

**CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 21-450 (624 de 2021 ANH) ENTRE LA
AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS – ANH Y EL INSTITUTO DE
INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT -
INSTITUTO HUMBOLDT**

Producto 4. Informe con el análisis de diversidad de mamíferos, anfibios, reptiles, aves, colémbolos, himenópteros terrestres, lepidópteros diurnos, coleópteros escarabeidos y melolóntidos, e insectos estridulantes, ictiofauna, macrófitas, macroinvertebrados, perifiton, fitoplancton y zooplancton.



Noviembre de 2022



ATROPELLAMIENTOS

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	2
LISTA DE TABLAS	3
LISTA DE FIGURAS	4
Equipo de trabajo	6
Resumen	7
Introducción	8
Metodología	9
Área de estudio y diseño del muestreo	9
Búsqueda de cadáveres	11
Resultados	13
Comparación entre meses	20
Discusión	23
Conclusiones	25
Bibliografía	25

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Lista de especies y número de individuos de fauna silvestre atropellada en vías primarias, en vías del municipio de Puerto Wilches, Santander, a partir de muestreos entre noviembre de 2021 y abril de 2022. 14

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del trayecto No. 1 definido para la evaluación de los atropellamientos de fauna vertebrada.	10
Figura 2. Localización del trayecto No. 2 definido para la evaluación de los atropellamientos de fauna vertebrada.	11
Figura 3. Búsqueda de cadáveres y toma de datos a lo largo de las vías muestreadas entre noviembre de 2021 y abril de 2022 en el municipio de Puerto Wilches, Santander	11
Figura 4. Proporción de individuos vertebrados atropellados durante todo el muestreo (noviembre de 2021 a abril de 2022, cinco meses efectivos de muestreo) en vías del municipio de Puerto Wilches, Santander, diferenciando a nivel de clase.	13
Figura 5. Mapa de registros de fauna vertebrada atropellada entre noviembre de 2021 y abril de 2022 en el área de estudio, diferenciando por clase y señalado los centros poblados.	15
Figura 6. Número de eventos de fauna vertebrada atropellada diferenciando por tipo de cobertura al borde de la vía y clase.	16
Figura 7. Algunos eventos de especies de mamíferos que se encontraron en zonas con bosque en borde de vía	17
Figura 8. Algunos eventos de especies de reptiles que se encontraron en zonas con bosque en borde de vía	17
Figura 9. Algunos eventos de especies de aves y anfibios que se encontraron en zonas con bosque en borde de vía	18
Figura 10. Algunos eventos de especies de reptiles que se encontraron exclusivamente en zonas sin bosque en borde de vía	19
Figura 11. Algunos eventos de especies de mamíferos que se encontraron exclusivamente en zonas sin bosque en borde de vía	19
Figura 12. Algunos eventos de especies de aves que se encontraron exclusivamente en zonas sin bosque en borde de vía	20
Figura 13. Número de eventos de atropellamiento de fauna vertebrada por mes de muestreo	21
Figura 14. Número de eventos de atropellamiento de fauna vertebrada entre noviembre de 2021 y abril de 2022, diferenciando por tipo de hábitat	21
Figura 15. Proporción de individuos de fauna vertebrada atropellados cada mes de muestreo, diferenciando por clase.	2

Equipo de trabajo

Coordinador

Adriana Restrepo Isaza

Investigadores

Francisco Nieto

Laura Nattaly Tejeiro

Nicolás Corral

Sergio Vargas

Alejandra Niño

Oriana Ceballos

Ramón D. Ruíz

Resumen

El atropellamiento de fauna es un impacto creciente en las vías colombianas debido al desarrollo vial y el aumento de actividades productivas que implican mayor flujo vehicular. En este estudio, utilizando metodología estandarizada y recorridos de observación para reportar el atropellamiento de fauna, se monitorearon 115 km de vías primarias, secundarias y terciarias del municipio de Puerto Wilches, Santander, entre los meses de noviembre de 2021 y abril de 2022 (exceptuando febrero), sumando un esfuerzo de 10 días netos por mes y 50 días totales. Se encontraron 109 cadáveres en vías, siendo reptiles el grupo más representado en número de individuos y especies, seguido por mamíferos, aves y finalmente anfibios. La mayor parte de los reportes se realizó en vías pavimentadas de mayor velocidad, con un pico en el mes de diciembre. Este estudio aporta información relevante para entender la problemática de atropellamiento en el Magdalena Medio colombiano, en cuanto a grupos, especies y características en borde de vía que pueden incrementar el riesgo de atropellamiento, lo cual es clave para plantear medidas preventivas en las vías existentes y en las vías nuevas por construirse.

Introducción

Las carreteras son indispensables para el desarrollo y crecimiento de las sociedades humanas actuales, pero generan impactos negativos sobre la biodiversidad. Además de generar una causa de mortalidad de individuos, el desarrollo vial facilita el cambio en el uso del suelo, lo cual genera la pérdida y fragmentación de hábitats naturales, intensifica el deterioro del hábitat remanente por ruido y contaminación, y actúa como barrera para la conectividad ecológica, lo cual representa un detrimento de la biodiversidad a diferentes escalas, desde individuos, hasta poblaciones y comunidades (Beier et al. 2008, Forman et al. 2003, Scocciati 2001, Soanes et al. 2017).

El atropellamiento en carreteras es una de las principales causas de mortalidad de vertebrados a nivel mundial (Forman y Alexander 1998, Teixeira et al. 2013), pero la información sobre este impacto está poco documentado en varias regiones del mundo. En Colombia, aunque se cuenta con varios trabajos sobre el tema (e.g. De La Ossa-Nadjar y De La Ossa-V 2013, De La Ossa-V et al. 2015), la información es insuficiente para entender los impactos de los atropellamientos sobre la fauna silvestre del país según el grupo taxonómico y el ecosistema, lo cual limita el uso de esta información para generar estrategias que mitiguen la problemática de manera focalizada y eficiente, algo que podría contribuir directamente a la conservación de la biodiversidad (Jaramillo-Fayad et al. 2017).

De hecho, se ha demostrado que los atropellamientos no ocurren aleatoriamente (Clevenger et al. 2003, Teixeira 2011), variando según la especie, la época del año, las condiciones climáticas, el tipo de vegetación asociada a la vía, las características de la carretera, la velocidad de los carros (Bafaluy 2000, Pinowski 2005, De la Ossa 2015, Garriga et al. 2016), entre otros. Por ejemplo, según Jaramillo-Fayad et al. (2017), los grupos más afectados por el atropellamiento son los mamíferos (45%), seguido por las aves (32%), anfibios (15%) y reptiles (8%), pero esto puede ser el resultado de diferentes factores próximos y últimos, incluyendo la diversidad, la ecología y la detectabilidad o incluso el sesgo que se tiene en el foco taxonómico de los estudios.

En este sentido, muchas variables pueden interactuar y explicar patrones temporales y espaciales de los atropellamientos (Garriga et al 2016), pero justamente la complejidad de los sistemas de estudio, a la luz de los sesgos que se han tenido en la recopilación y análisis de información, hace necesario que se fortalezcan los estudios sistemáticos, especialmente para entender la problemática en biotas tan diversas y condiciones tan heterogéneas como las que se presentan en países como Colombia.

El estudio sistemático de los atropellamientos, por tanto, es importante para medir tanto el impacto que tiene la construcción de nuevas vías como la ejecución de proyectos que usen vías en funcionamiento (Bonnemasou et al. 2009, Bank et al. 2002). Esto permite diseñar mejores medidas de manejo para los impactos específicos según las condiciones particulares. Por ejemplo, la construcción de cercas y pasos subterráneos es una medida efectiva que logra reducir la mortalidad de fauna silvestre por atropellamiento (Dodd et al. 2004), pero esta medida podría ser ineficiente para todos los grupos taxonómicos o ecosistemas.

