Artículos

OCURRENCIAS DE ATROPELLAMIENTO DE FAUNA SILVESTRE EN UN TRAMO DE CARRETERA DE DIBULLA, LA GUAJIRA, COLOMBIA

WILDLIFE ROADKILLS OCURRENCE IN A STRETCH OF ROAD FROM DIBULLA, LA GUAJIRA, COLOMBIA

Tamayo Lopez, Irma María; Camargo-Gonzales, Laidis Tatiana; Acuña-Vargas, Julio Cesar

Irma María Tamayo Lopez
itamayo@uniguajira.edu.co
Universidad de La Guajira, Colombia

Laidis Tatiana Camargo-Gonzales
ltcamargo@uniguajira.edu.co
Universidad de La Guajira, Colombia

Julio Cesar Acuña-Vargas
Jcacuna@uniguajira.edu.co
Universidad de La Guajira, Colombia

Ciencia e Ingeniería
Universidad de La Guajira, Colombia
ISSN-e: 2389-9484
Periodicidad: Semestral
vol. 9, núm. 1, e6722334, 2022
revistas@uniguajira.edu.co

Recepción: 10 Febrero 2022
Aprobación: 28 Abril 2022

URL: http://portal.amelica.org/ameli/journal/690/6903618007/

DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.6722334

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Resumen: Durante 12 recorridos sobre un tramo 6 Km de carretera, vía de comunicación entre la troncal del Caribe (Ruta 90) y la cabecera municipal de Dibulla, La Guajira, se registró la ocurrencia de atropellamientos sobre fauna silvestre vertebrada. Se registraron 98 ejemplares de vertebrados, distribuidos y representados por 8 Mamíferos; 2 Aves; 45 Reptiles; 43 Anfibios. El grupo más diverso y representativo, por sus registros de atropellamientos, destacándose en este por su frecuencia de atropellamientos *Leptodeira annulata*. Se registró una tasa total de atropellamientos de 1,36 individuos/Kilometro día de recorrido, siendo una de las tasas de atropellamiento de fauna con mayor registro, en relación a otros estudios desarrollados en el Caribe de Colombia. Se realizaron comparaciones entre tramos de carreteras y coberturas, obteniendo que no registran diferencias estadísticas significativas ($p>0,05$), las medianas relacionadas a los atropellamientos de vertebrados presentes en coberturas con mayor complejidad estructural (Bosque fragmentado y Pastos arbolados), mientras, las coberturas más homogéneas, en su estructura, presentaron menores registros de atropellamiento, con diferencias significativas entre pares de coberturas ($p<0,05$). Se destaca la necesidad de estudios de este tipo para estimar las afectaciones de las carreteras sobre la biodiversidad, principalmente la presente en el Caribe de Colombia, además de unificar los procedimientos de muestreo para este tipo de estudios.

Palabras clave: barrera ecológica, factores de transformación ambiental, pérdida de la biodiversidad, pérdida del hábitat natural, usos del suelo.

Abstract: During 12 samples on a 6 km stretch of highway, principal communication route between the Caribbean region (Route 90) and the municipal seat of Dibulla, La Guajira, the occurrence of roadskills on vertebrate wildlife was registered. 98 specimens of vertebrates were observed, which were represented by 8 Mammals, 2 Birds, 45 Reptiles and, 43 Amphibians. The most

diverse and representative group, due to their roadskills records, were snakes, in which the *Leptodeira annulata* species stands out as the one with the highest frequency of roadskill. A total run over rate of 1.36 individuals / kilometer day of travel was recorded, being one of the wildlife run over rates with the highest record, in relation to other studies carried out in the Colombian Caribbean. Comparisons were made between sections of roads and covers, obtaining that there are no significant statistical differences ($p > 0.05$), the medians related to the collisions of vertebrates present in covers with greater structural complexity (fragmented forest and wooded pastures), while, the most homogeneous covers, in their structure, presented lower records of run over, with significant differences between pairs of covers ($p < 0.05$). The need for studies of this type is highlighted to estimate the effects of roads on biodiversity, mainly that present in the Caribbean of Colombia, in addition to unifying the sampling procedures for this type of study.

Keywords: ecological barriers, environmental tansformation factors, loss of biodiversity, loss of the natural hábitat, land uses.

INTRODUCCIÓN

Se comprenden las carreteras como vías de desarrollo, tránsito y transporte de un país (Mintransporte, 2020), asimismo, se consideran como infraestructuras que favorecen la calidad de vida de los habitantes de una región (Mintransporte, 2020). Este pensamiento es paradójico, principalmente cuando consideramos que estas vías de progreso, atentan contra los diferentes escenarios de vida, generando desde transformación de hábitat, hasta la perdida de ecosistemas como se refiere en diferentes estudios desarrollados sobre accidentalidad de fauna silvestre en Colombia (Mosquera & Vásquez, 2015; De la Ossa et al., 2015, Adárraga-Caballero & Gutiérrez-Moreno, 2019).

Las carreteras son consideradas como uno de los principales factores que favorecen la fragmentación de ecosistemas (De la Ossa et al., 2015; Bedoya-V. et al., 2018; Adárraga-Caballero & Gutiérrez-Moreno, 2019), condición que parece generar la perdida de la biodiversidad en algunos grupos biológicos, al convertirse en barreras físicas para la movilidad natural estas, contribuyendo a cambios en el paisaje, los cuales influyen en la dinámica espacio temporal de las especies y en la estructura y composición de las comunidades (Bedoya-V. et al., 2018).

La región Caribe de Colombia, posee carreteras que atraviesan o bordean escenarios estratégicos para la biodiversidad (Sierra nevada de Santa Marta, Ciénaga grande de Santa Marta, Serranía de Perijá), las cuales han generado cambios en esta, cambios en su mayoría no documentados. En este sentido, uno de los aspectos evidentes del impacto de las carreteras sobre la biodiversidad, escasamente abordado en el Caribe de Colombia (De la Ossa & De la Ossa, 2013; De la Ossa et al., 2015; De La Ossa & Galván-Guevara, 2015; Monroy et al., 2015; Adárraga-Caballero & Gutiérrez-Moreno, 2019), se relaciona a las ocurrencias de atropellamientos de fauna silvestre.

