



Institución Universitaria

**Aplicación y evaluación de una
propuesta metodológica para la
determinación del impacto de la
infraestructura vial sobre la
mortalidad de fauna silvestre en el
Valle de Aburrá y el Oriente
Antioqueño**

Hernán Alonso Uribe Bedoya

Instituto Tecnológico Metropolitano
Facultad de Ciencias Exactas y Aplicadas
Medellín, Colombia

2018

Aplicación y evaluación de una propuesta metodológica para la determinación del impacto de la infraestructura vial sobre la mortalidad de fauna silvestre en el Valle de Aburrá y el Oriente Antioqueño

Hernán Alonso Uribe Bedoya

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al

título de:

Magister en Desarrollo Sostenible

Director (a):

Doctor Juan Carlos Jaramillo Fallad

Instituto Tecnológico Metropolitano
Facultad de Ciencias Exactas y Aplicadas
Medellín, Colombia

2018

Dedicatoria

*A mi Madre, ejemplo de lucha incansable
a través del amor a sus hijos.*

*A mi Esposa, compañera ideal para
avanzar en la vida. ¡Tú has sido luz en los
momentos difíciles!*

*A mi Hijo, motivación en esta lucha y
esperanza de un futuro mejor... ¡Hijo, ahí
te dejo!*

Agradecimientos

Fueron muchas las personas que de una forma u otra aportaron a la culminación de este proyecto; personas que con la generosidad de su conocimiento o simplemente con un buen consejo marcaron la diferencia en este proceso. Agradezco a todos los profesores de la maestría en Desarrollo Sostenible del ITM y a mis compañeros de la cohorte. En especial quiero agradecer a un profesor de la institución, que de forma desinteresada puso su grano de arena en el componente estadístico del proyecto, el profesor Rubén Guerra Tamayo.

La vida en algunas ocasiones le presenta grandes oportunidades, este proyecto fue una de ellas; fue la oportunidad de conocer dos personas maravillosas que me demostraron una generosidad inmensa y un apoyo irrestricto. Hablo del jefe de departamento José Luis González Manosalva, quien fue pieza fundamental en la culminación de este proyecto, apoyando no solo la parte académica sino lo concerniente a lo administrativo. La otra persona que gratamente se ha convertido en mi amigo y que a lo largo de varios años me apoyo en distintos aspectos del proyecto, es el profesor Jhoany Alejandro Valencia Arias que me demostró tener un sentido de generosidad grande, y que sin importar en que parte del mundo estuviera y en qué situación se encontrara, siempre encontraba en él un respaldo para seguir avanzando. ¡Alejo Dios te pague y esperamos tenerte siempre presente en nuestras vidas!

Resumen

La problemática del atropellamiento de fauna está despertando un interés creciente en Colombia, tanto a nivel académico e investigativo, como a nivel gubernamental, evidenciado alguna preocupación por la protección de la biodiversidad. Esta investigación busca sumarse a las iniciativas investigativas en pro del cuidado del medio ambiente, abordando la problemática del atropellamiento de fauna desde una perspectiva metodológica, buscando aplicarla y evaluarla para determinar el impacto de la infraestructura vial sobre la mortalidad de fauna silvestre en el Valle de Aburra y parte del Oriente Antioqueño. Esta metodología comprende la aplicación de varios instrumentos como las salidas exploratorias, salidas censales, levantamiento de observaciones, medición de la intensidad vehicular y las encuestas; dichos instrumentos, ayudaron a la medición de diversas variables, determinadas bajo dos condiciones, las del momento del atropellamiento y las condiciones del entorno. Las salidas exploratorias ayudaron a determinar el circuito final del recorrido; mientras tanto las salidas censales buscaron aplicar las diferentes mediciones de las variables asociadas a la problemática a través de 16 recorridos en cuatro meses. Del levantamiento de observaciones, se puede indicar que permitió realizar precisiones de las salidas censales, en cuanto a particularidades presentadas en cada salida; también la medición de la intensidad vehicular se aplicó buscando determinar cuál era la relación con la problemática y que tan determinante puede ser en la ocurrencia del atropellamiento de fauna; por último la aplicación de las encuestas se realizó a la población aledaña de las vías seleccionadas, buscando conocer la forma de percibir y ver el atropellamiento de fauna por parte del encuestado.

Los resultados de este trabajo permitieron identificar aquellas variables que influyen el atropellamiento de fauna; paisaje/ vegetación y mes de registro, son las variables que con un 95% de confianza se puede afirmar que tienen relación directa con esta problemática. Por otra parte, se encontró en esta investigación mediante las salidas censales, que la clase más atropellada son los mamíferos (19%) y seguidos por las aves con un 12%. Como recomendación final, se indica que, para el estudio de esta problemática y la posterior implementación de medidas de mitigación, se deben de integrar distintos saberes y distintas intenciones que permitan tener impacto real en la conservación la biodiversidad; se deben conjugar esfuerzos gubernamentales, institucionales e individuales.

Palabras clave: Atropellamiento de fauna, biodiversidad, metodología, salidas censales, mortalidad de fauna, medio ambiente.

Abstract

The problem of the run over of fauna is awakening a growing interest in Colombia, both at the academic and research level, as well as at the governmental level, evidencing some concern for the protection of biodiversity. This research seeks to join the research initiatives in favor of the care of the environment, addressing the problem of the run over of fauna from a methodological perspective, seeking to apply and evaluate it to determine the impact of road infrastructure on the mortality of wildlife in the Aburra Valley and part of Eastern Antioqueño. This methodology includes the application of various instruments such as exploratory trips, census trips, survey observations, measurement of vehicle intensity and surveys. These instruments, helped to measure various variables, determined under two conditions, those of the time of the collision and environmental conditions. The exploratory trips helped to determine the final circuit of the route. Meanwhile, the census trips sought to apply the different measurements of the variables associated with the problem through 16 routes in four months. Of the survey of observations, it can be indicated that it allowed to carry out precisions of the census trips, as for particularities presented in each trip. Also the measurement of the vehicular intensity was applied looking for to determine which was the relation with the problematic one and what determinant can be in the occurrence of the run over of fauna. Finally, the application of the surveys was carried out to the neighboring population of the selected ways, looking for to know the form to perceive and to see the run over of fauna on the part of the surveyed one.

The results of this work allowed to identify those variables that influence the run over of fauna, landscape/vegetation and month of registration, are the variables that with 95% of confidence can be affirmed that they have a direct relation with this problem. On the other hand, it was found in this research by means of census trips, that the most run over class are mammals (19% of registers) and followed by birds with 12%. As a final recommendation, it is indicated that for the study of this problem and the subsequent implementation of mitigation measures, different knowledge and different intentions

must be integrated to have a real impact on biodiversity conservation, where governmental, institutional and individual efforts must be combined.

Keywords: Run over of fauna, biodiversity, methodology, census trips, fauna mortality, environment.

Contenido

1. Antecedentes	22
1.1. Contexto.....	22
1.2. Causas, efectos y medidas de mitigación	24
1.3. Métodos utilizados.....	26
1.4. Análisis de datos y resultados.....	27
1.5. Conclusiones y recomendaciones.....	28
2. Metodología.....	31
2.1. Área de Estudio.....	31
2.1.1. Procedimiento para la selección de vías.....	33
2.1.2. Consideración área de estudio	34
2.2. Propuesta metodológica.....	34
2.2.1. Etapa 1 – Caracterización de la zona	35
2.2.2. Etapa 2 – Diagnóstico social (Encuesta)	44
3. Resultados	48
3.1. Análisis descriptivo de los datos	48
3.1.1. Etapa I Caracterización de la zona	48
3.1.2. Etapa 2 – Diagnóstico social (Encuesta)	58
3.2. Análisis inferencial de los datos	62
3.2.1. Salidas Censales	62
3.2.2. Diagnóstico social (Encuesta).....	91
4. Conclusiones y recomendaciones.....	92
4.1. Conclusiones.....	92
4.2. Recomendaciones.....	97

Lista de figuras

Figura 2-1: Mapa de los municipios que componen el Valle de Aburrá (Antioquia - Colombia). Fuente: (Comfenalco, 2017)	32
Figura 2-2: Mapa de los municipios que componen el Oriente Antioqueño (Antioquia - Colombia). Fuente: (Redorienté, 2018).....	33
Figura 2-3: Propuesta metodológica. Fuente: Elaboración propia.....	35
Figura 2-4: Planeación de la medición para las salidas censales. Fuente: Elaboración propia	36
Figura 2-5: Descripción etapa 2. Fuente: Elaboración propia	44
Figura 3-1: Análisis estadístico de atropellamientos a partir de los datos obtenidos en las 16 salidas en el software Siriema. Fuente: Elaboración propia	74

Lista de gráficos

Gráfica No. 3-1. Número de atropellamientos en el mes de registro vs clase de animal atropellada. Fuente: Elaboración propia	63
Gráfica No. 3-2. Clima vs clase de animal atropellada. Fuente: Elaboración propia	65
Gráfica No. 3-5. Velocidad indicada vs clase de animal atropellada. Fuente: Elaboración propia	78
Gráfica No. 3-6. Paisaje/vegetación vs clase de animal atropellada. Fuente: Elaboración propia	80
Gráfica No. 3-7. Carril vs clase de animal atropellada. Fuente: Elaboración propia	84
Gráfica No. 3-8. Vía vs cantidad de animales atropellados clasificados por clase. Fuente: Elaboración propia	89

Lista de Mapas

Mapa 3-1. Ubicación de los atropellamientos de anfibios, aves, mamíferos y reptiles por latitud, longitud. Fuente: Elaboración propia.....	52
Mapa 3-2. Ubicación de los atropellamientos por altura. Fuente: Elaboración propia	53
Mapa 3-3. Mapa de atropellamiento para la clase anfibio. Fuente: Elaboración propia	67
Mapa 3-5. Mapa de atropellamiento para la clase mamífero. Fuente: Elaboración propia	68
Mapa 3-6. Mapa de atropellamiento para la clase reptil. Fuente: Elaboración propia	68
Mapa 3-7. Mapa de calor de la zona del proyecto para todas las clases de animales atropellados. Fuente: Elaboración propia	70
Mapa 3-9. Mapa de calor de la zona del proyecto para la clase de animal atropellado Ave. Fuente: Elaboración propia	71
Mapa 3-10. Mapa de calor de la zona del proyecto para la clase de animal atropellado Mamífero. Fuente: Elaboración propia	72
Mapa 3-11. Mapa de calor de la zona del proyecto para la clase de animal atropellado Reptil. Fuente: Elaboración propia	72
Mapa 3-12. Mapa de probabilidades de atropellamiento a partir de los análisis con Siriema para todos los vertebrados. Fuente: Elaboración propia	75
Mapa 3-13. Mapa final de la zona del proyecto con registro de atropellamientos para las 16 salidas. Fuente: Elaboración propia	82

Lista de tablas

Tabla 2-1. Tiempo estimado de atropello. Fuente: Elaboración propia.....	37
Tabla 2-2. Vías en las que se realizó la encuesta y su número de kilómetros. Fuente: Elaboración propia	46
Tabla 3-1. Vías seleccionadas para el estudio y su longitud en kilómetros. Fuente: Elaboración propia	48
Tabla 3-2. Registro de atropellamientos por número de salida. Fuente: Elaboración propia	49
Tabla 3-3. Registro del número de atropellamientos y número de salidas por año/mes. Fuente: Elaboración propia.....	50
Tabla 3-4. Registro de número de atropellamientos versus tiempo estimado de atropellamiento. Fuente: Elaboración propia.....	51
Tabla 3-5. Registro de número de atropellamientos por clima. Fuente: Elaboración propia	51
Tabla 3-6. Registro del número de atropellos por clase. Fuente: Elaboración propia	53
Tabla 3-7. Registro de número de atropellamientos por cada vía del recorrido. Fuente: Elaboración propia	54
Tabla 3-8. Registro del número de atropellamientos por cada velocidad indicada en las vías del estudio. Fuente: Elaboración propia	55
Tabla 3-9. Registro del número de atropellamientos de acuerdo con el Número de carriles de las vías. Fuente: Elaboración propia.....	55
Tabla 3-10. Registro del número de atropellamientos versus el Paisaje/Vegetación. Fuente: Elaboración propia.....	56
Tabla 3-11. Registro del número de atropellamientos por carril donde se ubica el cadáver. Fuente: Elaboración propia.....	56
Tabla 3-12. Registro del número de atropellamientos por curvatura de la vía. Fuente: Elaboración propia	57
Tabla 3-13. Inclinación vía vs número atropellos. Fuente: Elaboración propia	57
Tabla 3-14. Registro de la intensidad vehicular en las vías seleccionadas. Fuente: Elaboración propia	58
Tabla 3-15. Registro de respuestas de total encuestas. Fuente: Elaboración propia	58
Tabla 3-16. Registro de las respuestas a la pregunta 1. Fuente: Elaboración propia	59
Tabla 3-17. Registro de las respuestas a la pregunta 2. Fuente: Elaboración propia	59
Tabla 3-18. Registro de las respuestas a la Pregunta 3. Fuente: Elaboración propia	60

Tabla 3-19. Registro de las respuestas a la Pregunta 4. Fuente: Elaboración propia	61
Tabla 3-20. Registro de las respuestas a la Pregunta 5. Fuente: Elaboración propia	61
Tabla 3-21. Año/Mes de registro de atropellamientos contra clase de animal atropellado. Fuente: Elaboración propia.....	62
Tabla 3-22. Resultado prueba exacta de Fisher para las variables Mes de registro de atropellamientos contra clase depurada Fuente: Elaboración propia.....	64
Tabla 3-23. Clima vs clase atropellada. Fuente: Elaboración propia	65
Tabla 3-24. Resultado prueba exacta de Fisher para las variables clima y clase de animal atropellado. Fuente: Elaboración propia	66
Tabla 3-25. Tipo de vía por Clase de animal atropellado. Fuente: Elaboración propia	75
Tabla 3-28. Resultado prueba exacta de Fisher para las variables Ancho de vía y Clase de animal atropellado. Fuente: Elaboración propia	76
Tabla 3-29. Velocidad máxima indicada vs clase de animal atropellada. Fuente: Elaboración propia	77
Tabla 3-30. Resultado prueba exacta de Fisher para las variables: velocidad máxima indicada y clase de animal atropellado. Fuente: Elaboración propia	78
Tabla 3-31. Paisaje/vegetación vs Atropellamiento. Fuente: Elaboración propia	79
Tabla 3-32. Resultado prueba exacta de Fisher para las variables Paisaje/vegetación y clase de animal atropellado. Fuente: Elaboración propia ...	80
Tabla 3-33. Registro de Clase atropellada vs número de carril. Fuente: Elaboración propia	83
Tabla 3-34. Resultado prueba exacta de Fisher para las variables carril y clase de animal atropellado. Fuente: Elaboración propia	84
Tabla 3-35. Curvatura vs clase de animal atropellado. Fuente: Elaboración propia	85
Tabla 3-36. Resultado prueba exacta de Fisher para las variables curvatura y clase de animal atropellado. Fuente: Elaboración propia.....	85
Tabla 3-37. Inclinación vía vs número atropellos. Fuente: Elaboración propia	86
Tabla 3-38. Resultado prueba exacta de Fisher para las variables inclinación y clase de animal atropellado. Fuente: Elaboración propia.....	87
Tabla 3-39. Índice Kilométrico de Abundancia por vía (IKA). Fuente: Elaboración propia.	88
Tabla 3-40. Tipo de vía, número de atropellos, número de km e IKA. Fuente: Elaboración propia	90
Tabla 3-41. Resultado de intensidad vehicular. Fuente: Elaboración propia	90

Introducción

En el Valle de Aburrá y en general en Colombia, no existe una correcta planeación del territorio desde el punto de vista del Desarrollo Sostenible en donde se logre conjugar el bienestar general (ser humano/medio ambiente) con el desarrollo de la sociedad, un correcto ordenamiento se concibe como un instrumento que mejora las condiciones de calidad de vida de las poblaciones permitiendo la construcción de un orden deseado (Hernández Peña, 2010); y aún más si se evalúa desde la biología de la conservación, estos territorios colombianos resultan inadecuados para la supervivencia de las especies, tal como lo expresan Forman & Alexander (1998) donde aparece como mayor depredador la acción antrópica.

El ser humano en vía de este mal llamado desarrollo y en pro de su bienestar, ha generado diferentes alternativas de conectividad entre las poblaciones; según esto, las carreteras se presentan como la solución a una necesidad humana. La construcción de infraestructura vial ha alterado los ecosistemas y ha afectado la biodiversidad de la región en donde se establece; produciendo consecuencias como el efecto barrera, la contaminación hídrica, cambios micro climáticos, dispersión de especies exóticas, contaminación sonora, el efecto borde, la fragmentación de hábitat, aislamiento de poblaciones y el más evidente de todos, la muerte de la fauna silvestre por atropello; este último, se produce debido a que algunos animales al intentar cubrir sus necesidades fisiológicas como alimentarse, reproducirse o buscar refugio, cruzan las vías y son atropellados, la mayoría con consecuencias fatales (Arroyave, Gómez, Gutiérrez, Múnera, Zapata, Vergara, & Ramos, 2006).

Otro tema que también va ligado a la planificación del territorio y que podría contribuir a dimensionar la afectación de las carreteras en los ecosistemas de Colombia en cuanto a la muerte de animales silvestres por atropello, es el desarrollo de la infraestructura vial. Lynch (2012), estimó la mortalidad de serpientes por kilómetros pavimentados en la red primaria nacional de vías, calculando entre 52.600 a 105.300 muertes por año en los 10.300 km pavimentados en la red nacional, sin contar otro tipo de vías departamentales, municipales, privadas y las no pavimentadas. Concluyendo así, que entre más sean los kilómetros de carreteras que se construyen en el país, mayor es la afectación a este tipo de reptiles.

En Colombia el desarrollo de la red vial ha sido vertiginoso, se sabe que para 1914 existían cerca de 600 km de vías (Vélez & Balen, 2006), mientras que para el 2014 Colombia contaba con 204.855 km de vías que incluyen las vías nacionales, departamentales, municipales y privadas (Ministerio de Transporte, 2014); datos que dan muestra del desarrollo en la red de carreteras. Por ende, el atropello de fauna se ve influenciado por el aumento en el número de vías, la calidad de estas y por el tráfico vehicular, lo que conlleva a que los atropellos de fauna se presenten con una mayor frecuencia, como lo mencionan Forman & Alexander (1998), cuando indican que el aumento de esta infraestructura vial afecta la biodiversidad.

La razón por la que se hace necesario determinar los factores más relevantes en los atropellos de fauna en las vías del Valle de Aburrá y el oriente Antioqueño, tiene su fundamento en la conservación de la biodiversidad, pero también en la seguridad vial para los seres humanos, ya que algunas de estas colisiones resultan con consecuencias para los ocupantes del vehículo, así como lo afirma Iglesias (2010): “Cuando los animales ya cruzan una carretera, y para ello tienen que invadir la calzada, existe un problema con un elevado coste socioeconómico, ambiental e incluso en términos de vidas humanas”.

De la Pena & Díaz (2006), deja en evidencia la relación existente entre la accidentalidad vial por atropello de fauna y variables como la longitud de las carreteras, la estructura de la explotación de los territorios aledaños a las vías y la longitud de las vías que discurre por medio rural o por áreas ecológicas importantes, factores que constituyen un determinante en la ocurrencia de los accidentes viales por causa del atropello de la fauna en la infraestructura vial.

También se debe considerar la densidad vehicular como uno de los factores que influyen en el atropellamiento de fauna en el Valle de Aburrá, para el año 2012, este factor se incrementó en un 45% en relación a los cinco años anteriores (Área Metropolitana, 2012). Adicionalmente, de acuerdo al estudio de Arroyave et al. sobre los Impactos de las carreteras en la fauna silvestre, esto puede representar un factor determinante en el aumento o disminución del atropellamiento de la fauna, al igual que otros elementos como la velocidad, el ancho de la vía, el comportamiento de las especies y la cobertura vegetal (Arroyave et al, 2006).

Para que en Colombia los temas ambientales tales como el atropellamiento de fauna se encuentren en un primer plano, se deberá concientizar y educar a toda la población sobre la importancia de los ecosistemas a través de los beneficios que brinda al ser humano. Un ejemplo del desconocimiento y poca valoración de la biodiversidad en Colombia, lo indica Lynch (2012), argumentando que la mayor afectación a las serpientes en el país es producida gracias al temor y al odio que las personas les tienen, donde se desconoce los aportes como depredador e ignorando su función reguladora en los ecosistemas.

Por tanto, cada elemento de flora y de fauna de los ecosistemas que sean eliminados o alterados por la construcción de las carreteras, representa una disminución o eliminación de servicios ecosistémicos para el mundo, y no solo para el presente, sino también para las generaciones futuras, (Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, 1987).

Los argumentos anteriores evidencian la necesidad de llevar a cabo evaluaciones que permitan determinar el impacto del establecimiento de la infraestructura vial en la mortalidad de fauna, y con esto proponer alternativas de mitigación a la problemática desde la perspectiva del Desarrollo Sostenible. Cada una de estas alternativas deberán estar adaptadas al contexto local, con la finalidad que ayuden a reducir en una mayor proporción este impacto; alternativas que en varios países del mundo como Estados Unidos, Canadá, Francia y algunos otros más, ya se han venido desarrollando tal como lo muestra Arroyave et al. en su estudio (2006), pero que en Colombia por diversos factores no han sido tomadas en cuenta.

Esta investigación busca llenar el vacío existente en cuanto a metodologías para el levantamiento de información sobre atropellamiento de fauna en Colombia, planteando como objetivo general el aplicar y evaluar una propuesta metodológica para determinar el impacto de la infraestructura vial sobre la mortalidad de fauna silvestre en el Valle de Aburra, tomando en cuenta las investigaciones referenciadas anteriormente y los datos adquiridos en campo mediante la caracterización del área de estudio y la definición de las variables de medición. Se identificaron y cuantificaron los atropellos de fauna en las carreteras definidas como circuito de estudio mediante censos. A partir de los datos procesados y la información obtenida, se realizó un análisis de resultados, determinando cuáles fueron las vías con mayor atropellamiento de fauna, así como también las vías en las cuales hubo una menor frecuencia de atropellamiento, entre otros. Por último, se modeló un mapa base utilizando un Sistema de Información Geográfica - SIG, donde se georreferenció cada uno de los puntos de atropello de fauna, lo cual permitió el desarrollo, aplicación y evaluación de la propuesta metodológica con la cual se determina el impacto de la infraestructura vial sobre la mortalidad de fauna en la zona de estudio.

Así mismo el lector encontrará en este proyecto y en cada uno de los apartes una descripción detallada desde el proceso de revisión bibliográfica hasta la generación

de conclusiones y recomendaciones. En los antecedentes se busca es visualizar a nivel internacional como a nivel local, los aportes teóricos y metodológicos generados desde los diferentes proyectos. Luego en la metodología se realiza una descripción de cada uno de los elementos y herramientas aplicadas en las salidas censales, además de la descripción de los diferentes métodos utilizados para el análisis de los resultados. Por consiguiente, en los resultados se busca la validación de la metodología planteada, aplicando algunas herramientas estadísticas y algunos modelos analíticos para cumplir dicho objetivo. Ya en el apartado final de conclusiones y recomendaciones, se describe los aportes más importantes que se generaron en el proyecto y que son fundamento para su realización.

1. Antecedentes

Para la construcción de los antecedentes se tomaron en cuenta los artículos seleccionados en la revisión bibliográfica, discriminando los siguientes ítems relevantes en el atropellamiento de fauna: contexto, causas, efectos y medidas de mitigación, métodos utilizados, análisis de datos y resultados, conclusiones y recomendaciones de cada uno de ellos, en orden secuencial a nivel internacional, nacional y local.