En este estudio se aporta al conocimiento sobre los atropellamientos de fauna a partir de datos recopilados sistemáticamente en vías primarias, secundarias y terciarias en el Magdalena Medio colombiano, una zona que incluye paisajes heterogéneos, alta diversidad biológica y condiciones que permiten evaluar diferentes condiciones que pueden afectar las tasas de atropellamientos.

Metodología

Área de estudio y diseño del muestreo

El área de estudio comprende vías primarias, secundarias y terciarias del municipio de Puerto Wilches, Santander, donde se ubicaron dos trayectos de 57 y 58 km, respectivamente, en alturas sobre el nivel del mar inferiores a 100 m, en el Magdalena Medio (riberas del río Magdalena). El primero de ellos atravesó cuatro centros poblados (comunidades humanas), incluyendo Km. 8, Km. 3 (El Pedral) y casco urbano de Puerto Wilches (Figura 1), además de los tramos entre poblaciones y algunas vías que comunican con las plataformas donde serían realizados los pilotos de Fracking.

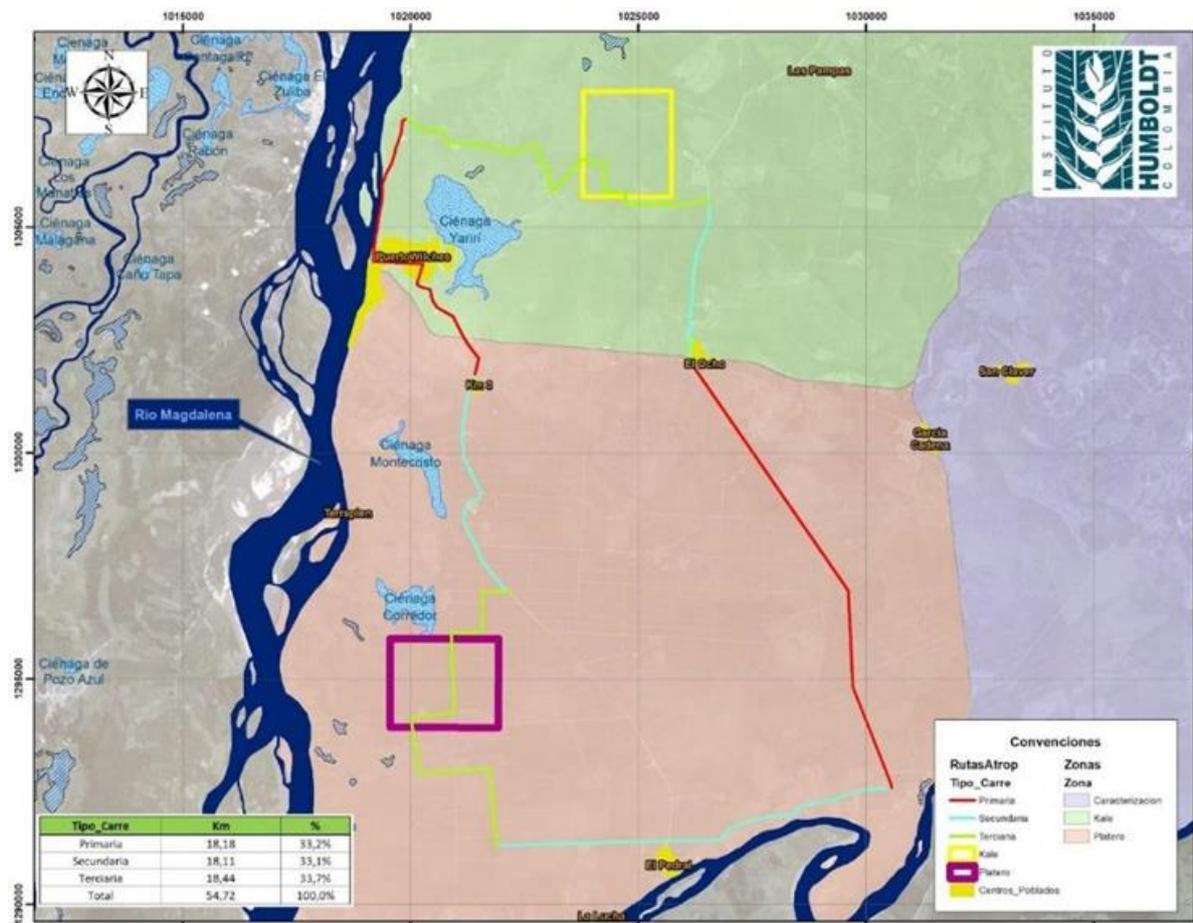


Figura 1. Localización del trayecto No. 1 definido para la evaluación de los atropellamientos de fauna vertebrada.

El segundo trayecto atravesó más centros poblados en el área de estudio: Km. 3, Km. 8 (El Pedral), García Cadena, Km. 16, Km 20, Brisas del Taladro, Taladro 2 y Puente Sogamoso (Figura 2).

Los recorridos diarios fueron realizados por dos observadores independientes simultáneamente, cada uno a un lado de la vía. Se movilizaron en una camioneta 4x4 manteniendo una velocidad máxima de 20 km/h, iniciando aproximadamente a las 6:00 am y terminando aproximadamente a las 10:00 am. Los observadores contaron en todo momento con equipo de seguridad vial que incluyó un cono, chalecos reflectivos y un palettero de PARE/SIGA.

Todos los individuos de fauna silvestre vertebrada atropellados que fueron observados en la vía durante los recorridos fueron fotografiados con una escala de referencia. Los datos colectados para cada evento fueron los siguientes:

- Fecha.
- Coordenadas geográficas.
- Tipo de cobertura vegetal al margen de la vía.
- Distancia de la vía (Km.).
- Ancho de la vía.
- Número de carriles.
- Velocidad indicada en la vía.
- Descripción del estado del individuo.
- Identificación del espécimen a la mejor resolución taxonómica posible.

Una vez recolectada la información requerida, el cadáver del animal se retiró de la vía para evitar recuentos. Los especímenes en buen estado que se consideraron de interés fueron colectados para su ingreso a la colección del IAVH, incluyendo una muestra de tejido.

Preparación de datos

La tabla de registros DarwinCore de atropellamientos fue construida a partir de la información proveniente de los formatos diligenciados en cada recorrido. En dicha base de datos está consignada una sección del evento de muestreo en la que está asociada un identificador único para cada punto, repetición y temporada de muestreo (event ID). Cada evento de muestreo está asociado a un esfuerzo (tiempo), fecha, hora, hábitat, temporada climática, coordenada, y localidad específica. Esta base de datos de eventos está asociada a otra tabla con información de cada registro obtenido u observado en cada evento, el cual contiene información del punto de muestreo, fecha, hora, frecuencia de muestreo y profundidad en bits.

Posteriormente, la tabla de registros DarwinCore fue sometida a evaluación por parte del equipo I2D del Instituto Humboldt para su validación y publicación como conjunto de datos http://i2d.humboldt.org.co/ceiba/resource.do?r=atropellamiento_anh_2022

Finalmente, para complementar la información de todos los registros realizamos una GDB en la cual incluimos información que no está consignada en las anteriores bases de datos y que está relacionada con información de categorías de amenaza de las especies a nivel nacional e internacional (CITES, IUCN y resolución de 1912), información sobre distribución, migración, veda, uso cultural de las especies, gremio trófico, abundancia relativa y abundancia absoluta.

