



ATROPELLAMIENTO DE FAUNA SILVESTRE

WILDLIFE RUN OVER

DE LA OSSA, V. JAIME,² Dr, DE LA OSSA-NADJAR, ORLANDO,¹ M.Sc,
MEDINA-BOHÓRQUEZ, ELKIN,³ Biólogo.

¹Universidad de Sucre, Grupo de Investigación en Biodiversidad Tropical, , Colombia.

²Ciencias Ambientales SUE Caribe, Colombia.

³Universidad de Sucre, Colombia.

Palabras Clave:

Atropellamiento,
Fauna silvestre,
Carreteras,
Hábitat,
Fragmentación,
Borde.

Resumen

El presente trabajo recopila información científica sobre el atropellamiento de fauna silvestre, hace énfasis en el papel de las carreteras como sistema generador de impactos negativos sobre la fauna silvestre, discute aspectos tales como: fragmentación y modificación de hábitat, efecto barrera, efecto de borde, daños y mortalidad de fauna como factores que influyen en el deterioro poblacional de fauna silvestre. Igualmente, plantea la importancia de adelantar estudios que ayuden a minimizar este impacto que puede llevar al deterioro poblacional de muchas especies.

Key words:

Run Over,
Wildlife,
Roads,
Hábitat,
Fragmentation,
Edge.

Abstract

The present work shows scientific information on the running over on wild fauna, makes emphasis in the paper of the highways like generating system of negative impacts on the wild fauna, it discusses such aspects as: fragmentation and habitat modification, barrier effect, edge effect, damages and wildlife mortality like factors that influence in its populational deterioration. Equally, it outlines the importance of advancing studies that help to minimize this impact that can take to the populational deterioration of many species.

INFORMACIÓN

Recibido: 10-02-2015;

Aceptado: 30-05-2015.

Correspondencia autor:

jaimedelaossa@yahoo.com

Introducción

Las redes viales (carreteras, caminos, trochas) están asociadas a impactos directos sobre la biodiversidad como la fragmentación del hábitat, muerte de animales por atropellamiento, deforestación, además de impactos indirectos derivados de ellos y de la intensidad de uso de la carretera como la contaminación química y sonora (MESSMER *et al.* 2008; GONZÁLEZ, 2009). Los impactos que contribuyen sobre la biodiversidad en forma indirecta (HAWBAKER y RADELOFF, 2004); de acuerdo con RAJVANSHI *et al.* (2001), proceden de las perturbaciones resultado de la colonización humana, en donde, los caminos facilitan la entrada de personas dentro de áreas naturales para beneficiarse de la explotación de sus recursos y con el tiempo, establecer continuas y delgadas bandas urbanas en la trayectoria del camino. A la vez, la contaminación ambiental y el ruido producido por el tránsito vehicular ocasionan de forma indirecta que algunos animales eviten áreas próximas a los caminos dejando hábitat adyacentes inhabilitados para algunas especies, afectando la estructura del ecosistema más allá del borde de la carretera, erosionando el suelo y alterando las condiciones hidrológicas (FORMAN *et al.*, 2003).

Diversas investigaciones realizadas en América del Sur, Europa y Estados Unidos, revelan cifras preocupantes del número de animales atropellados y la amenaza que esto representa para algunas especies que se encuentran en peligro de extinción (ARESCO, 2005; ROSA y MAHUS, 2005; GUMIER y SPERBER, 2009). Estudios realizados por PINOWSKI (2005) indican que el atropellamiento de los animales muestra patrones relacionados con el tipo de vegetación, las condiciones climáticas y el comportamiento de las especies, encontrándose mayor incidencia de atropellamientos en zarigüeya (*Didelphis marsupialis*), zorros (*Cerdocyon thous*) y variadas serpientes, entre otros.

