria en Costa Rica. *Cuadernos de Investigación UNED*, 3(1), 81-84.
- Clevenger, A., Chruszcz, B., & Gunson, K. (2003). Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biological Conservation*, 109(1), 15-26.
- Clevenger, A., & Huijser, M. (2011). Wildlife crossing structure handbook: Design and evaluation in North America. Technical report No. FHWA-CFL/TD-11-003. Bozeman, USA: Western Transportation Institute.
- Colino-Rabanal, V., Langen, T., Peris, S., & Lizana, M. (2017). Ungulate: vehicle collision rates are associated with the phase of the moon. *Biodiversity and Conservation*. 1-14. doi: doi.org/10.1007/s10531-017-1458-x
- Colwell, R. K. (2013). EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.1
- Delgado, C.A. (2007). Muerte de mamíferos por vehículos en la vía del Escobero, Envigado (Antioquia), Colombia. *Actual Biol*, 29(87):229-233.
- Delgado, J.D., Arévalo, J.R., & Fernández, J.M. (2004). Consecuencias de la fragmentación viaria: efectos de borde de las carreteras en la Laurisilva y el pinar de Tenerife. En J.M. Fernández, y C. Morici. (Eds.) *Ecología Insular* (pp. 181- 225). La Palma, España: Centro Universitario de Estudios Sociales.
- Espinosa, A., Serrano, J., & Montori, A. (2012). Incidencia de los atropellos sobre la fauna vertebrada en el Valle de El Paular. LIC “Cuenca del río Lozoya y Sierra Norte”, *Munibe*, 1(60), 209-236.
- Gómez, P., & Monge-N., J. (2000). Fauna silvestre víctima de las carreteras: el caso de Costa Rica, *Repertorio Científico*, 6(8 y 9), 47-50.
- Heilman, G., Stritholt, J., Slosser, N., & Dellasala, D. (2002). Forest fragmentation of the conterminous United States: assessing forest intactness through road density and spatial characteristics. *Bio-science*, 52(5), 411-422.
- Laurance, W. (2009). Carretera a la ruina: la expansión de las redes de transporte pone en peligro la biodiversidad global. En BBVA (Ed). *Las múltiples caras de la globalización*. Recuperado de https://www.bbvaopenmind.com/wp-content/uploads/static/pdf/198_WILLIAM_F_LAURANCE.pdf
- Malo, J., Suárez, F., & Díez, A. (2004). Can we mitigate animal-vehicle accidents using predictive models?, *Journal of Applied Ecology*, 41(4): 701-710.
- Mereles, F., Cartes, J.; Clay, R.; Cacciali, P.; Paradedá, C.; Rodas, O.; Yanosky, A. (2013). Análisis cualitativo para la definición de las ecorregiones de Paraguay occidental. *Paraquaria Nat.* (2):12-20
- Mereles, F. (2010). Acerca del estado de conservación de las formaciones vegetales en algunas áreas del Chaco húmedo boreal. *Revista de la Sociedad Científica del Paraguay*, 15(2), 171-189.
- Monroy, M.C., A. De La Ossa-Lacayo., & J. De La Ossa. (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.
- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Recuperado de <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
- Narosky, T., & Yzurieta, D. (2006). *Guía para la identificación de aves de Paraguay*. Asunción, Paraguay: Mazzini.
- Noss R. 2002 The ecological effects of roads. Consultado junio 10, 2015, en: <http://www.ecoaction.org/dt/roads.html>.
- Omena-Junior R, Pantoja-Lima J, Santos ALW, Ribeiro GAA, Aride PHR. (2013). Caracterização da fauna de vertebrados atropelada na rodovia BR – 174, Amazonas, Brasil. *Rev. Col. Ciencia*

Recibido: 14/02/2018 Aceptado: 27/06/2018



- Animal, 4(2):291-307.
- Pozo, G., Bonilla, Y., & Pozo, F. (2008). Las carreteras y su impacto sobre la fauna silvestre en una region de la cuenca baja del río Usumacinta. En A. Sánchez, M. Hidalgo, S. Arriaga, W. Contreras (Comps.). *Perspectivas de la Zoología Mexicana* (pp. 253-265) Villahermosa, México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas.
- QGIS Development Team, (2016). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <https://qgis.org>.
- Redford, K., & Eisenberg, J. (1992). *Mammals of the Neotropics: The Southern Cone*. Illinois, USA: University of Chicago Press.
- Santos, S., 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) 1-12.
- Trejo, A., & Seijas, S. (2003). Una estimación de aves muertas en ruta en el Parque Nacional Nahuel Huapi, noroeste de la Patagonia argentina. *Hornero*, 18(2): 97-101.
- Vieira E.M. (1996). Highway mortality of mammals in central Brazil. *Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science*, 48:270-272.
- Wallace, R., Gómez, H., Porcel, Z., Rumiz, D. (Eds). (2010). *Distribución, ecología y conservación de los mamíferos medianos y grandes de Bolivia*. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia: Centro de Ecología Difusión Simón I. Patiño.
- Weiler, A., Núñez, K., Airaldi, K., Lavilla, E., Peris, S., y Baldo, D. (2013). *Anfibios del Paraguay*. San Lorenzo, Paraguay: Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Asunción, Universidad de Salamanca.