Resultados

En los cinco meses de muestreo se encontraron un total de 109 cadáveres que incluyeron 17 anfibios, 38 reptiles, 16 aves, y 38 mamíferos (Figura 4, Anexo - Atropellamientos). Los reptiles fueron los más representados en la muestra no solo a nivel de individuos, sino a nivel taxonómico, con 14 especies silvestres (además de dos géneros diferentes a los representados en individuos que se identificaron hasta nivel de especie); mientras los mamíferos, aunque tuvieron el mismo número de individuos, sólo representaron siete especies en total, con cinco silvestres y dos domésticas (*Canis familiaris* y *Felis catus*). De hecho, las aves tuvieron más riqueza de especies involucrada en los hallazgos que los mamíferos, con nueve especies en total, ocho silvestres y una doméstica (*Gallus gallus domesticus*).

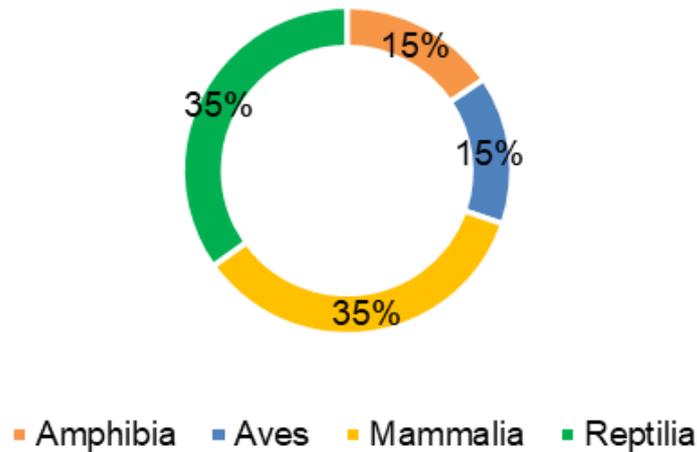


Figura 4. Proporción de individuos vertebrados atropellados durante todo el muestreo (noviembre de 2021 a abril de 2022, cinco meses efectivos de muestreo) en vías del municipio de Puerto Wilches, Santander, diferenciando a nivel de clase.

Aunque los anfibios fueron los de menor riqueza, con una sola especie (además de un individuo identificado hasta género, siendo del mismo género de la especie reportada), fue una especie de este grupo la que presentó más eventos: *Rhinella horribilis* (16) (además de un individuo identificado solo hasta género: *Rhinella* sp). A esta especie le siguieron el mamífero doméstico *Felis catus* (10) y el mamífero silvestre *Cerdocyon thous* (7), con las demás especies identificadas en el estudio presentando cinco o menos individuos (sólo considerando los identificados a este nivel taxonómico). Por ejemplo, las especies de aves con más registros fueron *Crotophaga ani* y *Milvago chimachima*, con cuatro individuos cada una, mientras las especies de reptiles con más registros fueron las serpientes *Imantodes cenchoa* y *Bothrops asper*, con cinco y cuatro individuos respectivamente, además de seis

individuos, también de serpientes, asociados a la familia Colubridae (seis registros en total). En la Tabla 1 se presenta la lista completa de reportes de atropellamiento.

Tabla 1. Lista de especies y número de individuos de fauna silvestre atropellada en vías primarias, en vías del municipio de Puerto Wilches, Santander, a partir de muestreos entre noviembre de 2021 y abril de 2022.

Clase	Orden	Familia	Género	Especie	No. eventos
Amphibia	Anura	Bufo	Rhinella	<i>Rhinella sp</i>	1
Amphibia	Anura	Bufo	Rhinella	<i>Rhinella horribilis</i>	16
Reptilia	Squamata	Amphisbaenidae	Amphisbaena	<i>Amphisbaena fuliginosa</i>	1
Reptilia	Squamata	Viperidae	Bothrops	<i>Bothrops asper</i>	4
Reptilia	Squamata	Colubridae	Chironius	<i>Chironius spixii</i>	1
Reptilia	Squamata	Colubridae	Desconocido	Desconocida	6
Reptilia	Squamata	Colubridae	Erythrolamprus	<i>Erythrolamprus</i>	2
Reptilia	Squamata	Colubridae	Erythrolamprus	<i>Erythrolamprus melanotus</i>	2
Reptilia	Squamata	Colubridae	Helicops	<i>Helicops danieli</i>	2
Reptilia	Squamata	Colubridae	Imantodes	<i>Imantodes cenchoa</i>	5
Reptilia	Testudines	Kinosternidae	Kinosternon	<i>Kinosternon</i>	1
Reptilia	Squamata	Colubridae	Leptodeira	<i>Leptodeira annulata</i>	2
Reptilia	Squamata	Colubridae	Leptophis	<i>Leptophis ahaetulla</i>	1
Reptilia	Squamata	Colubridae	Mastigodryas	<i>Mastigodryas pleei</i>	1
Reptilia	Squamata	Elapidae	Micrurus	<i>Micrurus camilae</i>	2
Reptilia	Squamata	Elapidae	Micrurus	<i>Micrurus dumerilii</i>	2
Reptilia	Desconocido	Desconocido	Desconocido	Desconocida	1
Reptilia	Squamata	Desconocido	Desconocido	Desconocida	1
Reptilia	Squamata	Colubridae	Stenorrhina	<i>Stenorrhina</i>	1
Reptilia	Squamata	Colubridae	Tantilla	<i>Tantilla melanocephala</i>	1
Reptilia	Squamata	Teiidae	Tupinambis	<i>Tupinambis cryptus</i>	1
Reptilia	Squamata	Colubridae	Urotheca	<i>Urotheca fulviceps</i>	1
Aves	Desconocido	Desconocido	Desconocido	Desconocida	1
Aves	Columbiformes	Columbidae	Columba	<i>Columba livia</i>	1
Aves	Cathartiformes	Coragyps	Coragyps	<i>Coragyps atratus</i>	1

Clase	Orden	Familia	Género	Especie	No. eventos
Aves	Cuculiformes	Cuculidae	Crotophaga	<i>Crotophaga ani</i>	4
Aves	Anseriformes	Anatidae	Dendrocygna	<i>Dendrocygna autumnalis</i>	1
Aves	Anseriformes	Phasianidae	Gallus	<i>Gallus gallus domesticus</i>	1
Aves	Passeriformes	Icteridae	Icterus	<i>Icterus nigrogularis</i>	1
Aves	Falconiformes	Falconidae	Milvago	<i>Milvago chimachima</i>	4
Aves	Nyctibiiformes	Nyctibiidae	Nyctibius	<i>Nyctibius griseus</i>	1
Aves	Caprimulgiformes	Caprimulgidae	Nyctidromus	<i>Nyctidromus albicollis</i>	1
Mammalia	Carnivora	Canidae	Canis	<i>Canis familiaris</i>	5
Mammalia	Carnivora	Canidae	Cerdocyon	<i>Cerdocyon thous</i>	7
Mammalia	Didelphimorphia	Didelphidae	Didelphis	<i>Didelphis marsupialis</i>	3
Mammalia	Carnivora	Felidae	Desconocido	Desconocida	1
Mammalia	Carnivora	Felidae	Felis	<i>Felis catus</i>	10
Mammalia	Carnivora	Procyonidae	Procyon	<i>Procyon cancrivorus</i>	2
Mammalia	Rodentia	Desconocido	Desconocido	Desconocida	4
Mammalia	Rodentia	Sciuridae	Syntheosciurus	<i>Syntheosciurus granatensis</i>	3
Mammalia	Pilosa	Myrmecophagidae	Tamandua	<i>Tamandua mexicana</i>	3
Total					109

Los eventos de atropellamiento se presentaron de manera aleatoria o uniforme a lo largo de los trazados en reptiles, aves y mamíferos, mientras el caso de anfibios mostró tendencia a la agrupación, con la mayoría de los eventos reportados entre “Puente Sogamoso” y “El Pedral”, en el sur y suroccidente de área de estudio, en riberas del río Sogamoso (Figura 5).