1.1. Contexto

La problemática del atropellamiento de fauna silvestre en algunas partes del mundo ya se ha venido estudiando desde hace décadas, con el fin de determinar cuáles son los aspectos que influyen y proponer medidas de solución que conecten los ecosistemas fragmentados. Entre las iniciativas más importantes se destacan las de Estados Unidos, Francia y España (Ballon, 1984; Iglesias, 2008; Mata, 2007). Mientras tanto en Colombia, la situación con relación a estudios y desarrollos en materia de conservación del medio ambiente y específicamente en pro de la reducción de los atropellos de la fauna, es muy precaria; se encuentran algunas investigaciones sobre el estado de arte y otras tratan de cuantificar en un corto tiempo algunos atropellos, pero pocas que pretendan determinar y explicar cuáles son las variables que intervienen en los atropellos de las diferentes especies, desde el contexto nacional (Delgado, 2007). Dentro de las investigaciones nacionales se pueden destacar las de Arroyave et al. (2006) donde se habla del efecto borde y el efecto barrera, factores que se presentan en la fragmentación de los ecosistemas o bosques intervenidos por la acción antrópica. De La Ossa & De La Ossa, (2013) denotan como principales factores que influyen en el atropellamiento de fauna el

tráfico vehicular, su aumento y la velocidad de viaje en la vía. Gutiérrez (2015) analiza los cambios en los patrones reproductivos de la fauna y Lynch (2012) determina las amenazas de especies como las serpientes, realiza una revisión del estado del arte tanto a nivel internacional como en la parte local y contempla el atropellamiento de fauna como una de las cinco amenazas más importantes para esta especie, el nivel de importancia relativa de esta clasificación fue derivada del Taller realizado en Medellín durante el mes de noviembre de 2007, denominado Formulación para el Programa de Conservación de Ofidios colombianos, aquí se muestran dicha clasificación: “(1) la matanza de serpientes por parte de campesinos en el curso de sus labores diarias, (2) la matanza de serpientes por vehículos sobre las carreteras del país, (3) la destrucción o “intervención” de los hábitats naturales, (4) el tráfico de animales con fines comerciales y (5) la recolección científica” (Lynch, 2012).

Existen cifras, a nivel internacional que dan indicios de la magnitud del atropellamiento de fauna; el Centro de Investigación para la Vida Silvestre en Estados Unidos, indica que diariamente son atropellados un millón de animales en todas las autopistas del país (Noss, 2002); otros autores como Jensen, Gonser, & Joyner en el 2014, manifiestan que aproximadamente se presentan 4100 colisiones con venados cola blanca por día. En el caso de Australia, esta cifra alcanza los cinco millones de anfibios y reptiles atropellados por año. Mientras tanto en España mueren más de 30 millones de animales cada año (López, 2004). En otros lugares del mundo como Finlandia, también realizan esfuerzos para investigar este fenómeno, se habla de una disminución en la densidad de la población de aves; de igual forma ocurre en Canadá, en donde se ha observado una reducción significativa de la tortuga mordedora, ambos casos son generados por la alta mortalidad por atropellamiento de fauna (Puc - Sánchez, Delgado, Mendoza, & Isauzo, 2013). En Suecia, esta problemática amenaza algunas especies, tal es la situación del tejón, el cual presentan como una de las especies más atropelladas en las carreteras, se cree que entre el 10% y 20% de la población de tejones muere cada año (Seiler, 2003; Seiler, Helldin, & Eckersten, 2003). Las anteriores

investigaciones se presentan como respuesta a la necesidad de medir los impactos de la infraestructura vial sobre los vertebrados.

A nivel nacional, los artículos se basan en su mayoría en una revisión del estado del arte, en donde realizan una recopilación bibliográfica de los impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y brindan una visión amplia de factores que se presentan en la fragmentación de los ecosistemas o bosques intervenidos por la acción antrópica, particularmente, Arroyave et al. (2006) establecen que: “la literatura científica internacional relacionada con este tema es numerosa, pero en Colombia es muy escasa”. De La Ossa & Galván, 2015; De La Ossa, De La Ossa, & Medina, 2015, denotan como principales factores que influyen en el atropellamiento de fauna el tráfico vehicular, su aumento y la velocidad de viaje en la vía. Gutiérrez (2015) analiza los cambios en los patrones reproductivos de la fauna. Por otra parte, también existen trabajos encaminados a determinar las amenazas de animales como las serpientes, donde se revisa el estado del arte tanto a nivel internacional como en lo local, y en el cual se contempla el atropellamiento de fauna como una de las cinco amenazas más importantes para ellas, (Lynch, 2012).

1.2. Causas, efectos y medidas de mitigación

Entre las causas principales del atropellamiento de fauna se encuentra la estructura de la vegetación y la altura de la misma, también se habla de otros factores como la densidad vehicular y la velocidad, el tipo de vía, elevación, pendiente y el tipo de clima (De La Ossa & Galván, 2015; De La Ossa et al., 2015; Jensen et al., 2014). Otros autores lo relacionan con variables más complejas como los cambios en los patrones reproductivos de la fauna, las cifras de estaciones de fecundidad, edades de los individuos, sexo, su ecología y comportamiento (Gutiérrez, 2015; Seiler, 2003). Todas estas variables van ligadas a muchas acciones antrópicas que por su falta de planeación, terminan afectando a las demás especies del planeta (Ballester, 2008).

Por otra parte, hay que considerar los efectos que produce el atropellamiento de fauna, la disminución o pérdida de especies es uno de ellos, donde se ven afectadas con una mayor implicación las especies catalogadas en peligro de extinción y otras tantas catalogadas como vulnerables (Seiler, 2001). En China se habla de una afectación mayor, la pérdida de especies denominadas arcaicas, las cuales son representativas y sensibles para esta región, e incluso para el mundo (Kong, Wang & Guan, 2013).

La especie humana también sufre los efectos generados por las colisiones con la fauna (Bruindernk & Hazebroer citado por Fundación RACC, 2011) para evidenciar que en Europa se generaron 507.000 colisiones al año, lo que produjo 300 víctimas mortales, 30.000 heridos; por otra parte se indica que en España en el año 2009 se presentaron al rededor 13.900 accidentes de tráfico generados por la fauna en las vías, de los cuales 387 accidentes involucraron víctimas. En Estados Unidos la frecuencia de colisiones de vehículos con animales, es aproximadamente 4100 colisiones de venados cola blanca por día (Jensen et al., 2014).

Para mitigar el atropellamiento de fauna y los efectos que esto conlleva, se han creado diferentes alternativas a nivel internacional, los pasos de fauna que se constituyen en una herramienta efectiva para contrarrestar esta problemática. También se han desarrollado otros elementos como el vallado, señalización, reductores de velocidad y diferentes métodos para ahuyentar la fauna, algunos de estos elementos se conciben como instrumentos de mitigación complementarios a los pasos de fauna. Estas medidas han sido acogidas por diferentes países en el mundo, es el caso de Estados Unidos, España, Francia, Suiza y Canadá (Ballon, 1984; Iglesias, 2008; Mata, 2007).

1.3. Métodos utilizados

En cuanto a la metodología propuesta, se encuentra que debe existir en primera instancia una delimitación clara del área de estudio, tratando de abarcar en ella diferentes condiciones ambientales y del territorio, para posteriormente tratar de aplicar los instrumentos y poder obtener datos comparativos que van ligados a esas diversas condiciones encontradas (Araya & Salom, 2015). En estos métodos, se realizaron censos, con aplicación en distintos horarios, unos durante recorridos diurnos y otros en recorridos nocturnos, además de ser realizados algunos caminando y otros en vehículos. Con estos censos se buscó determinar la incidencia de los atropellos de fauna, localizando cadáveres de animales en las vías, para luego realizar algunas mediciones; a cada animal atropellado se le asignó un código o numeración para su posterior identificación, también se tomaban las coordenadas geográficas con la ayuda de un GPS (Araya & Salom, 2015), además de tomar algunos otros datos como especie, fecha, hora, tipo de hábitat y un registro fotográfico (Seijas, Araujo, & Velásquez, 2013; Vargas, Delgado, & López, 2011).

Existe otro método donde se realizan recorridos dos veces al mes, este es efectuado por dos personas, una por cada lado de la vía (Quintero, Osorio, Vargas, & Saavedra, 2012). En otro método, se utiliza como herramienta para realizar los recorridos la motocicleta, la cual permite tener una mayor visual de la vía, lo que incrementa la posibilidad de hallar los cadáveres de fauna atropellada (Vargas & López, 2012). En objeción a los anteriores aportes, se presentan investigaciones que no muestran una metodología establecida, sino que la recolección de datos se realiza a través de reportes de terceros y también por algunos recorridos pocos sistemáticos por parte del investigador (Delgado, 2007, 2014). Como parte de la metodología algunos autores realizan entrevistas que buscan indagar sobre la percepción de diferentes actores de las vías (conductores, habitantes y transeúntes), en asuntos como los puntos donde habían visto animales atropellados y la época donde transitan más vehículos (Araya & Salom, 2015).

Otras herramientas o métodos utilizados son las cámaras trampa, con la finalidad de tener evidencias y poder identificar el uso de algunos cruces o conexiones por parte de los animales como el uso de Estructuras de Uso Múltiple, MUS (Araya & Salom, 2015; Payan, Soto, Diaz-Pulido, Benítez, & Hernández, 2013). El registro de la densidad vehicular que permite determinar la influencia de esta variable en el atropellamiento de fauna. En los casos en los que no se puede determinar el flujo de vehículos, se indican ecuaciones de incremento de flujo que permiten realizar dicho cálculo teniendo datos estadísticos de referencia, (Quintero, Osorio, Vargas, & Saavedra, 2012).

1.4. Análisis de datos y resultados

En el análisis de datos, se encontraron diferentes métodos aplicados a los registros levantados en los censos. Se realizaron análisis de frecuencias a los datos obtenidos y también se aplicaron análisis más complejos como la determinación de tasas de atropellamiento, se elaboraron curvas de rarefacción para cada uno de los grupos vertebrados estudiados y se determinó la variación temporal y espacial de los atropellos; adicionalmente para el análisis estadístico se utilizó la ayuda de programas de cómputo como el PAST (Seijas et al., 2013).

Otra herramienta usada para el análisis de datos, es el Arcview GIS, la cual genera un mapa que permite visualizar en primer lugar aquellos puntos donde hay más cobertura boscosa y luego identificar los cruces o conexiones entre los parches de bosques encontrados; también se utiliza para posicionar los puntos de atropello de fauna georreferenciados en cada censo (Seijas et al., 2013).

En referencia a los resultados obtenidos, los diferentes artículos consultados registran frecuencias de atropello distintas, dependiendo de las condiciones ambientales y de los ecosistemas que cubre el área de estudio. En Colombia, en las carreteras que comunican al municipio de Sincelejo con Ovejas y a Sincelejo

con San Onofre bordeando los Montes de María, predomina el registro de atropello de distintas aves (De La Ossa & De La Ossa, 2013). Para otros estudios realizados en México, en el estado de Michoacán, lo relevante es el registro de mamíferos, por otra parte, en este mismo país en la ciudad de Tehuantepec, predomina el registro de atropellos de reptiles y anfibios (Puc - Sánchez et al., 2013).

Otros resultados, muestran la existencia de especies de atención prioritaria, esto debido a su alta tasa de atropellamiento, y por la acción antrópica que alteran sus territorios naturales; este es el caso de las serpientes, que a diferencia de otros animales, sufren más las consecuencias de la problemática de atropellamiento de fauna, su forma de cruzar las vías, a nivel terrestre, las hacen más susceptibles (Quintero et al., 2012).

1.5. Conclusiones y recomendaciones

Algunos de los estudios revisados traen consigo recomendaciones, es el caso de Arroyave et al. (2006) Quienes solicitan a las autoridades ambientales exigir a los constructores medir los impactos ambientales de la construcción de carreteras, así mismo, también invitan a las universidades del país a generar estudios encaminados a la evaluación y manejo de estos impactos; argumentan además, que es necesario realizar más estudios de forma oportuna en relación a la construcción de carreteras, acompañados de una adecuada divulgación. Otras recomendaciones contemplan el estudio de las implicaciones que trae consigo el uso de las tierras, más específicamente, argumentan que aparte de tener una preocupación latente sobre mitigar la mortalidad de la fauna por atropello, también es responsabilidad del estado establecer medidas de gestión de la tierra a lo largo de los bordes de carretera (Vargas, Delgado & López, 2011). Es importante destacar que las medidas de mitigación que se desarrollen deben ser múltiples y complementarias, se debe tratar que sean útiles para la mayoría de especies y que una sola medida puede no ser suficiente, esta debe ir acompañada de otras alternativas de mitigación, (Payan et al., 2013).

Las medidas de manejo propuestas, parten de generar políticas públicas en cuanto a la construcción de carreteras y la inclusión de medidas de mitigación como los pasos elevados o subterráneos, reductores de velocidad, cercado de las carreteras y rótulos o señalización, también se proponen algunas menos complejas como estampar o pintar huellas de fauna sobre la carretera para indicar que es un sitio de paso de fauna (Araya & Salom, 2015).

Con el fin de obtener confiabilidad en los datos obtenidos, se recomienda, según la experiencia de Araya & Salom (2015), el traslape de distintas fuentes de información. Otra recomendación es limitar la toma de datos a los grupos o especies a las cuales se les pueda generar medidas de mitigación. También proponen, que el muestreo intensivo no debe ser aplicado en caminos o carreteras de no más de 20 km de longitud. Como recomendación para mejorar la metodología de entrevistas, se plantea la utilización de un mapa del área de estudio (mapa cultural), donde se visualicen los lugares más característicos de las zonas (sitios referentes), para que los entrevistados puedan identificar y ubicar la zona del atropello con mayor facilidad y exactitud.

Grosselet, Villa-Bonilla, & Ruiz (2008) recomiendan considerar en la realización de los recorridos, la relación que existe entre la falta de avistamientos de cadáveres de fauna atropellada con la presencia de aves carroñeras, y además la falta de visibilidad de cadáveres atropellados por ser arrojados a los alrededores de las vías.

A manera de conclusión, los artículos refieren la falta de políticas públicas que regulen la construcción de carreteras en Colombia, ya que sólo se encuentran disposiciones que sugieren hacer un inventario de flora y fauna de los ecosistemas a intervenir (Arroyave et al., 2006).

Por otra parte, se argumenta que es necesario realizar estudios más específicos y encaminados a determinar el comportamiento de las especies (procesos de

inmigración, nacimiento, emigración y muerte), como una variable que influye a que el atropellamiento de fauna se presente (Vargas et al., 2011). Además, se menciona que existen pocos proyectos donde se enfoquen en los efectos ecológicos de las vías en Colombia, y que estos son insuficientes ante el verdadero impacto de estas construcciones. También es importante tener presente que cualquier esfuerzo por realizar estudios de atropellamiento de fauna son inútiles, sino existe por parte de del gobierno una adecuada recepción de los datos y una importante influencia de la política (Payan et al., 2013).

Finalmente, entre las conclusiones encontradas en la revisión bibliográfica, se indican que existen algunas especies que, a pesar de no tener medidas de conexión como los pasos de fauna, hacen uso de estructuras concebidas para otros propósitos, este es el caso de los conductos subterráneos o alcantarillas, que algunos animales usan para poder cruzar las vías (Payan et al., 2013).

2. Metodología

Debido a que la revisión de literatura no arrojó una metodología estandarizada para evaluar el impacto de la infraestructura vial sobre el atropellamiento de fauna, en este trabajo se unen varias técnicas utilizadas por investigadores nacionales e internacionales que han sido descritas anteriormente en los antecedentes, (Araya & Salom, 2015; Bolaños, 2012; Corral, 2010; De La Ossa et al., 2015; Delgado, 2007, 2014; Jensen et al., 2014; Pérez, 2015; Quintero et al., 2012) estableciendo una propuesta metodológica adaptada al contexto de las vías objeto de este trabajo.

2.1. Área de Estudio

Dentro del área de estudio seleccionada, se encuentran diferentes vías que hacen parte de municipios del Valle de Aburrá y otros del Oriente Antioqueño. Municipios como Medellín y Envigado pertenecen al Valle de Aburrá, mientras que el Retiro, la Ceja, la Unión, el Carmen de Viboral y Rionegro, hacen parte del Oriente Antioqueño.

El Valle de Aburrá, hace parte del departamento de Antioquia, posee una extensión de 1.152 km². Su topografía es irregular, esta oscila entre 1.300 y 2.800 metros sobre el nivel del mar. Las cordilleras que lo encierran, permiten que se presenten diversos microclimas, que permiten tener diversos ecosistemas. El Valle de Aburrá contempla 10 municipios (Figura 2-1), Medellín, Barbosa, Girardota, Copacabana, Bello, Sabaneta, Itagüí, La Estrella, Caldas y Envigado (Área Metropolitana, 2010).

Figura 2-1: Mapa de los municipios que componen el Valle de Aburrá (Antioquia - Colombia). Fuente: (Alcaldía de Barbosa, 2019)



Por su parte, el Oriente Antioqueño contempla 23 municipios (Figura 2-2), Abejorral, Alejandría, Argelia, Cocorná, Concepción, El Carmen de Viboral, El Santuario, Granada, Guarne, Guatapé, La Ceja, La Unión, Marinilla, Nariño, Peñol, Retiro, Rionegro, San Carlos, San Francisco, San Luis, San Rafael, San Vicente y Sonsón. Esta subregión es altamente rica en fuentes hídricas; se está categorizada como un bosque húmedo tropical (Programa Presidencial de Derechos Humanos y Derecho Internacional Humanitario, 2014).

Figura 2-2: Mapa de los municipios que componen el Oriente Antioqueño (Antioquia - Colombia). Fuente: (Redoriente, 2018)



2.1.1. Procedimiento para la selección de vías

En la determinación del circuito o de la ruta para la realización de los censos, se tuvieron en cuenta diferentes variables que van relacionadas con las condiciones técnicas de la vía y especificaciones a nivel de las zonas aledañas; variables como el tipo de vía (primaria, secundaria o terciaria), cobertura boscosa, densidad vehicular, entre otras; que según la información secundaria recopilada a través de una revisión bibliográfica, pueden influir en la ocurrencia del atropellamiento de fauna (De La Ossa & Galván, 2015; Jensen et al., 2014). Por otra parte, también se consideró para la determinación del recorrido final, aquellas zonas donde se presentaron reportes de fauna atropellada (Delgado, 2007, 2014).

Otro factor que es importante para la delimitación del circuito final, es el resultado salidas exploratorias cuyo fin es el reconocimiento de las vías, con el objeto de verificar la existencia de las condiciones técnicas y de las especificaciones de las zonas que anteriormente se habían establecido.

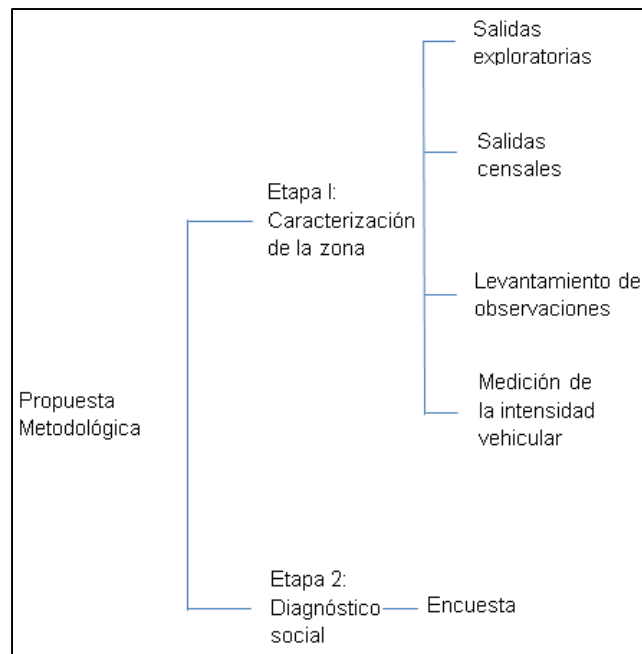
2.1.2. Consideración área de estudio

En las vías determinadas para el área de estudio existen tres tipos de caracterización, las de primer orden, las vías de segundo orden y las de tercer orden. Se llega a la determinación de estos tres tipos de vías a través de la información secundaria recopilada, además de que cumplen con las condiciones y las variables a investigar. Para este dato se consideraron las disposiciones de la Dirección de Infraestructura del Ministerio de Transporte en cuanto a su categorización en referencia a su funcionalidad, expresada en la resolución 1240 del 25 de abril de 2013 derogada en 2017, donde indica que en Colombia existen tres tipos de carreteras (Ministerio de Transporte, 2017).

Por otra parte, hay que tener presente que dentro del recorrido seleccionado existen tramos de vías que no se contemplan para la búsqueda animales atropellados y que hacen parte del área urbana de algunos de los municipios, para efectos de este proyecto, se denominarán Transición, y se deberán cuantificar en términos del recorrido ya que estas tienen influencia en el tiempo de duración de cada salida de campo.

2.2. Propuesta metodológica

Esta se compone de dos etapas, la primera se denomina caracterización de la zona y la segunda se denominó diagnóstico social como se muestra en la Figura 2-3. La primera etapa busca dimensionar la problemática del atropellamiento de fauna a través de la aplicación de instrumentos que midan las diferentes variables que se cree que influyen en el atropellamiento de fauna. Por su parte, la segunda etapa permite indagar sobre la percepción de los habitantes de las zonas aledañas a las vías, ante el atropellamiento de fauna, también se buscan los puntos dentro de las vías seleccionadas que presentan en mayor proporción el atropellamiento de fauna, esto último de acuerdo a la percepción de las personas encuestadas.

Figura 2-3: Propuesta metodológica. Fuente: Elaboración propia

2.2.1. Etapa 1 – Caracterización de la zona

A) Salidas Exploratorias

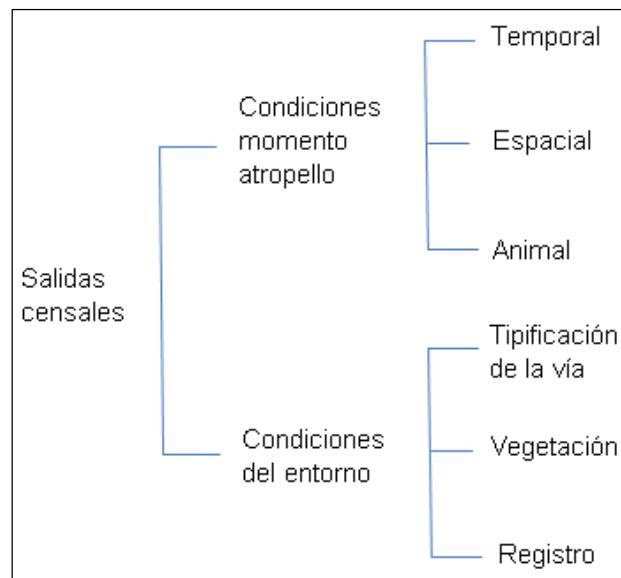
Se realizan cuatro salidas exploratorias con el fin de determinar el circuito final para la realización de los censos (Rincón & Parra, 2016); en estas se pretende establecer las condiciones técnicas de las vías, entre las que se encuentra el tipo de carretera (primarias, secundarias y terciarias), la existencia de distintas variables ligadas al atropellamiento (diversidad de paisajes, inclinación de la vía, señalización, etc.), el acceso a las vías e integración en el circuito, adicionalmente se buscó establecer que tan seguras eran las vías para poder realizar los censos. La selección del circuito propuesto se realizó teniendo presente la información secundaria levantada de los diferentes reportes en las zonas.

B) Salidas censales

Recorridos en el área de estudio donde se siguió un circuito previamente establecido, se estableció realizar 16 salidas censales, ya que se consideró que eran suficientes para la validación metodológica y con la finalidad de cumplir con los tiempos establecidos para el proyecto. Con cada censo se busca determinar la

incidencia del atropellamiento del animal, y poder aplicar algunas herramientas que permitan obtener información del atropello y del cadáver encontrado (Araya & Salom, 2015). Dichas herramientas (aplicación de celular que mide la inclinación de la vía, equipo GPS y cámara fotográfica) permiten la captura de algunas de las variables que se exponen a continuación, a todas estas variables se les realiza un registro mediante una planilla creada a partir del modelo de Pérez (2015) y ampliada con variables tomadas de la revisión bibliográfica con el fin de capturar de mejor manera las condiciones locales. (Ver anexo A. Ficha Técnica para el Registro de Atropellos de Fauna).

