

LAS VÍAS DE COMUNICACIÓN TERRESTRE Y SU EFECTO EN LA BIODIVERSIDAD

G. E. Villanueva-Vázquez¹, V. Aguilar-Herrera², R. Jaimes-López², M. Nigenda-Quezada¹ y E. Ríos².



**¡PRECAUCIÓN!
DE PERRITO LLANERO**



¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Biología de la Conservación y Desarrollo Sustentable.

²Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Mastozoología Bernardo "Villa Ramírez".

Autor para correspondencia: evelyn.riosmn@uanl.edu.mx



Palabras clave: atropellamiento, carreteras, fauna silvestre, impacto, vertebrados

RESUMEN

Las carreteras son vías de comunicación terrestre que permiten el desarrollo económico y social para cualquier localidad y su población. Sin embargo, este tipo de infraestructuras han sido trazadas sobre ecosistemas naturales afectándolos considerablemente. El efecto más evidente es sobre la fauna silvestre que al intentar cruzar la carretera sufre de colisiones severas siendo considerada la principal causa de muerte de vertebrados, incluso, sucede con especies de interés para la conservación a pesar de habitar dentro de áreas naturales protegidas. Diversas estrategias para reducir esta afectación se han puesto en marcha, principalmente en países desarrollados; sin embargo, los países en vías de desarrollo son los que cuentan con la mayor biodiversidad dejando a las especies expuestas a colisiones. A causa del potencial impacto negativo de los caminos pavimentados sobre la diversidad y abundancia de las especies, su estudio ha ido ganando cada vez mayor interés en nuestro país. No obstante, en relación a las medidas para mitigar dicho impacto, aún hay mucho por hacer. Aquí presentamos una revisión sobre las vías de comunicación terrestre y su efecto en la biodiversidad a nivel global, identificando las especies más vulnerables y haciendo énfasis en la situación a nivel nacional y las medidas de mitigación que pueden ser aplicadas.

INTRODUCCIÓN

Las carreteras son obras de infraestructura que han sido diseñadas para mejorar el transporte terrestre, disminuyendo tiempos de traslado de productos y personas de un punto a otro. Por ello, estas vías son consideradas un beneficio social y económico, necesarias para la actividad humana. Sin embargo, la interacción entre fauna, caminos y vehículos ha resultado ser de gran impacto negativo para las especies animales. Cuando se construye una carretera, el primer daño hacia el ambiente es la deforestación para abrir el camino. Con ello, se pierde cobertura vegetal y refugio para diversas especies de animales, fragmentando considerablemente su hábitat y creando una barrera física para aquellas que requieren particularmente de la vegetación para poder alimentarse y desplazarse a través de su entorno. Otros grupos faunísticos que poseen una mayor movilidad, como lo son los vertebrados, son entonces los más susceptibles a sufrir colisiones y muertes al intentar cruzar al otro lado del camino (D'Amico *et al.*, 2015, Figura 1). Adicional a la afectación directa sobre la fauna, las carreteras alteran los componentes abióticos de los ecosistemas

naturales, cambiando la dinámica hidrológica, composición química del agua, cobertura del suelo, microclima, entre otros (Arroyave *et al.*, 2006).

Diferentes condiciones confluyen para que se dé el atropellamiento de fauna silvestre, algunos son la anchura de la carretera, el flujo y velocidad vehicular, comportamiento del animal, temporada del año, cobertura vegetal y disponibilidad de recursos en el hábitat (Pinowski, 2005; Arroyave *et al.*, 2006). Las carreteras con mayor tráfico vehicular donde se circula a altas velocidades suelen ser las que tienen los efectos más severos sobre los animales (Drews, 1995; Jones, 2000). Diversos estudios han señalado a los atropellamientos como la principal causa de mortalidad de vertebrados lo que potencialmente limita a las poblaciones en vida silvestre (Bencke y Bencke, 1999; Aresco, 2005; Pinowski, 2005; Grosselet *et al.*, 2018; da Cunha *et al.*, 2010; D'Amico *et al.*, 2013; Eloy-Seijas *et al.*, 2013; Adárraga-Caballero y Gutiérrez-Moreno, 2017; González-Gallina e Hidalgo-Mihart, 2018; Figura 2).



