



## COMUNICACIÓN CORTA

### Distancia a la vegetación, trazado de la carretera y atropello de vertebrados silvestres en Puntarenas, Costa Rica

Federico Granados-Rodríguez<sup>1</sup> , Carolina Esquivel<sup>2</sup> , José Pablo Barquero-González<sup>3</sup> , Gabriela Quesada-Ávila<sup>1</sup>  & Javier Tenorio-Brenes<sup>1,4</sup> 

1. Universidad Nacional, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Escuela de Ciencias Biológicas, Heredia, Costa Rica. federicogr2020@gmail.com; gquesadaavila@usf.edu
2. Universidad Nacional, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Escuela de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Biología Tropical, Costa Rica; carolina.esquivel.dobles@una.ac.cr;
3. Universidad Nacional, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Escuela de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Sistemática, Genética y Evolución (LabSGE), Heredia, Costa Rica; jobbgon@gmail.com
4. Investigador independiente en Rò Brù Conservación, Heredia, Costa Rica; tenoriosp192@gmail.com

Recibido 20-IV-2024 • Corregido 14-VI-2024 • Aceptado 02-VII-2024  
<https://doi.org/10.22458/urj.v16i1.5260>

**ABSTRACT.** “Distance to vegetation, road layout, and run overs of wild vertebrates in Puntarenas, Costa Rica”  
**Introduction:** Understanding the impact of roads on wildlife is crucial for implementing protective measures; Costa Rica is among the most studied tropical countries on this regard, but some areas remain poorly known.  
**Objective:** To evaluate the relationship between roadkill frequency, road layout and distance to vegetation.  
**Methods:** We worked over 15km from April 8 to 10, 2016, in the Pacífica Fernández National Highway, Puntarenas, Costa Rica. We counted all visible roadkills. **Results:** We recorded 56 roadkill individuals, primarily toads (*Rhinella horribilis*) and iguanids. Close vegetation increased the number of victims, while straight versus curved road sections did not. **Conclusions:** We recommend barriers, speed reducers, and suitable wildlife crossings, particularly in areas with dense vegetation close to the road.

**Keywords:** Road ecology; road kill; Costanera Sur; Hacienda Barú National Wildlife Refuge; conservation.

**RESUMEN. Introducción:** Comprender el impacto de las carreteras en la fauna es crucial para implementar medidas de protección; Costa Rica es uno de los países tropicales más estudiados en este aspecto, pero algunas áreas siguen siendo poco conocidas. **Objetivo:** Evaluar la relación entre la frecuencia de atropellos de fauna, el trazado de la carretera y la distancia a la vegetación. **Métodos:** Trabajamos durante 15km del 8 al 10 de abril de 2016 en la Carretera Nacional Pacífica Fernández, Puntarenas, Costa Rica. Contamos todos los atropellos visibles. **Resultados:** Registramos 56 individuos atropellados, principalmente sapos (*Rhinella horribilis*) e iguanidos. La vegetación cercana aumentó el número de víctimas, mientras que no hubo diferencias entre los tramos rectos y curvos de la carretera. **Conclusiones:** Recomendamos la implementación de barreras, reductores de velocidad y pasos de fauna adecuados, especialmente en áreas con vegetación densa cerca de la carretera.

**Palabras clave:** Ecología de caminos; atropellos, Costanera Sur; Refugio Nacional de Vida Silvestre Hacienda Barú; conservación.

Costa Rica alberga el 4,9% de la biodiversidad mundial (Bermúdez & Obando, 2021). Para resguardar esta riqueza, el 25% del territorio nacional se encuentra protegido (Carvajal & Díaz, 2013). El país también ha aumentado sus niveles de desarrollo, lo que provoca cambios en el uso del suelo y fragmentación (Carvajal, 2015; Rojas, 2011; Jones et al. 2021; Serrón et al. 2020). Las carreteras son parte esencial del desarrollo, pero a la vez amenazan a la biodiversidad; (Cáceres, 2011; Bravo et al. 2019) provocando mortalidad de fauna, fragmentación del hábitat, baja dispersión, y actúan como barreras que impiden el desplazamiento de las especies (Díaz, 2021; Guzmán, 2019; Carvajal & Díaz, 2013; Rojas, 2011).