Figura 2-4: Planeación de la medición para las salidas censales. Fuente: Elaboración propia



De acuerdo con la Figura 2-4, en esta etapa se pretende medir:

- **Condiciones del momento del atropello:** Para este momento se determina que existen condiciones temporales, espaciales y del animal.

Temporales

Fecha del recorrido: Se refiere a la fecha en la cual se hace la salida de campo.

Hora de inicio/ Hora final: Son las horas que Inicia la salida de campo en el circuito estimado y su hora de finalización.

Hora del registro: Es la hora en la que se registra el animal atropellado.

Tiempo estimado de atropello: Periodo de tiempo transcurrido entre el atropello del animal y el registro. Se estimaron los siguientes periodos tal y como se puede visualizar en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1. Tiempo estimado de atropello. Fuente: Elaboración propia

Menos 1 día	4-6 días
1-2 días	Más de 6 días
3-4 días	

Clima: Estado del tiempo y terreno en el momento de hacer el reporte. Las categorías estimadas para este dato son: Seco, húmedo, lluvia.

Espaciales

Descripción/ Kilómetro: Es el kilómetro por el cual identifican el sector (abscisado de la vía), pero en su defecto si no se tiene claro, se realizará una descripción de la zona.

Latitud / Longitud: Coordenadas geográficas que arroja el GPS y que permite registrar el lugar exacto del atropello del animal en un Sistema de Información Geográfico - SIG como ArcGis o QGIS.

Altitud: Altura a nivel del mar que arroja el GPS y que permite tener una referencia de la zona en la cual se encontró el cadáver del animal atropellado.

Del Animal

Animal: Nombre común o vernáculo en la zona de recolección, en caso de no poderse identificar dicho animal se registrará como No identificado (No ID).

Clase: Nombre científico del animal, en caso de conocerlo o clase a la que pertenece. Para este dato se estiman las siguientes: Ave, mamífero, anfibio, reptil.

- **Condiciones del entorno:** Para este momento se determina que existen condiciones de tipificación de la vía, de vegetación y de registro.

Tipificación de la vía

Nombre de la vía: es el nombre por el cual se conoce la vía donde se encontró el cadáver del animal.

Condiciones técnicas de la vía: tipo de categorización de la vía según disposiciones de la Dirección de Infraestructura del Ministerio de Transporte, en su resolución 1240 del 25 de abril de 2013 derogada en 2017, (Ministerio de Transporte, 2017). Estas pueden ser: vías primarias, vías secundarias y vías terciarias.

Ancho de la Vía: Número de metros a lo ancho que tiene la carretera donde se encontró el cadáver. Para este ítem se realizó la siguiente estimación de medidas: 2-4 m, 8-12 m, 4-8 m y más de 12 m.

Número de carriles: Es la cantidad de carriles que tiene la vía donde se hizo el registro, se tiene presente también la consideración del dato del ancho de la vía.

Velocidad máxima indicada: Sera la velocidad que está marcada en la vía donde se encontró el cadáver, ya sea indicada en el piso o por medio de avisos viales.

Vegetación

Paisaje/Vegetación: tipo de paisaje que donde se hizo el registro del atropello. Los tipos de paisaje que se estimaron fueron: Bosque denso, Ríos o laguna, Vegetación baja, Casas – Finca, Vegetación media, Otros.

Registro

Número de carril (N°): Hace referencia al lugar dentro de la vía donde se ubicó el cadáver del animal, según el diagrama de la ficha (ver anexo A. Ficha Técnica para el Registro de Atropellos de Fauna).

Curvatura: Hace referencia a si el tramo de la carretera donde se ubica un cadáver es una curva o tiene una curva cercana que impida la visibilidad del conductor. Ya que en la revisión bibliográfica que se realizó no se encontró un parámetro que permitiese estandarizar este dato, se estimó tener la siguiente clasificación: Posee curva, no posee curva.

Inclinación de la vía - Grados: Pendiente que posee la vía donde se hizo el registro, esta es en términos de grados. Para tener una medición clara de este ítem, se hace uso de una aplicación del teléfono móvil.

Levantamiento de observaciones: Descripción de eventos o sucesos inesperados que se dan antes, durante o después de los censos, y que de alguna forma tienen algún tipo de afectación sobre el recorrido o sobre un registro en particular. Cada una de estas observaciones van registradas en la Ficha Técnica para el Registro de Atropellos de Fauna.

Observaciones por registro: En este campo se puede registrar alguna observación inusual o dato en particular de un atropello.

Observaciones generales del recorrido: Este espacio está diseñado para registrar observaciones, datos o recomendaciones al respecto del recorrido en general.

▪ **Generalidades de las salidas censales**

Para el registro de cada uno de los datos y de las variables antes mencionadas se crea una planilla técnica, la cual se genera por cada uno de los censos; esta planilla se denomina Ficha Técnica para el Registro de Atropellos de (ver anexo A. Ficha Técnica para el Registro de Atropellos de Fauna). Los datos que se registran en esta ficha se estandarizaron para tener la posibilidad de analizarlos con una mayor precisión y poder obtener resultados que permitan el estudio de esta problemática.

Los censos se realizaron 4 veces al mes, concentrando dos salidas en una misma semana, durante 4 meses, para un total de 16 salidas de campo, utilizando un vehículo, que recorre la vía a una velocidad que oscilaba entre 20 a 30 km/h; velocidad que permite realizar un rastreo de la fauna atropellada en la vía. La hora

de inicio de los censos fue las 5 de la mañana y finalizaba generalmente después de las 13 horas, todo dependiendo del número de atropellos registrados en la salida. Este horario se seleccionó con la finalidad de encontrar la mayor cantidad de cadáveres de animales sobre la vía, ya que por disposiciones horarias de las concesiones viales que administran las diferentes vías, el horario de limpieza en algunas zonas inicia a las 6 am. Como resultado del trabajo mancomunado con las concesiones viales, se estipuló realizar un aviso a estas concesiones, previo a cada salida para evitar la pérdida de información por recolección de los operarios encargados de la limpieza (Araya & Salom, 2015).

Para la toma de las coordenadas se utiliza un GPS como herramienta, en este se registra cada uno de los puntos donde se encontró fauna atropellada. También el GPS permite utilizar una de sus funciones, la cual realiza el trazado de cada una de las salidas de campo (Quintero *et al.*, 2012).

Para medir el grado de inclinación de la vía se utiliza como herramienta una aplicación para celular, Clinometer + Buble level y el fabricante es Plaincode tm.

El tratamiento de los datos recolectados se hace mediante análisis estadísticos como la prueba de normalidad, bondad de ajuste de los datos mediante Chi cuadrado y relaciones de dependencia a través del test exacto de Fisher. Todos los análisis estadísticos son desarrollados con los paquetes de software estadístico SPSS Statistics (IBM, 2018) y R de R Core Team (R Core Team, 2017). También se usará el software SIRIEMA como una herramienta para la evaluación de los atropellamientos y para apoyar la planificación de medidas de mitigación.

El software SPSS, fue empleado para tomar todas las variables y determinar si el conjunto de datos era normal. Por otra parte, el software libre R se utilizó para el análisis de las encuestas (diagnostico social), además también apporto para el cálculo del IKA (índice kilométrico de abundancia). Este último adicional a todo lo

anterior también sirvió para el cruce de las distintas variables, con el fin de determinar si existía una correlación entre ellas

▪ **Tratamiento de los datos**

A la información recolectada se le realizan los siguientes cálculos con sus respectivos análisis.

Cálculo del índice kilométrico de abundancia IKA

Con este cálculo se busca comparar los diferentes tramos de vías, a través de una medida de frecuencia que relaciona la cantidad de animales atropellados con los kilómetros recorridos (Castillo, Urmendez & Zambrano, 2015). En este trabajo se realiza la aplicación de este índice por cada tramo de carretera y se calcula para todo el circuito recorrido con base en la (Ecuación 2-1; por otra parte, el número de recorridos utilizados para este cálculo fue de 16, los cuales se realizaron entre octubre de 2015 y febrero de 2016.

$$IKA = \frac{\text{Número de animales atropellados}}{\text{Km del recorrido} \times \text{Número de recorridos}} \quad (\text{Ecuación 2-1})$$

Análisis temporal de atropellamiento

El uso de este indicador permite explicar la relación existente entre hábitos estacionales, comportamientos periódicos de la fauna y su mortalidad por atropellamiento, esta última se ve influenciada por patrones de movilidad y desplazamiento entre hábitats (De La Ossa & Galván-Guevara, 2015).

Las condiciones climáticas locales influyen la accidentalidad de la fauna por atropellamiento debido a que las poblaciones de algunas especies tienden a ser más móviles y a desplazarse más entre hábitats, por ende, a cruzar con mayor frecuencia las vías (Garriga et al., 2016).

Para el análisis se relaciona la fauna atropellada con las condiciones climáticas, en todo el circuito de estudio durante los 4 meses de la fase de campo de esta investigación. Se procede a comprobar la relación entre las variables climáticas precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima y la mortalidad de fauna en distintos periodos de tiempo con el uso de pruebas estadísticas, buscando patrones de mortalidad asociados a las variables climáticas.

Para conocer la relación entre las variables climáticas y la mortalidad se realiza previamente un análisis de normalidad para determinar si la variable dependiente, atropellamiento por mes, se distribuye normalmente (Gotelli & Ellison, 2004). De no encontrarse la distribución normal, se procede al análisis por estadística descriptiva de las relaciones observadas en el cruce de las variables antes mencionadas.

Análisis espacial de atropellamiento y las vías

El atropellamiento de fauna presenta como característica la relación de algunas variables que influencia su ocurrencia en una mayor o menor medida; este es el caso de las condiciones espaciales aledañas a las zonas de registro del atropellamiento, las cuales contribuyen según sea su composición vegetal a que el atropellamiento se presente, es así como los cambios en el uso del suelo y la disponibilidad de recursos pueden generar interés para ciertos grupos de animales (Seijas et al., 2013). Las características de tipo de paisaje en las zonas aledañas a los atropellamientos como bosque denso, vegetación media, vegetación baja y casas fincas permiten estimar según el tipo de paisaje la frecuencia de fauna atropellada, además de clasificarlo por tipo de animal.

También existen condiciones relacionadas con las vías que propician la ocurrencia de atropellamientos, como son el volumen vehicular y la velocidad indicada, acompañadas también de otras características propias del diseño de la vía como es número de carriles, velocidad indicada y tráfico promedio diario, como indicadores de la distribución de atropellamiento de la fauna (D'Amico, Román, De

los Reyes & Revilla, 2015). Finalmente, es importante realizar comparativos entre las vías seleccionadas con ayuda del índice kilométrico de abundancia y las variables propias de la vía mencionadas anteriormente, teniendo en cuenta la cantidad de atropellamientos, con el fin de describir el efecto de estas variables.

C) Medición de la intensidad vehicular

Con la finalidad de medir el grado de utilización de algunas vías, se llevó a cabo un procedimiento de conteo de vehículos; dicha labor se realizó durante un periodo de 15 minutos en dos salidas de campo (salida número 14 y 15), el conteo se aplicó tanto para los carros como para las motocicletas. Las vías secundarias y terciarias (Entrada Canadá – El Carmen y El Carmen - Rionegro) con más registro de atropellos y (La Fé - El Retiro y El Retiro – La Ceja) con el menor registro de atropellamiento fueron seleccionadas para aplicar esta medición. Con la intención de estandarizar y tener un conteo de vehículos más preciso, se diseñó una planilla (ver anexo D), la cual se denominó Formato para el Registro de la Intensidad de Tráfico Vehicular. Se debe precisar que el conteo de vehículos se realizó para los dos sentidos viales de cada vía (Universidad Carlos III de Madrid, 2008). Los análisis de este conteo permiten obtener la cantidad de vehículos por hora, los cuales serán comparados con el número de atropellamientos producidos en estos mismos tramos de vía y así determinar si la variable Intensidad vehicular es representativa.

En el análisis de la intensidad vehicular se tuvo presente que se realizó el conteo en dos salidas diferentes, con la finalidad de poder tener un comparativo por cada una de las vías. Con los datos consolidados se realizó el promedio por vía de número de vehículos que transitaron durante el periodo determinado. Luego se halló la intensidad vehicular por hora con ayuda de la (Ecuación 2-2. Con la finalidad de contrastar este método con lo hallado en las salidas de campo, se realizó un comparativo con el número de atropellos hallados en estas vías (Tabla 20).

$$I = \frac{n(x)}{t} \quad (\text{Ecuación 2-2})$$

Donde,

I = Intensidad vehicular

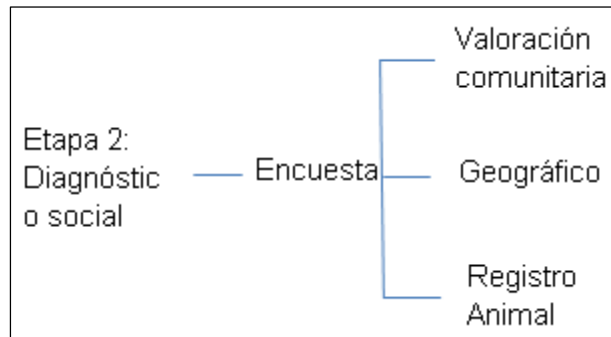
n(x) = Número de vehículos que atraviesan la sección fija x de la vía

t = Intervalo temporal estudiado

2.2.2. Etapa 2 – Diagnóstico social (Encuesta)

Con el fin de obtener un mayor acercamiento a la problemática del atropellamiento de fauna en las zonas escogidas que son parte del circuito, se establece realizar encuestas a la población de dichas zonas para poder determinar si a consideración de los encuestados esta problemática se presenta y en qué lugares de la vía se visualiza con mayor frecuencia, además de tratar de determinar cuáles son los animales que más son atropellados (Araya & Salom, 2015). Para la aplicación de este instrumento, se seleccionaron las mismas vías a las cuales se les aplicó el método para verificar la densidad vehicular; ya que son representativas en cuanto a la frecuencia de atropellamiento de fauna y servirían como punto de comparación con las demás vías (Las vías secundarias y terciarias con más registro de atropellos Entrada Canadá – El Carmen y El Carmen – Rionegro. Las vías secundarias y terciarias con el menor registro de atropellamiento La Fe - El Retiro y El Retiro – La Ceja).

Figura 2-5: Descripción etapa 2. Fuente: Elaboración propia



Para determinar el número de encuestas que se aplicará en cada una de las vías seleccionadas, se utiliza un método estadístico denominado Tamaño de Muestra para una Población Finita, con el cual se calculó para el total de números de kilómetros de todo el circuito (164.63 km) cuantas encuesta se tendrían que aplicar (83.10) y con este dato, se calcula cada cuantos kilómetros se debió de aplicar este instrumento (1.98 km ~ 2 km), que para este proyecto se aplicó cada 2 kilómetros en cada vía (Ecuación 2-3). Este método se seleccionó ya que no está determinado el número de habitantes o casas por cada una de las vías. Se debe precisar que en el momento de conteo de la medición de la distancia entre encuesta y encuesta, no necesariamente dicha medición coincida exactamente con la ubicación de una vivienda, por tanto se buscará la vivienda más cercana a donde la medición indica para aplicar dicho instrumento (Bolaños, 2012).

$$n = \frac{Z_a^2 \cdot N \cdot p \cdot q}{i^2 \cdot (N - 1) + Z_a^2 \cdot p \cdot q} \quad (\text{Ecuación 2-3})$$

Donde,

n = cálculo de tamaño de muestra

Z_a = 1.96 al cuadrado (si la seguridad es del 95%)

N = total de la población

p = proporción esperada (en este caso 5% = 0.05)

q = 1 – p (en este caso 1-0.05 = 0.95)

i = precisión (en su investigación use un 5%)

En la Tabla 2-2, se pueden evidenciar las vías y el número de kilómetros por vía en las que se realizó la encuesta.

Tabla 2-2. Vías en las que se realizó la encuesta y su número de kilómetros. Fuente: Elaboración propia

Nombre de la Vía	Longitud
La Fe - El Retiro	4.53
El Retiro - La Ceja	15.67
Entrada Canadá - El Carmen	6.06
Carmen - Rionegro	10.65
Total recorrido encuestado	36.91

La encuesta es de carácter descriptivo y las preguntas que se desarrollaron procuraran indagar por una medición de la frecuencia de la problemática del atropellamiento de fauna, la determinación de animal que más es atropellado (mediante su identificación por el nombre común del animal), la principal causa por la cual se presenta esta problemática, etc. El propósito fundamental del diseño de la encuesta es que las preguntas permitan la tabulación de las respuestas de los pobladores y el análisis cualitativo de la información; de ser posible se aplican estadísticos a los datos buscando un análisis exploratorio. El cuestionario se creó con una de las preguntas de forma no estructurada (pregunta N°3), tratando de que el encuestado aporte información de los lugares donde considera que se presenta los atropellos de fauna; las demás preguntas (pregunta N°1, 2 y 4) son de carácter estructuradas de tipo dicotómicas y también otras politómicas, ambos tipos ayudan a obtener información precisa en relación a la existencia de esta problemática y de

la afectación en la fauna (ver anexo B. Formato de encuesta técnica - Proyecto Atropello de Fauna).

Entre las preguntas diseñadas para este instrumento se encuentran dos que permiten obtener la valoración por parte de la comunidad (pregunta N°1 y 2), otra pregunta es de tipo geográfica (pregunta N°3), donde pretende indagar sobre los lugares donde más frecuentemente encuentran animales atropellados y por último otra pregunta que valora el riesgo del animal (pregunta N° 4), en cuanto pretende determinar cuáles son los animales más atropellados (Figura 2-5). Para el registro de la encuesta se crea un formato denominado Encuesta Técnica - Proyecto Atropello de Fauna, el cual está creada para que de forma rápida se pueda dar respuesta a las diferentes preguntas, adicional, la mayoría de opciones de respuesta están establecidas para poder hacer un análisis estandarizado. La aplicación de este instrumento estará a cargo de un entrevistador, que registrará la respuesta directamente en el formato, según la información brindada por el encuestado (Corral, 2010). Con el fin de saber más específicamente el lugar donde se presentan los atropellos, se crea una ficha de apoyo que permite al encuestado visualizar los lugares característicos de la vía, y con esto responder con mayor precisión; de igual forma se crea otra ficha como apoyo para la identificación del animal.

Para la tabulación de la encuesta se categorizaron las respuestas; en la primera pregunta se le asignó un valor a cada posible respuesta, siendo “Muy importante” la de mayor valor (5) y la de menor valor “No sabe / No responde” (1). En la segunda pregunta se le asignó igualmente un valor, “Conoce” equivalente a uno (1), y “No conoce” es cero (0). Para la tercera pregunta se realizó el mismo procedimiento de la primera, siendo “Muy frecuente” la de mayor valor y “No sabe / No responde” la de menor valor. En tanto la cuarta pregunta, presenta nueve posibles repuestas, donde a la opción seleccionada se le asigna el valor de uno (1) y a las que no fueron seleccionadas cero (0), se aclara que en esta pregunta se podría seleccionar varias respuestas. De igual forma para la quinta pregunta se aplica el método

anterior, con la diferencia que sólo se puede seleccionar una respuesta. Por último, para la sexta pregunta se registró la respuesta textualmente como la indico el encuestado; ya que es una pregunta abierta, donde la persona encuestada indica el lugar de la vía donde considera que se presenta más atropellos.

3. Resultados

3.1. Análisis descriptivo de los datos

3.1.1. Etapa I Caracterización de la zona

A) Salidas Exploratorias

En total el circuito establecido es de 164.63 km y corresponde al número de kilómetros recorridos en cada salida, pero el total de kilómetros de las vías en las que se realizó el muestreo es de 142.02 km (sin vías de transición) (Tabla 3-1).

Para este recorrido hay que precisar que existen vías que se tienen que recorrer en dos sentidos, ya que poseen una particularidad de no tener una conexión con el circuito después que se recorre, por tanto, hay que volverla a recorrer para salir de ella.

Tabla 3-1. Vías seleccionadas para el estudio y su longitud en kilómetros. Fuente: Elaboración propia

Nombre de la vía	Km
Carmen- Rionegro	10.65
El Retiro - La Ceja	15.67
Entrada Canadá - El Carmen	6.06
Glorieta a La Unión -La Unión	21.80
El. Escobero	10.04
La Ceja - Entrada Canadá	6.10
La Ceja - Glorieta a La Unión	1.70
La Fe- El Retiro	4.53
Llano Grande -Glorieta Aeropuerto	6.28
Palmas	29.30
Palmas - La Fe	10.13
Rionegro- Llano Grande	5.60
Variante. Palmas - Palmas	12.66
Variante La Unión	1.50
Total	142.02

B) Salidas Censales

Como se mencionó anteriormente se realizaron un total de 16 salidas de campo a lo largo de cuatro meses; en total se encontraron 100 animales atropellados en las diferentes vías que contempla el área de estudio. Es importante resaltar la variabilidad en la ocurrencia de la problemática de atropellamiento, se presentó desde un mínimo de ocurrencia (cero atropellos) en la salida N°12, hasta un máximo de 20 cadáveres de animales atropellados en la salida N° 8 como lo muestra la Tabla 3-2, lo que permite realizar un comparativo con el número de salidas de campo, dando como resultado un promedio de atropellos por salida de 6.25.

Tabla 3-2. Registro de atropellamientos por número de salida. Fuente: Elaboración propia

Número de salida	Atropellamientos
1	4
2	1
3	8
4	8
5	13
6	3
7	5
8	20
9	2
10	10
11	1
12	0
13	11
14	7
15	2
16	5
Total general	100
Promedio	6.25

- **Datos sobre condiciones al momento del atropello**

Temporales

En relación a los meses donde se realizaron las salidas censales se puede indicar que el mes con mayor número de atropellamientos registrados fue diciembre/2015 con un 33% del total, registrado en 4 salidas. Es importante aclarar que en los cinco meses de registro no se realizaron igual número de salidas; particularmente en octubre/2015 se realizan 3 salidas y en febrero/2016 se presenta sólo 1 salida censal (Tabla 3-3).

Tabla 3-3. Registro del número de atropellamientos y número de salidas por año/mes.

Fuente: Elaboración propia

Año	Mes	Número de salidas	Número de atropellamientos	% de atropellamientos
2015	Octubre	3	13	13%
2015	Noviembre	4	29	29%
2015	Diciembre	4	33	33%
2016	Enero	4	20	20%
2016	Febrero	1	5	5%
Total general		16	100	100%

Continuando con el tiempo estimado de atropellamiento, el intervalo que presenta mayor acumulación es entre 1 a 2 días (27%), seguido de más de 6 días (25%) y luego menos de 1 día (22%); el intervalo que registra menor acumulación es de 4 a 6 días con solo el 7% del total de atropellos (Tabla 3-4).