Los atropellamientos de fauna silvestre, son una problemática referenciada a nivel mundial, como una de las amenazas a grupos de vertebrados (Monge-

PDF generado a partir de XML-JATS4R

Nájera, 2018). Se estima para algunas carreteras en Colombia, la tasa de ocurrencias de atropellamiento es en promedio de 0,18 individuos/km, cifra a ser considerada de seguimiento en relación a proyectos viales actuales y vigentes para Colombia, debido a la extensión de las carreteras en este país, los ecosistemas intervenidos en la actualidad y los ecosistemas por intervenir por este tipo de proyectos.

En relación a lo anteriormente comentado, y con el afán de dar a conocer las amenazas a la biodiversidad en diferentes escalas y aportar a la construcción de estrategias que favorezcan a su conservación, se propone aportar al conocimiento de los efectos de las carreteras sobre la biodiversidad, considerando estas como unidades del paisaje que delimitan, interrumpen y fragmentan las coberturas. En este sentido, durante cinco meses de estudio, se realizaron recorridos en 6 Km de carretera, en estribaciones de la Sierra nevada de Santa Marta, vía hacia la cabecera municipal de Dibulla, La Guajira, Colombia, con el fin de documentar y estimar las ocurrencias de atropellamiento sobre la fauna silvestre, vertebrada, que contribuyan al conocimiento de las afectaciones de una carretera secundaria sobre la fauna silvestre vertebrada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio corresponde la carretera secundaria que comunica la troncal del Caribe (Ruta 90), con la cabecera municipal del municipio de Dibulla, La Guajira, Colombia (entre los 11,213858° N Latitud; -73,31683° E Longitud y 11,270525° NLatitud; -73,304649° E Longitud; Figura 1), representada por una carretera pavimentada de aproximadamente 7 km lineales.

El área de estudio se encuentra ubicada en estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta, entre los 0 y 16 m.s.n.m., terreno plano, inmerso en un mosaico de coberturas, comprendiendo desde pastizales limpios y arbolados, pasando por cultivos de pancoger y fragmentos de bosque secundario; Bosque ripario y/o de galería (Ideam, 2010), coberturas producto del bioma Bosque seco tropical-Bst y su degradación o transformación natural y antropogénica. El clima es tropical, con temperaturas entre los 23 y 30°C (Acuña-Vargas, 2016), con precipitaciones entre los 1500 a 1700mm año, distribuidos en un corto periodo seco y una temporada mojada de mayor extensión, representada por lluvias.

PDF generado a partir de XML-JATS4R

Figura 1
Área de estudio Troncal del Caribe Ruta 90 – Cabecera del municipio de Dibulla Dibulla La Guajira Colombia

Coberturas de la tierraCoberturas de la tierra

En relación a las coberturas relacionadas al área de estudio, a través de la metodología Corine land cover adaptada para Colombia (IDEAM, 2010), permitió identificar cinco coberturas colindantes al tramo de carretera objeto de estudio, las cuales se describen a continuación:

Territorios artificializados: Cobertura representada por el área del caserío Casa Aluminio y áreas periféricas al casco urbano del municipio de Dibulla que se están incorporando a este mediante procesos de urbanización y cambios del uso del suelo. Esta cobertura se representa principalmente por un tejido urbano discontinuo (IDEAM, 2010).

Territorios agrícolas: Comprende coberturas de cultivos y pastos, representadas por tres tipos de coberturas identificadas, cultivos permanentes, pastos y áreas agrícolas heterogéneas (IDEAM, 2010).

Cultivos permanentes: comprende cultivos con ciclo vegetativo mayor a un año (IDEAM, 2010). Representado por la presencia sectorizada de cultivos de palma de aceite (*Elaeis guianensis*), plátano (*Musa paradisiaca*), banano (*Musa sapientum*), principalmente.

Pastos: Comprende terrenos cubiertos con hierba densa principalmente dedicadas a pastoreo. Representada por áreas cubiertas por pastos limpios, pastos enmalezados, pastos arbolados (IDEAM, 2010).

Áreas agrícolas heterogéneas: comprende áreas compuestas por dos o más clases de coberturas agrícolas naturales (IDEAM, 2010). Representada principalmente por mosaicos de pastos y cultivos (IDEAM, 2010).

*Bosques y Áreas seminaturales***:** Cobertura representada por parches de bosque fragmentado, producto del uso antropogénico de este, representado por áreas de bosque fragmentado con pastos y cultivos y bosque fragmentado con vegetación secundaria (IDEAM, 2010).

Métodos de registro

El estudio fue realizado en el periodo comprendido entre el 22 de noviembre del año 2018 y el 20 de marzo del 2019. Durante este periodo, se realizaron

12 recorridos sobre 6 km de la carretera objeto de estudio, se desarrollaron dos recorridos mensuales, entre las 0700 y 1000 horas, comprendiendo el muestreo en 1 día por salida.

Los recorridos en búsqueda de fauna atropellada, se desarrollaron caminando a lado y lado de la carretera, por dos investigadores, uno a cada lado de la carretera, desplazándose a una velocidad promedio de 3 km/h, lo cual se consideró como una velocidad óptima para el estudio, al considerar lo manifestado por otros autores (Monroy et al., 2015; Castillo-R. et al., 2015; Bedoya-V. et al., 2018; Adárraga-Caballero & Gutiérrez-Moreno, 2019), los cuales utilizaron una velocidad de búsqueda mayor en sus estudios (5 – 30 km/h), desarrollados desde diferentes medios de transporte.

Durante los recorridos, se contó, observó y fotografió, la fauna silvestre vertebrada atropellada, con el fin de identificarla *in situ* o *ex situ*, hasta la categoría taxonómica más específica (Monroy et al., 2015; Castillo-R. et al., 2015; Astwood-R. et al. 2018; Bedoya-V. et al. 2018; Adárraga-Caballero & Gutiérrez-Moreno, 2019), según la posibilidad, en relación a su estado.

Cada ejemplar registrado fue georreferenciado en el lugar de encuentro, se retiró de la carretera para evitar reconteo, además, se documentó el kilómetro de referencia del atropellamiento en relación al kilómetro inicial de muestreo (Km 0, punto de unión a la troncal del Caribe, ruta 90), tipo de cobertura colindante a la carretera siguiendo la metodología de referencia para identificación de coberturas en Colombia (IDEAM, 2010), además se registró información sobre los rasgos funcionales y estado poblacional de las especies encontradas para una mayor comprensión del impacto y representación de la fauna vertebrada atropellada.

Análisis de atropellamientos de fauna silvestre

Tasa de atropellamiento

Para la medida de los atropellamientos de vertebrados silvestres, se consideraron mediciones del número de especies atropelladas, en relación a: tiempo de estudio, distancias recorridas y tiempo y distancia recorridas.