La ecología de caminos estudia las interacciones entre carreteras y fauna silvestre (Torres, 2011), así como las adaptaciones y medidas que deben tomarse para prevenir y mitigar los impactos de estas. Se ha determinado que hay varios factores que influyen en la diversidad y riqueza de especies atropelladas en las carreteras, por ejemplo, la velocidad de los automóviles, el flujo vehicular, la topografía, la estructuración de la carretera y la cobertura vegetal circundante (Arroyave et al., 2006). Costa Rica es el país centroamericano con mayor densidad de carreteras (Carvajal, 2015), y se estima que anualmente se dan miles de atropellos de fauna silvestre (Monge-Nájera, 1996; Rojas, 2011).

Es necesario conocer cuál es la incidencia que tienen las carreteras del país en la fauna silvestre para implementar medidas que garanticen su protección (Torres, 2011). El objetivo de este estudio fue determinar el impacto de un sector de la carretera Nacional Pacífica Fernández Oreamuno (Costanera Sur) en Puntarenas sobre la fauna silvestre. Monitorear esta carretera es importante debido a que es una ruta nacional de alto tráfico, por la que circulan gran cantidad de camiones de carga pesada que transportan mercancías hacia dentro y fuera del país. La zona tiene una alta densidad de pasos de fauna, sin embargo, muchos de estos pasos son de tipo mixto, o sea, son estructuras como alcantarillas que no fueron construidos primariamente con la intención de hacer más permeable la carretera para la fauna, sino con otra función. Además, estos pasos no cuentan con otras medidas de mitigación como vallados o reductores de velocidad, lo que puede disminuir su efectividad. También, se busca evaluar la relación de la frecuencia de atropellos con el trazado de la carretera (curvas o rectas) y la distancia a la vegetación circundante.

Realizamos este estudio en la Costanera Sur, en un tramo de 15km hacia el sureste iniciando en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Hacienda Barú (RNVHB), ubicada en el cantón de Quepos, provincia de Alajuela, Costa Rica. El estudio se llevó a cabo del 8 al 10 de abril de 2016. Realizamos cuatro recorridos a pie, el primero de las 1500 a las 1700 del 8 de abril, el segundo y tercero de las 0730 a las 1000 y de las 1500 a las 1700 del 9 de abril y el último de las 0730 a las 0930 del 10 de abril, pasando una única vez por cada sitio. Registramos los cadáveres completos o parciales de vertebrados atropellados, clasificándolos al nivel de especie, cuando era posible. En cada punto de atropello medimos la distancia desde el borde de la carretera, hasta el inicio de la vegetación, cercas o construcciones, en ambos lados de la carretera. Clasificamos el sitio del atropello según su trazado como: recta (R) y curva (C). Además, clasificamos la cobertura a cada lado de la carretera como: Bosque (A), Árboles aislados (B), Matorral (C), Potreros (D), Jardines (E), Plantaciones (F) y Edificaciones (G).

Promediamos las distancias de la vegetación a ambos lados de la carretera en el punto del atropello, esto porque no era posible determinar desde cuál de los dos márgenes el animal había cruzado. Establecimos tres categorías de distancia: Corto de 0 a 10m del borde, Medio de 10.5 a 20m y Largo de 20.5 a 30m. Hicimos pruebas de Chi cuadrado para determinar si el número de atropellos depende de las categorías de distancia y/o las categorías de trazado.

Contabilizamos 56 individuos atropellados de los cuatro grupos de vertebrados terrestres (Fig. 1), e identificamos 13 especies (Fig. 2), para un promedio de un atropello cada 280m. La especie

más atropellada fue el sapo *Rhinella horribilis* (n=13). Los reptiles fueron la clase con mayor diversidad de especies atropelladas con un total de 27 individuos de seis especies. De estas, *Iguana iguana* fue la más frecuente con 11 individuos. Para las aves, encontramos dos especies, y tres individuos no determinados a nivel de especie de la familia Tyrannidae. Encontramos tres especies de mamíferos, siendo *Tamandua mexicana* y *Didelphis marsupialis* las más abundantes con cuatro individuos cada una.