Tabla 3-4. Registro de número de atropellamientos versus tiempo estimado de atropellamiento. Fuente: Elaboración propia

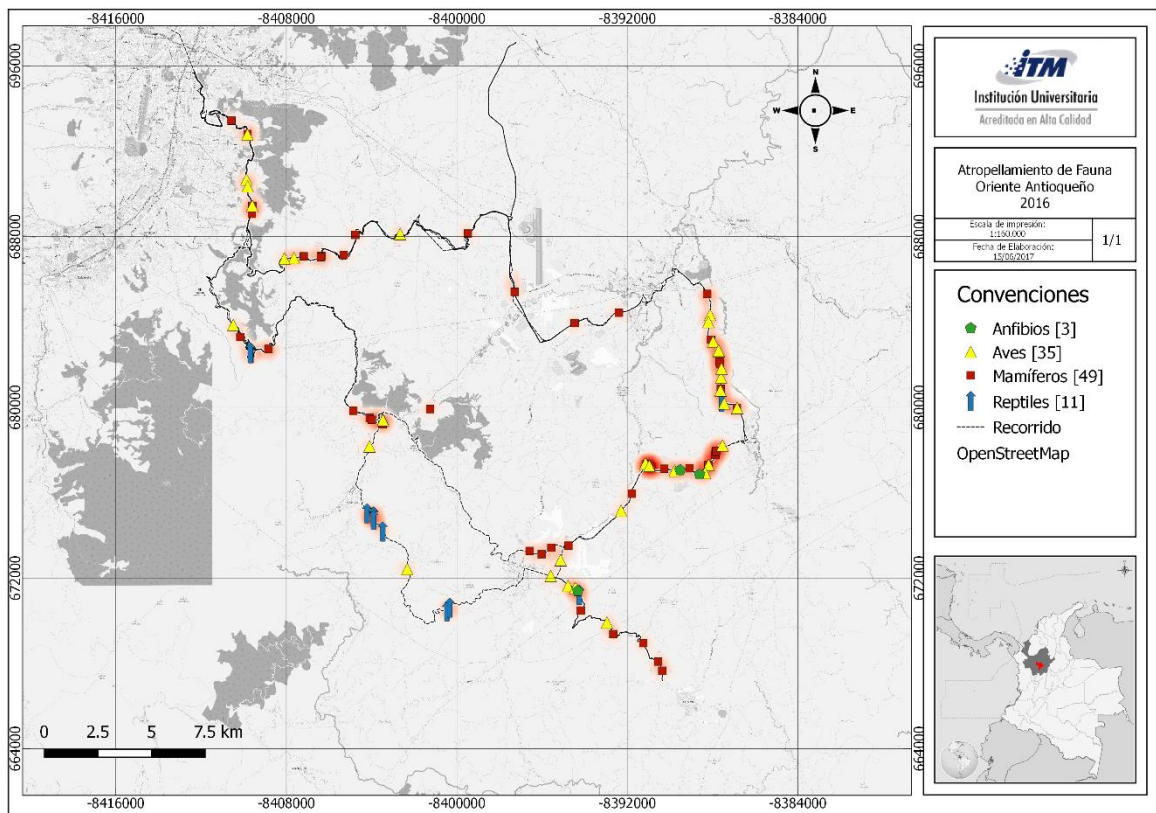
Tiempo estimado de atropellamiento	Número de atropellamientos	% de atropellamientos
1-2 días	27	27%
3-4 días	19	19%
4-6 días	7	7%
Más de 6	25	25%
Menos 1	22	22%
Total general	100	100%

De la variable clima, el ítem que presenta una mayor incidencia en los atropellos registrados es clima seco con el 85%, luego con una menor relevancia aparece el clima húmedo (10%) y por último lluvia con solo el 5% (**Tabla 3-5**).

Tabla 3-5. Registro de número de atropellamientos por clima. Fuente: Elaboración propia

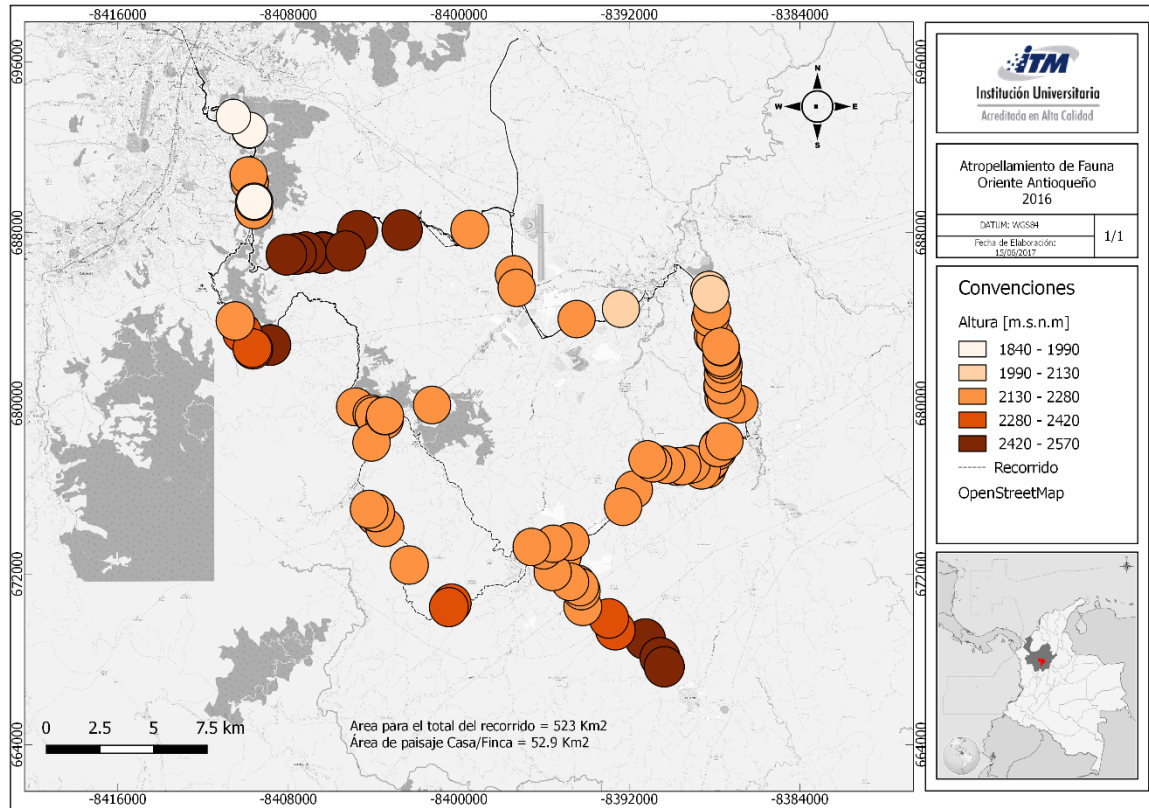
Clima	Número de atropellamientos	% de atropellamientos
Húmedo	10	10%
Lluvia	5	5%
Seco	85	85%
Total general	100	100%

Mapa 3-1. Ubicación de los atropellamientos de anfibios, aves, mamíferos y reptiles por latitud, longitud. Fuente: Elaboración propia



Para la ubicación por latitud, longitud y altura de los puntos de atropellamientos registrados en las diversas vías que hacen parte del área de estudio, se crearon unos mapas con ayuda del software QGIS (QGIS, 2018). El Mapa 3-1 muestra la localización de los atropellamientos de acuerdo con su latitud y longitud; así mismo en términos de altitud se determinó que los atropellamientos se encuentran entre 1840 y 2567 m s. n. m. tal como se evidencia en el Mapa 3-2.

Mapa 3-2. Ubicación de los atropellamientos por altura. Fuente: Elaboración propia



Datos del Animal

La clase que más presentó acumulación en el registro de atropellamiento en las 16 salidas censales, fue los mamíferos, en total se contabilizaron 49 animales, seguidos por las aves con 35 registros, los reptiles con 11, y finalmente los anfibios con 3 animales atropellados. Se presentaron 2 cadáveres que no se pudieron identificar (

Tabla 3-6).

Tabla 3-6. Registro del número de atropellos por clase. Fuente: Elaboración propia

Clase	Número de atropellamientos
Anfibio	3
Ave	35
Mamífero	49
Reptil	11
Sin Identificar	2
Total general	100

▪ **Datos sobre condiciones del entorno**

Tipificación de la vía

El siguiente factor estudiado en las salidas censales fue el tipo de vía, donde se encontró que la vía con mayor número de atropellos de fauna fue la vía Carmen – Rionegro, 21% de los registros, la cual se clasificó como de tipo secundaria, la segunda en esa misma escala es la vía Entrada Canadá (19%) que es de tipo terciaria, mientras tanto en el tipo de vía primaria la que registra mayor incidencia es la vía Palmas (Tabla 3-7).

Tabla 3-7. Registro de número de atropellamientos por cada vía del recorrido. Fuente: Elaboración propia

Nombre de la vía	Ancho de la vía	Tipo de Vía	Número de atropellamientos	% de atropellamientos
Carmen- Rionegro	4-8 m	Secundaria	21	21%
El Retiro - La Ceja	4-8 m	Terciaria	8	8%
Entrada Canadá - El Carmen	4-8 m	Terciaria	19	19%
Glorieta a La Unión - La Unión	4-8 m	Secundaria	9	9%
El Escobero	4-8 m	Secundaria	6	6%
La Ceja - Entrada Canadá	4-8 m	Secundaria	6	6%
La Ceja - Glorieta a La Unión	8-12 m	Secundaria	2	2%
La Fe- El Retiro	4-8 m	Secundaria	5	5%
Llano Grande - Glorieta Aeropuerto	8-12 m	Secundaria	2	2%
Palmas	más de 12 m	Primaria	8	8%
Palmas - La Fe	8-12 m	Secundaria	2	2%
Rionegro- Llano Grande	8-12 m	Primaria	2	2%
Varriante Las Palmas – Palmas	8-12 m	Secundaria	9	9%
Variante La Unión	8-12 m	Secundaria	1	1%
Total general			100	100%

Para la variable velocidad indicada, se registró la velocidad de 60 km/h con una mayor acumulación de atropellamientos presentando un 54% del total de los 100 registros, seguida de la velocidad indicada de 50 km/h con un 25% (Tabla 3-8).

Tabla 3-8. Registro del número de atropellamientos por cada velocidad indicada en las vías del estudio. Fuente: Elaboración propia

Velocidad indicada	Número de atropellamientos	% de atropellamientos
30 km/h	15	15%
40 km/h	4	4%
50 km/h	25	25%
60 km/h	54	54%
80 km/h	2	2%
Total general	100	100%

Para los datos registrados de atropellamientos en las vías, de acuerdo con el número de carriles, se observa que las que poseen 2 carriles registraron mayor porcentaje de atropellamientos de animales (91%), seguidas de las vías con 4 carriles (8%) y por último las de un carril con un 1% Tabla 3-9).

Tabla 3-9. Registro del número de atropellamientos de acuerdo con el Número de carriles de las vías. Fuente: Elaboración propia

Número de carriles	Número de atropellamientos	% de atropellamientos
1	1	1%
2	91	91%
4	8	8%
Total general	100	100%

Vegetación

En el factor Paisaje/Vegetación el ítem con mayor representación fue Casas – Finca, este acumuló el 56% del total de los registros, en el segundo puesto se encuentra Vegetación media (20%) seguido de Vegetación baja con 17% y en último lugar se ubicó el paisaje Bosque Denso con un 7% (Tabla 3-10).

Tabla 3-10. Registro del número de atropellamientos versus el Paisaje/Vegetación.

Fuente: Elaboración propia

Paisaje/Vegetación	Número de atropellamientos	% de atropellamientos
Bosque denso	7	7%
Casas - Finca	56	56%
Vegetación baja	17	17%
Vegetación media	20	20%
Total general	100	100%

Registro

Respecto al carril donde se encontró el cadáver del animal atropellado, se puede indicar que del total de las salidas, el carril 2 y 3 registran igual porcentaje de atropellamientos (37% cada uno), seguidos del carril número 1 con el 23%. Se debe precisar que el 3% de los registros no se ubicó dentro de los carriles antes mencionados (Tabla 3-11).

Tabla 3-11. Registro del número de atropellamientos por carril donde se ubica el cadáver. Fuente: Elaboración propia

Carril donde se ubica el cadáver	Número de atropellamientos	% de atropellamientos
1	23	23%
2	37	37%
3	37	37%
Sin identificar	3	3%
Total general	100	100%

En cuanto a la presencia de curvas en las vías y registrada para cada uno de los atropellos, resalta con un 87% los segmentos de las vías que posee curva cerca de los puntos de atropellamiento, mientras tanto los segmentos de vías que No poseen registran el 13% restante (Tabla 3-12).

Tabla 3-12. Registro del número de atropellamientos por curvatura de la vía. Fuente: Elaboración propia

Curvatura	Número de atropellamientos	% de atropellamientos
No posee	13	13%
Posee	87	87%
Total general	100	100%

Para la variable Inclinación de la vía, se registró que las vías de 0 a 2° tienen la mayor acumulación de atropellamientos con un 58%, seguida con un 24% de las vías con inclinación entre 2° y 4°, con el registro más bajo aparece las vías con inclinación entre 8° y 10° (Tabla 3-13).

Tabla 3-13. Inclinación vía vs número atropellos. Fuente: Elaboración propia

Inclinación en grados[°]	Número Atropellos	% de atropellamientos
0° a 2°	58	58%
Entre 2° y 4°	24	24%
Entre 4° y 6°	12	12%
Entre 6° y 8°	4	4%
Entre 8° y 10°	2	2%
Total general	100	100%

C) Datos de la Intensidad Vehicular

Es preliminar y sólo busca comprender si existe una relación entre el número de atropellamientos y la cantidad de vehículos que circulan por hora. De los diferentes métodos para determinar la intensidad vehicular se utilizó la ecuación 2-2, que de manera básica permite realizar un conteo de los diferentes vehículos que transitan las vías seleccionadas. Durante 15 minutos se realizó el conteo en una sección fija, registrando vehículo por vehículo en la planilla “Registro de la Intensidad de Tráfico Vehicular” (ver anexo D). La

Tabla 3-14 presenta el resumen de los datos recogidos.

Tabla 3-14. Registro de la intensidad vehicular en las vías seleccionadas. Fuente: Elaboración propia

	Vía	Hora	Registro
Salida 1 25 Enero 2016	La Fe - El Retiro	6:44 am - 6:59 am	247
	El Retiro - La Ceja	7:47 am - 8:02 am	18
	Canadá - El Carmen	10:17 am - 10:32 am	70
	El Carmen - Rionegro	10:49 am - 11:04 am	111
Salida 2 28 Enero 2016	La Fe - El Retiro	7:09 am - 7:24 am	159
	El Retiro - La Ceja	7:42 am - 7:57 am	23
	Canadá - El Carmen	10:19 am - 10:34 am	70
	El Carmen - Rionegro	10:55 am - 11:10 am	119

3.1.2. Etapa 2 – Diagnóstico social (Encuesta)

Esta herramienta permite determinar, de acuerdo con la percepción de los encuestados, si en la vía se presenta atropellamiento de fauna, con qué frecuencia sucede, cuáles son los animales con mayor afectación y la causa principal del atropellamiento. Esto puede evidenciarse en la Tabla 3-15.

Tabla 3-15. Registro de respuestas de total encuestas. Fuente: Elaboración propia

Vía	Preguntas																	
	1	2	3	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6
Carmen de Viboral	25	5	18	0	0	4	1	0	0	0	1	5	4	0	1	0	0	0
Retiro - La Ceja	42	7	24	1	2	3	0	1	0	0	0	5	4	0	0	0	4	1
La Fé - El Retiro	14	3	10	2	2	1	0	0	0	0	0	2	2	0	1	0	0	0
Entrada Canadá	16	4	14	1	3	4	0	0	1	0	0	2	2	1	0	0	1	0

A continuación, se describirán por medio de las Tabla 3-16, Tabla 3-17,

Tabla 3-18,

Tabla 3-19 y **Tabla 3-20** los resultados de la encuesta con sus gráficos correspondientes.

En cuanto a los resultados de la encuesta, se puede indicar en la pregunta número uno, el 90.48% de los encuestados, considera que es importante o muy importante tomar medidas para reducir el atropellamiento de animales.

Tabla 3-16. Registro de las respuestas a la pregunta 1. Fuente: Elaboración propia

1) ¿Qué tan importante considera tomar medidas para reducir el atropellamiento de animales?		%
Muy importante	15	71.43
Importante	4	19.05
Poco importante	2	9.52
Nada importante	0	0.00
Ns/Nr	0	0.00
Total general	21	100

Se destaca que ninguno de los encuestados consideró “nada importante” como una opción para que se tomen medidas para reducir el atropellamiento de fauna, lo cual refleja una especial sensibilidad ante el fenómeno de atropellamiento. Entre tanto, para la pregunta número dos que pretende saber si el encuestado conoce si en la vía donde se aplicó la encuesta existe el atropellamiento de fauna, el 90% respondieron que sí conocen.

Tabla 3-17. Registro de las respuestas a la pregunta 2. Fuente: Elaboración propia

2) ¿Conoce si en esta vía se presenta atropellamiento de animales?		%
Conoce	19	90.48
No conoce	2	9.52

Total general	21	100
----------------------	-----------	------------

La pregunta número tres, presenta una relación con la pregunta número dos, donde los encuestados que conocen si en la vía se presenta atropellamiento, responden que pocas veces encuentran los cadáveres de animales en estas vías (61% de 19 encuestados).

Tabla 3-18. Registro de las respuestas a la Pregunta 3. Fuente: Elaboración propia

3) ¿Qué tan frecuente encuentra animales atropellados en la vía?		%
Muy frecuente (a diario)	1	4.76
Frecuentemente (varias veces en la semana)	5	23.81
Poco frecuente (muy rara vez/ pocas veces en el mes)	13	61.90
Nunca	0	0.00
Ns/Nr	2	9.52
Total general	21	100

Por otra parte, con la pregunta cuatro se puede confrontar las dos preguntas anteriores, que buscan determinar cuál es el animal que los encuestados encuentran más en la vía, muerto por atropellamiento; como resultado más representativo se tiene que el 61% de los encuestados seleccionó la respuesta otro, donde registraron al perro como el animal más representativo. En contraste a los resultados de las salidas de campo, se destaca que al igual que en la encuesta se registra en segundo lugar la zarigüeya, que fue seleccionada por el 57% de los encuestados. Se aclara que en la cuarta pregunta los encuestados pudieron seleccionar uno o más animales.

Tabla 3-19. Registro de las respuestas a la Pregunta 4. Fuente: Elaboración propia

4) Seleccione uno o varios de los animales que ve atropellados en la vía		%
Zarigüeya (Chucha)	12	29.30%
Ave	7	17.10%
Ardilla	4	9.80%
Conejo	1	2.40%
Culebra	1	2.40%
Rata / Ratón	1	2.40%
Sapo (Rana)	1	2.40%
Puerco Espín	0	0.00%
Otro (Gatos – Perros - Vacas)	14	34.10%
Total general	41	100%

Entre tanto, en la pregunta número cinco donde se seleccionó la principal causa por la que el encuestado cree que se presenta el atropellamiento de animales, la falta de precaución es la más influyente en los atropellos, con un 57.14%; mientras que la opción “La construcción de carreteras donde habitan animales” obtuvo 0% de respuestas.

Tabla 3-20. Registro de las respuestas a la Pregunta 5. Fuente: Elaboración propia

5) Seleccione la principal causa por la que cree que se presenta el atropellamiento de animales		%
Por falta de precaución de las personas que conducen	12	57.14
Poca valoración de los animales	1	4.76
Aumento del tráfico vehicular	2	9.52
La construcción de carreteras donde habitan animales	0	0.00
La velocidad de la vía	5	23.81
Falta de medidas en las carreteras para el cuidado de animales	1	4.76
Total general	21	100

3.2. Análisis inferencial de los datos

3.2.1. Salidas Censales

Para obtener mayor información sobre la incidencia de las variables en el atropellamiento de fauna, a continuación, se presentan las tablas de contingencia que cruzan clase de animal atropellado con otras variables tomadas en los recorridos, por ejemplo, ancho de vía; clima; paisaje/vegetación, etc. Al aplicar los estadísticos al conjunto de datos, no se halló normalidad en los mismos y debido a la cantidad de información y las frecuencias de los datos, no fue posible aplicar pruebas como bondad de ajuste, Kolmogorov – Smirnof o Anova.

Tabla 3-21. Año/Mes de registro de atropellamientos contra clase de animal atropellado.

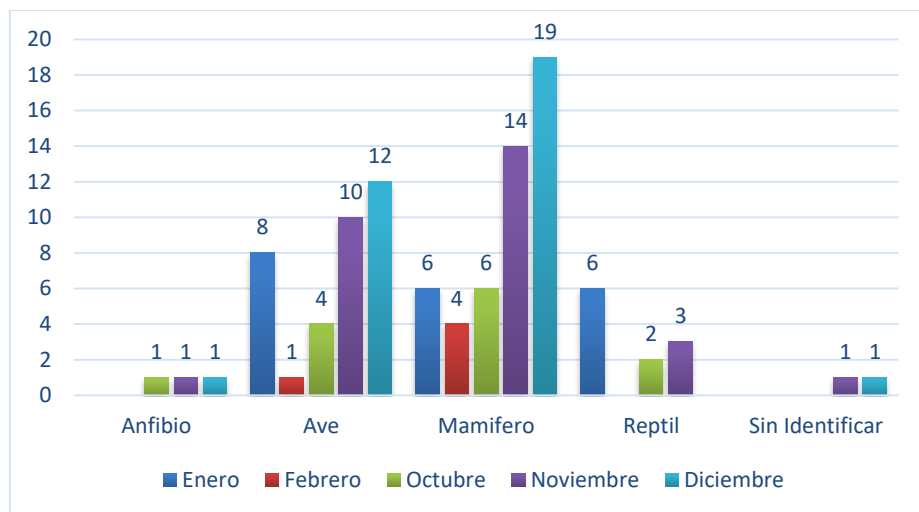
Fuente: Elaboración propia.

Año	Mes	Anfibio	Ave	Mamífero	Reptil	Sin Identificar	Total general
2016	1	0	8	6	6	0	20
2016	2	0	1	4	0	0	5
2015	10	1	4	6	2	0	13
2015	11	1	10	14	3	1	29
2015	12	1	12	19	0	1	33
	Total general	3	35	49	11	2	100

Con los resultados de la Tabla 3-21 (Año/Mes de registro de atropellamientos contra clase de animal atropellado), se desea conocer si existe alguna relación de dependencia entre las variables Mes de registro y Clase de animal atropellado; sin embargo al observar las frecuencias en los datos, encontramos gran cantidad de ellos con valores menores a 5, por lo tanto se hace necesaria la aplicación de pruebas no paramétricas como el test exacto de Fisher, el cual permite analizar si dos variables dicotómicas presentan alguna asociación cuando la muestra a estudiar es significativamente pequeña y no se cumplen las condiciones adecuadas para la aplicación del test Chi cuadrado o ji-cuadrado, adecuadamente. Estas condiciones exigen que los valores generados sean al menos el 80% de las celdas en una tabla de contingencia sean mayores de 5 (Pita & Pértega, 2004). Este mismo razonamiento se aplica al análisis de las demás variables.

El Gráfica No. 3-1 ilustra la información contenida en la Tabla 3-21. Se resalta en el gráfico los altos valores de atropellamiento para las clases mamífero y ave en los meses de noviembre y diciembre, sin embargo, es necesario realizar evaluaciones de tipo estadístico, como la prueba exacta de Fisher, descrita anteriormente, para determinar si estas variables se encuentran relacionadas.

Gráfica No. 3-1. Número de atropellamientos en el mes de registro vs clase de animal atropellada. Fuente: Elaboración propia.



En la Tabla 3-22 se presentan los resultados al realizar la prueba exacta de Fisher a la tabla de contingencia (N= datos de frecuencia, % asociado al N) construida a partir de los datos de la Tabla 3-21, a la cual se le extraen los datos de las clases anfibio, sin identificar y los meses de octubre de 2015 y febrero de 2016 (debido a que el muestreo en estos meses tuvo una disminución en la cantidad de salidas censales) para asegurar mayor significancia.

Tabla 3-22. Resultado prueba exacta de Fisher para las variables Mes de registro de atropellamientos contra clase depurada Fuente: Elaboración propia.