Para el análisis de atropellamientos de fauna silvestre vertebrada, se utilizaron dos tipos de índices kilométricos, tasa de atropellamiento por día y tasa de atropellamiento total. Tasa de atropellamiento por día, medida a través de la relación entre los atropellamientos de fauna silvestre vertebrada observados (asumiendo su atropellamiento 24 horas antes de su encuentro) y el número de kilómetros de recorrido por día (TAd), considerando lo sugerido por diferentes autores para su uso (Monroy et al., 2015; Castillo-R. et al., 2015; Astwood-R. et al. 2018; Bedoya-V. et al. 2018; Adárraga-Caballero & Gutiérrez-Moreno, 2019).

TAd = No. Ejemplares atropellados/ No. km recorridos día (Bedoya-V. et al., 2018)

Tasa de atropellamiento total, se refiere a la tasa de atropellamiento total, considerando el número de atropellamientos de fauna silvestre vertebrada acumulada, y el número de kilómetros recorridos por el número de recorridos (TA), siguiendo lo considerado por diferentes autores para su uso (Monroy et al., 2015; Castillo-R. et al., 2015; Astwood-R. et al. 2018; Bedoya-V. et al. 2018; Adárraga-Caballero & Gutiérrez-Moreno, 2019).

PDF generado a partir de XML-JATS4R

TA = No. Ejemplares atropellados/ (No. km recorridos/No. de recorridos) (Castillo-R. et al., 2015; Adárraga-Caballero & Gutiérrez-Moreno, 2019)

Ocurrencias de atropellamientos y coberturas de la tierra

Para determinar la relación de las coberturas y las ocurrencias de atropellamientos de fauna silvestre vertebrada, partiendo de la premisa de distribuciones al azar de las poblaciones de vertebrados, se acudió al análisis de la información basado en las diferencias de atropellamiento, entre todas las coberturas, por pares de coberturas identificadas, para lo cual, debido a la naturaleza de los registros, al aplicar test de normalidad y presentar que no registran esta tendencia en su distribución, se utilizó la prueba U de Mann-Whitney, con nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados

Se registraron un total de 98 vertebrados silvestre atropellados en 12 días de estudio, lo cual representa en promedio 8,16 animales atropellados por día, presentando como mínimo registro un vertebrado silvestre atropellado y máximo 33 especímenes de este grupo por día de estudio (Tabla 1).

PDF generado a partir de XML-JATS4R

Tabla 1

Registros de atropellamientos de fauna silvestre vertebrada en algunos tipos de carreteras en Centro y Suramérica. NA= Número de Atropellamientos; TA: Tasa total de atropellamientos (NA/Kilómetros de carretera recorridos); Promedio Ad = Promedio de atropellamientos por día (NA/Recorridos); Tipo= Tipo de carretera; Referencia= Referencias bibliográficas. COL= Colombia; CR= Costa Rica; MX= México.

Localidad	País	Km	NA	TA	Promedio Ad	Tipo	Referencia
Región Caribe Magdalena ViPIS	COL	45,27	131	0,1608	7,27	Primaria	Adarraga y Gutiérrez, 2010
Región Caribe Magdalena, Tayrona	COL	35	77	0,1246	4,27	Primaria	Adarraga y Gutiérrez, 2010
Región Caribe Sucre	COL	99,3	621	0,065	6,46	Primaria / Secundaria	De la Ossa y De la Ossa, 2013
Región Andina Cauca, Popayán-Patía	COL	92	894	0,194	17,88	Primaria / Secundaria	Castillo et al. 2015
Región Andina Antioquía, Valle de Aburrá	COL	17,18	268	0,918	15,76	Primaria / Secundaria	Bedoya et al. 2018
Orinoquía Meta, Puerto López	COL	79,4	122	0,043	3,38	Primaria / Secundaria	Astwood-R. et al. 2018
Orinoquía Meta, Vereda Cherepo	COL	27,9	19	0,02	0,55	Primaria / Secundaria	Astwood-R. et al. 2018
Orinoquía Meta, Granada	COL	75,5	63	0,023	1,75	Primaria / Secundaria	Astwood-R. et al. 2018

https://www.doi.org/10.5281/zenodo.6723104

Los registros de fauna atropellada corresponden a tres clases de vertebrados, representados por 6 ordenes; 12 familias y 19 géneros, en relación a las especies, solo se logró tener certeza de 21 especies, presentándose 5 registros, los cuales, debido a su estado, fue imposible determinar hasta este taxón (Tabla 1). La clase vertebrada con mayor representación, por sus registros de atropellamiento y riqueza de especies, fue la clase *Sauropsida-Reptilia*, seguida respectivamente por las clases *Amphibia. Mammalia* y Aves (Tabla 2).

Tabla 2

Ocurrencia de atropellamiento de especies de vertebrados silvestres en un tramo de 6 Km de carretera municipal, Dibulla, La Guajira, Colombia. R= Recorridos.

	2018					2019							
	R01	R02	R03	R04	R05	R06	R07	R08	R09	R10	R11	R12	Total
Clase: Mammalia													8
Rhynchonycteris naso	1		1	1									3
Didelphis marsupialis		1				1	1		1				4
Proechimys sp.				1									1
Clase: Aves													2
Nyctidromus albicollis	2												2
Clase: Sauropsida													45
Leptodeira annulata	2		3	2	2		1			1			11
Thamnodynastes paraguanae	2		2	1	1	1			2		1		10
Thamnodynastes sp.				2	1								3
Erythrolamprus melanotus	1												1
Lygophis lineatus		1	2		1	1	1	1					7
Helicops danieli				1									1
Tantilla melanocephala												1	1
Oxybelis aeneus			1										1
Phimophis guianensis	1												1
Clelia clelia				2									2
Liotyphlops sp.				1	1								2
Porthidium lansbergii				1	1								2
Anolis auratus				3									3
Clase: Amphibia													43
Leptodactylus fragilis		1		3	1								5
Leptodactylus fuscus		1			1		1						3

https://www.doi.org/10.5281/zenodo.6723159

La tasa de atropellamiento diaria, se registró entre 0,17 y 0,83 individuos por kilómetro recorrido, mientras que la tasa total de atropellamiento, se registró entre 0,014 y 0,167 individuos por kilómetro recorrido (Tabla 2). En relación a las clases vertebradas, se registró la clase Sauropsida (0,62 individuos por Kilometro), como la más representativa por los registros de atropellamiento (Tabla 3).