Durante los últimos años los principales impactos originados por el transporte han sido abordados a través de iniciativas políticas, planes y análisis de nuevos programas de transporte, como también el uso de nuevas tecnologías (BECKMAN *et al.*, 2010). Recientemente ha incursionado la ecología del camino, disciplina emergente que estudia la relación entre el medio natural y los sistemas viales (FORMAN *et al.*, 2003) y está proporcionando herramientas para identificar y tratar de disminuir los impactos directos de los sistemas viales como las carreteras, sobre la vida silvestre (COFFIN, 2007).

FAHRIG y RYTWINSKI (2009) manifiestan que la mayoría de las investigaciones en ecología del camino que involucran a especies de fauna silvestre se han realizado bajo dos supuestos: a) Se basa en el comportamiento de las especies frente al tráfico y camino, y b) En los atributos relacionados con el tamaño corporal, los cuales suponen

que los animales de mayor tamaño son más sensibles a los impactos de la carretera, dado que son más móviles, tienen bajas tasas reproductivas y ocurren naturalmente en bajas densidades. Estos factores incrementan la probabilidad de interacción con las carreteras y a la vez las muertes en ella (GIBBS y SHIVER, 2002). JAEGER *et al.* (2005) indican que en relación a las respuestas basadas en el comportamiento, se pueden presentar 3 casos bien diferenciados: a) Que el animal evite el camino, b) La habilidad del animal para moverse sobre ella (evitar los vehículos pero no la carretera), y c) Que evite además las emisiones causadas por el tráfico y los disturbios como el ruido, emisiones químicas (lo que es conocido por el efecto barrera que provoca la carretera) y luz artificial, lo que según FORMAN *et al.* (2003) aumenta la frecuencia de acceso del animal hacia la carretera y a la vez el mayor riesgo de mortalidad.

Los caminos y carreteras de cualquier tipo, además de generar facilidades para el transporte, comercio y desarrollo, afectan al ecosistema terrestre y acuático de las siguientes formas: a) Incrementan la mortalidad del organismo al momento de su construcción y la mortalidad de especies comúnmente atropellada sobre la carretera, b) Modifican el comportamiento animal, c) Alteran la química del medio ambiente, y d) Sirven de corredor para la dispersión de especies exóticas, e incrementan la alteración o uso de hábitat natural por humanos (TROMBULAK y FRISSEL, 2000).

Los impactos que influyen de forma directa sobre la permeabilidad de la carretera y el aislamiento de poblaciones y que, según FORMAN *et al.* (2003), se consideran como los principales efectos ocasionados por la carretera, son: a) La mortalidad en el camino, primordialmente por atropellamiento, b) Reducción de intercambio entre las poblaciones, c) Fragmentación del paisaje, d) Reducción de la conectividad física de los bosques, y e) Pérdida de hábitat.

Fragmentación y modificación de hábitat

La fragmentación ocurre cuando un hábitat amplio, ininterrumpido se reduce y se subdivide en dos o más fragmentos (WILCOVE *et al.*, 1986; FAHRIG, 2003). Este fenómeno está asociado por lo general a la tala de bosque para su conversión en otros usos del suelo, pero también ocurre cuando el área es atravesada por una carretera, canal, línea de transmisión u otra área de infraestructura que divida el área (PRIMACK, 1998; MORALES y PEDRAZA, 2000). Una carretera nueva puede reducir áreas enteras a un gran número de parches, los cuales no aportan a la funcionalidad original del ecosistema, separan poblaciones, limitan el intercambio genético entre especies que quedan aisladas con la eventual declinación y posibles extinciones locales (RAJVANSHI *et al.*, 2001). FORMAN *et al.* (2003) señalan que la pérdida del hábitat afecta más

a las especies de baja densidad y /o requerimientos de grandes áreas, de bajas tasas reproductivas y especies del interior del bosque (BENCKE y BENCKE, 1999; BELL y DONNELLY, 2006); adicionando que la fragmentación del hábitat tiene dos consecuencias principales que amenazan la persistencia de las especies denominados: Efecto barrera y efecto borde (OMENA-JUNIOR *et al.*, 2013).
Efecto barrera