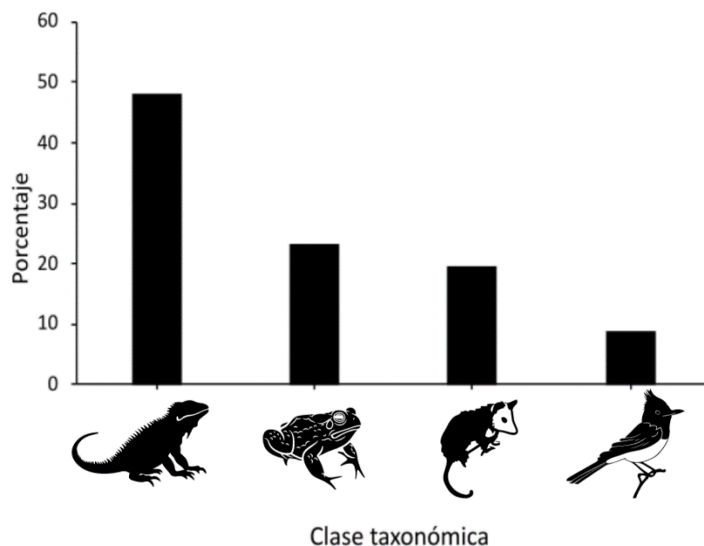


Fig. 1. Porcentaje de individuos atropellados según su clase taxonómica (Reptilia, Amphibia, Mammalia, Aves, respetivamente).

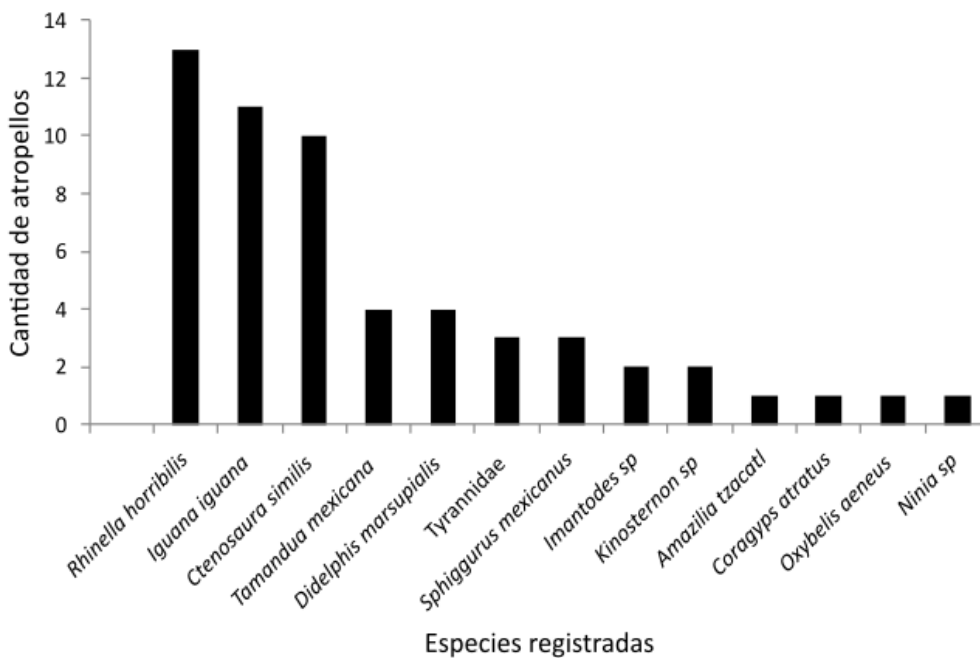


Fig. 2. Cantidad de atropellos por especie. Cuando no fue posible determinar la especie se identificó al menor nivel taxonómico posible.

Encontramos que el número de atropellos depende de la distancia que hay entre el borde de la carretera y la vegetación ( $X^2= 40,7778$ ,  $gl= 2$ ,  $p = 1,397 \times 10^{-9}$ ), hay un mayor número de atropellos cuando la distancia entre los márgenes de la carretera y la vegetación es corta, con un total de 40 atropellos (Fig. 3). Por su parte, no encontramos diferencias significativas en el número de atropellos con respecto a las categorías de distancia Medio y Largo ( $X^2 = 1,1429$ ,  $gl= 1$ ,  $p = 0,285$ ). En cuanto al trazado de la carretera, registramos un mayor número de atropellos en rectas ( $n=32$ ) que en curvas ( $n=24$ ) (Fig. 3), pero la diferencia no fue significativa ( $X^2 = 0,9245$ ,  $gl= 1$ ,  $p = 0,3363$ ). El matorral fue el tipo de vegetación más frecuente con un 82% del total de registros seguida de Bosque con 64,3% y Potreros con un 10,7%. En la Figura 4 puede observarse que el hecho de que haya matorral en al menos uno de los lados de la carretera se asocia con mayor frecuencia de atropellos de fauna.