Año	Mes	Clase						Total general		p-valor*
		Ave		Mamífero		Reptil		N	(%)	
		N	(%)	N	(%)	N	(%)			
2016	1	8	8%	6	8%	6	8%	20	26%	0.01799
2015	11	10	13%	14	18%	3	4%	27	35%	
2015	12	12	15%	19	24%	0	0%	31	40%	
Total general		30	38%	39	50%	9	12%	78	100%	

* p-valor test de Fisher

El p-valor muestra la probabilidad de tener una diferencia entre los grupos, mayor o igual a la observada, bajo la hipótesis nula “las variables Mes y Clase de animal atropellado son independientes”. Si esta probabilidad es pequeña ($p < 0.05$), se puede decir con un valor de confianza del 95% que se rechaza la hipótesis nula y deberemos asumir que las dos variables no son independientes, sino que están relacionadas. Si $p > 0.05$, se dice que no existe evidencia estadística de asociación entre ambas variables.

Para los datos presentados en la **Tabla 3-22** vemos que el valor de $p = 0.01799$ es menor que 0.05 por lo tanto, con un 95% de confianza, existe evidencia estadística de asociación entre ambas variables y podemos asegurar que el mes de registro tiene influencia con los atropellamientos de forma significativa. Por lo anterior en diciembre de 2015, los mamíferos son la clase más atropellada con un 19%, seguido por las aves con un 12%. También se puede asegurar que en diciembre se atropella más que los otros meses.

Otra variable estudiada es el tipo de clima al momento del atropellamiento. Para la construcción de los diferentes registros de clima se utilizaron los datos obtenidos en la página web del IDEAM (2018). Se toma el dato del clima del día anterior al registro de atropellamiento, tomando en cuenta que la vía es recorrida y limpiada diariamente por el concesionario, excepto el día que se hace el recorrido de toma

de datos para el proyecto. Esto fue acordado previamente con DEVIMED concesionario de las vías estudiadas. En la

Tabla 3-23 se pueden leer los datos relacionados. En primer lugar, está el clima seco con el 85% del total de los atropellos seguido del clima húmedo (10%) y al final el clima lluvioso (5%).

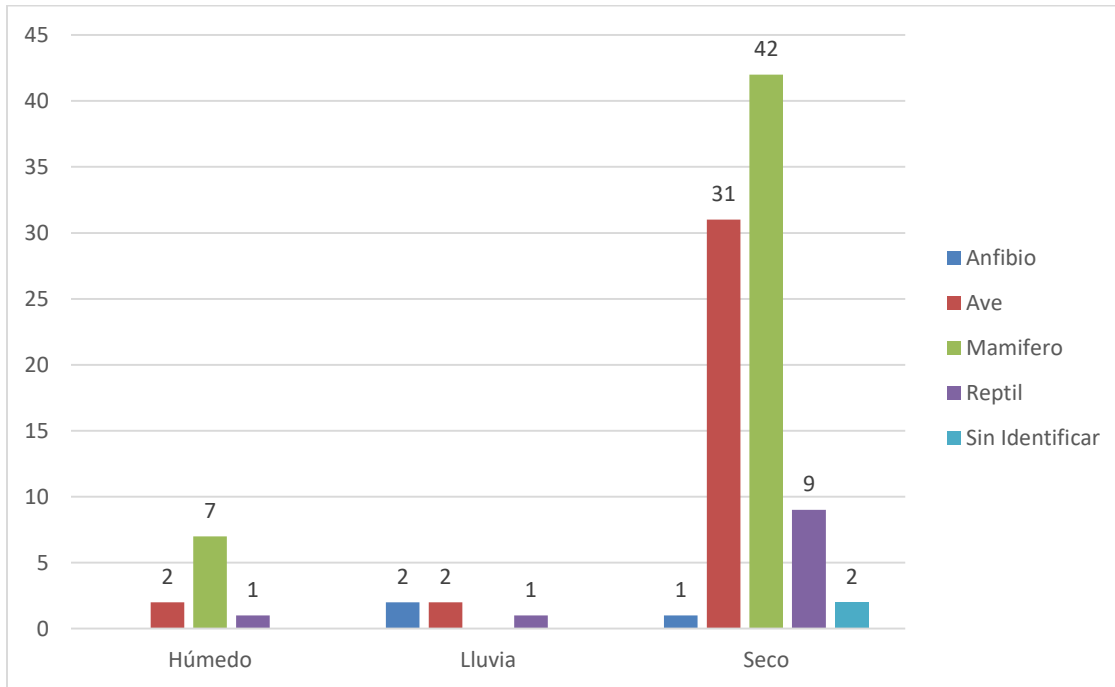
Tabla 3-23. Clima vs clase atropellada. Fuente: Elaboración propia

Clima	Clase										Total general	
	Anfibio		Ave		Mamífero		Reptil		Sin Identificar		N	(%)
	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)		
Húmedo	0	0.0%	2	2.0%	7	7.0%	1	1.0%	0	0.0%	10	10.0%
Lluvia	2	2.0%	2	2.0%	0	0.0%	1	1.0%	0	0.0%	5	5.0%
Seco	1	1.0%	31	31.0%	42	42.0%	9	9.0%	2	2.0%	85	85.0%
Total general	3	3.0%	35	35.0%	49	49.0%	11	11.0%	2	2.0%	100	100.0%

La Gráfica No. 3-2 ilustra la información contenida en la

Tabla 3-23.

Gráfica No. 3-2. Clima vs clase de animal atropellada. Fuente: Elaboración propia



En la Tabla 3-24 se presentan los resultados al realizar la prueba exacta de Fisher a la tabla de contingencia construida a partir de la

Tabla 3-23, de la cual se extraen los datos de las clases anfibio y sin identificar para asegurar mayor significancia.

Tabla 3-24. Resultado prueba exacta de Fisher para las variables clima y clase de animal atropellado. Fuente: Elaboración propia

Clima	Clase						p-valor*
	Ave		Mamífero		Reptil		
	N	(%)	N	(%)	N	(%)	
Húmedo	2	2.1%	7	7.4%	1	1.1%	0.1809
Lluvia	2	2.1%	0	0.0%	1	1.1%	
Seco	31	32.6%	42	44.2%	9	9.5%	

* p-valor test de Fisher

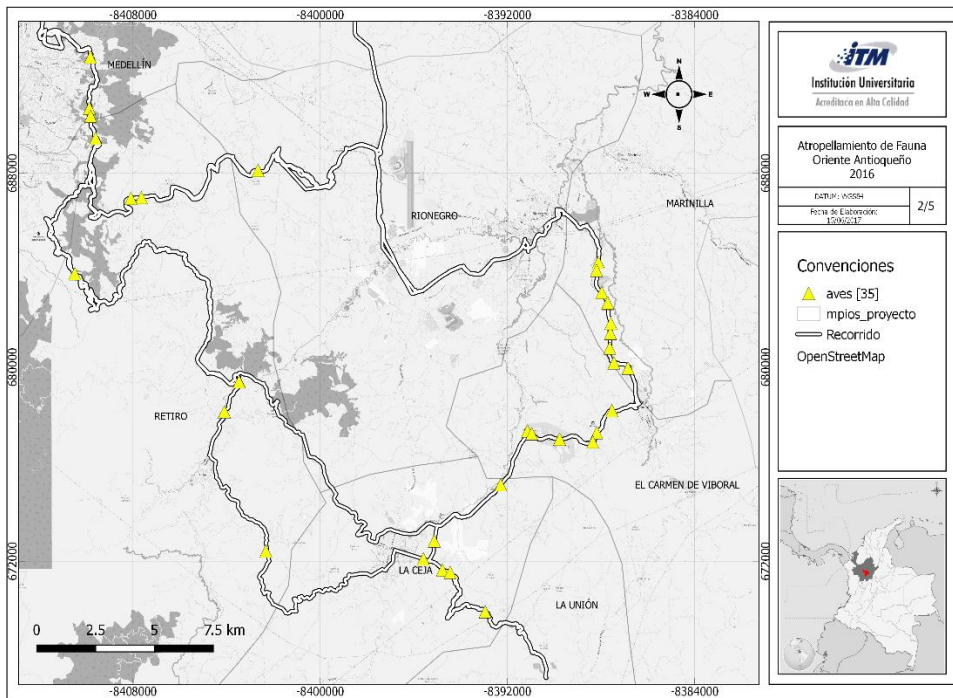
Para los datos presentados en la Tabla 3-24, la hipótesis nula es que la variable Clima y la variable Clase son independientes, pero vemos que el valor de $p = 0.1809$ es mayor que 0.05 por lo tanto, con un 95% de confianza, no existe evidencia estadística de asociación entre ambas variables y no podemos asegurar que el Clima tenga asociación con los atropellamientos de forma significativa.

La clasificación de los animales atropellados en cada una de las vías se presenta en los

Mapa

3-3, Mapa

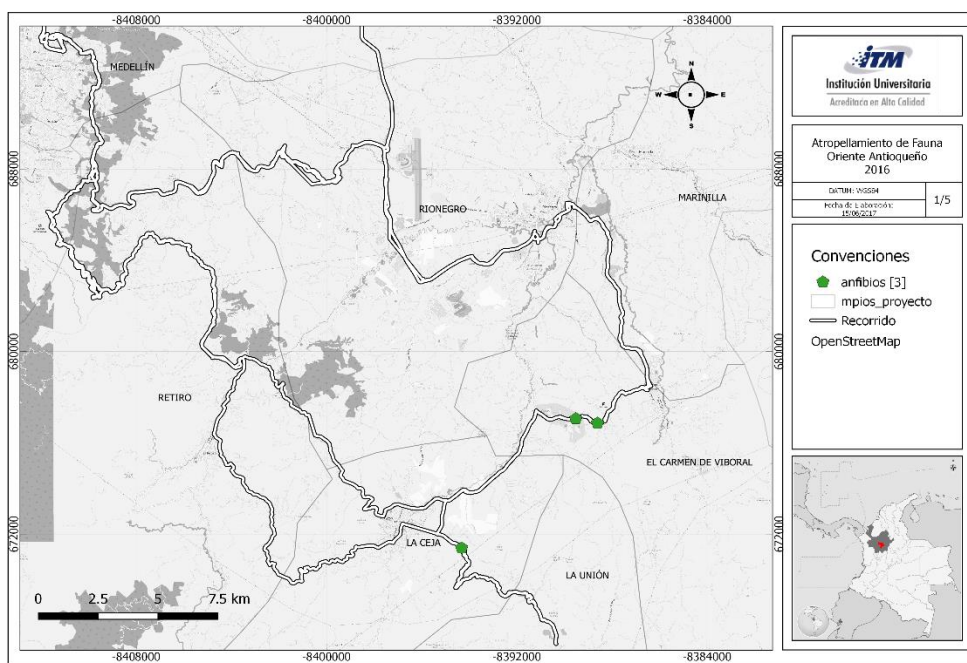
3-4,



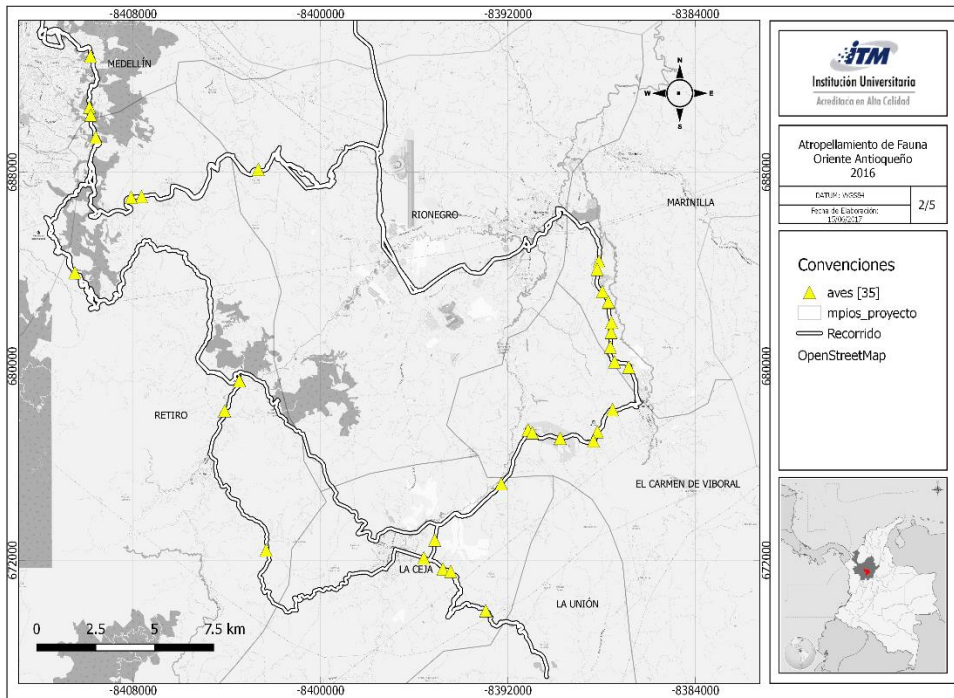
Mapa 3-5 y

Mapa 3-6.

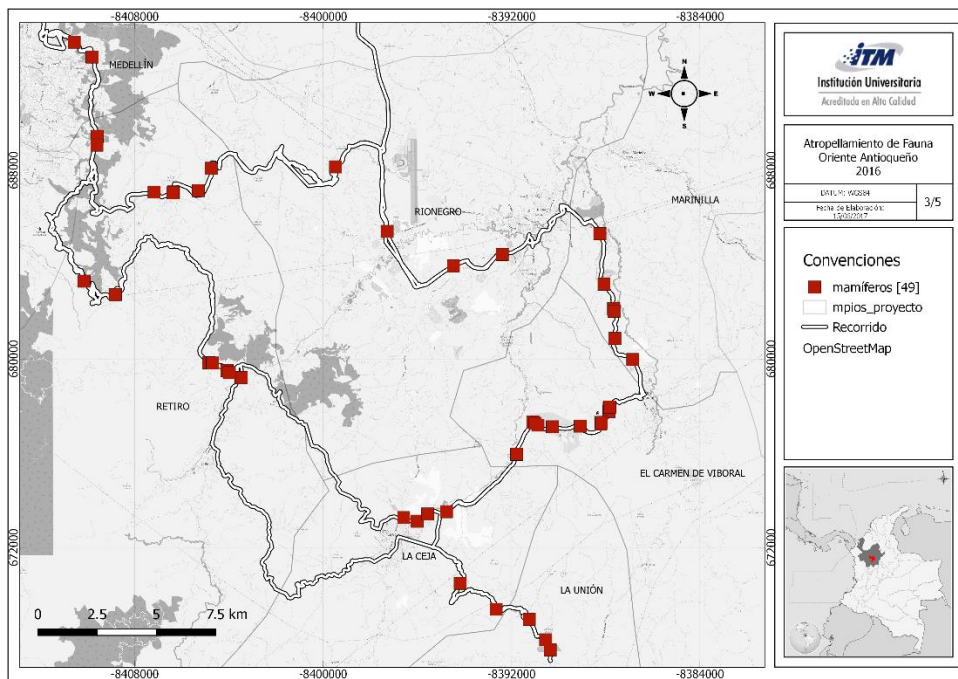
Mapa 3-3. Mapa de atropellamiento para la clase anfibio. Fuente: Elaboración propia

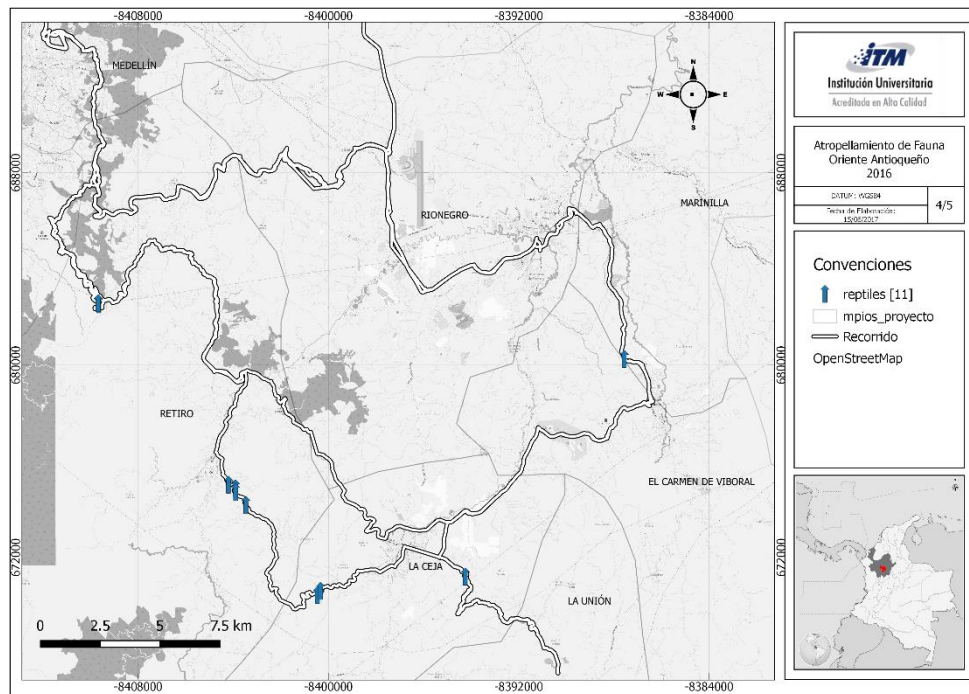


Mapa 3-4. Mapa de atropellamiento para la clase ave. Fuente: Elaboración propia



Mapa 3-5. Mapa de atropellamiento para la clase mamífero. Fuente: Elaboración propia



Mapa 3-6. Mapa de atropellamiento para la clase reptil. Fuente: Elaboración propia

Para el análisis espacial de los datos se construye un mapa de calor con ayuda del Sistema de Información Geográfico de código abierto QGIS. Este mapa relaciona las variables número de atropellamientos versus localización geográfica mediante una estimación de Densidad de Kernel para generar un ráster de densidad (mapa de calor) de una capa de puntos de entrada. La densidad se calcula con base en el número de puntos en una ubicación, de forma que un mayor número de puntos agrupados resulta en valores mayores de densidad de acumulación. Los mapas de calor permiten una fácil identificación de los “puntos calientes” y la agrupación de los puntos (QGIS, 2017).

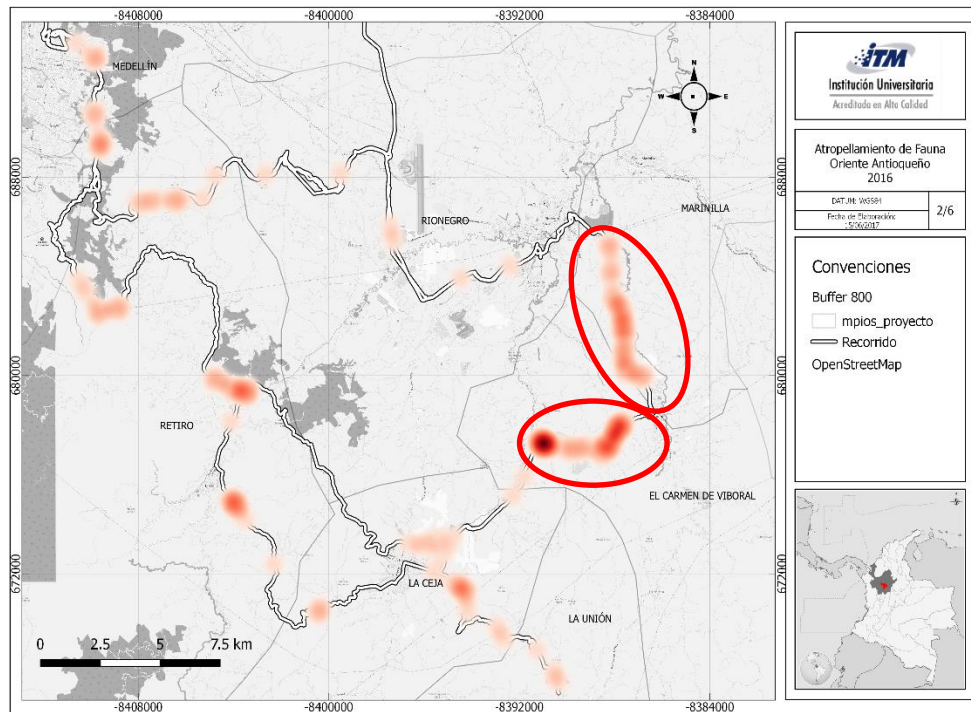
EI

Mapa 3-7 muestra las zonas de calor para el área de estudio; es importante resaltar que estas zonas de calor no representan necesariamente los lugares de más alto atropellamiento en la realidad, pues se requiere de un análisis geoestadístico para llegar a localizar con un alto porcentaje de certeza dichos lugares. Dicho análisis se puede adelantar con el software SIRIEMA y será presentado en una sección posterior.

En el

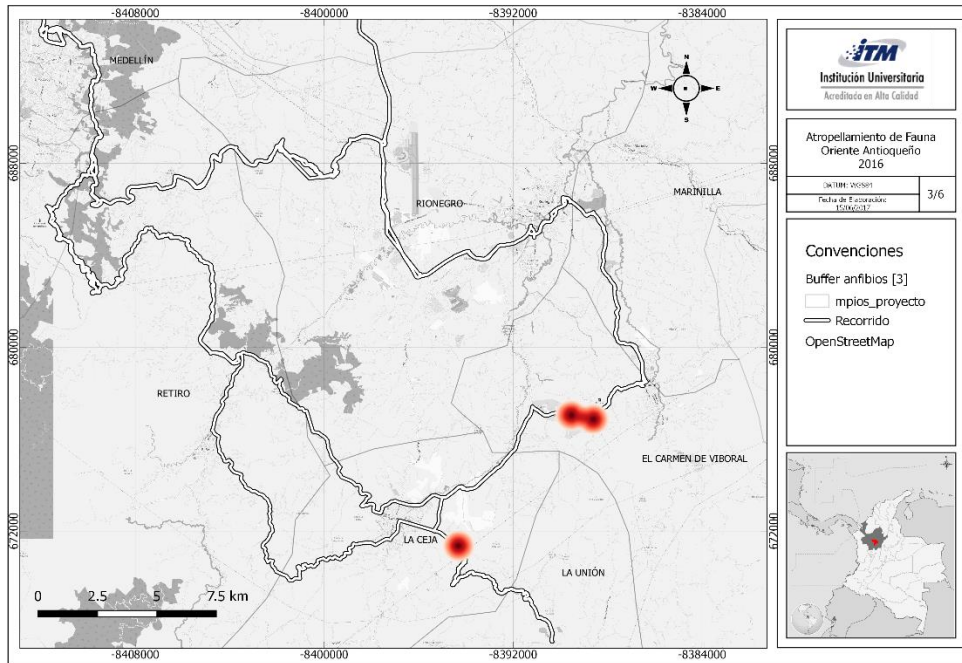
Mapa 3-7 se resaltan como puntos de atropellamiento intenso las vías Entrada Canadá – El Carmen y Carmen de Viboral – Rionegro.

Mapa 3-7. Mapa de calor de la zona del proyecto para todas las clases de animales atropellados. Fuente: Elaboración propia

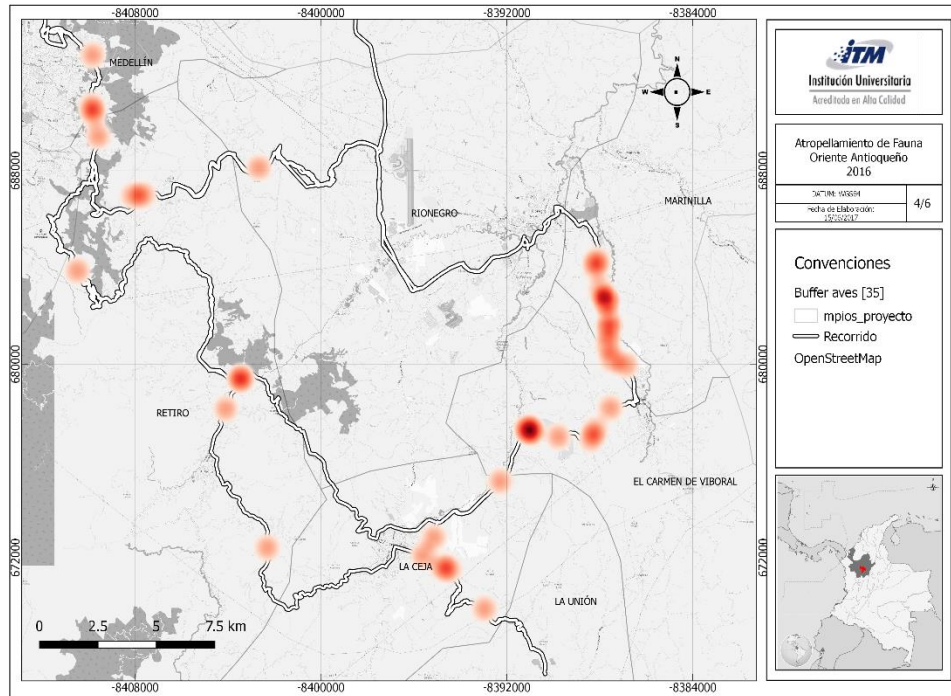


A continuación, se presentan los mapas de calor para cada clase de animal atropellado.