El efecto barrera se obtiene cuando se evita la movilidad de los organismos o de sus estructuras reproductivas, lo que trae como resultado, limitar el potencial de los organismos para su dispersión y colonización. Según PRIMACK (1998) las vías rompen la continuidad del dosel o estrato superior del bosque e interrumpen las posibilidades de movilidad de los animales (CORLATTI *et al.*, 2009). Las barreras también pueden restringir la habilidad de los organismos, para encontrar sus parejas, lo que puede llevar a la pérdida de su potencial reproductivo.

El efecto de barrera tiende a crear metapoblaciones, definidas como la población o grupo de poblaciones que resulta de la división de una población grande y continua en subpoblaciones pequeñas y parcialmente aisladas. Estas subpoblaciones fluctúan más ampliamente en el tiempo y tiene una mayor probabilidad de extinción que las poblaciones grandes (PRIMACK, 1998). El efecto barrera quizás afecta más especies y se extiende sobre un área más amplia que los efectos del atropellamiento o a la evasión de la carretera (PRIMACK, 1998).

Este efecto restringe el movimiento o permeabilidad y la conectividad de las poblaciones. Entendiéndose como permeabilidad la habilidad de las poblaciones para moverse libres a lo largo del paisaje en medios de la red de caminos (YÁNEZ *et al.*, 1995), diferente del término conectividad que resalta la percepción humana de cómo está conectada la matriz y su fragmento, sin considerar la escala de los organismos (BISSONETTE, 2007). En cuanto al movimiento de los animales terrestres, tres son los componentes de la carretera que actúan como barreras: a) Hábitat al borde de la carretera alterado, b) Carreteras de superficie desnuda, y c) Amplio espectro de emisiones y disturbios como el ruido, altos niveles de iluminación, polvo y contaminantes químicos sobre el suelo y la vegetación aledaña a la carretera (LODGE, 2000).

Efecto de borde

Se presenta cuando un ecosistema es fragmentado y se cambian las condiciones bióticas y abióticas de los fragmentos y de la matriz circundante (KATTAN, 2002). En caso de carreteras este efecto se presentará en las inmediaciones o bordes de la vía, donde se crean condiciones con mayor temperatura, mayor susceptibilidad al viento, menor humedad y mayor radiación. El efecto que se produce es la introducción de especies de borde

o generalistas en los hábitats de bosques; las especies que tienen capacidades buenas de dispersión, capaces de invadir y colonizar hábitats alterados son atraídas a los bordes y pueden penetrar al interior (KATTAN, 2002). Como resultado, del efecto de borde se modifica la distribución y abundancia de las especies, cambiando la estructura de la vegetación y por tanto la oferta de alimento para la fauna. Estos cambios afectan ante todo a las especies del interior del ecosistema que ha sido fragmentado (KATTAN, 2002).

Daños y mortalidad de fauna

El atropellamiento es el impacto directo fácil de reconocer en comparación con otros como fragmentación, deterioro del ecosistema y cambios en el comportamiento de los animales, en especial porque constantemente en las carreteras se observan los cuerpos de los animales colisionados. El rápido desarrollo de las ciudades y el aumento de las poblaciones humanas ha incrementado la red vial, con la cual ha surgido una nueva fuente impacto negativo que se ha venido convirtiendo en una amenaza cada vez mayor para las poblaciones de animales involucradas (ARROYAVE *et al.*, 2006).

Según RAJVANSHI *et al.* (2001) el atropellamiento corresponde al número de animales heridos o colisionados, provocando impactos significativos sobre la dinámica poblacional de las especies en particular de aquellas que son atraídas por la carretera, de hábitos generalistas, de alta movilidad, baja densidad, alta demanda de múltiples recursos, baja tasa reproductiva y de requerimientos de áreas de gran tamaño (FORMAN *et al.*, 2003).