Figura 1. Individuos de tordo ojo amarillo (*Euphagus cyanocephalus*) buscando alimento a la orilla de la carretera (Foto: Ricardo Jaimes-López).

Figura 2. Liebre cola negra (*Lepus californicus*) atropellada sobre el camino (Foto: Massimo Nigenda-Quezada).



ECOSISTEMAS Y ESPECIES MÁS VULNERABLES

Se ha visto que el número de atropellamientos depende de la estacionalidad y dinámica del ecosistema, al igual que su estructura y composición de especies (Bencke y Bencke, 1999; da Cunha et al., 2010). De La Ossa y Galván-Guevara (2015) estudiaron esta situación y encontraron una mayor incidencia de mortalidad de aves por colisiones en el ecosistema de manglar, mientras en los de bosque

seco tropical y sabanas antrópicas, los mamíferos son los más afectados. Además, se ha registrado que en zonas áridas en el norte de México el grupo faunístico más afectado por atropellamientos es el de los reptiles (Lazcano et al., 2009).

Diversos estudios coinciden en que el mayor número de colisionados se presenta durante y al final de la temporada reproductiva, dada la cantidad de individuos jóvenes inexpertos, la disponibilidad de recursos y el aumento del cruce de carreteras (Carr y Fahrig, 2001; Copul-Magaña 2002; Peris et al.,

2005; Pinowski, 2005). La época reproductiva de cada grupo de vertebrados depende a su vez de varios factores climáticos (por ejemplo, la precipitación), por lo que los meses en los que se presenta mayor número de colisiones van a variar con respecto a la geografía del lugar (Puky, 2006).

La desaparición de una parte de los ecosistemas por la construcción de las carreteras es perjudicial para todos los grupos faunísticos, la mayoría de las especies de vertebrados se encuentran expuestos a los atropellamientos, incluyendo especies de interés para la conservación a pesar de habitar dentro de áreas naturales protegidas (De La Ossa y Galván-Guevara, 2015; Bauni et al., 2017). Los anfibios, por ejemplo, presentan una alta incidencia de atropellamientos a nivel global, debido principalmente a su baja capacidad de movimiento, así como su tendencia a inmovilizarse en momentos de peligro para evitar ser detectados (Puky, 2006). En México, el sapo *Bufo marinus* se registró como el animal con mayor índice de muerte sobre una carretera de Oaxaca con 91 individuos colisionados durante el lapso de un mes (Grosselet, 2009).

Los reptiles, por su naturaleza ectotérmica, se ven atraídos a las carreteras debido a que éstas proporcionan islas de calor durante las noches frías, las cuales les permiten regular su temperatura corporal (Figura 3). Las serpientes, por ejemplo, se posan en o cerca de los caminos, incrementando su riesgo de ser atropelladas por los automóviles (Arroyave et al., 2006; Figura 4). En México, Lazcano et al. (2017) reportan a las familias Colubridae, Dispadidae, Natricidae, Elapidae y Anguidae como las más afectadas para el norte del país, siendo la lagartija *Gerrhonotus infernalis* la especie con mayor número de atropellados. Entre la herpetofauna más afectada a nivel internacional por colisiones se encuentra *Iguana iguana* en Colombia, Venezuela y Brasil (da Cunha et al., 2010; Eloy-Seijas, 2013; Monroy et al., 2015; Adárraga-Caballero, 2017).