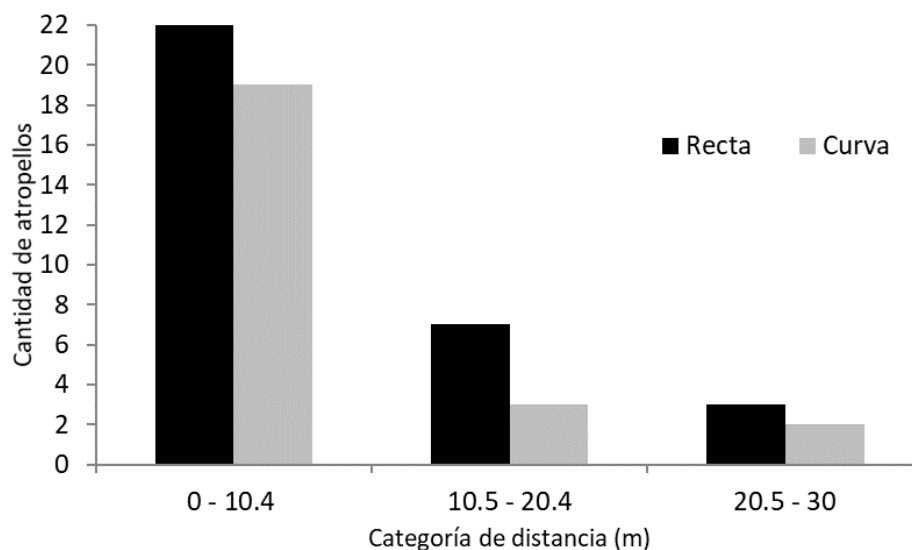


Fig. 3. Cantidad de atropellos según el trazado de la carretera.

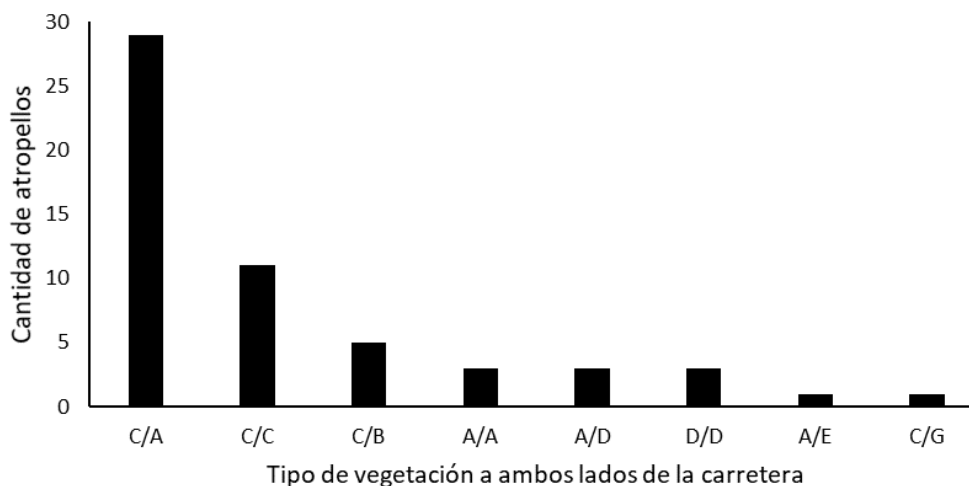


Fig. 4. Tipo de vegetación a ambos lados de la carretera en donde se encontró un atropello de fauna (izquierda/derecha). Bosque (A), Árboles aislados (B), Matorral (C), Potreros (D), Jardines (E), Plantaciones (F) y Edificaciones (G).