La presencia de caminos modifica el comportamiento de animales a través de cinco mecanismos: a) Alteración de los patrones de movimiento, b) modificación del estado fisiológico de los individuos, c) Cambio en el ámbito del hogar de las especies, d) Alteración de la respuesta de escape, y e) Alteración de los eventos reproductivos, según TROMBULAK y FRISSEL (2000) estos factores aíslan poblaciones, reducen la habilidad de las poblaciones para mantenerse en equilibrio y reducen la diversidad genética, lo que concuerda con los planteado por LODGE (2000). Además produce pérdidas en los ecosistemas, principalmente para las especies de múltiples requerimientos alimenticios, amplio requerimiento de espacio y hábitat, baja densidad, baja tasa reproductiva; especies de interior del bosque, aquellas que evitan a los caminos (RAJVANSHI *et al.*, 2001; FORMAN *et al.*, 2003).

Factores que influyen en el atropellamiento

El índice de atropellamiento y su frecuencia están relacionados con diversos factores como: el flujo vehicular, la anchura de la vía, el comportamiento de las especies, la cobertura vegetal y la velocidad. Con relación al flujo

vehicular se podría decir que influye significativamente en la cantidad de animales atropellados. (ARROYAVE *et al.*, 2006).

CUPUL (2002) describe que ciertos patrones estacionales de conducta, como cortejo, migraciones, reproducción, apareamiento, abundancia de especies y búsqueda de alimento, entre otros, hacen posible que haya una mayor o menor cantidad de animales muertos en la vía en determinados periodos del año. Las carreteras suelen ser un elemento atractivo para ciertos animales por distintos motivos. Los reptiles, como las serpientes, lagartos e iguanas, al ser ectotérmicos o de <<sangre fría>> requieren regular su temperatura corporal mediante la absorción de calor del medio, por lo cual se acercan a las carreteras para aprovechar el calor absorbido por el pavimento, tanto en el día como en la noche (LEHTINEN *et al.*, 2003).

Se establece que el atropellamiento de fauna silvestre se produce en relación con la época climática, ya que suelen coincidir con períodos reproductivos y disponibilidad de fuentes de alimento, lo que hace que aumente la probabilidad de cruce de caminos y carreteras, generando mayores probabilidades de colisión con los vehículos, siendo más grave aún, si afecta a especies de animales que estén en riesgo o de distribución restringida (ERRITZOE *et al.*, 2004; LANGLEY *et al.* 2006; RAMP *et al.*, 2006; GLISTA *et al.*, 2009).

También se ven en peligro los animales oportunistas o carroñeros como los buitres y halcones, entre otros, que se acercan a la vía para consumir los animales que se encuentran muertos sobre ella (NOSS, 2002). Los residuos orgánicos arrojados a la carretera son fuentes de alimento para distintos animales que se acercan a consumirlos y pueden ser atropellados (CUPUL, 2002).

Impacto de los atropellamientos

El impacto principal de los atropellamientos de animales se ve reflejado en la afectación de las poblaciones de las especies involucradas, principalmente en aquellas especies que se encuentran amenazadas o son vulnerables y, en menor medida las especies más comunes y abundantes (TAYLOR y GOLD INGAY, 2004). El grado de detrimento depende del tamaño de la población y de la capacidad reproductiva de la especie (TAYLOR y GOLD INGAY, 2004). Los atropellamientos afectan también a las personas que se ven involucradas en accidentes de fauna de gran tamaño en la medida en que pueden colisionar en ellos y se generan grandes costos económicos o pérdidas de vidas (SMATHERS, 2001).