Para el caso de las aves, millones son atropelladas cada año a nivel global (Husby, 2016). En Canadá el número anual de aves atropelladas se estima en 13.9 millones y en los Estados Unidos aproximadamente 80 millones, mientras que para Inglaterra se estima un total de 27 millones y para Alemania 9.4 millones



Figura 3. Un ejemplar de lagartija cornuda de montaña (*Phrynosoma orbiculare*) atropellado, especie endémica de México (Foto: Massimo Nigenda-Quezada).

Figura 4. Ejemplar de culebra chata oriental (*Salvadora grahamiae*) atropellado (Foto: Ricardo Jaimes-López).

(Husby, 2016). Bauni et al., (2017) reportan que las aves atropelladas en su mayoría son especies de hábitos oportunistas, lo cual podría hacerlas más susceptibles a estos eventos. Por su parte, Monroy et al., (2015) menciona que los géneros más afectados para México son *Dendrocygna* (pipijes) y *Archilocus* (colibríes), y para Colombia *Buteo* (águilas) y *Cathartes* (zopilotes).

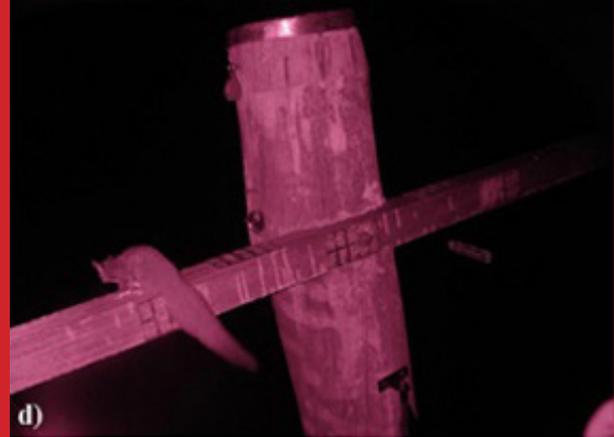


Figura 5. Roedor (*Peromyscus* sp.) atropellado sobre la carretera (Foto: Graciela E. Villanueva-Vázquez).

Figura 6. Paso superior de fauna (tipo puente), cortesía de MDT, CSKT & WTI-MSU.

Figura 7. Un alce utilizando un túnel en el Parque Nacional Banff (Foto tomada de Banff National Park, 2017).

Figura 8. Puentes colgantes para ardillas voladoras en el Sureste de Australia (tomado de Soanes *et al.*, 2013).

En cuanto a mamíferos, los marsupiales (*Didelphimorphia*), los carnívoros (*Carnivora*), roedores (*Rodentia*, Figura 5), liebres y conejos (*Lagomorpha*), son los grupos más afectados por el atropellamiento vehicular (Delgado-Velez, 2014; González-Gallina et al., 2015). La especie registrada con mayor número de atropellos es el tlacuache *Didelphis marsupialis* (Eloy-Seijas, 2013; Monroy et al., 2015). También esta especie se identifica en Argentina (Alto Paraná) como la más atropellada dentro de la fauna general colisionada (Bauni et al., 2017). El zorro (*Cerdocyon thous*), un carnívoro de dieta amplia y oportunista, el cual se observa comúnmente en las carreteras, es una de las especies que cuenta con mayor número de atropellamiento en algunas zonas de Sudamérica (Pinowski, 2005; De la Ossa, 2015).