Tabla 3

Tasa de atropellamiento de especies de vertebrados silvestres en un tramo de 6 Km de carretera municipal, Dibulla, La Guajira, Colombia. R= Recorridos; TA= Tasa de atropellamiento total; Tda= Tasa de atropellamiento por día de recorrido.

	2018					2019							
	R01	R02	R03	R04	R05	R06	R07	R08	R09	R10	R11	R12	TA
Clase: Mammalia													0,111
Rhynchonycteris naso	0,17		0,17	0,17									0,042
Didelphis marsupialis		0,17				0,17	0,17		0,17				0,056
Proechimys sp.				0,17									0,014
Clase: Aves													0,028
Nyctidromus albicollis	0,33												0,028
Clase: Sauropsida													0,625
Leptodeira annulata	0,33		0,50	0,33	0,33		0,17			0,17			0,153
Thamnodynastes paraguanae	0,33		0,33	0,17	0,17	0,17			0,33		0,17		0,139
Thamnodynastes sp.				0,33	0,17								0,042
Erythrolamprus melanotus	0,17												0,014
Lygophis lineatus		0,17	0,33		0,17	0,17	0,17	0,17					0,097
Helicops danieli				0,17									0,014
Tantilla melanocephala												0,17	0,014
Oxybelis aeneus			0,17										0,014
Phimophis guianensis	0,17												0,014
Clelia clelia				0,33									0,028
Liotyphlops sp.				0,17	0,17								0,028
Porthidium lansbergii				0,17	0,17								0,028
Anolis auratus				0,50									0,042
Clase: Amphibia													0,597
Leptodactylus fragilis		0,17		0,50	0,17								0,069
Leptodactylus fuscus		0,17			0,17		0,17						0,042
Leptodactylus sp				0,33	0,33		0,17						0,069
Rhinella horribilis			0,17	0,33								0,17	0,056
Rhinella humboldti		0,17		0,33	0,17	0,33	0,17						0,098
Rhinella sp				0,17									0,014
Boana rosenbergi				0,17	0,17								0,028

PDF generado a partir de XML-JATS4R

https://www.doi.org/10.5281/zenodo.6723190

Se registraron cinco especies como representativas por sus aportes en abundancias, a los registros de atropellamiento de vertebrados, estas representan cerca del 50% de los registros de atropellamiento. Se destaca que las serpientes son el grupo con mayor frecuencia de atropellamiento, sus registros corresponden al 42,86% de la fauna atropellada (Tabla 4).

Los Reptiles son el grupo con mayor registro de atropellamientos, en este, la especie *Leptodeira annulata*, es la especie con mayores registros de atropellamientos durante el estudio, en relación a los géneros, el género *Boana* aporta el 18,37% de los registros de atropellamientos, siendo el género con mayor número de registros de este tipo durante el estudio (Figura 2).

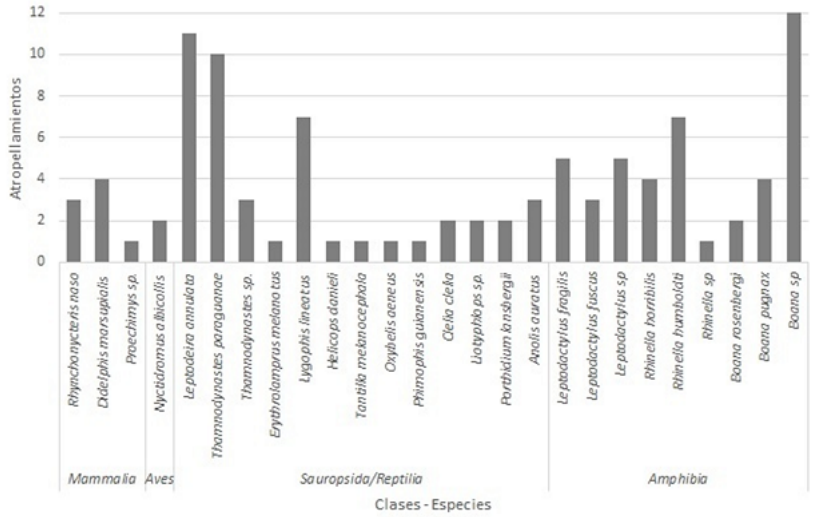

Figura 2

Registros de atropellamientos de fauna silvestre vertebrada, tramo de carretera municipal (Casa Aluminio – Dibulla), Dibulla, La Guajira, Colombia.

https://www.doi.org/10.5281/zenodo.6723221

Las coberturas relacionadas a los sectores de carretera, donde se registraron atropellamiento de vertebrados silvestre, presentaron diferentes registros, siendo los sectores relacionados a las coberturas de Bosque fragmentado y Pastos, los que registraron mayor ocurrencia de atropellamientos, mientras que los sectores relacionados a las coberturas de cultivos permanentes y terrenos artificializados, registraron los menores registros de atropellamiento de vertebrados (Tabla 4).

PDF generado a partir de XML-JATS4R

Tabla 4

Ocurrencia de atropellamiento de especies de vertebrados silvestres en un tramo de carretera municipal, Dibulla, La Guajira, Colombia. Ar= Abundancia relativa (ni/N).

	Bosque fragmentado	Cultivos permanentes	Áreas agrícolas heterogéneas	Pastos	Territorios artificializados	Ar
Clase: Mammalia						
Rhynchonycteris naso	1	0	0	1	1	3,06
Didelphis marsupialis	2	0	1	1	0	4,08
Proechimys sp.	0	0	1	0	0	1,02
Clase: Aves						
Nyctidromus albicollis	2	0	0	0	0	2,04
Clase: Sauropsida						
Leptodeira annulata	4	0	3	4	0	*11,22
Thamnodynastes paraguanae	6	0	1	3	0	*10,20
Thamnodynastes sp.	2	0	1	0	0	3,06
Erythrolamprus melanotus	1	0	0	0	0	1,02
Lygophis lineatus	4	1	0	2	0	*7,14
Helicops danieli	0	0	0	1	0	1,02
Tantilla melanocephala	1	0	0	0	0	1,02
Oxybelis aeneus	0	0	0	1	0	1,02
Phimophis guianensis	0	0	0	0	1	1,02
Clelia clelia	0	0	1	0	1	2,04
Liotyphlops sp.	1	0	0	1	0	2,04
Porthidium lansbergii	2	0	0	0	0	2,04
Anolis auratus	0	0	0	1	2	3,06
Clase: Amphibia						
Leptodactylus fragilis	1	1	0	3	0	5,10
Leptodactylus fuscus	0	0	0	3	0	3,06
Leptodactylus sp	3	0	1	1	0	5,10
Rhinella horribilis	2	0	0	2	0	4,08
Rhinella						