Cambios en los patrones reproductivos

El tráfico de vehículos por las vías no solo afecta la fauna por el atropellamiento, que causa muertes directas a múltiples individuos, sino que genera cambios en su

actividad reproductiva, los cuales pueden disminuir las poblaciones y causar una posible extinción local, en tal sentido FORMAN y ALEXANDER (1998) afirman que los efectos causados por el ruido, la contaminación ambiental y visual producida por el flujo vehicular generan pérdidas más representativas para la fauna que el atropellamiento mismo en las vías.

Otros factores producidos por el funcionamiento de las carreteras que tiene un efecto sobre la fauna son: El movimiento mismo de los carros, la presencia humana, las luces artificiales y la vibraciones (GOOSEM, 2002); aunque varios autores coinciden en que el ruido es el factor que influye más negativamente en estas poblaciones (FORMAN y ALEXANDER 1998; SPELLERBERG, 1998; GOOSEM, 2002).

Volumen del tráfico vehicular y distancia a la vía

Se han realizado estudios que intentan probar sí el volumen del tráfico de una carretera puede afectar las densidades y la actividad reproductiva de la fauna. FORMAN *et al.* (2003) analizaron cómo diferentes volúmenes de circulación vehicular pueden afectar la presencia y la actividad reproductiva de especies de aves de pastizal. KUITUNEN *et al.* (2003) encontraron que la distancia a las vías, no tuvo efecto sobre la época reproductiva ni sobre el tamaño del huevo o polluelo del atrapamoscas *Ficedula hypoleuca*, pero si encontraron que crías emplumadas disminuyeron con la cercanía a la carretera, ya que los padres mueren atropellados cuando están en la búsqueda de alimento para sus crías, por lo que estas quedan sin protección alguna.

Ruido

El ruido generado por el tráfico vehicular es uno de los factores que causa mayores impactos ecológicos a la fauna silvestre, porque produce varios efectos como: reducción del área de actividad y un bajo éxito reproductivo, lo que está asociado a la pérdida de audición, desplazamiento, aumento de las hormonas del estrés, comportamientos alterados e interferencias en la comunicación durante la época reproductiva (FORMAN y ALEXANDER, 1998).

Las aves canoras parecen ser sensibles incluso a niveles muy bajos de ruido (REIJNEN *et al.*, 1996); el nivel de ruido al que las poblaciones de aves de ecosistemas boscosos empiezan a declinar es a un promedio de 42 dB, comparado con un promedio de 48 dB para especies de aves de pastizal.

Presencia humana

Comprender el efecto de la presencia humana en las poblaciones de fauna es crítico para emprender el manejo adecuado y establecer medidas adecuadas para su conservación. Los humanos pueden alterar la fauna en la

medida en que ésta, para evitar el contacto con el hombre, gasta energía potencialmente utilizable en actividades reproductivas o de forrajeo (PRIMM, 1996). La perturbación humana puede afectar la abundancia de las poblaciones de ranas, como es el caso de la especie *Rana ibérica* que disminuye el uso de recursos cuando aumenta la perturbación (RODRÍGUEZ y FERNÁNDEZ, 2005).

Muertes accidentales de fauna

Según CLEVENGER y HUIJSER (2011) la mortalidad relacionada con las carreteras y la reducción de la movilidad de la vida silvestre, influye en la conservación y viabilidad de poblaciones a lo largo del tiempo, además es importante considerar con ello que el grado con el que estos factores amenazan a las poblaciones depende del volumen del tráfico. SEILER (2003) muestra un modelo sobre los efectos del tráfico, el mismo incluye los animales que pueden cruzar la carretera, los que evitan la carretera o su borde por el nivel del tráfico, ruido y movimiento vehicular, y aquellos que se atreven a cruzar la carretera que son víctimas de atropellamiento; este modelo concluye que con un Tránsito Promedio Diario (TPD) bajo (≤ 2500 por día) la proporción de las tasas de mortalidad es relativamente baja, así como el número de animales que se resisten acercarse a la carretera. A medida que el volumen vehicular se incrementa (TPD = 2.500 a 10.000 vehículos/día), se espera que la mortalidad sea alta y la proporción de cruces exitosos comienza a descender drásticamente. Bajo tráficos mayores (TPD = ≥ 10.000 vehículos/día) solo una pequeña proporción de cruces son exitosos, una gran proporción de animales que se acerque a la carretera es repelida por el disturbio y el tráfico pesado, por lo que la mortalidad debido al tráfico ocurre rara vez.