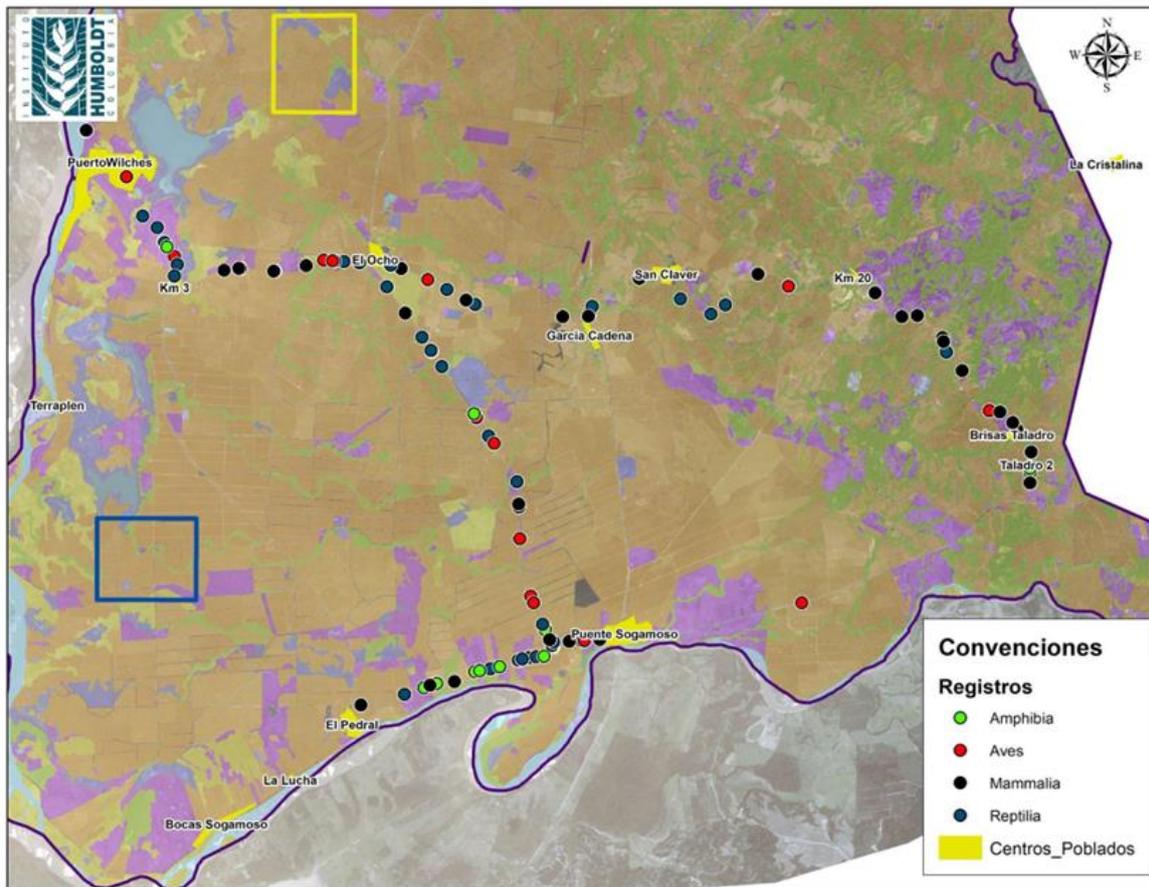


Figura 5. Mapa de registros de fauna vertebrada atropellada entre noviembre de 2021 y abril de 2022 en el área de estudio, diferenciando por clase y señalando los centros poblados.

En general, los atropellamientos de fauna se encontraron en todo tipo de vías, ya sea vía pavimentada o destapada, pero los datos muestran un mayor número de eventos en las vías pavimentadas y de mayor nivel, las cuales, a su vez, son las que presentan una mayor velocidad máxima. De hecho, 104 de los 109 eventos se presentaron justamente en vías pavimentadas donde la velocidad máxima es 60 km/h (la máxima incluida en el estudio), con 85 eventos de estos eventos presentándose en vías primarias. Las vías secundarias, donde se reglamentan velocidades inferiores (incluyendo las destapadas), mostraron solo uno o dos eventos de atropellamiento y no se presentaron eventos en vías terciarias.

La cobertura que presentó mayor número de eventos fueron los cultivos de palma, con 48 (44% del total), siendo mamíferos y reptiles los grupos más afectados, con aves y anfibios también mostrando los valores más altos del muestreo (Figura 6). A esta cobertura le siguieron los pastos (20 eventos) y los mosaicos de pastos con cultivos de palma (14). En sitios con coberturas de bosque, incluyendo mosaicos, se sumaron 15 eventos en total (15 % del total), encontrándose más eventos de atropellamientos en zonas representadas por coberturas de alta intervención

antrópica, especialmente en zonas no urbanas donde el uso de la tierra es principalmente cultivos y ganadería.

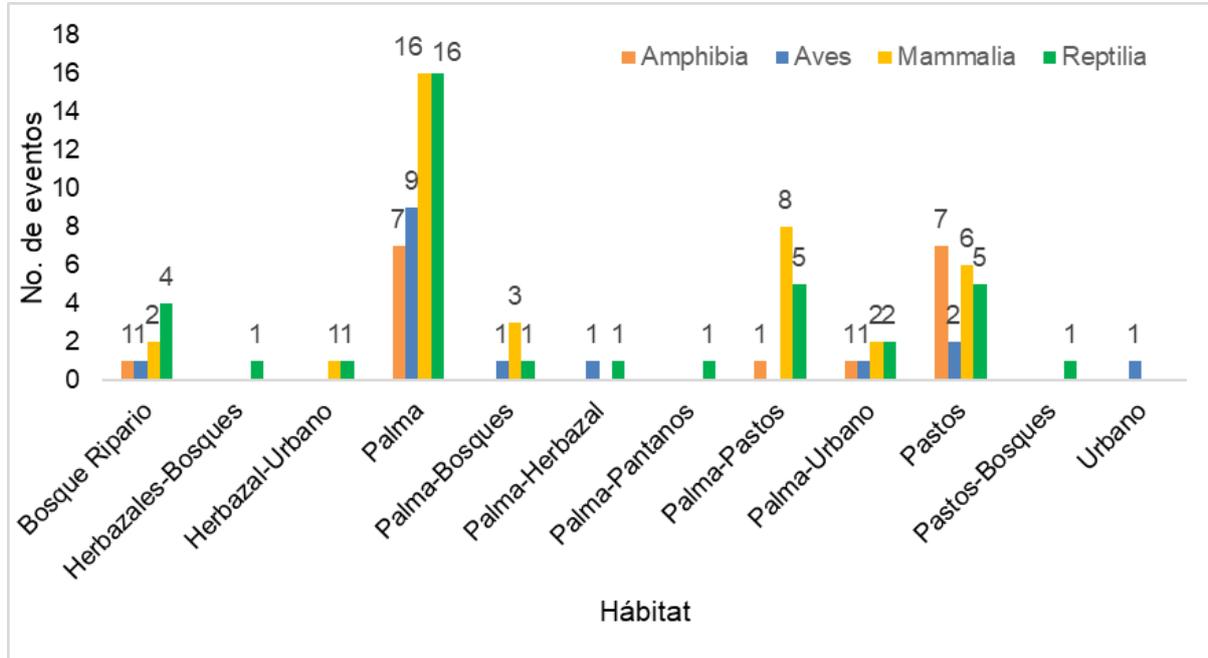


Figura 6. Número de eventos de fauna vertebrada atropellada diferenciando por tipo de cobertura al borde de la vía y clase.