https://www.doi.org/10.5281/zenodo.6723243

PDF generado a partir de XML-JATS4R

Los atropellamientos de fauna silvestre vertebrada, registraron diferencias significativas ($p<0.05$), entre los pares de coberturas de alta y baja ocurrencia de atropellamientos. Mientras, que las diferencias entre medianas de los tramos de carretera relacionados a coberturas con alta ocurrencia de atropellamientos (Bosque fragmentado – Pastos) o baja ocurrencia de atropellamientos (Cultivos permanentes – Áreas agrícolas heterogéneas; Cultivos permanentes - Territorios artificializados; Áreas agrícolas heterogéneas - Territorios artificializados), no registran diferencias significativas entre sus medianas ($p>0.05$), resultados que suponen una relación entre el atropellamiento de vertebrados silvestres y el tipo de cobertura colindante a la carretera (Tabla 5).

Tabla 5

Análisis de atropellamientos de vertebrados por coberturas de la tierra en un tramo de carretera municipal, Dibulla, La Guajira, Colombia. * Valores de diferencia entre las medianas que no son estadísticamente significativas.

Cobertura 1	Cobertura 2	N	Mediana Rango	Mann-Withney U	P-valor
Bosque fragmentado	Cultivos permanentes	Cob. 1= 26 Cob. 2= 26	Cob. 1= 17,5 Cob. 2= 9	117	0,0001
	Áreas agrícolas heterogéneas	Cob. 1= 26 Cob. 2= 26	Cob. 1= 16,558 Cob. 2=9,9423	166	0,0009
	Pastos	Cob. 1= 26 Cob. 2= 26	Cob. 1= 14,577 Cob. 2= 11,923	269	*0,1991
	Territorios artificializados	Cob. 1= 26 Cob. 2= 26	Cob. 1= 16,894 Cob. 2= 9,6058	148,5	0,0002
	Áreas agrícolas heterogéneas	Cob. 1= 26 Cob. 2= 26	Cob. 1= 11,731 Cob. 2= 14,769	259	*0,0608
Cultivos	Pastos	Cob. 1= 26	Cob. 1= 9,8654	162	0,0004

https://www.doi.org/10.5281/zenodo.6723263

En relación con los rasgos funcionales de las especies con registros de atropellamiento durante el estudio, se observó que el estrato de uso terrestre es el de mayor representatividad en los atropellamientos, correspondiendo principalmente con especies que registran desplazamiento reptante sobre este estrato (Tabla 6).

PDF generado a partir de XML-JATS4R

Tabla 6

Rasgos funcionales y estado de conservación de las especies de vertebrados atropellados en un tramo de carretera municipal, Dibulla, La Guajira, Colombia.

Especie	Hábitos	A	Dieta	D	CITES	MADS	UICN
Rhynchonycteris naso (Wied-Neuwied, 1820)	Ae	N	Iv G In	V	NL	NL	LC
Didelphis marsupialis (Linnaeus, 1758)	T; A; SA	N	Iv V P Cr G	C	NL	NL	LC
Proechimys cf. canicollis (J.A. Allen, 1899)	T	N	Iv V G	C; B	NL	NL	LC
Nyctidromus albicollis (Gmelis, 1789)	T	N	Iv G	B; V	NL	NL	LC
Anolis auratus (Daudin, 1802)	T; SA	D	Iv G	C; B	NL	NL	LC
Liotyphlops cf. albirostris (Peters, 1857)	T; F	N	Iv E f i	R	NL	NL	LC
Clelia clelia (Daudin, 1803)	T	DN	V G	R	NL	NL	III
Erythrolamprus melanotus (Shaw, 1802)	T; F	D	V G	R	NL	NL	LC
Helicops danieli (Amaral, 1938)	T; Ac	D	V E Pc An	R Na	NL	NL	LC
Leptodeira annulata (Linnaeus, 1758)	T	N	V E An	R	NL	NL	LC
Lygophis lineatus (Linnaeus, 1758)	T; F	D	V G	R	NL	NL	LC
Oxybelis aeneus (Wagler, 1824)	SA; A	D	V G	R	NL	NL	LC
Phimophis guianensis (Troschel, 1848)	T; F	N	V G	R	NL	NL	LC
Thamnodynastes paraguanae Linnaeus, 1758	T; SA	N	An R	R	NL	NL	LC
Porthidium lansbergii (Daudin, 1802)	T; SA	N	V G	R	NL	NL	LC
Rhinella horribilis (Wiegmann, 1833)	T	N	V IV G	B	NL	NL	LC
Rhinella humboldti (Spix, 1824)	T; F	N	Iv Ar G	B	NL	NL	LC
Leptodactylus fragilis (Schneider, 1799)	T	N	Iv Ar G	S; E	NL	NL	LC

https://www.doi.org/10.5281/zenodo.6723315

Rasgos funcionales: Hábitos (Hab)= T: Terrestre; F: Fosorial; SA: Semiarborícola; A: Arborícola; Ac: Acuática; Actividad Ae: Aéreo (A)= D: Diurna; N: Nocturna; Desplazamiento (D)= B: Brincador; Ca: Caminador; E: Excavador – Minador; Na: Nadador; S: Saltador; R: Reptador; V: Volador Dieta= Iv: Invertebrados; V: Vertebrados; Cñ: Carroña; P: Material vegetal, hojas, frutos, semillas; Ar: Artrópodos; G: Generalista; E: Especialista; f: Formicidae; i: Isóptera; An: Anfibios; Rp: Reptiles; Mm: Mamíferos; Av: Aves; Pc: Peces. CITES= I: Apéndice I; II: Apéndice II; III: Apéndice III; NL: No listado; Categorías de amenaza (MADS - Ministerio de ambiente y desarrollo

sostenible; UICN – Unión internacional para la conservación de la naturaleza) = LC: Preocupación menor; VU: Vulnerable; EN: En Peligro; CR: Critico.