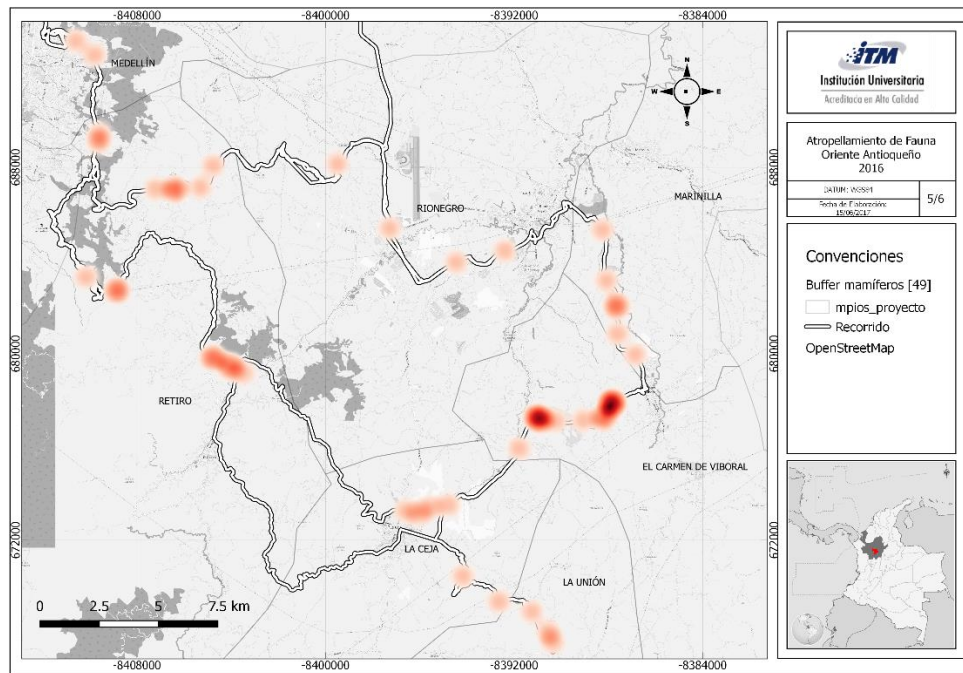
Mapa 3-8. Mapa de calor de la zona del proyecto para la clase de animal atropellado Anfibio. Fuente: Elaboración propia



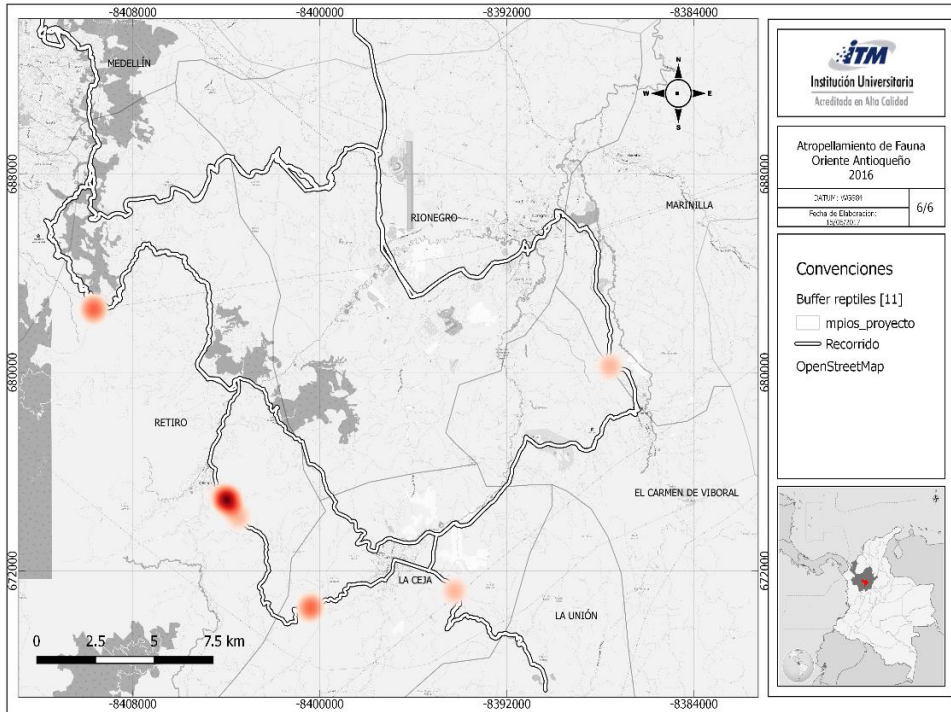
Mapa 3-9. Mapa de calor de la zona del proyecto para la clase de animal atropellado Ave. Fuente: Elaboración propia



Mapa 3-10. Mapa de calor de la zona del proyecto para la clase de animal atropellado Mamífero. Fuente: Elaboración propia



Mapa 3-11. Mapa de calor de la zona del proyecto para la clase de animal atropellado Reptil. Fuente: Elaboración propia



Análisis de los datos de atropellamiento con el software SIRIEMA.

Para planificar medidas de mitigación, es importante identificar, como primer paso, si la distribución de los atropellamientos de fauna tiene una agrupación espacial significativa y en qué escalas se producen. Sólo entonces debe identificarse la ubicación de los segmentos viales con alta mortalidad (puntos de acceso). Siriema presenta este análisis linealizando el camino (Linear Ripley K-Statistics), según lo propuesto por Clevenger, Chruszcz & Gunson (2003), o el mantenimiento de la bidimensionalidad del diseño de carreteras (2D Ripley K-Statistics), tal como lo propusieron Coelho, Coelho & Kindel (2008).

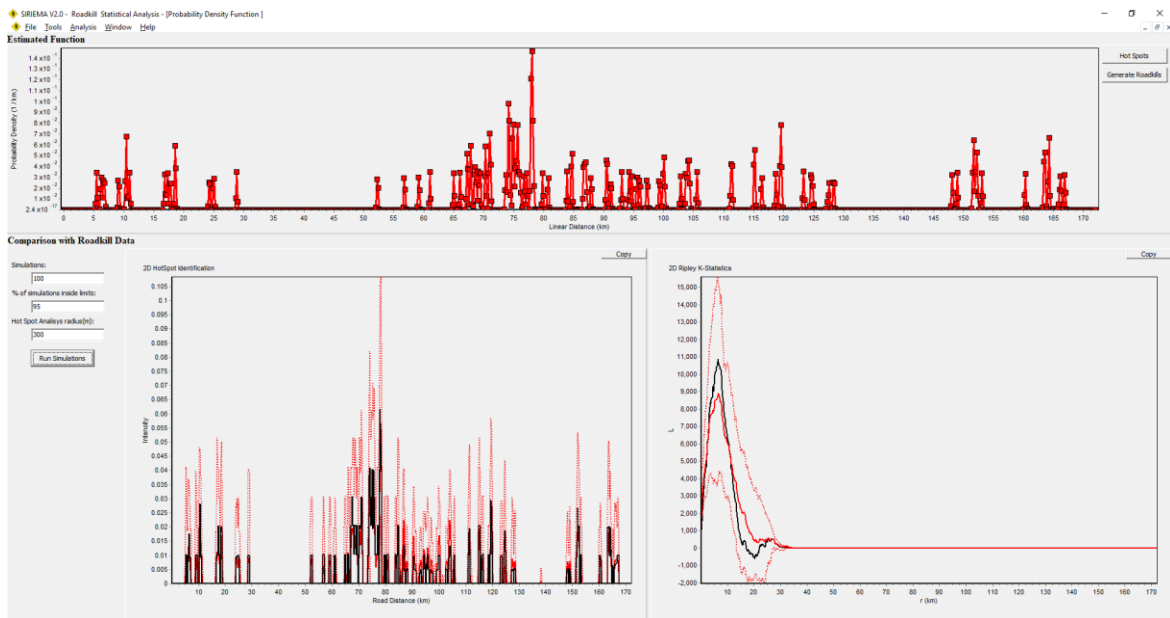
En la aplicación del software Siriema, Coelho et al., (2008), proponen que aunque es posible localizar puntos de acceso sin la evaluación previa de la agregación, estos pueden representar puntos de acceso de una muestra de una distribución de probabilidades que, de hecho, es uniforme. Una distribución espacial sin agregaciones significativas sugiere que no hay lugares a lo largo del camino con mayor mortalidad que otros, y que la ubicación de las medidas de mitigación en cualquier lugar a lo largo del camino tendrá el mismo efecto si el objetivo de

mitigación es reducir la mortalidad. Sin embargo, el usuario debe considerar que un conjunto de datos de atropellamiento (obtenido con un particular método e intervalo de muestreo) es sólo una posibilidad entre muchos conjuntos de datos posibles que podrían obtenerse considerando un universo de muestra de un período largo de tiempo. Claramente, cuanto mayor sea el esfuerzo de muestreo (considerando el método y el período de muestreo), más representativo será el conjunto de datos obtenidos.

En la

Figura 3-1, se presentan los resultados del análisis con Siriema para el conjunto de datos resultados de las 16 salidas del proyecto.

Figura 3-1: Análisis estadístico de atropellamientos a partir de los datos obtenidos en las 16 salidas en el software Siriema. Fuente: Elaboración propia

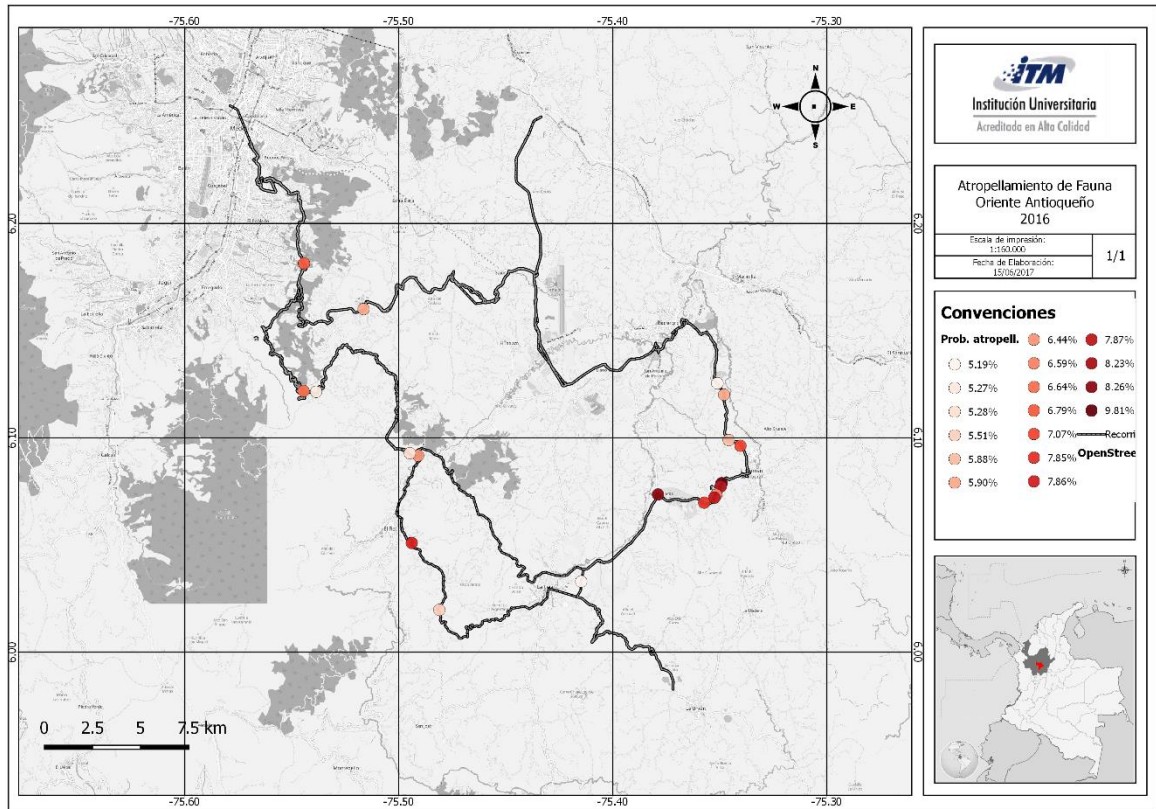


La

Figura 3-1 muestra en la parte superior la densidad de probabilidad de atropellamiento por kilómetro, en la parte inferior izquierda se grafican los diferentes puntos calientes de atropellamiento, de acuerdo con la intensidad medida por kilómetro y en la parte inferior derecha se presenta la gráfica del análisis del 2D K.Ripley donde se destaca que existen agregaciones significativas entre 0.1 y 14 km de radio. Después de un radio de 35 km, los valores observados de K son iguales a los valores simulados de K ($L(r) = 0$) porque en esta escala (y otras escalas mayores) el círculo centrado en cualquier evento de atropellamiento comprende todos los demás eventos.

Con los resultados de estos análisis se genera el Mapa 3-12 que incorpora la probabilidad de atropellamiento, asegurando con un 95% de confianza que las zonas presentadas corresponden a sitios de atropellamientos con probabilidad de atropellamiento superior al 5%.

Mapa 3-12. Mapa de probabilidades de atropellamiento a partir de los análisis con Siriema para todos los vertebrados. Fuente: Elaboración propia

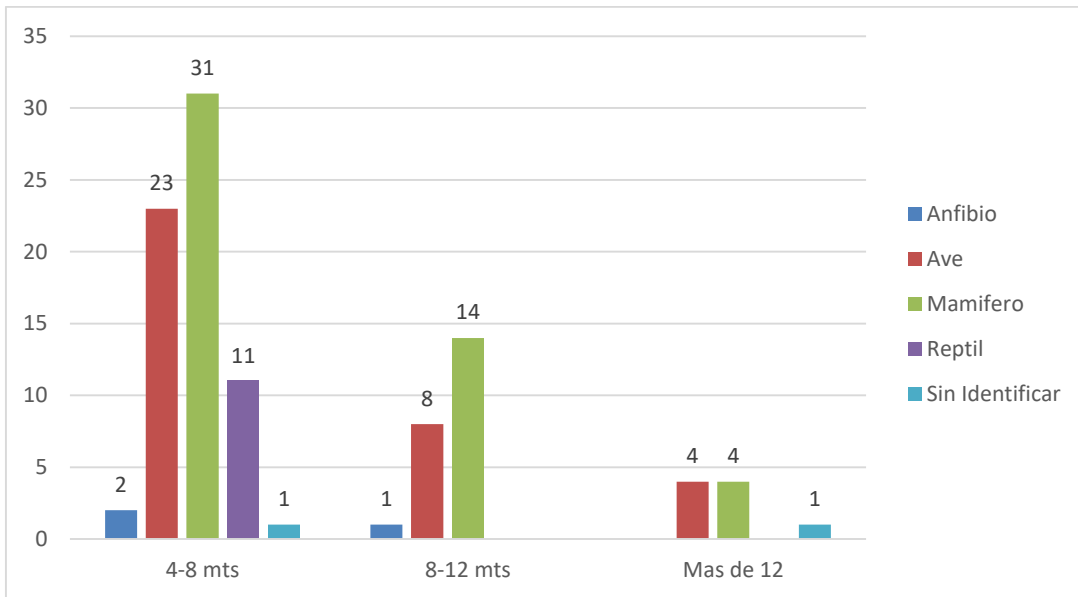


La Tabla 3-25 recoge los valores de la clase de animal atropellado y el tipo de vía como una tabla de contingencia, allí se muestra que las vías secundarias tienen el mayor número de atropellamientos con un 66%, en segundo lugar, las vías terciarias con 26%, por último, las vías primarias con un 8%.

Tabla 3-25. Tipo de vía por Clase de animal atropellado. Fuente: Elaboración propia

Tipo Vía	Clase										Total general	
	Anfibio		Ave		Mamífero		Reptil		Sin Identificar			
	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)
Primaria	0	0.0%	4	4.0%	4	4.0%	0	0.0%	0	0.0%	8	8.0%
Secundaria	1	1.0%	24	24.0%	34	34.0%	5	5.0%	2	2.0%	66	66.0%
Terciaria	2	2.0%	7	7.0%	11	11.0%	6	6.0%	0	0.0%	26	26.0%
Total general	3	3.0%	35	35.0%	49	49.0%	11	11.0%	2	2.0%	100	100.0%

Gráfica No. 3-3. Ancho de vía vs clase de animal atropellado. Fuente: Elaboración propia



En la Tabla 3-27 se presentan los resultados al realizar la prueba exacta de Fisher a la tabla de contingencia construida a partir de la **Tabla 3-26**, de la cual se extraen los datos de las clases anfibio, reptil y sin identificar para asegurar mayor significancia.

Tabla 3-27. Resultado prueba exacta de Fisher para las variables Ancho de vía y Clase de animal atropellado. Fuente: Elaboración propia

Ancho Vía	Clase				p-valor*
	Ave		Mamífero		
	N	(%)	N	(%)	
4-8 m	23	(27.4%)	31	(36.9%)	0.7899
8-12 m	8	(9.5%)	14	(16.7%)	
Más de 12 m	4	(4.8%)	4	(4.8%)	

* p-valor test de Fisher

Para los datos presentados en la Tabla 3-27, la hipótesis nula es que las variables Ancho de vía y Clase son independientes, pero vemos que el valor de $p = 0.7899$ es mayor que 0.05 por lo tanto, con un 95% de confianza, no existe evidencia

estadística de asociación entre ambas variables y no podemos asegurar que el ancho de la vía tenga asociación con los atropellamientos de forma significativa.

El siguiente cruce de variables, presentado en la

Tabla 3-28, es clase de animal y velocidad máxima sugerida, se evidencia que a la velocidad de 60 km/h presenta la mayor cantidad de atropellamientos con 54, de estos el 26% pertenecen a mamíferos, seguido de las aves con 23%. La velocidad máxima de 50km/h es la segunda en número de atropellos 25% y en tercer lugar esta 30km/h con un 15%.

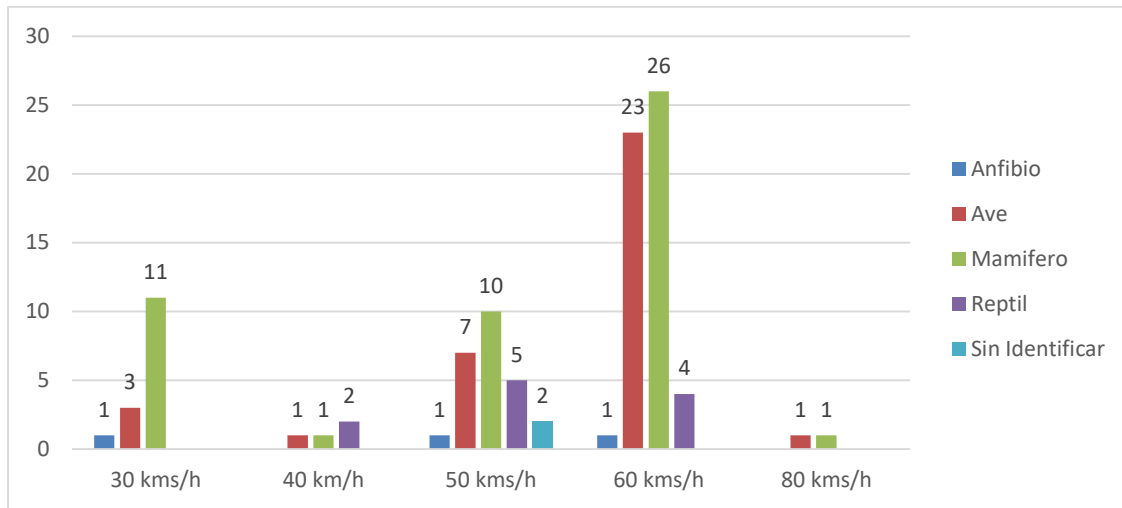
Tabla 3-28. Velocidad máxima indicada vs clase de animal atropellada. Fuente: Elaboración propia

Velocidad	Clase										Total general	
	Anfibio		Ave		Mamífero		Reptil		Sin Identificar			
	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)
30 km/h	1	1.0%	3	3.0%	11	11.0%	0	0.0%	0	0.0%	15	15.0%
40 km/h	0	0.0%	1	1.0%	1	1.0%	2	2.0%	0	0.0%	4	4.0%
50 km/h	1	1.0%	7	7.0%	10	10.0%	5	5.0%	2	2.0%	25	25.0%
60 km/h	1	1.0%	23	23.0%	26	26.0%	4	4.0%	0	0.0%	54	54.0%
80 km/h	0	0.0%	1	1.0%	1	1.0%	0	0.0%	0	0.0%	2	2.0%
Total general	3	3.0%	35	35.0%	49	49.0%	11	11.0%	2	2.0%	100	100.0%

La

Gráfica No. **3-4** ilustra la información contenida en la Tabla 3-28. Se resalta en el gráfico los altos valores de atropellamiento para las clases mamífero y ave en las vías con velocidad sugerida de 60 km/h.

Gráfica No. 3-4. Velocidad indicada vs clase de animal atropellada. Fuente: Elaboración propia



En la

Tabla 3-29 se presentan los resultados al realizar la prueba exacta de Fisher a la tabla de contingencia construida a partir de la Tabla 3-28, de la cual se extraen los datos de las clases anfibio, reptil y sin identificar para asegurar mayor significancia.

Tabla 3-29. Resultado prueba exacta de Fisher para las variables: velocidad máxima indicada y clase de animal atropellado. Fuente: Elaboración propia

Velocidad	Clase				p-valor*
	Ave		Mamífero		
	N	(%)	N	(%)	
30 km/h	3	3.0%	11	11.0%	0.5111
40 km/h	1	1.0%	1	1.0%	
50 km/h	7	7.0%	10	10.0%	
60 km/h	23	23.0%	26	26.0%	
80 km/h	1	1.0%	1	1.0%	

* p-valor test de Fisher

Para los datos presentados en la

Tabla 3-29, la hipótesis nula es que la variable Velocidad máxima indicada y la variable Clase son independientes, pero vemos que el valor de $p = 0.5111$ es mayor

que 0.05 por lo tanto, con un 95% de confianza, no existe evidencia estadística de asociación entre ambas variables y no podemos asegurar que el Velocidad máxima indicada tenga asociación con los atropellamientos de forma significativa.

La Tabla 3-21 relaciona el número de atropellamientos con la variable paisaje/vegetación, se muestra que en el paisaje casas – fincas se da el mayor número de atropellamientos 56, en segundo lugar, paisaje vegetación media se presentan 20 casos, seguido de la vegetación baja 17 casos y, por último, el bosque denso aparece con 7 casos.