Conclusiones

Es claro que el atropellamiento es el impacto directo más fácil de reconocer en comparación con otros como fragmentación, deterioro del ecosistema y cambios en el comportamiento de los animales, en especial porque constantemente en las carreteras se observan los cuerpos de los animales colisionados.

Es valioso definir entonces, el momento en el cual el grado de mortalidad en las carreteras puede manejarse para mantener las poblaciones conectadas y viables; como también tener presente que para hablar de medios que disminuyan los impactos de mortalidad y aislamiento de poblaciones producidas por las carreteras, es importante conocer y describir factores como tasa de mortalidad, hábitat de estudio, especies afectadas, costos y efectividad de los mismos, como lo señala SEILER (2003).

En cuanto a la tasa de mortalidad, la importancia de tenerla en cuenta como método indirecto de valoración poblacional, radica en que la muerte de animales por atropellamientos en la carretera es análoga a las <<capturas por unidad de esfuerzo>> donde la <<captura>> es el número de animales atropellados y el <<esfuerzo>> es una función directa del tráfico vehicular. Ante un incremento en el tráfico, una disminución o estancamiento en la TA se puede interpretar como un decrecimiento de la población de la especie analizada, como lo señalan FAHRIG *et al.* (2001) y SEIJAS *et al.* (2013).

Referencias

- ARESCO, M. 2005. The effect of sex-specific terrestrial movements and roads on the sex ratio of freshwater turtles. *J Biol Cons* 123:37-44.
- ARROYAVE, M.; GÓMEZ, C.; GUTIÉRREZ, M.; MÚNERA, D.; ZAPATA, P.; VERGARA, I. 2006. Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo. *Rev EIA* 1(5):45-57.
- BECKMAN, J.; CLEVENGER, A.; HUIJSER, M.; HILTY J. (eds.). 2010. *Safe passages highways, wildlife, and habitat connectivity*. Island Press. Washington DC.; USA.
- BELL, K. E.; DONNELLY, M.A. 2006. Influence of forest fragmentation on community structure of frogs and lizard in northeastern Costa Rica. *Conservation Biology* 20 (6):1750-1760.
- BENCKE, G.A.; BENCKE, C.S.C. 1999. The potential importance of road deaths as cause of mortality for large forest owls in southern Brazil. *Cotinga* 11:79-80.
- BISSONETTE, J. 2007. *Restoring habitat networks with allometrically-scaled wildlife crossings (3.5)*. Final report evaluation of the use and effectiveness of wildlife crossings NCHRP 25-27.