MEDIDAS DE MITIGACIÓN

La solución más efectiva para aminorar el impacto de colisiones ha sido la creación de diferentes pasos de fauna que pueden ser puentes, túneles, rampas, puentes colgantes, alcantarillas, entre otros (Jackson y Griffin, 2000; Holder, 2018). Existen diferentes casos de éxito como el Parque Nacional Banaff en Canadá que cuenta con múltiples pasos para fauna, de los cuales 38 son puentes (Figura 6) y seis son de desnivel (Figura 7), que juntos han logrado reducir los accidentes involucrados con fauna silvestre en un 80% (Banff National Park, 2017). En Ontario, han construido diferentes túneles para la protección de la salamandra de Jefferson *Ambystoma jeffersonianum*, incluso han cerrado carreteras en temporada de reproducción (Gunson et al., 2016; Casey, 2018). En Japón la empresa West Japan Railway en conjunto con Suma Aqualife Park implementaron un carril en forma de U debajo de las vías del tren para que las tortugas no se atasquen y puedan continuar su camino (Jackson y Griffin, 2000). En Australia se han creado puentes colgantes conectando así hábitats fragmentados para animales arbóreos como ardillas planeadoras (Smith, 2015; Figura 8). Además, en Oslo el gobierno, empresas, asociaciones y particulares crearon un corredor para abejas (bee highway) con flores para que las abejas puedan polinizar ayudando así a su conservación (Holder, 2018). Además, las señales en carreteras y cercas

para impedir el paso de la fauna han ayudado a reducir el impacto negativo.

SITUACIÓN NACIONAL

En México, el sistema carretero es la columna vertebral de las vías de comunicación terrestre; a través de éste se mueve el 53% de los productos comerciales y el 98% de las personas que se trasladan a lo largo y ancho del país, además es el transporte una de las diez principales actividades generadoras de empleo (SCT-IMT, 2010). Por otro lado, México es particularmente diverso en relación al número de ecosistemas con los que cuenta, ocupando el segundo lugar a nivel mundial. De igual forma, es también muy rico en especies de vertebrados, ubicándose en el segundo lugar para el caso de reptiles, tercero para mamíferos, cuarto para anfibios y undécimo para aves. De estos diferentes ecosistemas que posee, los tropicales cuentan con la mayor riqueza de especies, incluyendo gran número de aquellas bajo alguna categoría de protección según las leyes nacionales (SEMARNAT, 2010) e internacionales (IUCN, 2018). Estudios recientes reportan que son estos hábitats los que presentan los índices de atropellamientos de vertebrados más elevados en el país, afectando especies de interés para la conservación (González-Gallina y Benítez-Badillo, 2013; González-Gallina e Hidalgo-Mihart, 2018). El panorama de esta problemática en México parece empeorar poniendo en mayor riesgo a los vertebrados con afinidad tropical, ya que, en el 2017 Yucatán lideró el Top 5 de estados de la República Mexicana que más carreteras nuevas iniciaron su construcción, seguido por Chiapas, Estado de México, Jalisco y Coahuila (Obras, 2017). Yucatán, Chiapas y Jalisco, son ricos en ecosistemas tropicales y en especies bajo algún riesgo de extinción.

Considerando la importancia que tiene México para la conservación de la biodiversidad y tomando en cuenta los diversos impactos que tienen las carreteras en los ecosistemas, se han establecido medidas para reducir sus efectos. Los análisis de datos georreferenciados generan "puntos negros" donde se relacionan las carreteras y elementos paisajísticos para proponer modelos predictivos de muertes por atropellamientos (Mercado, 2011). No obstante, en el país la mayor parte



Figura 9. Perrito de la pradera, también conocido como perrito llanero mexicano (*Cynomys mexicanus*), parado sobre su madriguera que se encuentra ubicada muy cerca de la carretera. Se trata de una especie endémica y en peligro de extinción, protegida por leyes mexicanas e internacionales (Foto: Victoria Aguilar-Herrera)