En las zonas que presentaron bosque en borde de vía, usualmente en mosaicos con otras coberturas, se encontraron un total de 11 especies, incluyendo los mamíferos *Procyon cancrivorus*, *Felis catus* (doméstica), *Tamandua mexicana* y *Cerdocyon thous* (Figura 7).



Figura 7. Algunos eventos de especies de mamíferos que se encontraron en zonas con bosque en borde de vía. A. *Procyon cancrivorus*, B. *Cerdocyon thous*, C. *Tamandua mexicana*, D. *Felis catus*.

El otro grupo con la mayor diversidad en número de especies atropellada en zonas con bosque en borde de vía fue el de los reptiles, reportando las especies *Chironius spixii* (exclusiva en zonas con bosque), *Helicops danieli* (exclusiva en zonas con bosque), *Imandotes cenchoa*, *Micrurus camilae* y *M. dumerlii* (Figura 8).



Figura 8. Algunos eventos de especies de reptiles que se encontraron en zonas con bosque en borde de vía. Izquierda: *Helicops danieli*, Centro: *Micrurus camilae*, Derecha: *Micrurus dumerlii*

En cuanto a las aves y los anfibios, se encontraron dos y una especie en zonas con bosque en borde vía; respectivamente: *Nyctibius griseus* (exclusiva en zonas con bosque), *Nyctidromus albicollis* (exclusiva en zonas con bosque) y *Rhinella horribilis*.



Figura 9. Algunos eventos de especies de aves y anfibios que se encontraron en zonas con bosque en borde de vía. Izquierda: *Nyctidromus albicollis*, Centro: *Nyctidromus griseus*, Derecha: *Rhinella horribilis*.

En zonas abiertas y de alta intervención antrópica se encontraron más especies que en zonas con bosque, con un total de 29 especies, algunas de ellas compartidas con zonas que tuvieron bosque en borde de vía: *P. cancrivorus*, *F. catus*, *T. mexicana*, *C. thous*, *I. cenchoa* *M. camilae*, *M. dumerlii* y *Rhinella horribilis* (ocho de las 11 especies en bosque). Entre las especies de fauna encontradas exclusivamente en zonas sin bosque en borde de vía los reptiles fueron los de mayor riqueza (sin incluir individuos solo identificados hasta clase, orden o familia); además de *I. cenchoa* *M. camilae* y *M. dumerlii*, compartidas con zonas con bosque, se encontraron 11 especies: *Amphisbaena fuliginosa*, *Bothrops asper*, *Erythrolamprus melanotus*, *Kinosternon* sp, *Leptodeira annulata*, *Leptophis*

ahaetulla, *Mastigodryas pleei*, *Stenorrhina* sp, *Tantilla melanocephala*, *Tupinambis cryptus* y *Urotheca fulviceps* (Figura 10).



Bothrops asper



Erythrolamprus melanotus



Leptodeira annulata



Leptophis ahaetulla



Stenorrhina sp



Tantilla melanocephala



Tupinambis cryptus



Urotheca fulviceps

Figura 10. Algunos eventos de especies de reptiles que se encontraron exclusivamente en zonas sin bosque en borde de vía

Los mamíferos fueron el segundo grupo con más especies reportadas en zonas sin bosque en borde en vía. Además de las cuatro especies reportadas en zonas con bosque, todas ellas también presentes en zonas sin bosque, se encontraron las siguientes especies: *Camis familiaris*, *Didelphis marsupialis*, *Syntheosciurus granatensis* y varios individuos de Rodentia que podrían representar especies adicionales que no se reportaron en zonas con bosque.



Canis familiaris

Didelphis marsupialis

Syntheosciurus granatensis



Rodentia sin identificar especie

Rodentia sin identificar especie

Rodentia sin identificar especie

Figura 11. Algunos eventos de especies de mamíferos que se encontraron exclusivamente en zonas sin bosque en borde de vía

En el caso de anfibios no se reportaron especies diferentes en zonas sin bosque, y en el caso de aves se reportaron siete especies en total, además de un individuo sin identificar hasta niveles más precisos taxonómicamente; todas estas especies fueron exclusivas de zonas sin bosque: *Columba livia* (doméstica), *Coragyps atratus*, *Crotophaga ani*, *Dendrocygna autumnalis* (juvenil), *Gallus gallus* (doméstica), *Icterus nigrogularis* y *Milvago chimachima* (Figura 12).

Comparación entre meses

Se encontraron entre 10 y 55 individuos de fauna atropellados por mes de muestreo, usualmente con valores inferiores a 20 eventos por mes, con un pico de 55 en el mes de diciembre de 2021 (Figura 13), mostrando una baja similitud entre meses en cuanto a las especies encontradas (valores inferiores al 12% comparando meses). De hecho, incluso para el caso de especies con alto número de eventos como *F. catus*, *C. thous*, *C. ani* y *M. chimachima*, no se encontraron eventos de

atropellamiento en todos los meses, con *R. horribilis*, la especie más frecuente y abundante, estando ausente en uno de los cinco muestreos.



Columba livia

Coragyps atratus

Crotophaga ani



Dendrocygna autumnalis (juvenil)

Didelphis marsupialis

Icterus nigrogularis



Milvago chimachima

Figura 12. Algunos eventos de especies de aves que se encontraron exclusivamente en zonas sin bosque en borde de vía

A pesar de la baja similitud entre especies y las fluctuaciones en el número de eventos a lo largo de los meses de muestreo, la proporción de atropellamientos por hábitat permaneció relativamente estable, con los cultivos de palma, los pastos y los

mosaicos que los involucran mostrando el mayor número de eventos en todos los meses, y los bosques, herbazales, pantanos y zonas urbanas mostrando menos eventos (Figura 14).

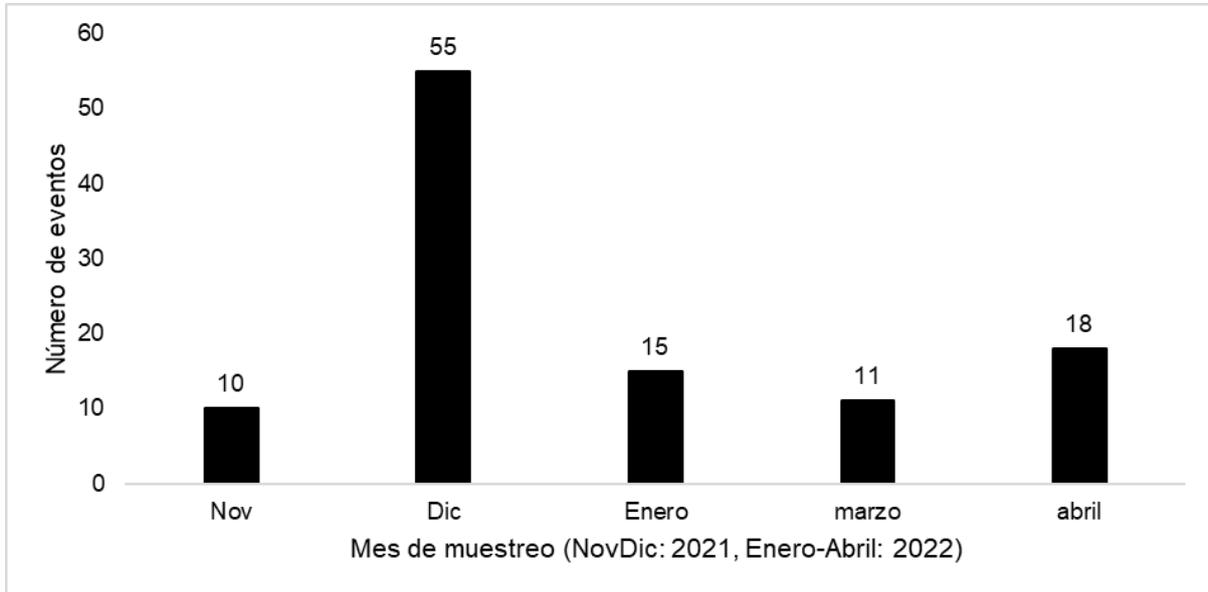


Figura 13. Número de eventos de atropellamiento de fauna vertebrada por mes de muestreo