En este estudio, la herpetofauna encabezó el número de atropellos. El sapo *R. horribilis*, fue la especie más atropellada. Su vulnerabilidad puede relacionarse con sus hábitos crepusculares, siendo poco probable que los conductores la perciban sobre la carretera, debido a la visibilidad reducida durante el período de actividad de la especie. Este factor aunado a su lentitud los hace fáciles víctimas de atropellos (Rojas, 2011; Beebee, 2013). Sumado a lo anterior, este sapo tiene la facultad de estar asociado a ecosistemas alterados, dada su naturaleza generalista (Leenders, 2016), por lo que pueden estar presentes en las diferentes comunidades vegetales encontradas en el sitio. También, es posible que dado el estigma que tienen los sapos, algunas personas los atropellen de manera intencional, pero esto debe ser comprobado de manera directa, por ejemplo, entrevistando a los conductores para conocer cuál es su reacción cuando observan un sapo en la carretera.

Además, se ha encontrado una alta incidencia de atropellos de reptiles y anfibios durante la época lluviosa (Carvajal, 2015, Monge-Velásquez et al., 2022), debido a que muchos de estos organismos se desplazan hacia sitios reproductivos, época en la cual realizamos este estudio. Los reptiles, son ectotermos y regulan su temperatura comportamentalmente, por esta razón pueden verse atraídos por el asfalto caliente (Carvajal, 2015), por lo tanto, la carretera se convierte en este caso en una trampa ecológica (Battin, 2004). Posiblemente por esta razón *I. iguana* y *Ctenosaura similis*, dos reptiles diurnos, fueron la segunda y tercera especie más atropellada.

En otros estudios en Costa Rica, se ha encontrado que los mamíferos son los más afectados por los atropellos (Carvajal & Díaz, 2015; Monge-Nájera, 1996). *T. mexicana* y *D. marsupialis* sobresalen en los estudios de fauna atropellada en el Neotrópico y son las especies de mamíferos más atropelladas en Costa Rica (Artavia et al., 2015; Carvajal & Díaz, 2013; Carvajal & Díaz, 2015; Monge-Nájera, 1996; Monge-Nájera, 2018) y fueron también, las dos especies de mamíferos más atropelladas en nuestro estudio. Estos mamíferos se reproducen durante la transición entre época seca y lluviosa por lo que se desplazan más en esta época (Lagos et al., 2012; Monge-Velásquez et al., 2022). Además, en la Guía Ambiental “Vías Amigables con la Vida Silvestre” (Pomareda et al., 2014) ambas especies de mamíferos se identifican como fauna con alta susceptibilidad a morir en carretera.

*D. marsupialis* recorre hasta 3km por noche y forrajea principalmente en el suelo (Artavia et al., 2015). Además, este marsupial se ha adaptado a vivir cerca de asentamientos humanos, lo cual aumenta la posibilidad de interacciones con infraestructura como las carreteras. *T. mexicana* tiene una locomoción lenta, lo que puede incrementar su probabilidad de atropello (Artavia et al., 2015; Carvajal & Díaz, 2013). Pomareda et al. 2014, mencionan que este hormiguero se utiliza como símbolo de las especies que mueren atropelladas, debido a que en Centroamérica es el mamífero más atropellado. El puercoespín es un caso interesante, por ser arborícola, sin embargo, bajan a tierra para desplazarse en busca de nuevos espacios, debido a la fragmentación de su hábitat; esta especie también fue reportada por Artavia et al., en el 2015.

En este tramo de la carretera hay pasos subterráneos y aéreos para la fauna, localizados principalmente en el sector del RNVHB. De hecho, este es el tramo de carretera con mayor densidad de pasos de fauna en todo el país, con una combinación de pasos de fauna específicos y mixtos (Venegas, 2018). La alta incidencia de atropellos en este sector, a pesar de la existencia de pasos de fauna puede estar relacionada con que los mismos no cuentan con medidas de mitigación complementarias como vallados, que dirijan a los animales hacia los pasos (Beebee, 2013) o reductores de velocidad (Pomareda et al., 2014); lo cual puede disminuir su efectividad (Baxter-Gilbert et al., 2015).