- CLEVENGER, A; HUIJSER, M. 2011. *Wildlife crossing structure handbook, Design and evaluation in North America*. Technical report No. FHWA-CFL/TD-11-003. Western Transportation Institute. Bozeman, USA.
- COFFINA. 2007. From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. *J Transp Geo* 15:396-406.
- CORLATTI, L.; HACKLÄNDER, K.; FREY-ROOS, F. 2009. Ability of wildlife overpasses to provide connectivity and prevent genetic isolation. *Conservation Biology* 23 (3)548-556.
- CUPUL, F. 2002. *Víctimas de la carretera: fauna apachurrada*. Gaceta CUC. Departamento de ciencias. Centro. Universitario de la costa. México.
- ERRITZOE, J.; MAZGAJSKI, T.; REJT. L. 2004. Bird casualties on European roads - a review. *J Act Ornhit* 38:(2):1-9.
- FAHRIG, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Reviw of Ecology and Systematics* 34: 487-515.
- FAHRIG, L., NEILL, K.E. Y DUQUESNEL, J.G. 2001. *Interpretation of joint trends in traffic volume and traffic related wildlife mortality: a case study from Key Largo, Florida*. Florida, UC Davis, USA: Road Ecology Center, John Muir Institute of the Environment, UC Davis. USA.
- FAHRIG, L.; RYTWINSKI, T. 2009. Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. *Ecology and Society* 12(1):21. Disponible en: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art21/>. Consultado: 10-09-2011.
- FORMAN, R.; SPERLING, D.; BISSONETTE, J.; CLEVENGER, A.; CUTSHALL, C.; DALE, V.; FAHRIG, L.; FRANCE, R.; GOLDMAN, C.; HEANUE, J.; JONES, J.; SWANSON, F.; TURRENTINE, T.; WINTER, T. 2003. *Road ecology science and solutions*. Washington DC, USA.
- FORMAN, R.T.; ALEXANDER. L.E. 1998. Roads and their major ecological effects. En: *Annual Review of Ecology and Systematics* 29: 207-231.
- GIBBS, J.; SHRIVER, W.G. 2002. Estimating the effects to restore of road mortality on turtle populations. *Conservation Biology* 16:1647-1652.
- GLISTA, D.; DEVAULTY, T.; DEWOODYZ, J.A. 2009. review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. *J Landsc Urb Plan* 91:1-7.
- GONZÁLEZ J. 2009. *Identificación de afectaciones y actuaciones ambientales a tener en cuenta en el diseño y construcción de carreteras*. Universidad de Sucre. Monografía, Facultad de Ingenierías. Sincelejo, Colombia.
- GOOSEM, M. 2002. Effects of tropical rainforest roads on small mammals: fragmentation, edge effects and traffic disturbance. *Wildlife Research* 29:277-289.
- GUMIER, F.; SPERBER, C. 2009. Atropelamientos de vertebrados na Floresta Nacional de Carajás, Pará, Brasil. *J Act Amaz* 39 (2):459-466.
- HAWBAKER, T.; RADELOFF, V. 2004. Roads and landscape pattern in Northern Wisconsin based on a comparison of four road data sources. *J Cons Biol* 18:1233-1244.
- JAEGER, J.; BOWMAN, J.; BRENNAN, J.; FAHRIG, L.; BERT, D.; BOUCHARD, J.; CHARBONNEAU, N.; FRANK, K.; GRUBER, B.; VON TOSCHANOWITZ, K. 2005. Predicting when animal populations are at risk from roads: an interactive model of road avoidance behavior. *Ecological Modeling* (185):329-348.
- KATTAN, G. 2002. Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies. En: Guariguata M.; Kattan, G. (eds). *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Ediciones IUR. Cartago, Colombia.
- KUITUNEN, M.T.; VILJANEN, J.; ROSSI, E.; STENROOS, A. 2003 Impact of busy roads on breeding success in pied flycatchers *Ficedula hypoleuca*. *Environmental Management* 31:79-85.