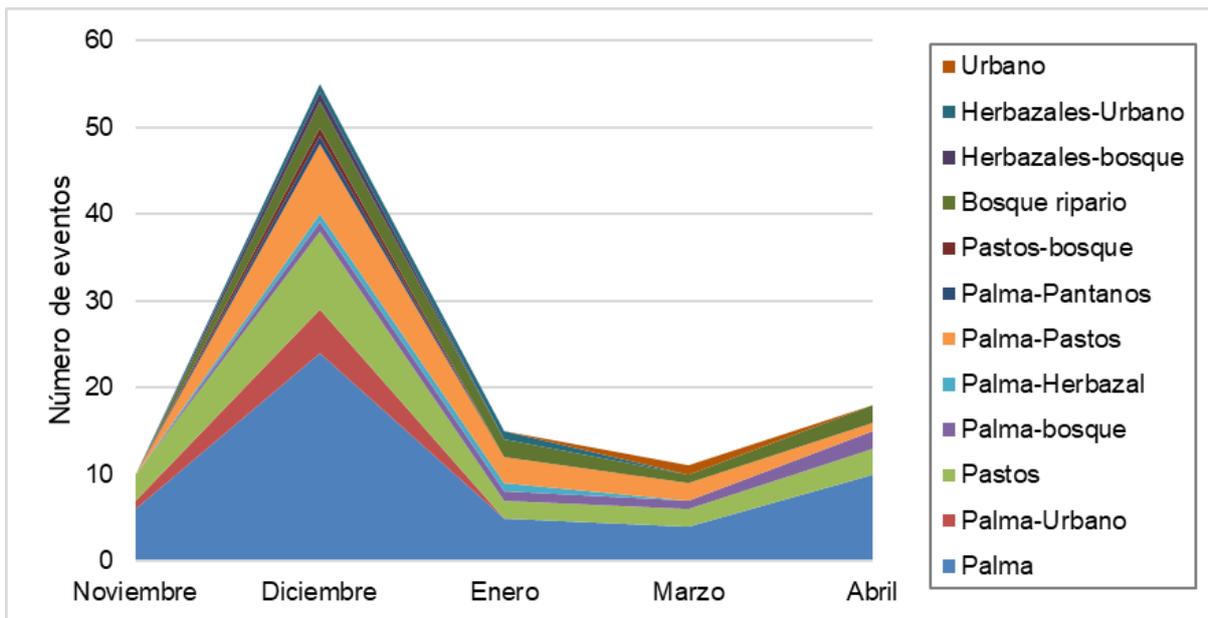


Figura 14. Número de eventos de atropellamiento de fauna vertebrada entre noviembre de 2021 y abril de 2022, diferenciando por tipo de hábitat.

Como se mencionó anteriormente, reptiles y mamíferos fueron los dos grupos de fauna vertebrada que presentaron mayor número de eventos de atropellamiento; sin embargo, mamíferos tuvo reportes en todos los meses, superando al número de

reptiles en tres de los cinco meses (Figura 15); además, los reptiles tuvieron reportes más variables a lo largo de todos los meses, estando ausentes en marzo de 2022 (Figura 15). Las aves también estuvieron representadas en todos los meses, mientras los anfibios estuvieron ausentes, similar al caso de reptiles, en algunos meses, con reportes únicamente entre noviembre de 2021 y enero de 2022 (marzo y abril no tuvieron reportes).

Por ejemplo, durante en el mes de noviembre de 2021 se registraron 10 atropellamientos de fauna, la mayoría de los cuales correspondieron a mamíferos encontrados en vías pavimentadas (solo uno en vía destapada). Entre las especies atropelladas estuvieron los mamíferos *Syntheosciurus granatensis*, *Cerdocyon thous*, *Canis familiaris*, *Didelphis marsupialis* y *Felis catus*. En este mes solo se reportó una especie de ave, *Icterus nigrogularis*, una de reptiles, la serpiente *Bothrops asper*, y una de anfibios, la rana *Rhinella horribilis*. Mientras en el mes de diciembre de 2021 se registraron 54 atropellamientos, todos en vía pavimentada. Este mes se tuvo mayor presencia de reptiles que de mamíferos, con los anfibios superando al número de aves. Entre las especies atropelladas se encontraron mamíferos como *Tamandua mexicana* y *Cerdocyon thous*, aves como *Gallus gallus domesticus* y *Milvago chimachima*, reptiles como las serpientes *Helicops danieli*, *Micrurus dumerilii*, *Erythrolamprus* y *Leptodeira annulata*, y la rana *Rhinella horribilis*.

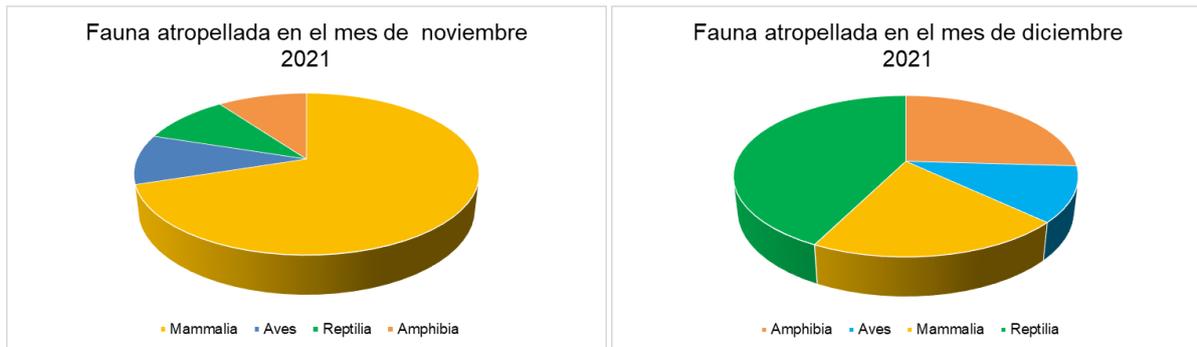
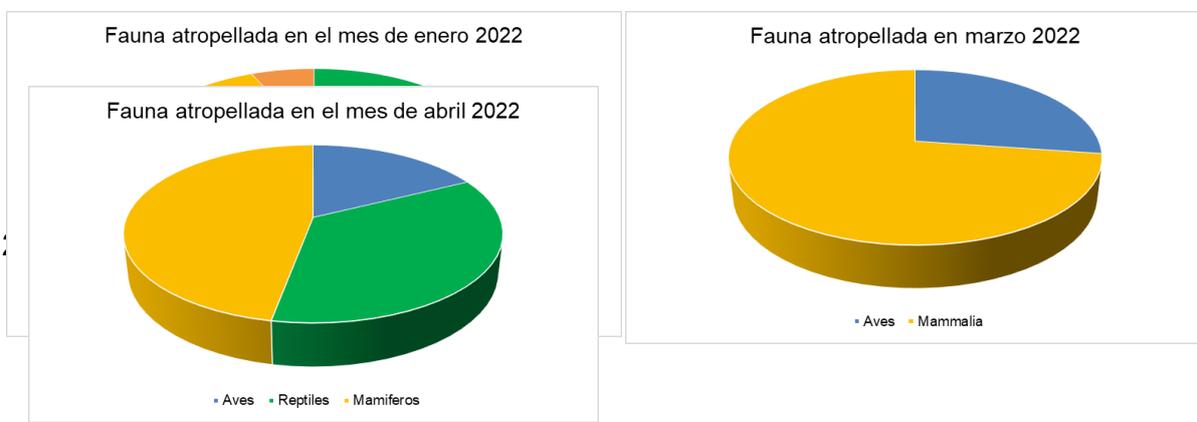


Figura 15. Proporción de individuos de fauna vertebrada atropellados cada mes de muestreo, diferenciando por clase.