En el caso de las aves se ha encontrado una relación entre la cantidad de atropellos y su época reproductiva (Bravo et al., 2019). El momento de nuestro muestreo de campo coincidió con la época reproductiva de los pecho-amarillos (Familia Tyrannidae). Estas aves se adaptan bien a áreas

abiertas, por lo que son comunes cerca de las carreteras. Estas dos variables podrían haber influido en su vulnerabilidad a los atropellos.

El creciente número de carreteras trae consigo el incremento de atropellos de fauna silvestre poniendo en riesgo su permanencia en los ecosistemas (Carvajal & Díaz, 2013). En otros estudios se ha encontrado que los atropellos suceden especialmente cerca de parches boscosos, sitios importantes por la presencia de recursos (Carvajal & Díaz, 2013; Guzmán, 2019; Monge-Velázquez, 2018), en nuestra investigación la combinación de parque boscoso y matorral fue el tipo de vegetación a la cual se asociaron la mayoría de los atropellos. En este estudio no encontramos suficiente evidencia de que el trazado de la carretera impactará la cantidad de atropellos registrados, sin embargo, otros estudios han demostrado que el trazado de la carretera es un factor que influye en la probabilidad de atropellos, y que un trazado recto y la cercanía a áreas boscosas son los componentes de mayor peso (Carvajal, 2015; Guzmán, 2019).

Una medida para la disminución de atropellos es la chapia o corte de pastos o vegetación junto a las carreteras, pues esto aumenta la visibilidad tanto para animales como para conductores, alertándolos de la presencia del otro con una mayor distancia para reaccionar; además, sin cobertura vegetal la fauna es menos propensa a permanecer cerca de la vía (Monge-Velázquez, 2018, Pomareda et al., 2014). Sin embargo, esto puede ampliar el impacto de la carretera, por lo que se deben priorizar medidas alternativas o aplicar esta medida principalmente en las zonas calientes, o sea, donde la fauna tiende a cruzar más la carretera. La implementación de pasos de fauna diseñados específicamente según la biología de las especies afectadas, e integrados desde las etapas de diseño de las vías, así como, otras medidas complementarias tales como barreras, cobertura vegetal adecuada, reductores de velocidad, señalización vial y educación ambiental, constituyen medidas apropiadas para disminuir la mortalidad de vertebrados en las carreteras (Pomareda et al. 2014).

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos al Fondo Especial para la Educación Superior (FEES) por permitir que las universidades públicas continúen realizando su acción sustantiva, a la Escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional por las facilidades brindadas para la realización de este estudio. También agradecemos todos los aportes y la compañía de Marta Venegas Vargas durante las caminatas a lo largo de la carretera y los aportes de tres personas revisoras anónimas que ayudaron a mejorar sustancialmente este manuscrito.

## **ÉTICA, CONFLICTO DE INTERESES Y DECLARACIÓN DE FINANCIAMIENTO**

Las personas autoras declaran que han cumplido totalmente con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en la producción del manuscrito; que no hay conflictos de intereses de ningún tipo; que todas las fuentes financieras se mencionan completa y claramente en la sección de agradecimientos; y que están totalmente de acuerdo con la versión final editada del artículo.

La declaración de contribución de cada autor es la siguiente: Todos los autores: Diseño del estudio, recolección y análisis de datos. recopilación de datos, preparación y aprobación final del manuscrito.