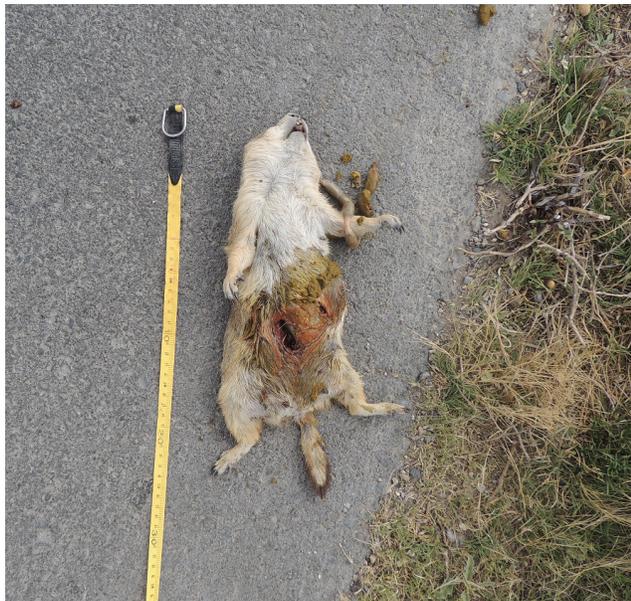


Figura 10. Individuo de perrito llanero mexicano (*Cynomys mexicanus*) atropellado (Foto: Graciela E. Villanueva-Vázquez).

Figura 11. Señalamiento vial indicando la presencia de perrito llanero en el área. Esta es una de las medidas de mitigación más utilizadas en nuestro país, colocación de señales sobre caminos y carreteras ubicados principalmente dentro de áreas protegidas o destinadas a la conservación (Foto: Graciela E. Villanueva-Vázquez).

de los estudios siguen en fases descriptivas, es decir, se sigue analizando la riqueza y diversidad de especies atropelladas. En México urge ya la implementación de medidas para reducir la muerte por atropellamientos, por ejemplo, pasos de fauna, señalamientos de presencia de especies bajo protección y posteriormente evaluar la efectividad (Figuras 9-11).



Un método muy implementado en Europa, a su vez Estados Unidos y recientemente en México, es el uso de pasos a desnivel, los cuáles presentan buena efectividad; sin embargo, las variables a considerar son múltiples; tamaño del paso, cobertura vegetal, niveles de ruido, humedad, temperatura e interacción entre las especies (Berris, 1997). Algunos pasos vehiculares, pasos ganaderos y obras de drenaje funcionan paralelamente para que la fauna silvestre pueda cruzar las carreteras. Hasta la fecha, lo más ampliamente difundido a nivel nacional ha sido la colocación de señalamientos de tránsito que indican la presencia de especies que habitan el lugar y con altas probabilidades de cruce, principalmente dentro de áreas naturales protegidas o reservas, por lo que estas señales son precautorias y exhortan a prestar atención en el camino y reducir la velocidad.

¿CÓMO TODOS PODEMOS AYUDAR A DISMINUIR EL IMPACTO DE LAS CARRETERAS SOBRE LA FAUNA?

Tus acciones pueden mitigar los efectos negativos de esta problemática. Al manejar sobre la carretera debes estar alerta y si te encuentras con fauna

silvestre cerca de o cruzando el camino debes bajar la velocidad, poner las luces intermitentes para alertar a otros conductores y permitir el paso de los animales si fuese posible. También puedes sonar el claxon para espantarlos y prevenir accidentes, esto sólo cuando no venga un vehículo en algún otro carril, ya que el sonido que ahuyenta al animal de nuestro paso puede provocar que otro vehículo lo colisione durante su huida. En caso de encontrarte con un accidente por colisión es recomendable levantar un reporte por alguna de las plataformas de ciencia ciudadana como

Naturalista (www.naturalista.mx) y WATCH (acrónimo de Wild Animals in Transport Corridors and Highways, que en español significa Animales Silvestres en Corredores de Transporte y Carreteras), creada por el Instituto Mexicano del Transporte (watch.imt.mx) para monitorear los accidentes de la fauna en las carreteras. Es importante no exponer la seguridad del conductor por lo cual se necesitan tomar medidas preventivas. Además de estas acciones, podemos contribuir al hablar del tema con nuestros conocidos, la concientización es muy importante y platicar acerca de esta problemática es un primer paso para ayudar.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