DISCUSIÓN

Tasas de atropellamiento de fauna silvestre vertebrada

Se encontró que el promedio de atropellamientos de vertebrados silvestres (8,16 individuos/kilometro día), registrado en el tramo de carretera Troncal del Caribe (Ruta 90) – cabecera municipal de Dibulla, es superior al registrado en referentes de estudio similares (IDEAM, 2010; De la Ossa-Nadjar & De la Ossa, 2013; De La Ossa & Galván-Guevara, 2015; Astwood-R. et al., 2018; Adárraga-Caballero & Gutiérrez-Moreno, 2019). Asimismo, las tasas de atropellamiento total, registradas en el estudio actual (1,36 individuos/Kilómetro recorrido), son superiores en relación a otros estudios desarrollados en carreteras primarias y secundarias que presentan mayor extensión y flujo vehicular (Rojas, 2011; De la Ossa-Nadjar & De la Ossa, 2013; Castillo-R. et al., 2015; De La Ossa & Galván-Guevara, 2015; Monroy et al., 2015; Astwood-R. et al., 2018; Bedoya-V. et al., 2018; Adárraga-Caballero & Gutiérrez-Moreno, 2019).

En relación con lo comentado anteriormente, las diferencias en metodologías de estudio, en la escala, en disponibilidad de recursos, en las regiones y condiciones geográficas, en la velocidad de muestreo, en la forma de desplazamiento, entre otras, producen que los registros obtenidos, sean diferentes en relación a los escenarios y condiciones de estudio (De la Ossa et al., 2015). Estas situaciones, ameritan un diseño de muestreo estándar, sobre los atropellamientos de fauna silvestre, los cuales favorezcan la toma e interpretación de los registros, para estimar el impacto de los diferentes tipos de carreteras sobre la biota, así como, de proveer herramientas que justifiquen la intervención de las carreteras, en la construcción de elementos que favorezcan el tránsito de la fauna silvestre de forma segura, en puntos de conflicto para el desplazamiento o conectividad de la biota en general (Van der Ree et al., 2011).

En relación a las tasas de atropellamiento por especies, se registró, que los valores obtenidos en el estudio actual, son superiores a los registrados en otros estudios de referencia (Rojas, 2011; De la Ossa-Nadjar & De la Ossa, 2013; Castillo-R. et al., 2015; De La Ossa & Galván-Guevara, 2015; Monroy et al., 2015; Astwood-R. et al., 2018; Bedoya-V. et al., 2018; Adárraga-Caballero & Gutiérrez-Moreno, 2019). Este resultado puede relacionarse a los efectos del muestreo anteriormente mencionados, aunque de igual manera, se debe considerar la relación de atributos de la biodiversidad y aspectos ecológicos, de las especies presentes en las localidades de estudio, como movilidad, respuesta a la estacionalidad climática, forrajeo, entre otros elementos y/o factores, con escasa información en estudios de este tipo, los cuales pueden considerarse condicionantes de las ocurrencias de atropellamientos.

La carretera, puede ser considerado para un vertebrado una barrera física (Sanz, 2001; De la Ossa et al., 2015), o un elemento más ofertado por el paisaje (Acuña-Vargas, 2016). El tránsito vehicular es otro elemento en la problemática, carreteras secundarias, como la del estudio actual, tienen límites de velocidad menores a los registrados para carreteras primarias, aun así, las tasas

de atropellamiento son superiores en estas, en relación a carreteras primarias (Grosselet, et al. 2008; Rojas, 2011; De La Ossa & Galván-Guevara, 2015).

A modo de hipótesis, tal vez uno de los elementos que debe considerarse como primordial en el estudio de los atropellamientos de fauna silvestre, es el tránsito de vehículos. Consideremos que la frecuencia de tránsito de vehículos sobre las carreteras secundarias sea "menor" en relación a las vías primarias. Esta condición de menor uso, puede sea uno de los aspectos que influye en las tasas de atropellamiento, debido a que puede ofertar a la fauna tolerante a la antropización y transformación del entorno un escenario "seguro", con escasa presencia del hombre, esta condición, asimismo, puede explicar los registros de atropellamiento principalmente relacionados a la noche en vías primarias o secundarias y a tramos de carretera poco transitados.

Riqueza y abundancia de vertebrados

Se registraron 98 vertebrados silvestre atropellados, los cuales representaron aproximadamente 21 especies, las cuales en su mayoría son especies frecuentes en estudios sobre atropellamientos de fauna en zonas tropicales (Rojas, 2011; De la Ossa-Nadjar & De la Ossa, 2013; De La Ossa & Galván-Guevara, 2015; Monroy et al., 2015; Castillo-R. et al., 2015; Astwood-R. et al., 2018; Bedoya-V. et al., 2018; Adárraga-Caballero & Gutiérrez-Moreno, 2019). Similar a lo registrado en otros estudios desarrollados en la región Caribe de Colombia, los grupos biológicos que registraron mayor representación en atropellamientos de vertebrados, fueron los Anfibios y Reptiles (Vargas-Salinas et al., 2011; De la Ossa-Nadjar & De la Ossa, 2013; Seijas, et al. 2013; Castillo-R. et al., 2015; Monroy et al., 2015; Astwood-R. et al., 2018; Adárraga-Caballero & Gutiérrez-Moreno, 2019).

En sentido de lo anterior, estos grupos biológicos parecen soportar sus registros de atropellamientos en relación a aspectos fisiológicos y comportamentales, como la termorregulación, el forrajeo y las migraciones locales, en búsqueda de hábitat estratégicos para su desarrollo y sustento, aspectos que condicionan la dinámica espacio temporal de la mayoría de estas especies, pero que no pueden identificarse como una causa generalizada o específica para la accidentalidad de fauna en carreteras (Carr et al., 2002; Quintero-Ángel et al., 2012; Vitt & Caldwell, 2013).

Los reptiles, parecen ser el grupo con mayor afectación por atropellamientos, esta alta frecuencia en listados de atropellamiento en zonas tropicales, parece relacionarse principalmente a aspectos de la fisiología y el comportamiento como la termorregulación, como lo describe diferentes autores (Quintero-Ángel et al., 2012; Vitt & Caldwell, 2013).

Los registros de atropellamiento de fauna silvestre vertebrada, guardaron relación estrecha con otros referentes de estudio desarrollados en la región Caribe (De la Ossa-Nadjar & De la Ossa, 2013; De La Ossa & Galván-Guevara, 2015; Monroy et al., 2015; Adárraga-Caballero & Gutiérrez-Moreno, 2019).