Tabla 3-30. Paisaje/vegetación vs Atropellamiento. Fuente: Elaboración propia

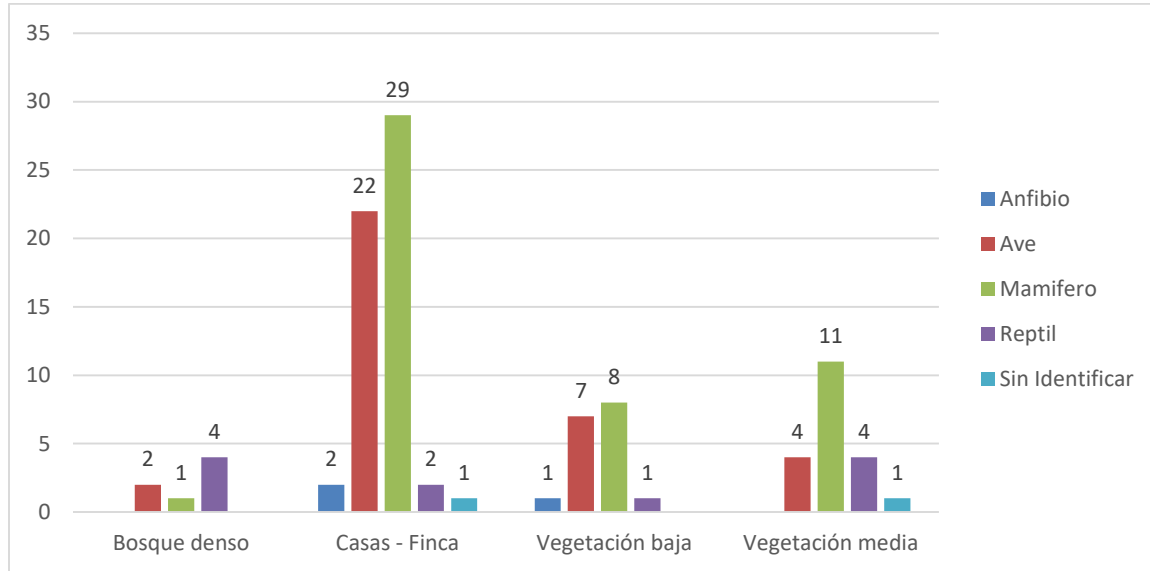
Vegetación / Paisaje	Clase										Total general	
	Anfibio		Ave		Mamífero		Reptil		Sin Identificar		N	(%)
	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)		
Bosque denso	0	0.0%	2	2.0%	1	1.0%	4	4.0%	0	0.0%	7	7.0%
Casas - Finca	2	2.0%	22	22.0%	29	29.0%	2	2.0%	1	1.0%	56	56.0%
Vegetación baja	1	1.0%	7	7.0%	8	8.0%	1	1.0%	0	0.0%	17	17.0%
Vegetación media	0	0.0%	4	4.0%	11	11.0%	4	4.0%	1	1.0%	20	20.0%
Total general	3	3.0%	35	35.0%	49	49.0%	11	11.0%	2	2.0%	100	100.0%

La

Gráfica No. **3-5** ilustra la información contenida en la

Tabla **3-30**. Se resalta en el gráfico los altos valores de atropellamiento para las clases mamífero y ave en el Vegetación/paisaje casas fincas.

Gráfica No. 3-5. Paisaje/vegetación vs clase de animal atropellada. Fuente: Elaboración propia



En la Tabla 3-31 se presentan los resultados al realizar la prueba exacta de Fisher a la tabla de contingencia construida a partir de la

Tabla 3-30, de la cual se extraen los datos de las clases anfibio y sin identificar para asegurar mayor significancia.

Tabla 3-31. Resultado prueba exacta de Fisher para las variables Paisaje/vegetación y clase de animal atropellado. Fuente: Elaboración propia

Paisaje/vegetación	Ave		Mamífero		Reptil		p-valor*
	N	(%)	N	(%)	N	(%)	
Bosque denso	2	2.0%	1	1.0%	4	4.0%	0.006037
Casas - Finca	22	22.0%	29	29.0%	2	2.0%	
Vegetación baja	7	7.0%	8	8.0%	1	1.0%	
Vegetación media	4	4.0%	11	11.0%	4	4.0%	

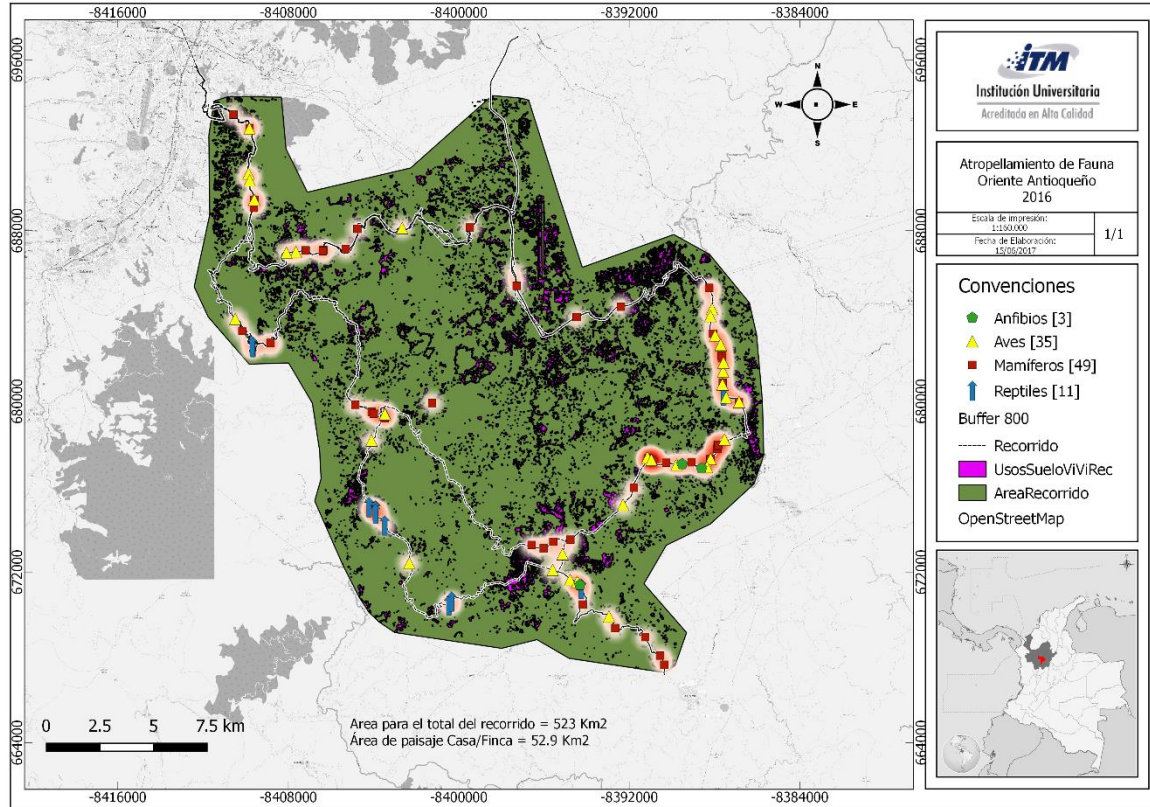
* p-valor test de Fisher

Para los datos presentados en la Tabla 3-31, la hipótesis nula es que la variable Paisaje/vegetación y la variable Clase son independientes, pero vemos que el valor de $p = 0.006037$ es menor que 0.05 por lo tanto, con un 95% de confianza, existe

evidencia estadística de asociación entre ambas variables y podemos asegurar que el paisaje/vegetación se asocia con los atropellamientos de forma significativa. Se observa que los mamíferos en Casas-finca registran el mayor número de atropellamientos con 29 casos, seguido de aves con 22 casos, por lo tanto, este tipo de paisaje tiene relación directa con los atropellamientos. Respecto de la vegetación media y baja también se tiene que el primer lugar de atropellos pertenece a los mamíferos 11 y 7 casos respectivamente. El paisaje con bosque denso presenta el menor índice de atropellamientos con 2 atropellos.

Con estos resultados es importante establecer el porcentaje de área que cubre el paisaje Casas-Fincas, respecto del área total del recorrido con el fin de reforzar la incidencia de esta variable en el atropellamiento de animales. Para lograr lo anterior se procede a realizar un mapa de categorización de tipo de paisaje a partir de una imagen satelital Landsat 8 de 2016, con ayuda del software QGIS. Esta categorización por medio de imágenes de satélite es un procedimiento semi automático que permite la delineación de las clases de uso y coberturas vegetales en la imagen. Una vez realizada la clasificación de tipo de paisaje se determina que el área de Vegetación/paisaje "Casas-finca" es el 10% del área total de estudio. Lo anterior muestra que una pequeña porción de área puede llegar a afectar de manera significativa el atropellamiento de fauna.

Mapa 3-13. Mapa final de la zona del proyecto con registro de atropellamientos para las 16 salidas. Fuente: Elaboración propia



El Mapa 3-13 (Mapa final) permite visualizar cada una de los cadáveres encontrados durante las 16 salidas de censales, clasificando mediante diferentes convenciones las distintas clases hallada en los recorridos. Con este mapa se identifican aquellos puntos dentro de las vías seleccionadas del área de estudio, que presentan mayor cantidad de cadáveres encontrados, permitiendo ser identificados mediante puntos de calor, como también se muestra en el Mapa 3-7. Como se mencionó anteriormente las dos vías que resaltan como puntos de atropellamiento intenso son la vía Entrada Canadá – El Carmen y la vía Carmen de Viboral – Rionegro; esto supone que se deberá poner una mayor atención y redoblar esfuerzos en próximos proyectos en el estudio de estas dos vías.

Otro factor interesante para caracterizar los atropellos de fauna es la ubicación del cadáver del animal en los carriles de la vía, el 37% de los cadáveres se encontraron en el segundo carril, de estos, el 18% pertenece a mamíferos, el 14% aves, el 4% son reptiles y para finalizar están los anfibios con un 1% (Ver tabla 15). Comparte el tercer carril el mismo porcentaje total del segundo, el 37%. En este el 21% pertenece a mamíferos, el 10% aves, el 5% son reptiles y para finalizar están los Sin identificar con un 1%. Alto porcentaje total de atropellamientos también presenta el carril 1 con un 23%.

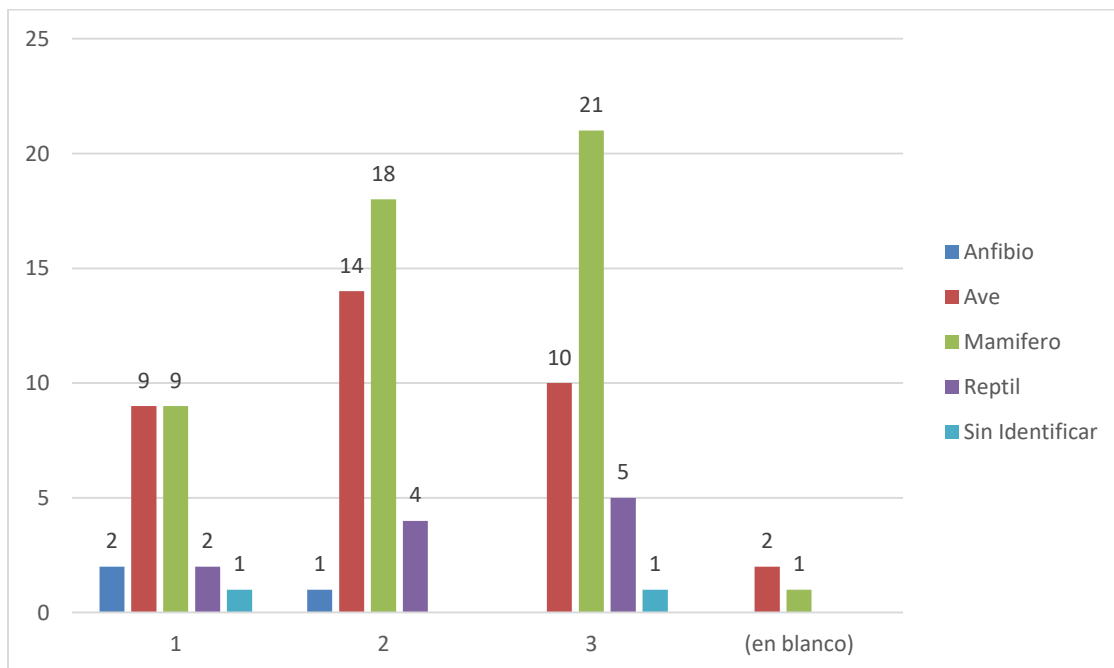
Tabla 3-32. Registro de Clase atropellada vs número de carril. Fuente: Elaboración propia

Carril	Clase										Total general	
	Anfibio		Ave		Mamífero		Reptil		Sin Identificar		N	(%)
	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)		
1	2	2.0%	9	9.0%	9	9.0%	2	2.0%	1	1.0%	23	23.0%
2	1	1.0%	14	14.0%	18	18.0%	4	4.0%	0	0.0%	37	37.0%
3	0	0.0%	10	10.0%	21	21.0%	5	5.0%	1	1.0%	37	37.0%
(en blanco)	0	0.0%	2	2.0%	1	1.0%	0	0.0%	0	0.0%	3	3.0%
Total general	3	3.0%	35	35.0%	49	49.0%	11	11.0%	2	2.0%	100	100.0%

La

Gráfica No. 3-6 ilustra la información contenida en la Tabla **3-32**. Se resalta en el gráfico los altos valores de atropellamiento para las clases mamífero y ave en los carriles 2 y 3 donde se encuentra el cadáver.

Gráfica No. 3-6. Carril vs clase de animal atropellada. Fuente: Elaboración propia



En la Tabla 3-33 se presentan los resultados al realizar la prueba exacta de Fisher a la tabla de contingencia construida a partir de la Tabla 3-32, de la cual se extraen los datos de las clases anfibio y sin identificar, así como el carril (en blanco) para asegurar mayor significancia.

Tabla 3-33. Resultado prueba exacta de Fisher para las variables carril y clase de animal atropellado. Fuente: Elaboración propia

Carril	Clase						p-valor*
	Ave		Mamífero		Reptil		
	N	(%)	N	(%)	N	(%)	
1	9	9.0%	9	9.0%	2	2.0%	0.7561
2	14	14.0%	18	18.0%	4	4.0%	
3	10	10.0%	21	21.0%	5	5.0%	

* p-valor test de Fisher

Para los datos presentados en la Tabla 3-33, la hipótesis nula es que la variable Carril y la variable Clase son independientes, pero vemos que el valor de $p = 0.7561$ es mayor que 0.05 por lo tanto, con un 95% de confianza, no existe evidencia estadística de asociación entre ambas variables y no podemos asegurar que la velocidad máxima indicada tenga asociación con los atropellamientos de forma significativa.

Otro cruce de variables para caracterizar los atropellos de fauna tiene que ver la cercanía de curvas al sitio del atropellamiento, el 87% de los cadáveres se encontraron en sectores que poseen curva, de estos, el 41% pertenece a mamíferos, el 31% aves, el 11% son reptiles y para finalizar están los anfibios con un 1% (Tabla 3-34).

Tabla 3-34. Curvatura vs clase de animal atropellado. Fuente: Elaboración propia

Curvatura	Anfibio		Ave		Mamífero		Reptil		Sin Identificar		Total general	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
No posee	0	0%	4	4%	8	8%	0	0%	1	1%	13	13%
Posee	3	3%	31	31%	41	41%	11	11%	1	1%	87	87%

Total general	3	3%	35	35%	49	49%	11	11%	2	2%	100	100%
----------------------	----------	-----------	-----------	------------	-----------	------------	-----------	------------	----------	-----------	------------	-------------

En la Tabla 3-35 se presentan los resultados al realizar la prueba exacta de Fisher a la tabla de contingencia construida a partir de la Tabla 3-34, de la cual se extraen los datos de las clases anfibio y sin identificar, así como el carril (en blanco) para asegurar mayor significancia.

Tabla 3-35. Resultado prueba exacta de Fisher para las variables curvatura y clase de animal atropellado. Fuente: Elaboración propia

Curva	Clase				p-valor*
	Ave		Mamífero		
	N	(%)	N	(%)	
No posee	4	4%	8	8%	0.7532
Posee	31	31%	41	41%	

* p-valor test de Fisher

Para los datos presentados en la Tabla 3-35, la hipótesis nula es que la variable Curva y la variable Clase de animal atropellado son independientes, pero vemos que el valor de $p = 0.7532$ es mayor que 0.05 por lo tanto, con un 95% de confianza, no existe evidencia estadística de asociación entre ambas variables y no podemos asegurar que la Curva tenga asociación con los atropellamientos de forma significativa.

Otra variable que se estimó con incidencia en los atropellamientos, es el grado de inclinación de la vía (

Tabla 3-36); para los 16 censos realizados ningún cadáver se encontró en vías cuya inclinación fuera mayor a 10° ; se halló que el 56% de los registros se ubicaron en vías con un grado de inclinación inferior a 2° , siendo este el número más representativo en el total de atropellos; por otra parte entre 8° y 10° se ubicó el menor porcentaje de atropellos con un 2% del total de atropellos; estos resultados refuerzan los estudios que indican que el grado de inclinación de la vía puede ser

un determinante en la movilidad de la fauna y por ende en la incidencia de muertes por atropellamiento si este es menor de 20° (Cervantes-Huerta, Escobar, García-Chávez, & González-Romero, 2017).

Tabla 3-36. Inclinación vía vs número atropellos. Fuente: Elaboración propia

Inclinación en grados [°]	Anfibio		Ave		Mamífero		Reptil		Sin Identificar		Total general	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Inferior A 2°	1	1%	21	21%	29	29%	3	3%	2	2%	56	56%
Inferior A 4°	1	1%	8	8%	11	11%	4	4%	0	0%	24	24%
Inferior A 6°	0	0%	4	4%	8	8%	1	1%	0	0%	13	13%
Inferior A 8°	1	1%	1	1%	1	1%	2	2%	0	0%	5	5%
Inferior A 10°	0	0%	1	1%	0	0%	1	1%	0	0%	2	2%
Total general	3	3%	35	35%	49	49%	11	11%	2	2%	100	100%

En la Tabla 3-37 se presentan los resultados al realizar la prueba exacta de Fisher a la tabla de contingencia construida a partir de la Tabla 3-36, de la cual se extraen los datos de las clases anfibio y sin identificar, para asegurar mayor significancia.

Tabla 3-37. Resultado prueba exacta de Fisher para las variables inclinación y clase de animal atropellado. Fuente: Elaboración propia

Inclinación	Ave		Mamífero		Reptil		p-valor*
	N	%	N	%	N	%	
Inferior A 2°	21	21%	29	29%	3	3%	0.1409
Inferior A 4°	8	8%	11	11%	4	4%	
Inferior A 6°	4	4%	8	8%	1	1%	
Inferior A 8°	1	1%	1	1%	2	2%	
Inferior A 10°	1	1%	0	0%	1	1%	

* p-valor test de Fisher

Para los datos presentados en la Tabla 3-37, la hipótesis nula es que la variable Inclinación y la variable Clase de animal atropellado son independientes, pero

vemos que el valor de $p = 0.1409$ es mayor que 0.05 por lo tanto, con un 95% de confianza, no existe evidencia estadística de asociación entre ambas variables y no podemos asegurar que la Inclinação tenga asociación con los atropellamientos de forma significativa.

Cálculo del índice kilométrico de abundancia IKA

Con el cálculo del IKA, se evidencia que el tipo de vía Entrada Canadá - El Carmen presenta mayor número de atropellos siendo una vía terciaria, con un total de 19 cadáveres registrados, seguida por la vía Carmen- Rionegro, tipo secundaria con 21 atropellamientos. Del conjunto de vías recorridas la de menor índice es la vía Palmas - La Fe, tipo secundaria con un IKA de 0.012 tal como lo muestra la

Tabla 3-38. El total de kilómetros recorridos en las 16 salidas fue de 2272.32. El promedio de atropellamientos por salida es 6.25, por kilómetro 0.18 y por mes 27.1

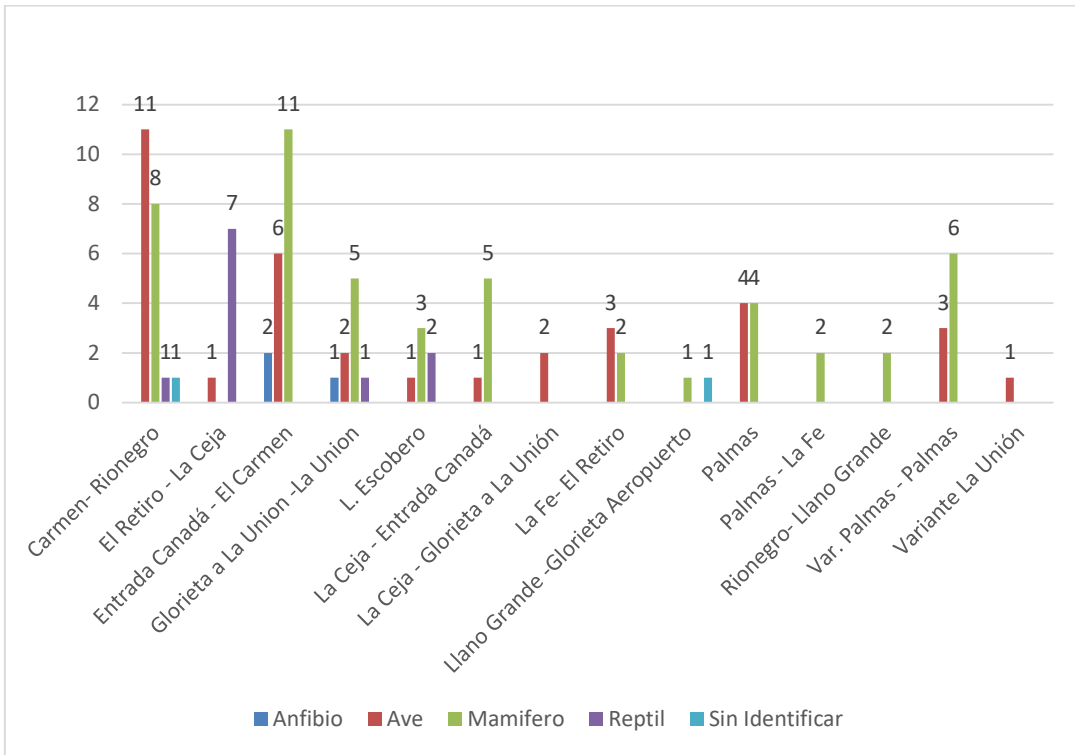
Tabla 3-38. Índice Kilométrico de Abundancia por vía (IKA). Fuente: Elaboración propia.

Nombre de la vía	km	Número atropellamientos	Tipo Vía	IKA
Carmen- Rionegro	10.65	21	Secundaria	0.123
El Retiro - La Ceja	15.67	8	Terciaria	0.032
Entrada Canadá - El Carmen	6.06	19	Terciaria	0.196
Glorieta a La Unión -La Unión	21.8	9	Secundaria	0.026
L. Escobero	10.04	6	Secundaria	0.037
La Ceja - Entrada Canadá	6.1	6	Secundaria	0.061
La Ceja - Glorieta a La Unión	1.7	2	Secundaria	0.074
La Fe- El Retiro	4.53	5	Secundaria	0.069
Llano Grande -Glorieta Aeropuerto	6.28	2	Secundaria	0.020
Palmas	29.3	8	Primaria	0.017
Palmas - La Fe	10.13	2	Secundaria	0.012
Rionegro- Llano Grande	5.6	2	Primaria	0.022
Var. Palmas – Palmas	12.66	9	Secundaria	0.044

Nombre de la vía	km	Número atropellamientos	Tipo Vía	IKA
Variante La Unión	1.5	1	Secundaria	0.042
Total	142.02	100		

Gráfica No. 3-7. Vía vs cantidad de animales atropellados clasificados por clase.

Fuente: Elaboración propia



En cuanto al tipo de vía, se puede indicar que de acuerdo con el circuito seleccionado se tiene un mayor número de kilómetros en vías secundarias, el 60.10% del total del circuito (sin incluir vías de transición a las cuales no se les realizó censo); mientras tanto el tipo de vía que menos está contemplada en el circuito son las primarias o de primer orden, las cuales representan el 23.27% del total del recorrido, sin embargo al calcular el IKA de cada tipo de vía se observa que las vías terciarias cuentan con el mayor índice kilométrico de abundancia de atropellamientos, seguidas por las vías secundarias (

Tabla 3-39).