A pesar de que el efecto negativo de las carreteras y caminos sobre la biodiversidad es alarmante, sobre todo en países como México donde se cuenta con una amplia diversidad de flora y fauna, estas vías son esenciales para la comunicación y el desarrollo de toda población humana. Por ello, no pueden eliminarse radicalmente, más bien se deben de proponer y ejecutar medidas de mitigación y protección a especies vulnerables. Por lo tanto, el diseño de las carreteras, su manejo y restauración deben ser adaptados de forma que se tomen en cuenta los procesos ecológicos de los sitios y se minimice el número de especies colisionadas. En relación a esto, es necesario que se lleven a cabo monitoreos continuos durante una cantidad considerable de años para así ver el efecto de las carreteras en las poblaciones naturales aledañas. Además de que, si se aplican medidas de mitigación, como pasos de fauna o túneles, los registros de antes y después de su aplicación pueden indicar si su efecto resulta positivo, neutro o negativo en la fauna silvestre (Tenés *et al.*, 1987), ya que los esfuerzos de conservación no pueden seguir dependiendo de suposiciones no evaluadas sobre los efectos de las redes vehiculares en la biodiversidad, sobre todo en condiciones tan distintas y complejas como lo es la geografía de nuestro país.

Resultará imposible acabar con todas las consecuencias negativas de las carreteras sobre la biodiversidad; sin embargo, se pueden llevar a cabo medidas para reducir el impacto de las mismas, desde tomar en cuenta que la fragmentación de los hábitats consideren que los inevitables parches de vegetación natural resultantes al menos cuenten con la mayor dimensión posible para que las especies logren encontrar en ellos todos los requerimientos para llevar a cabo sus funciones vitales.

Los países desarrollados han implementado diversas soluciones con éxito como los pasos de fauna, es necesario que estas técnicas se efectúen en México donde ya se han identificado sitios críticos con una gran pérdida de biodiversidad por colisiones y que dichos pasos se encuentren adaptados a los hábitos particulares de las especies que se deseen proteger. De igual forma, es de suma importancia concientizar a la población con talleres y conferencias relacionados a este tópico, además de implementar señalamientos y reductores de velocidad. Se debe hacer uso de las tecnologías de la información, para que los ciudadanos contribuyan aportando nuevos datos, registrando los hechos por medio de su teléfono celular (smartphone) en las plataformas digitales con las que ya se cuenta.

Este artículo se realizó con el fin de que más personas se informen acerca de esta situación y se puedan tomar medidas para mitigar este impacto y ayudar así a conservar nuestras especies.