- LANGLEY, R.; HIGGINS, S.; HERRIN, K. 2006. Risk factors associated with fatal animal-vehicle collisions in the United States, 1995-2004. *J Wild Env Med* 17 (4):229-239.
- LEHTINEN, R.J.; RAMANAMANJATO, J.B.; RAVELOARISON, J.G. 2003. Edge effects and extinction proneness in a herpetofauna from Madagascar. *Biodiversity and Conservation* 12:1357-1370.
- LODGE, T. 2000. Effect of a motorway on mortality and isolation of wildlife populations. *Ambio* 29 (3):163-166.
- MESSMER, T.; DEER, J.; HUM, C. 2008. Vehicle collision statistics and mitigation information: online sources 2 (1):131-135.
- MORALES, J.P.; PEDRAZA, E. 2000. Utilización de pasos específicos de fauna y mortandad asociada en un canal de los páramos del norte de España (Guardo, Palencia). *Galemys* 12 (1):25-40.
- NOSS, R. 2002 The ecological effects of roads. <http://www.eco-action.org/dt/roads.html>. Consultada: 10-06-2005.
- OMENA-JUNIOR, R.; PANTOJA-LIMA, J.; SANTOS, A.L.W.; RIBEIRO, G.A.A.; ARIDE, P.H.R. 2013. Caracterização da fauna de vertebrados atropelada na rodovia BR – 174, Amazonas, Brasil. *Rev. Col. Ciencia Animal* 4 (2):291-307.
- PINOWSKI, J. 2005. Roadkills of Vertebrates in Venezuela. *Rev Bras Zool* 22 (1):191-196.
- PRIMACK, R. 1998. *Essentials of Conservation Biology*. Sinauer Associates. Publishers. Sunderland, Massachusetts, USA.
- PRIMM, S. A. 1996. A pragmatic approach to grizzly bear conservation. En: *Conservation Biology* 10:1026-1035.
- RAJVANSHI, A.; MATHUR, V.; TELEKI, G.; Y MUKHERJEE, S. 2001. *Roads, sensitive habitats and wildlife, environmental guidelines for India and south Asia*. Wildlife Institute of India, Canadian environmental collaborative Ltd. Toronto, Canada.
- RAMP, D.; WILSON, V.; CROFT, D. 2006. Assessing the impacts of roads in peri-urban reserves: Road-based fatalities and road usage by wildlife in the Royal National Park, New South Wales, Australia. *J Biol Cons* 129 (3):348-359.
- REIJNEN, R.; FOPPEN, R.; MEEUWSEN, H. 1996. The effects of traffic on the density of breeding birds in dutch agricultural grasslands. *Biological Conservation* 75:255-260.
- RODRIGUEZ, P.I.; FERNÁNDEZ, E. 2005. Effects of direct human disturbance on the endemic Iberian frog *Rana iberica* at individual and population levels. *J Biolog Cons* 123:1-9.
- ROSA, A.; MAHUS, J. 2005. Atropelamientos de animais silvestres na rodovia RS-040. *Rev Cad Pesq Biol* 16 (1):35-42.
- SEILER, A. 2003. *Ecological Effects of roads – a review*. Department of Conservation Biology, Swedish University of Agricultural Sciences, Introductory Research Essay 9. Uppsala, Sweden.
- SEIJAS, A.E., ARAUJO-QUINTERO, A. Y VELÁSQUEZ, N. 2013. Mortalidad de vertebrados en la carretera Guanare-Guanarito, Estado Portuguesa, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 61 (4):1619-1636.
- SMATHERS, W. Jr. 2001. The socioeconomic impacts of wildlife-vehicle collisions. Pág: 21. En: *Wildlife and highways: seeking solutions to an ecological and socioeconomic dilemma*. 7th Annual Meeting of The wildlife Society. Nashville, Tennessee, USA.
- SPELLERBERG, I.F. 1998. Ecological effects of roads and traffic: a literature review. En: *Global Ecology and Biogeography Letters* 7 (5):317-333.
- TAYLOR, B.D.; GOLD INGAY, R.L. 2004. wildlife roadkills on three major roads in North-Eastern New South Wales. *Wildlife Research* 31: 83-91.

TROMBULAK, S.; FRISSELL, C. 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology* 14:18-30.

WILCOVE, D.S.; MCLELLAN, C.H.; DOBSON, A.P. 1986. Habitat fragmentation in the temperate zone. Págs. 237-256. En: Soulé, M.E. (ed.) *Conservation Biology*. USA.

YÁNEZ, M.; VELASCO, J.M.; SUAREZ, F. 1995. Permeability of roads and railways to vertebrates the importance of culverts. *Biological Conservation* 71:217-222.