Las serpientes son uno de los grupos representativos y frecuentes en estudios de atropellamiento de fauna silvestre (Vargas-Salinas et al., 2011; Quintero-Ángel et al., 2012; Seijas et al., 2013; Monroy et al., 2015; Monge-Nájera, 2018), algunos autores presentan las carreteras como una de las causas reconocidas de amenaza para la conservación de las serpientes (MacKinnon et al., 2005; Lynch, 2012). De

igual manera, se ha registrado que las especies de serpientes registran en la mayoría de estudios tropicales, los más altos valores en las tasas de atropellamiento (Quintero-Ángel et al., 2012; Seijas et al., 2013), desconociéndose una causa especifica que sustente esta condición (Quintero-Ángel et al., 2012).

Se destaca que los registros de atropellamiento del estudio actual y algunos otros de referencia (Rojas, 2011; De la Ossa-Nadjar & De la Ossa, 2013; Monroy et al., 2015; Castillo-R. et al., 2015; De La Ossa & Galván-Guevara, 2015; Astwood-R. et al., 2018; Bedoya-V. et al., 2018; Adárraga-Caballero & Gutiérrez-Moreno, 2019), registran en sus listados de ocurrencia de los atropellamientos, a especies que suelen ser generalistas y tolerantes a la intervención y transformación antropogénica del entorno. Asimismo, que estas especies listadas, suelen en su mayoría, compartirse entre diferentes referentes de estudio, lo que puede sugerir que algunas especies de vertebrados sean más sensibles a los atropellamientos en carreteras que otras, debido a su nivel de tolerancia y uso de estas, como hábitats estratégicos (Quintero-Ángel et al., 2012; Vitt & Caldwell, 2013; Acuña-Vargas, 2016).

Implicaciones para la conservación

Las especies de vertebrados silvestres, con desplazamiento terrestre, son las especies que se registran como más vulnerables a los atropellamientos (Rojas, 2011; De la Ossa-Nadjar & De la Ossa, 2013; De La Ossa & Galván-Guevara, 2015; Castillo-R. et al., 2015; Monroy et al., 2015; Astwood-R. et al., 2018; Bedoya-V. et al., 2018; Adárraga-Caballero & Gutiérrez-Moreno, 2019), esto es principalmente relacionado al tipo de desplazamiento sobre el terreno.

Especies como *Tamandua mexicana, Cerdocyon thous, Conepatus semistriatus, Procyon cancrivorus, Caiman crocodilus, Boa constrictor*, entre otros, los cuales, aunque no fueron registradas en el estudio actual, y especies como *Didelphis marsupialis, Leptodeira annulata*, entre otros, representan en conjunto, tal vez, los vertebrados silvestres listados con mayor frecuencia en estudios de atropellamiento, colisión y/o accidentalidad y muerte en carreteras (Rojas, 2011; De la Ossa-Nadjar & De la Ossa, 2013; Castillo-R. et al., 2015; Monroy et al., 2015; De La Ossa & Galván-Guevara, 2015; Astwood-R. et al., 2018; Bedoya-V. et al., 2018; Adárraga-Caballero & Gutiérrez-Moreno, 2019). Estas especies, necesitan de un mayor seguimiento, debido a que sus altas o bajas tasas de accidentalidad, pueden ser un indicador de condiciones o aspectos de sus poblaciones, necesarios de evaluar para determinar su estado.

En otro enfoque, existen escasos referentes que aborden la temática de medidas de manejo para las carreteras y la disminución de atropellamientos de fauna silvestre (Sanz, 2001; Carr et al., 2002; Van der Ree et al., 2011; Monge-Nájera, 2018), siendo una necesidad, debido a que avanzan grandes proyectos viales en Colombia, los cuales pueden ser un cambio en este sentido, en la medida que se contemplen medidas que permitan la mitigación de esta problemática.

Para finalizar, los registros de atropellamientos de fauna silvestre vertebrada, son una muestra de tangible de las afectaciones de la biodiversidad producto de la transformación antropogénica. Es necesario incrementar los estudios en esta temática, pero de manera primordial, es necesaria la unificación de criterios para la medición e interpretación de los registros de accidentalidad y muerte de fauna

silvestre en carreteras de Colombia, buscando un método estándar para el análisis e interpretación de los estudios.

Los diferentes tipos de carreteras ejercen presiones diferentes sobre la biodiversidad, es necesario identificar cuáles son estas, identificar las variables que influyen directamente en el incremento de los atropellamientos de fauna y desde allí crear las medidas que favorezcan la conservación de la vida silvestre y la coexistencia con esta.

Agradecimientos

Los autores extienden sus agradecimientos en primer lugar a su Alma mater, la Universidad de La Guajira, por su apoyo económico y logístico en este tipo de iniciativas de investigación. Al grupo de investigación EBET, por su apoyo permanente de manera logística y motivacional, a la Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas, Laboratorio de Ciencias Biológicas y su iniciativa de colecciones biológicas, por su ayuda en la determinación de material biológico..

Este trabajo hace parte del proyecto Biodiversidad a fragmentos de Bosque seco tropical y diferentes coberturas de la tierra antropogénicas, en desarrollo en el departamento de La Guajira, Colombia, proyecto apoyado y financiado por la Universidad de La Guajira.

Los autores manifiestan no poseer conflicto de intereses de ningún tipo.

LITERATURA CITADA

Acuña-Vargas, J. C. (2016). Anfibios y Reptiles asociados a cinco coberturas de la tierra, municipio de Dibulla, La Guajira, Colombia. Acta zoológica mexicana, 32(2): 133-146. https://acortar.link/DuLjjJ

Adárraga-Caballero, M. A. & Gutiérrez-Moreno, L. C. (2019). Mortalidad de vertebrados silvestres en la carretera Troncal del Caribe, Magdalena, Colombia. Biota colombiana, 20(1), 106-119. https://doi.org/10.21068/c2019.v20n01a07

Astwood-R, J. A., Reyes-D, M. C., Rincón-A, M. T., Pachón-G, J., Eslava-M, P. R. & Parra-S, C. A. (2018). Mortalidad de reptiles en carreteras del piedemonte de los llanos orientales colombianos/Reptile mortality on roads in the colombian eastern llanos foothill. Caldasia, 40(2), 321-334. https://www.jstor.org/stable/26553141

Bedoya-V., M. M., Arias-Alzate, A. & Delgado-V, C. A. (2018). Atropellamientos de fauna silvestre en la red vial urbana de cinco ciudades del Valle de Aburrá (Antioquia, Colombia)/Roadkills in the urban road network of five cities in the Aburrá valley (Antioquia, Colombia). Caldasia, 40(2), 335-348. https://www.jstor.org/stable/26553142

Carr, L. W., Fahrig, L. & Pope, S. E. (2002). Impacts of landscape transformation by roads. En Gutzwiller K. (Ed.), *Applying landscape ecology in biological conservation* (pp. 225-243). Springer.