LITERATURA CITADA

- Adárraga-Caballero, M. y L. Gutiérrez-Moreno. 2017. Mortalidad de vertebrados silvestres en dos segmentos de la carretera troncal del Caribe a su paso a través de dos ecosistemas de interés biológico en la costa Caribe Colombiana (Magdalena). *Memorias III Seminario Internacional de Ciencias Ambientales SUE-Caribe*. 169-173.
- Aresco, M.J. 2005. Mitigation measures to reduce highway mortality of turtles and other herpeto fauna at a north Florida lake. *Journal of the Wildlife Management*. 69:549-560.
- Arroyave, M., C. Gómez, M.E. Gutiérrez, D.P. Munera, P.A. Zapata, I.C., Vergara, L.M. Andrade y K.C. Ramos. 2006. Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo. *EIA*. 5:45-57.
- Banff National Park. 2017. 10 quick facts about highway wildlife crossings in the park. En: https://www.pc.gc.ca/en/pn-np/ab/banff/info/gestion-management/enviro/transport/tch-rtc/passages-crossings/faq/10_1 (consultado el 30/08/2018).
- Bauni, V., J. Anfuso y F. Schivo. 2017. Mortalidad de fauna silvestre por atropellamientos en el bosque atlántico del Alto Paraná, Argentina. *Ecosistemas*. 26:54-66.
- Bencke, G., y C. Bencke. 1999. The potential importance of road deaths as cause of mortality for large forest owls in southern Brazil. *Cotinga*. 11:79-80.
- Berris, L. 1997. *The importance of the ecoduct at Terlet for migrating mammals*. Pp. 418-420. En: Canters, K. (Ed.) *Habitat fragmentation and infrastructure*. Ministry of Transport, Public Works and Water Management. Delft, The Netherlands.
- Carr, L.W. y L. Fahrig. 2001. Effects of road traffic on two amphibian species of differing vagility. *Conservation Biology*. 15:1071-1078.
- Casey, L. 2018. Burlington to close road ahead of endangered salamander crossings. En: <https://www.thestar.com/news/gta/2017/03/08/burlington-to-close-road-ahead-of-endangered-salamander-crossings.html> (consultado: 30/08/2018).
- Copul-Magaña, F.G. 2002. Víctimas de la carretera: la fauna apachurrada. *Gaceta CUC. Ciencia*. 10:7.
- da Cunha, H.F., F.G.A. Moreira y S. de Sousa Silva. 2010. Roadkills of wild vertebrates along the GO-060 road between Goiânia and Iporá, Goiás State, Brazil. *Biological Sciences*. 32: 257-263.
- D'Amico, M., J. Román, L. de los Reyes y E. Revilla. 2013. Vertebrate road-kill patterns in Mediterranean habitats: Who, when and where. *Biological Conservation*, 191:234-242.
- De La Ossa, J., N. De La Ossa y E. Medina-Bohórquez. 2015. Atropellamiento de fauna silvestre. *Colombiana de Ciencia*. 7:109-116.
- De La Ossa, V.J. y S. Galván-Guevara. 2015. Registro de mortalidad de fauna silvestre por colisión vehicular en la carretera Toluviejo - ciénaga La Caimanera, Sucre, Colombia. *Biota Colombiana*. 16:67-77.
- Delgado-Velez, C. 2014. Adiciones al atropellamiento vehicular de mamíferos en la vía de El Escobedo Envigado (Antioquia), Colombia. *EIA*. 11:147-153.
- Drews, C. 1995. Road kills of animals by public traffic in Mikumi National Park, Tanzania, with notes on baboon mortality. *African Journal of Ecology*. 33:89-100.
- Eloy-Seijas, A., A. Araujo-Quintero y N. Velásquez. 2013. Mortalidad de vertebrados en la carretera Guanare-Guanarito, estado portuguesa, Venezuela. *Biología Tropical*. 61:1619-1636.
- Grosselet, M., B. Villa-Bonilla y G. Ruiz-Michael. 2008. Afectaciones a vertebrados por vehículos automotores en 1,2 km de carretera en el istmo de Tehuantepec. *Proceedings of the Fourth International, Partners in Flight Conference: Tundra to Tropics*. 1:227-231.
- González-Gallina, A., y G. Benítez-Badillo. 2013. Road ecology studies for Mexico: a review. *Oecologia Australis*. 17:175-190.