## REFERENCIAS

- Arroyave, M. D. P., Gómez, C., Gutiérrez, M. E., Múnera, D. P., Zapata, P. A., Vergara, I. C., & Ramos, K. C. (2006). Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo. *Revista EIA*, (5), 45-57.
- Artavia, A., Jiménez, M., Martínez-Salinas, A., Pomareda, E., Araya-Gamboa, D., & Arévalo-Huezo, E. (2015). Registro de mamíferos silvestres en la sección de la ampliación de la Ruta 32, Limón, Costa Rica. *Brenesia*, (83-84), 37-46.
- Bravo, V., Piñones, C., Norambuena, H., & 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.
- Battin, J. (2004). When good animals love bad habitats: ecological traps and the conservation of animal populations. *Conservation Biology*, 18(6), 1482-1491.
- Baxter-Gilbert, J. H., Riley, J. L., Lesbarrères, D., & Litzgus, J. D. (2015). Mitigating Reptile Road Mortality: Fence Failures Compromise Ecopassage Effectiveness. *PLOS ONE*, 10(3), e0120537. <https://tinyurl.com/29oatq2x>
- Beebee, T. J. C. (2013). Effects of Road Mortality and Mitigation Measures on Amphibian Populations: Amphibians and Roads. *Conservation Biology*, 27(4), 657-668.
- Bermúdez, T. & Obando, V. (2021). Biodiversidad en cifras: avances en el conocimiento de especies en Costa Rica. *Biocenosis*, 32(2), 51-58. <https://tinyurl.com/26ju82cn>
- Cáceres, N. C. (2011). Biological characteristics influence mammal roadkill in an Atlantic Forest-Cerrado interface in southwestern Brazil. *Italian Journal of Zoology*, 78(3), 379-389.
- Carvajal, V. (2015). Carreteras y vida silvestres: situación de Costa Rica. *Revista Ventana*, 9(1), 31-35.
- Carvajal, V., & Díaz, F. (2013). Atropello de mamíferos silvestres en la ruta de acceso al cantón de Liberia, Guanacaste, Costa Rica. *Ventana*, 7(1), 12-14.
- Carvajal, V. & Díaz, F. (2015). Medidas de mitigación para las poblaciones de mamíferos silvestres que sufren atropellos en las carreteras del cantón de la Fortuna. *Repertorio Científico*, 18(1), 5-10.
- Díaz, C. A. (2021). *Caracterización de fauna silvestre en vías de segundo orden dentro de la reserva de biósfera Sumaco* [Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <https://tinyurl.com/24xkr43a>
- Guzmán, J. P. (2019). Correlación entre variables físicas de la carretera y los atropellos de vertebrados silvestres en la Carretera Interamericana Norte, Costa Rica. *Ecología y Desarrollo Sostenible*, 1(1), 1-13.
- Jones, G., Villalobos, C., & Menacho, R. M. (2021). Amenazas que enfrentan los monos congo (*Alouata palliata*) en Costa Rica e iniciativas de conservación para el bienestar y una coexistencia sana con la especie. *Biocenosis*, 32(1), 5-14. <https://doi.org/10.22458/rb.v32i1.3522>
- Lagos, L., Picos, J., & Valero, E. (2012). Temporal pattern of wild ungulate-related traffic accidents in northwest Spain. *European Journal of Wildlife Research*, 58(4), 661-668.
- Leenders, T. (2016). *Amphibians of Costa Rica: a field guide*. Zona Tropical Press.
- Monge-Nájera, J. (1996). Mortalidad de vertebrados en las carreteras tropicales: el caso de Costa Rica. *Vida Silvestre Neotropical*, 5(2), 154-156.
- 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.

- Monge-Velázquez, M., Langen, T., & Sáenz, J. C. (2022). Seasonal high road mortality of *Incilius luetkenii* (Anura: Bufonidae) along the Pan-American Highway crossing the Guanacaste Conservation Area, Costa Rica. *Herpetological Conservation and Biology*, 17(1), 14-21.
- Pomareda, E., Araya-Gamboa, D., Ríos, Y., Arévalo, E., Aguilar, M., & Menacho, R. (2014). *Guía Ambiental "Vías Amigables con la Vida Silvestre"*. <https://tinyurl.com/27sx6kjk>
- Rojas, E. (2011). Atropello de vertebrados en una carretera secundaria en Costa Rica. *Cuadernos de Investigación*, 3(1), 81-84. <https://tinyurl.com/2d7nvkgm>
- Serrón, A., Coitiño, H., & Segura, Á. (2020). Atropellos de mamíferos en la Región Este de Uruguay y su relación con los atributos del paisaje. *Innotec*, (20), 139-157. <https://tinyurl.com/2b7yckf2>
- Torres, M. L. (2011). *Funcionalidad de estructuras subterráneas como pasos de fauna en la carretera interamericana norte que cruza el Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica*. [Tesis de Maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)]. <https://tinyurl.com/28tkf5qt>
- Venegas, M. (2018). *Funcionalidad de estructuras subterráneas como pasos de fauna silvestre en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Hacienda Barú, Puntarenas, Costa Rica*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Costa Rica]. <https://tinyurl.com/25cyzarr>