Discusión

Los resultados de este estudio sugieren que todos los grupos de vertebrados terrestres presentes en el área de estudio son afectados por atropellamientos en vías, si bien algunos grupos parecen ser más vulnerables. Los reptiles fueron el grupo que, considerando tanto riqueza de especies como individuos, presentó más atropellamientos, seguidos por los mamíferos, las aves y finalmente los anfibios; estos estudios contrastan con otros que sugieren a los mamíferos como grupo más vulnerable (Jaramillo-Fayad et al. 2017), si bien no parecen existir patrones concluyentes, ya que diferentes estudios muestran que no siempre los mismos grupos son los que presentan más atropellamientos (Arroyave et al. 2006). Esto podría indicar que, según el tipo de ecosistema, el tipo de vía e incluso el tipo de medidas de control que se realicen a lo largo de carreteras (Huijser et al. 2016, Niemi et al. 2014), los grupos de vertebrados terrestres con mayor afectación por atropellamiento podría variar.

En el caso de estudio, el paisaje está dominado por zonas abiertas y semiabiertas producto de la transformación en el uso de la tierra con fines productivos, especialmente la palma de aceite y la ganadería, algo que directamente influencia la composición y estructura de especies de fauna en el área de estudio. En este sentido, las especies de mamíferos y el número de individuos de este grupo podría reducirse debido al grado de perturbación del paisaje, siendo este grupo uno de los más afectados por la transformación del paisaje por actividades humanas (Kauhala y Ihalainen 2014, Zungu et al. 2020); adicionalmente, la presencia de perros domésticos podría influenciar negativamente la presencia de mamíferos terrestres (Zapata-Ríos y Branch 2016), al menos en las zonas cercanas a vías donde hay mayor presencia de urbanización y casas de campo.

Por otra parte, la mayoría de las especies de mamíferos que se encontraron son especies que toleran alta intervención antrópica, y, por ende, tienen una mayor capacidad de adaptación a los ambientes de este tipo (McCleery 2015). Esto también ocurrió para los demás grupos, especialmente las aves, donde todas las especies reportadas se podrían considerar de zonas abiertas o semiabiertas, con reportes aislados que no superan los cuatro individuos para ninguna de las especies. Bajo este escenario, son grupos como los reptiles los que podrían representar las mayores afectaciones, especialmente las serpientes, las cuales presentan locomoción netamente terrestre o arborícola y de poca velocidad, comportamiento de forrajeo activo o pasivo en bordes de caminos, y otras características ecológicas y morfológicas que aumentan el riesgo de atropellamiento (López-Herrera et al. 2016).

Sin embargo, más allá de cuál sea el grupo con más reportes a nivel de clase, los impactos a nivel de especie podrían ser altos para algunos casos en diferentes grupos, especialmente cuando se trata de poblaciones pequeñas y aisladas donde los individuos están obligados a moverse en grandes extensiones en búsqueda de recursos (alimento, refugio, pareja). La limitación en este caso es que los datos podrían ser insuficientes para detectar eventos de mortalidad en muestreos cortos, estando representados en la información mayormente especies con mayores densidades, como se ha demostrado en otros estudios asociados a mortalidad de fauna, como el caso de la colisión de aves con ventanas (Brown et al. 2019). Es por ello que se sugiere aumentar el muestreo, incluyendo especialmente sectores con mayor densidad de bosques, donde este tipo de especies podría estar mejor representada.

Se sugiere que estos muestreos, además de que sean sistemáticos a escala gruesa como se hizo en el presente estudio, controlando el esfuerzo de muestreo y realizando búsquedas detalladas a lado y lado de las vías, sean sistemáticos a escala más fina, permitiendo comparar entre tipos de vías y otras características de hábitat de manera más estructurada. Esto podría evidenciar otros patrones que expliquen mejor las razones biológicas y antrópicas de por qué son reptiles el grupo más representado en los datos, seguidos por los mamíferos. Además, debido a la alta representatividad de zonas abiertas y semiabiertas en el paisaje, y la menor presencia en este tipo de coberturas de especies que pueden tener menores densidades, se sugiere estratificar el muestreo para que las zonas con bosques cuenten con más datos.

En cuanto a la temporalidad, se presentó un pico de reportes de atropellamiento en el mes de diciembre. Esto puede explicarse porque diciembre es un mes más personas están en descanso, lo cual aumenta el flujo vehicular y el riesgo que esto implica para la fauna en las vías. Sin embargo, enero también suele ser un mes con alto flujo de vehículos en vía, y esto hace necesario ser prudente con estas aseveraciones que seguramente requieren de otras réplicas de muestreo y un rango temporal más amplio para poder evidenciar patrones de este tipo.

El atropellamiento de fauna se está convirtiendo en una problemática ambiental muy importante, especialmente en países como Colombia, donde se están construyendo actualmente vías de alto flujo que pueden aumentar los atropellamientos. Adicionalmente, las vías dividen bosques y fragmentan áreas silvestres, lo cual hace necesario que se mantengan los monitoreos de atropellamientos en vías y se contrasten con los datos de monitoreos en coberturas aledañas para identificar condiciones de riesgo que puedan mitigarse o corregirse a la hora de proponer medidas de manejo en vías.

Conclusiones

El grupo con más reportes de atropellamiento fueron los reptiles, especialmente serpientes que contribuyeron en mayor medida en número de registros y especies que cualquier otro grupo. A este grupo le siguieron los mamíferos, con el mismo número de eventos, pero una menor riqueza de especies, incluyendo dos domésticas. Ambos grupos, por su ecología y bajas densidades, en general, representan un mayor riesgo en vías que las aves y los anfibios, éstos últimos más por temas de agregación a ciertos hábitats y menor diversidad en ecosistemas en bordes de vía.

La mayor parte de individuos que se encontraron atropellados en vías se asocian a especies de zonas abiertas y paisajes de alta intervención antrópica, siendo este tipo de hábitats los que presentaron más reportes de individuos y especies, incluyendo especies domésticas como *Canis familiaris*, *Felis catus* y *Gallus gallus*. Sin embargo, es necesario aumentar el esfuerzo en las zonas con remanentes de bosque y otros hábitats nativos para evaluar el riesgo en este tipo de hábitats donde podrían encontrarse especies con mayor riesgo de conservación local.

Se encontró un pico de reportes en el mes de diciembre, lo cual puede ser una consecuencia de un aumento de flujo vehicular en esta época del año, aunque es necesario replicar este monitoreo y ampliar los meses de muestreo para llegar a conclusiones más claras al respecto.

Bibliografía

Andrews, A. (1990). Fragmentation of habitat by roads and utility corridors: a review. *Australian Zoologist*, 26(3-4), 130-141.