- González-Gallina, A., G. Benitez-Badillo, M.G. Hidalgo-Mihart, M. Equihua y O.R. Rojas-Soto. 2015. Roadkills as a complementary information source for biological surveys using rodents as a model. *Journal of Mammalogy*. 97:145-154.
- González-Gallina, A., y M.G. Hidalgo-Mihart. 2018. A Review of Road-killed Felids in Mexico. *Therya*. 9:147-159.
- Gunson, K., D. Seburn, J. Kintsch y J. Crowley. 2016. *Best Management Practices for Mitigating the Effects of Roads on Amphibians and Reptile Species at Risk in Ontario*. Ministry of Natural Resources and Forestry. Queen's Printer for Ontario, 112 pp.
- Holder, S. 2018. Animals Need Infrastructure Too. En: <https://www.citylab.com/life/2018/07/wildlife-crossings-bridges-tunnels-animals-roads-highways-roadkill/566210/> (consultado el 30/08/2018).
- Husby, M. 2016. Factors affecting road mortality in birds. *Ornis Fennica*, 93:212-214.
- Jackson, S.D., y C.R. Griffin. 2000. A strategy for mitigating highway impacts on wildlife. Wildlife and highways: seeking solutions to an ecological and socio-economic Dilemma. *The Wildlife Society*. 1:143-159.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature). 2018. The IUCN Red List of Threatened Species 2018-1. En: <http://www.iucnredlist.org/> (consultado el 04/09/2018).
- Jones, M.E. 2000. Road upgrade, road mortality and remedial measures: impacts on a population of eastern quolls and Tasmanian devils. *Wildlife Research*. 27:289-296.
- Lazcano, D., A. Salinas-Camarena y J. Contreras-Lozano. 2009. Are roads in Nuevo León, Mexico, taking their toll on snake populations? *Bulletin of Chicago Herpetology*. 44:69-75.
- Lazcano, D., D. Esquivel-Arévalo, A. Heredia-Villarreal, J. García-Salas, B. Navarro-Velázquez y M. Nevárez-de los Reyes. 2017. Are roads in Nuevo León, Mexico, taking their toll on snake populations? (Part II). *Bulletin of Chicago Herpetology*. 44:185-194.
- Mercado, S.A. 2011. *Análisis de la siniestralidad provocada por la irrupción de especies cinegéticas (ciervo, corzo y jabalí) en las carreteras de la provincia de Soria: aplicación de medidas correctoras*. Tesis Doctoral, Departamento de Ciencias Agroforestales, Universidad de Valladolid. España, 309 pp.
- Monroy, M.C., A. De La Ossa-Lacayo y 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.
- Obras. 2017. Los 5 estados que más carreteras nuevas construyen. Obras web, Construcción. En: <http://obrasweb.mx/construccion/2017/06/28/los-5-estados-que-mas-carreteras-nuevas-construyen> (consultado el 04/09/2018).
- Peris, S.R., A. Baquedano y M. Pescador. 2005. Mortalidad del jabalí (*Sus scrofa*) en carreteras de la provincia de salamanca (No de España): ¿influencia de su comportamiento social? *Galemys*. 17:13-23.
- Pinowski, J. 2005. Roadkills of vertebrates in Venezuela. *Revista Brasileña de Zoología*. 22:191-196.
- Puky, M. 2006. *Amphibian road kills: a global perspective*. Pp. 325-338. En: Irwin, C.L, P. Garrett y K.P. McDermott (Eds.). *Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation*. Center for Transportation and the Environment. North Carolina State University, Raleigh, North Carolina.
- SCT-IMT (Secretaría de Comunicaciones y Transporte-Instituto Mexicano del Transporte). 2010. Manual Estadístico del Sector Transporte 2010. En: <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/Manual/mn2010.pdf> (consultado el 03/09/2018).
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación del 30 de diciembre de 2010. Distrito Federal, México.

Smith, B. 2015. Hume Highway rope bridges help revive squirrel glider population. En: <https://www.smh.com.au/technology/hume-highway-rope-bridges-help-revive-squirrel-glider-population-20150706-gi5teh.html> (consultado el 30/08/2018).

Soanes, K., M.C. Lobo, P.A. Vesk, M.A. McCarthy, J.L. Moore y R. van der Ree. 2013. Movement re-established but not restored: inferring the effectiveness of road-crossing mitigation for a gliding mammal by monitoring use. *Biological Conservation*, 159, 434-441.

Tenés, A., S. Cahill, F. Llimona y G. Molina. 2007. Atropellos de mamíferos y tráfico en la red viaria de un espacio natural en el área metropolitana de Barcelona: Quince años de seguimiento en el Parque de Collserola. *Galemys*, 19:169-188.