Carvalho, C. F., Custódio, A. E. I. & Junior, O. M. (2015). Wild vertebrates roadkill aggregations on the BR-050 highway, state of Minas Gerais, Brazil. Bioscience Journal, 31(3). https://doi.org/10.14393/BJ-v31n3a2015-27468

Castillo-R, J. C., Urmendez-M, D. & Zambrano-G, G. (2015). Mortalidad de fauna por atropello Vehicular en un sector de la Vía Panamericana entre Popayán y Patía. Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural,

19(2), 207-219. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-30682015000200012&script=sci_abstract&tlng=en

De La Ossa V., J. & Galván-Guevara, S. (2015). Registro de mortalidad de fauna silvestre por colisión vehicular en la carretera Toluviejo–ciénaga La Caimanera, Sucre, Colombia. Biota Colombiana, 16(1), 67-77. https://www.redalyc.org/pdf/491/49142418007.pdf

De la Ossa V., J., De la Ossa-Nadjar, O. & Medina-Bohórquez, E. (2015). Atropellamiento de fauna silvestre. Revista Colombiana de Ciencia Animal, 7(1), 109-116. https://doi.org/10.24188/recia.v7.n1.2015.430

De la Ossa-Nadjar, O. & De la Ossa V., J. (2013). Fauna silvestre atropellada en dos vías principales que rodean los Montes de María, Sucre, Colombia. Revista Colombiana de Ciencia Animal, 5(1), 158-164. https://doi.org/10.24188/recia.v5.n1.2013.481

Freitas, S. R., Sousa, C. O., & Bueno, C. (2013). Effects of landscape characteristics on roadkill of mammals, birds and reptiles in a highway crossing the Atlantic Forest in southeastern Brazil. En *International Conference on Ecology and Transportation* (ICOET 2013). ICOET.

Grosselet, M., Villa-Bonilla, B. & Ruiz-Michael, G. (2008). Afectaciones a vertebrados por vehículos automotores en 1.2 km de carretera en el istmo de Tehuantepec. En Rich, T. D., Arizmendi, D., Demarest, D. W. & Thompson C. (Eds.), *Proceedings of the Fourth International Partners in Flight Conference: Tundra to Tropic* (pp. 1-5). McAllen.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, (2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000*. Scripto LTDA.

Lynch, J. D. (2012). El contexto de las serpientes de Colombia con un análisis de las amenazas en contra de su conservación. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 36(140), 435-449. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-39082012000300009

MacKinnon, C. A., Moore, L. A., Brooks, R. J., Nelson, G., Nudds, T., Beveridge, M. & Dempster, B. (2005). Why did the reptile cross the road? Landscape factors associated with road mortality of snakes and turtles in the South Eastern Georgian Bay area. En Nelson G. et al. (Eds), *Proceedings of the Parks Research Forum of Ontario (PRFO) and Carolinian Canada Coalition (CCC) Annual General Meeting* (pp. 153-166).

Ministerio de transporte de Colombia. (2020, diciembre 01). Gobierno Nacional sigue transformando la infraestructura vial del país: Conpes aprueba financiación de 22 proyectos de Compromiso por Colombia. Consultado Julio 30, 2021, en: https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/9229/gobierno-nacional-sigue-transformando-la-infraestructura-vial-del-pais-conpes-aprueba-financiacion-de-22-proyectos-de-compromiso-por-colombia/

Monge-Nájera, J. (2018). Road kills in tropical ecosystems: a review with recommendations for mitigation and for new research. Revista de biología tropical, 66(2), 722-738. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442018000200722&script=sci_arttext

Monroy, M. C., De La Ossa-Lacayo, A. & De La Ossa V., J. (2015). Tasa de atropellamiento de fauna silvestre en la vía San Onofre–María la baja, Caribe Colombiano. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas, 1(27), 88-95. https://www.revistaaccb.org/r/index.php/accb/article/view/106

PDF generado a partir de XML-JATS4R

Morales-Martínez, D. M., López-Arévalo, H. F., & Montenegro-Díaz, O. L. (2020). Los ensamblajes de murciélagos de la serranía de la Lindosa son diversos y heterogéneos/the bat assemblages of the serranía de la Lindosa are diverse and heterogeneous. Acta Biológica Colombiana, 25(3). https://www.proquest.com/docview/2393016679?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true

Mosquera Laverde, W. & Vásquez Bernal, O. (2015). Herramientas de gestión ambiental para las carreteras de cuarta generación (4G) en Colombia. Publicaciones e Investigación, 9: 87-98. https://doi.org/10.22490/25394088.1436

Quintero-Ángel, A., Osorio-Dominguez, D., Vargas-Salinas, F. & Saavedra-Rodríguez, C. A. (2012). Roadkill rate of snakes in a disturbed landscape of Central Andes of Colombia. Herpetology Notes: 5, 99-105.

Rojas Chacón, E., (2011). Atropello de vertebrados en una carretera secundaria en Costa Rica. UNED Research Journal, 3(1), 81-84. https://revistas.uned.ac.cr/index.php/cuadernos/article/view/209

Sanz L., (2001). Landscape integration of freeways: how does it affect road kill rates?. En Irwin CL, Garrett P. & McDermott (Eds.), *Proceedings of the 2001 International Conference on Ecology and Transportation* (pp. 522 – 528). ICOET.

Seijas, A. E., Araujo-Quintero, A. & Velásquez, N. (2013). Mortalidad de vertebrados en la carretera Guanare-Guanarito, estado Portuguesa, Venezuela. Revista de Biología Tropical, 61(4), 1619-1636. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442013000500007

Van der Ree, R., J. A. G. Jaeger., E. A. van der Grift & Clevenger, A. P., (2011). Effects of roads and traffic on wildlife populations and landscape function: road ecology is moving toward larger scales. Ecology and society, 16(1),48. https://www.jstor.org/stable/26268822

Vargas-Salinas, F., Delgado-Ospina, I. & López-Aranda, F. (2011). Mortalidad por Atropello Vehicular y Distribución de Anfibios y Reptiles en un Bosque Subandino en el Occidente de Colombia/Amphibians and reptiles killed by motor vehicles in a Sub-Andean forest in western Colombia. Caldasia: 121-138. https://www.jstor.org/stable/23642066

Vitt, L. J. & Caldwell, J. P. (2013). *Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles*. Academic Press.