Arroyave, M. D. P.; Gómez, C.; Gutiérrez, M. E.; Múnera, D. P.; Zapata, P. A.; Vergara, I. C.; Andrade, L. M.; Ramos, K. C. (2006). Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo. *Revista EIA. Escuela de Ingeniería de Antioquía*, 5, 45–57.

Brown, B. B.; Kusakabe, E.; Antonopoulos, A.; Siddoway, S.; Thompson, L. (2019). Winter bird-window collisions: Mitigation success, risk factors, and implementation challenges. *PeerJ*, 7, e7620. <https://doi.org/10.7717/peerj.7620>

Bafaluy, J. J. (2000). Mortandad de murciélagos por atropello en carreteras del sur de la provincia de Huesca. *Galemys*, 12(1), 15-23.

Bank, F. G.; Irwin C. L.; Evink G. L.; Gray M. E.; Hagood S.; Kinar J. R.; Levy A.; Paulson D.; Ruediger B.; Sauvajot R. M.; Scott D. J. and White P. (2002). Wildlife habitat connectivity across European highways. American Trade Initiatives, Reporte No. FHWA-PL-02-011. Alexandria, VA.

- Beier, P., D.R. Majka, W.D. Spencer. (2008). Forks in the road: Choices in procedures for designing wildland linkages. *Conserv. Biol.* 22: 836–851.
- Bonnemasou, S. M., Peris, S. J., Rabanal, V. C., Avia, M. L., & Martín, N. S. (2009). Identificación de riesgos de atropellos de fauna en las carreteras: ruido de tráfico y teledetección. *Rutas: Revista de la Asociación Técnica de Carreteras*, (131), 29-36.
- Clevenger, A. P., Chruszcz, B., Gunson, K. E. (2003). Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biological conservation*, 109(1), 15-26.
- De la Ossa, V., De la Ossa-Nadjar., & E., Medina-Bohorquez. (2015). Atropellamiento de fauna silvestre. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*, 7(1), 109-116.
- Dodd Jr., C.K., Barichivich, W.J., Smith, L.L., (2004). Effectiveness of a barrier wall and culverts in reducing wildlife mortality on a heavily traveled highway in Florida. *Biological Conservation* 118, 619–631.
- Fahrig, L., Rytwinski, T. (2009). Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. *Ecology and society*, 14(1).
- Forman, R. T. & Alexander, L. E. (1998). Roads and their major ecological effects. *Annual review of ecology and systematics*, 29(1), 207-231.
- Forman, R. T. T., Sperling, D., Bissonette, J. A., Clevenger, A. P., Cutshall, C. D., Dale, V. H. y T. C. Winter. (2003). *Road ecology. Science and solutions*. Islands Press, Washington, DC.
- Huijser, M. P.; Fairbank, E. R.; Camel-Means, W.; Graham, J.; Watson, V.; Basting, P.; Becker, D. (2016). Effectiveness of short sections of wildlife fencing and crossing structures along highways in reducing wildlife-vehicle collisions and providing safe crossing opportunities for large mammals. *Biological Conservation*, 197, 61–68. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.02.002>
- Jaramillo-Fayad, J. C.; González-Velázquez, M; Correa, C; Isaacs, P. (2017). Ficha: Los animales atropellados de Colombia: Estrategias para mitigar los efectos de la infraestructura vial en la fauna silvestre. *Biodiversidad 2017*, Instituto Alexander Von Humboldt.
- Kauhala, K.; Ihalainen, A. (2014). Impact of landscape and habitat diversity on the diversity of diets of two omnivorous carnivores. *Acta Theriologica*, 59(1), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s13364-013-0132-2>
- Garriga, N., Franch, M., Santos, X., Montori, A., Llorente, G. A. (2017). Seasonal variation in vertebrate traffic casualties and its implications for mitigation measures. *Landscape and Urban Planning*, 157, 36-44.

- González, L. F., Lozano, L. A., Páramo, A. (2004). Manejo y conservación de la microcuenca quebrada La Vieja, cerros orientales de Bogotá. *Umbral científico*, (4).
- Goosem, M. (2007). Fragmentation impacts caused by roads through rainforests. *Current Science*, 1587-1595.
- Lesbarreres, D.; Fahrig, L. (2012). Measures to reduce population fragmentation by roads: what has worked and how do we know? *Trends in ecology & evolution*, 27(7), 374-380.
- López-Herrera, D. F.; León-Yusti, M.; Guevara-Molina, S. C.; Vargas-Salinas, F. (2016). Reptiles en corredores biológicos y mortalidad por atropellamiento vehicular en Barbas-Bremen, departamento del Quindío, Colombia. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(156), 484. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.334>
- May, S. A., Norton, T. W. (1996). Influence of fragmentation and disturbance on the potential impact of feral predators on native fauna in Australian forest ecosystems. *Wildlife Research*, 23(4), 387-400.
- McCleery, R. (2015). Urban Mammals. June 2010, 87–102. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr55.c5>
- Niemi, M.; Jääskeläinen, N. C.; Nummi, P.; Mäkelä, T.; Norrdahl, K. (2014). Dry paths effectively reduce road mortality of small and medium-sized terrestrial vertebrates. *Journal of Environmental Management*, 144, 51–57. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.05.012>
- Pinowski, J. (2005). Roadkills of vertebrates in Venezuela. *Revista Brasileira de Zoologia*, 22(1), 191-196.
- Scocciati, C. (2001): Amphibia: aspetti di ecologia della conservazione (Amphibia: Aspects of Conservation Ecology). WWF Italia, Sezione Toscana. pp. 428. Referenciado por: PUKY M. 2006. Amphibian Road Kills: A Global Perspective. - En: On the Road to Stewardship - Wildlife Impacts and Conservation Solutions, ICOET 2005 Proceedings, Chapter 8. Herpetofauna, pp. 325-368.
- Soanes, K., Taylor, A. C., Sunnucks, P., Vesk, P. A., Cesarini, S. y R. van der Ree (2017). Evaluating the success of wildlife crossing structures using genetic approaches and an experimental design: lessons from a gliding mammal. *Journal of Applied Ecology*
- Taylor, B. D., Goldingay, R. L. (2004). Wildlife road-kills on three major roads in north-eastern New South Wales. *Wildlife Research*, 31(1), 83-91.
- Teixeira, F.Z. (2011). Fauna atropelada: estimativas de mortalidade e identificação de zonas de agregação. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul.

Teixeira, F. Z., Coelho, A. V. P., Esperandio, I. B.; Kindel, A. (2013). Vertebrate road mortality estimates: effects of sampling methods and carcass removal. *Biological Conservation*, 157, 317-323.

Villamil, M. R., Rincón, C. M. R. (2009). Aproximación a La Caracterización Ecológica de La Quebrada Fucha en La Reserva Forestal de los Cerros Orientales en La Localidad de San Cristóbal (Bogotá, Colombia). *Revista Bio-grafía Escritos sobre la biología y su enseñanza*, 2(2), 96-113.

Zapata-Ríos, G.; Branch, L. C. (2016). Altered activity patterns and reduced abundance of native mammals in sites with feral dogs in the high Andes. *Biological Conservation*, 193, 9–16. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.10.016>

Zungu, M. M; Maseko, M. S. T.; Kalle, R.; Ramesh, T.; Downs, C. T. (2020). Effects of landscape context on mammal richness in the urban forest mosaic of EThekweni Municipality, Durban, South Africa. *Global Ecology and Conservation*, 21, e00878. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00878>

Anexos

Anexo 1 - Atropellamientos. Listado de especies y abundancias por zona de trabajo, tipo de cuerpo de agua y temporada climática. (Buscar este anexo en Anexo General)