Tabla 3-39. Tipo de vía, número de atropellos, número de km e IKA. Fuente: Elaboración propia

Tipo vía	# Atropellos por vía	% de atropellamientos	# km por Tipo	% de Tipo de vía por km	IKA
Primaria	10	10%	34.90	24.60%	0.01791
Secundaria	63	63%	85.39	60.10%	0.04611
Terciaria	27	27%	21.73	15.30%	0.07766
Total	100	100%	142.02	100%	

En el análisis de la Intensidad vehicular se tiene que la vía con mayor intensidad de las cuatro vías seleccionadas, va desde el municipio de La Fe al municipio del Retiro con una intensidad de 812 vehículos por hora; mientras tanto la vía del Retiro a la Ceja es la vía con menor intensidad vehicular, registra 82 vehículos por hora. En contraste con el número de animales atropellados en cada vía seleccionada, se puede indicar que no se evidencia una relación proporcional con la intensidad vehicular como se muestra en la tabla (Tabla 3-40).

Tabla 3-40. Resultado de intensidad vehicular. Fuente: Elaboración propia

Tipo de Vía	Tramo de vía	Promedio de registros por vía (t=15 minutos)	Intensidad (v/h)	# Atropellos
Secundaria	La Fe - El Retiro	203	812	5
Terciaria	El Retiro - La Ceja	20.5	82	8
Terciaria	Canadá - El Carmen	70	280	19
Secundaria	El Carmen - Rionegro	115	460	21

3.2.2. Diagnóstico social (Encuesta)

A través del software libre R Studio, se realizó un análisis exploratorio de los datos recolectados en las encuestas, más precisamente de las preguntas de la 1 a la 3, las cuales en un principio permitían el procesamiento con este software; se obtuvo como resultado que no arroja ninguna posibilidad de uso de estadísticos (R Core Team, 2017).

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1. Conclusiones

Mediante la revisión del estado del arte a nivel nacional e internacional se propuso una metodología que recoge los principales elementos para la captura de información en atropellamiento de fauna silvestre, particularmente fueron tomados en cuenta lo propuesto por Ballon (1984), Noss (2002), Seiler (2003), Arroyave et al (2006), Mata (2007), Delgado (2007), Iglesias (2008), permitiendo la incorporación de los avances de las diferentes metodologías utilizadas en la medición del impacto del atropellamiento de la fauna silvestre en la infraestructura vial, así como la determinación de las variables más importantes dentro del área de trabajo que generan una mayor probabilidad de atropellos y que deben ser evaluadas.

Se logró aplicar la propuesta metodológica la cual permitió la caracterización del área de estudio, así como la recolección de información en términos de atropellamiento de fauna para establecer las zonas que actualmente concentran el mayor número de atropellos reportados. Dicha metodología se obtuvo gracias a la revisión bibliográfica tanto a nivel local como internacionalmente, resultando un aporte valioso, de carácter conceptual para otros proyectos que se puedan desarrollar en la región. De esta metodología se obtuvo como resultados la captura de 100 datos en 16 salidas, distribuidas en 5 meses, para un recorrido total de 2272.32 Km, con un promedio de atropellamiento por salida de 6.25 animales, 0.18 por kilómetro y 27.1 por mes, con un IKA total para el proyecto de 0.041. De acuerdo con los datos de la

Tabla 3-39 las vías terciarias cuentan con el mayor índice kilométrico de abundancia de atropellamientos, seguidas por las vías secundarias y las de menor impacto son las vías primarias.

Con el análisis estadístico de los datos obtenidos se puede afirmar con un 95% de confianza, que las variables relacionadas con el atropellamiento de fauna en este estudio son: Paisaje/ Vegetación y mes de registro, lo cual permite determinar el impacto de la infraestructura vial sobre la mortalidad de fauna silvestre en el Valle de Aburra y el oriente antioqueño tal como lo presenta Delgado (2007) resaltando que algunas de las zonas tienen una alta incidencia de atropellamiento, lo cual valida la escogencia de las vías analizadas en este trabajo. También se validan los estudios que indican que el grado de inclinación de la vía puede ser un determinante en la movilidad de la fauna y por ende en la incidencia de muertes por atropellamiento si este es menor de 20° (Cervantes-Huerta, Escobar, García-Chávez, & González-Romero, 2017).

Se observa que los mamíferos en Casas-finca registran el mayor número de atropellamientos con 29 casos, seguido de aves con 22 casos. Respecto de la vegetación media y baja también se tiene que el primer lugar de atropellos pertenece a los mamíferos 11 y 7 respectivamente. El paisaje con bosque denso presenta el menor índice de atropellamientos con 2 atropellos. Los mamíferos son la clase más atropellada con un 19%, seguido por las aves con un 12%. También se puede asegurar que en diciembre de 2015 se atropelló más que los otros meses del estudio. Estos resultados apoyan lo encontrado en la literatura donde se evidencia que las variables con mayor incidencia en el atropellamiento de fauna son las condiciones del entorno como la Vegetación y condiciones al momento del atropello como las temporales (De La Ossa, O & De La Ossa, J, 2013; Arroyave et al, 2006).

A través del análisis de SIRIEMA, se determinó asegurando con un 95% de confianza que existen varias zonas en diferentes vías del circuito (salidas censales)

que corresponden a sitios de atropellamiento con una probabilidad superior al 5%; en este sentido la vía con mayor número de zonas con esta probabilidad de atropellamiento es la vía Entrada Canadá - El Carmen, seguida por la vía Carmen – Rionegro.

Como resultado de la recolección de los datos se pudo obtener un mapa base que registra el atropellamiento de fauna para el total del recorrido permitiendo determinar las zonas de mayor probabilidad de atropellamiento (Mapa 3-13) como lo propone (Seijas et al., 2013). Con esta información los tomadores de decisiones municipales podrán realizar intervenciones, mediante sus planes de desarrollo, particularmente en estas vías, en pro de la disminución del fenómeno.

Con el análisis de información realizado y después de aplicar los estadísticos propuestos a la cantidad de datos recolectados, con un 95% de confianza se puede afirmar que las variables clima, ancho de las vías, número de carriles que posee la vía, carril donde se encuentra el cadáver, presencia de curva en la zona de atropellamiento, velocidad indicada, o el tipo de vía, no tienen relación de dependencia con el número de atropellamientos de fauna. Sin embargo, no se puede desconocer que para las variables en mención hay valores altos en algunas categorías que apoyan lo encontrado en la literatura donde se evidencia que las variables con mayor incidencia en el atropellamiento de fauna son: Condiciones al momento del atropello (Temporales, espaciales, del animal) y condiciones del entorno (Tipificación de la vía, Vegetación y registro) (De La Ossa, O & De La Ossa, J, 2013; Arroyave et al, 2006). A modo de ejemplo en la Tabla 3-5 registro de atropellamiento por clima, se presenta un 85% de atropellamientos en clima seco contra el 10% en clima húmedo y 5% en clima lluvioso. La Tabla 3-8 relaciona número de atropellamientos con velocidad indicada en la vía y muestra un 54% de atropellamientos en velocidad indicada de 60 km/h, le sigue 25% de los atropellamientos en velocidad indicada de 50 km/h y el 15% en 30 km/h. Lo anterior, a pesar de no poderse mostrar su significancia estadísticamente, describe

una tendencia que se refleja en el muestreo particular que se realizó. Esta tendencia se puede consolidar en muestreos más amplios.

El análisis estadístico de la encuesta no permite realizar afirmaciones respecto de la relación entre variables y atropellamientos. En el análisis, se debe destacar, que ninguno de los encuestados considero “nada importante” como una opción para que se tomen medidas para reducir el atropellamiento de fauna, lo cual refleja una conciencia ambiental en relación a este tema. En cuanto a la aplicación de la encuesta y su resultado, se destaca la selección por parte de las personas, de algunos animales domésticos, entre ellos el perro, lo cual indica que para la aplicación de la encuesta en la investigación principal deberá de incluirse.

También cabe indicar que, según los resultados generales tanto de la encuesta como de los recorridos, la zarigüeya o chucha como es conocida en el argot popular, debe tener una especial atención no sólo en generar medidas de mitigación de carácter estructural, sino también en crear una conciencia colectiva a partir de los servicios ecosistémicos que presta este animal, para lograr el entendimiento adecuado de su preservación. En este mismo sentido al igual que en otras investigaciones como la de Lynch (2012), Iglesias (2010) y la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo (1987), se concluye que los esfuerzos institucionales se deberán enfocar en generar medidas de mitigación de carácter estructural, para las especies que así lo permita, caso contrario es de las aves que, aunque representan en los resultados un número importante de atropellamientos, hasta el momento no se visualiza una herramienta que permita mitigar esta problemática en esta clase.

Por otro lado, el gobierno deberá también realizar un análisis más concienzudo de cómo poder lograr que los ciudadanos del común puedan adquirir el conocimiento necesario en materia ambiental, con el cual se permita generar una conciencia colectiva en relación al tema del atropellamiento de fauna y también algunos otros temas que son importantes para la conservación del medio ambiente, todo este

conocimiento deberá estar basado en el entendimiento de las dinámicas ecológicas tanto de la flora como de la fauna y como la acción antrópica afecta los ecosistemas (Pita, 2016).

Así mismo, las universidades y demás entidades descentralizadas que velan por el cuidado del medio ambiente deben de sumarse a las diferentes iniciativas de investigación y promover al interior de las entidades sus propios esfuerzos institucionales que aportes al estudio y a la posterior generación de medidas de mitigación del atropellamiento de fauna (Arroyave et al., 2006).

Es importante involucrar de manera activa para el desarrollo de este tipo de investigaciones a la comunidad del área de estudio, no solo con la aplicación de instrumentos como la encuesta, sino también en actividades de registro de fauna atropellada, ya que ellos diariamente transitan por las vías y podrían ayudar a la cuantificación de la problemática con una mayor frecuencia. Por otro lado, es necesario realizar alianzas con diferentes entidades que regulen el cuidado del medio ambiente, con la finalidad de que los resultados de estos proyectos sean visibilizados y las recomendaciones que surjan puedan a portar a la construcción de políticas y regulaciones ambientales.

El atropellamiento de fauna se da por la mala planeación de los territorios, donde la construcción de las carreteras cuenta con estudios ambientales que no dan cuenta sobre los impactos que tienen las obras en el atropellamiento de fauna y en consecuencia sobre la biodiversidad de la zona intervenida (Arroyave et al., 2006). Una muestra de lo anterior se presenta al observar que, en las 16 salidas de campo no se evidenció ninguna implementación de pasos de fauna para mitigar el atropellamiento.

La afectación a la fauna con el atropellamiento, es proporcional al número de kilómetros construidos en vías, lo que indica que, a mayor número de kilómetros,

mayor es la muerte de animales por atropellamiento, aquí es donde el desarrollo sostenible es importante, ayudando a planificar las ciudades de forma adecuada, logrando el mínimo de afectación sobre el medio ambiente (Castillo-r, Urmendez-m & Zambrano-g, 2015).

En todo esto, juega un papel preponderante el desarrollo sostenible, ya que permite conjugar e integrar el aspecto ambiental, con la economía y lo social, permitiendo que las regiones se desarrollen de la mejor manera, posibilitando que todos los actores sociales y políticos se involucren para garantizar la continuidad de las políticas. Estas políticas a nivel nacional y regional ya se han venido creando y son dicientes en relación al cuidado, del medio ambiente y su protección, políticas que se ven enmarcadas en los objetivos del desarrollo sostenible en sus diferentes declaratorias, y más explícitamente en los 17 objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas, en donde en su objetivo número 15 (la vida en la tierra), propone “Es urgente tomar medidas para reducir la pérdida de hábitats naturales y la biodiversidad, que son parte del patrimonio común de la humanidad”. Con esta clara intención, hace que el país se visualice a nivel internacional como promotor de la preservación ambiental, cambiando en algún modo su realidad (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2019). Es aquí donde esta metodología representa un aporte valioso hacia el cumplimiento de este objetivo, ayudando a la preservación de la fauna a través de la determinación del impacto de la infraestructura vial sobre la mortalidad de la fauna silvestre, no solo del Valle de Aburrá y el Oriente Antioqueño, sino desde la adopción y aplicación de dicha metodología en otros proyectos.

4.2. Recomendaciones

En materia metodológica se tienen que hacer varias precisiones que pueden ayudar a obtener un mejor resultado en otros estudios que puedan adoptar esta misma metodología o algunos de sus elementos. Se debe de contemplar tener un área de estudio menos extensa, que permita incluir los recorridos a pie, de forma intensiva, con la finalidad de poder visualizar y determinar el hallazgo de cadáveres

en otras zonas aledañas que pudiesen ser arrojados en lugares distantes a la carretera.

En cuanto a los instrumentos aplicados en el proyecto, el método de intensidad vehicular se deberá de ejecutar durante diferentes momentos, para poder realizar una medición de las horas valles y las horas pico de cada vía; esto se tendrá que aplicar en todas las vías para poder hacer un comparativo de acuerdo a la tipología seleccionada. También se deberá contemplar esta aplicación en diferentes días de la semana e incluso en diferentes periodos del año, para poder determinar las variaciones de acuerdo a la estacionalidad, no será lo mismo un periodo de vacaciones, a uno de actividad regular; así mismo se tendrá que hacer con las salidas de campo.

En la metodología, se destaca la utilización de la motocicleta para la realización de los censos, la cual permite tener una mayor visibilidad en la búsqueda de los cadáveres de los animales atropellados; al igual que en otras metodologías, donde se empleó en varias oportunidades la motocicleta, viéndose reflejada en el aumento del registro de los animales.

Dentro de las variables que se determinaron medir en los censos, se encuentra la curvatura la cual, según lo determinado en estas salidas, se puede incluir para próximas investigaciones la estimación si la curva es abierta o cerrada, y permitirse realizar un registro más técnico a través de la implementación de un método que permita medirla de mejor forma.

Otro de los aspectos a considerar es la inclusión de vías de transición, de estas no se evidencia ningún estudio que las contemple, las cuales no hacen parte de la inspección en la búsqueda de cadáveres, pero que son de paso obligatorio ya que son intermedias entre las vías seleccionadas, y como se mencionó anteriormente influyen en el tiempo del recorrido y por tanto en los recursos invertidos.

En cuanto a las carreteras de doble sentido vial, hay que realizar una diferenciación en la toma de datos y mediciones, ya que de acuerdo al sentido varía las características de las carreteras y por ende la toma de datos, esto se vio evidenciado en varias vías del área de estudio seleccionada, donde en un sentido la carretera es en ascenso y presentaba una curvatura abierta donde la visibilidad era buena; mientras tanto en el mismo tramo sucede lo contrario, presentaba una inclinación pronunciada y la curvatura era cerrada de poca visibilidad.

Por otra parte para próximos proyectos se tendrá que considerar que el tipo de vía (como variable general y única) contempla implícitamente cada una de las siguientes variables estudiadas: condiciones técnicas de la vía (primaria, secundaria o terciaria), ancho de la vía, velocidad permitida; estas tres variables están autocorrelacionadas, por tanto solo bastará con determinar si la vía es primaria, secundaria o terciaria para poder deducir que ancho de vía y que velocidad contempla esta clasificación según la regulación nacional; entonces solo se tendrá que realizar una descripción general en la metodología, en la cual se indique el tipo de vía y lo que cada una contempla en sus características de ancho de vía y velocidad indicada.

Es notable la necesidad de articular estas iniciativas de estudio y mitigación del atropellamiento de fauna, con los esfuerzos gubernamentales, en pro de que los resultados de estas investigaciones trasciendan y puedan encontrar apoyo, para que se generen políticas públicas que reglamenten las exigencias en materia de construcción de vías y de igual forma conllevan a que las alcaldías y gobernaciones inviertan en intervenciones a las vías ya construidas, con el fin de generar medidas de mitigación al impacto ya ocasionado sobre la biodiversidad de las regiones. También se podría contemplar esta metodología como exigencia a los distintos proyectos que representen algún tipo de alteración a la biodiversidad de las regiones, esto sería aplicable a cualquier tipo de proyecto de desarrollo lineal y a los diferentes actores que en ellos intervienen; pero eso no es todo, desde el punto

de vista de la responsabilidad social empresarial, las empresas deberían aplicarla en la realización de diferentes proyectos que contemplen algún tipo de intervención a la biodiversidad de las regiones; proyectos como construcción de carreteras o de asentamientos para el ser humano donde se vea afectada la fauna y la flora.


Así mismo las autoridades ambientales y las alcaldías o gobernaciones, deberán incluir alguna regulación en los diversos planes, proyectos y políticas públicas relacionadas con la protección de fauna silvestre, además de adaptar esta metodología, para el otorgamiento de licencias ambientales para los proyectos de construcción de vías, que de alguna forma presente afectación a la fauna. Estas mismas autoridades ambientales, podrán adoptar esta metodología o alguna de los instrumentos, como herramienta útil para el monitoreo y gestión de esta problemática.

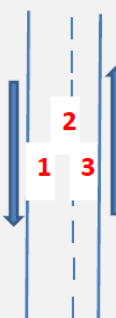
Se debe recordar que el estudio del atropellamiento de fauna tiene su sustento no solo en la conservación de los animales, también es un tema de accidentalidad vehicular, donde los seres humanos se ven afectados tanto física, como económicamente; por tanto, en este aspecto se deberá avanzar, realizando investigaciones a nivel nacional de la afectación a los seres humanos por atropellamiento de fauna.

Otra propuesta que se puede destacar de este estudio va en relación a generar una aceptación más notable de los temas ambientales en el país. En primer lugar, se debe destacar que, aunque Colombia en el tema de atropellamiento de fauna presenta un rezago en relación con Europa y Estados Unidos, en la actualidad se ha avanzado de forma dicente, generando una serie de iniciativas de carácter independiente, que aportan a la construcción de conceptos y estrategias acopladas al contexto local, permitiendo avanzar en el estudio y mitigación de esta problemática. Estos esfuerzos no son suficientes, se debe aportar en una mayor proporción a la toma de conciencia de esta problemática generando cada vez más

proyectos que demuestren la presión que ejerce la acción antrópica en la biodiversidad de las regiones.

A. Anexo: Ficha técnica para el registro de atropellamiento de fauna (Investigadores)


FICHA TÉCNICA PARA EL REGISTRO DE ATROPELLOS DE FAUNA										
INVESTIGADORES										
 Institución Universitaria		Fecha del Recorrido		Hora de Inicio		Hora Final				
N°	Hora del Registro	Nombre de la Via	Animal	Especie	Tiempo Est. Atropello	Descripción/ Kilometro	Clima	Condiciones Técnicas Via	Carril	
									N°	
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										



N°	Paisaje/ Vegetación	Ancho de la Via	Número de Carriles	Velocidad Max. Indicada	Curvatura	Pendiente de la Via- Grados	Coordenadas Geográficas			Observaciones x Registro
							Latitud	Longitud	Altitud	
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										

OBSERVACIONES GENERALES DEL RECORRIDO:

B. Anexo: Formato de encuesta técnica

 <p>Institución Universitaria</p>	ENCUESTA TÉCNICA - PROYECTO ATROPELLO DE FAUNA
Encuestador: _____ Fecha: _____	
Nombre de la vía : _____	
Lugar de Aplicación (Esp): _____	
Nombre: _____ Tel: _____ Correo Electrónico: _____	
Parte I. Cuestionario	
1. ¿Considera que el atropellamiento de animales es un problema ambiental?	
a) Si	
b) No	
2. ¿Conoce si en esta vía se presenta atropellamiento de animales?	
a) Conoce	
b) No conoce	
3. ¿Cuáles son los lugares o sectores donde más frecuentemente ve animales atropellados? (apoyo ficha mapa vía)	

4. ¿Cuáles son los animales que frecuentemente ve atropellados? (apoyo ficha con animales)	
a) Ardilla	f) Roedor
b) Ave	g) Puerco Espín
c) Zarigüeya (Chucha)	h) Sapo (Rana)
d) Conejo	i) Otro - Cual:
e) Culebra	_____

C. Fichas de apoyo encuesta técnica



Parte III. Ficha guía de animales



Mamíferos Registrados

1. *Candiacyon otocyon* (Zorro, Zorino)
2. *Nasondus mexicanus* (Oso hormiguero)
3. *Choloepus Hoffmanni* (Perezoso de dos dedos)
4. *Puma concolor* (Puma, león, león)
5. *Lionepus pardalis* (Oncilla, Tigrito)
6. *Lionepus nigripes* (Oncilla, Tigrito)
7. *Lionepus pajerosorum* (Gato sol)
8. *Procyon cancrivorus* (Mapache)
9. *Didelphis marsupialis* (Chucha)
10. *Dasyurus novaezelandiae* (Armadillo de 9 bandas)
11. *Didelphis penningsi* (Chucha de orejas blancas)
12. *Didelphis marsupialis* (Chucha de orejas negras)
13. *Chironectes minimus* (Chucha de agua)

14. *Nasua nasua* (Tucumán)
15. *Nasua olivacea* (Tucumán)
16. *Cuniculus tacomani* (Guagua de tierra fría)
17. *Eira barbara* (Tapiá)
18. *Candiacyon proterodonta* (Puma antiguo)
19. *Mustela putorius* (Comadreja)
20. *Dasyprocta punctata* (Nasua, conejo)
21. *Sphallonyx brasiliensis* (Conejo)
22. *Petaea filosa* (Puma de montaña)
23. *Basilemys setiferus* (Olinguito)
24. *Neotomomys* spp. (Ratón de guita blanca)
25. *Thomomys* spp. (Ratón constructor de terrapen)

D. Formato registro intensidad de tráfico vehicular



**FORMATO PARA EL REGISTRO DE LA
INTENSIDAD DE TRÁFICO VEHICULAR
PROYECTO ATROPELLAMIENTO DE FAUNA**

Fecha:

Nombre de la Vía :																				
HORA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Desde:	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Hasta:	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Nombre de la Vía :																				
HORA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Desde:	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Hasta:	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Nombre de la Vía :																				
HORA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Desde:	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Hasta:	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Nombre de la Vía :																				
HORA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Desde:	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Hasta:	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Bibliografía

- Alcaldía de Barbosa. (2019). Vías de comunicación. Recuperado de <http://www.barbosa.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Vias-de-Comunicacion.aspx>
- Araya, D., & Salom, R. (2015). Método para la identificación de pasos de fauna sobre la Ruta 415, dentro del Subcorredor Biológico Barbilla-Destierro 'Paso del Jaguar', Costa Rica (*Panthera Costa Rica*). San José. Área Metropolitana.
- Área Metropolitana. (2010). Atlas Metropolitano del Valle de Aburrá. Recuperado de https://ecitydoc.com/download/atlasmetropolitano-area-metropolitana-del-valle-de-aburra_pdf
- Área Metropolitana. (2012). Manejo integral de la biodiversidad en el Valle de Aburrá. Recuperado de <https://www.yumpu.com/es/document/view/14158492/manejo-integral-de-la-biodiversidad-en-el-valle-de-aburra>
- Arroyave, M., Gómez, C., Gutiérrez, M., Múnera, D., Zapata, P., Vergara, I., & Ramos, K. (2006). Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo. *Revista EIA*, 5, 45-57.
- Ballester, A. (2008). Incidencia de la red viaria en humedales integrados en la Red Natura 2000 en la Comunidad Valenciana. Identificación de puntos negros y propuesta de actuaciones para reducir la mortandad de fauna. En *Jornadas técnicas desfragmentación de hábitats afectados por infraestructuras viarias*. Valencia.

- Ballon, P. (1984). Premières observations sur l'efficacité des passages à gibier sur l'autoroute A36. Bulletin Mensuel de l'Office National de la Chasse, (76), 20-24.
- Bolaños, E. (2012). Muestra y muestreo. Recuperado 21 de junio de 2018, de https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/tizayuca/gestion_tecnologica/muestraMuestreo.pdf
- Castillo, R., Urmendez, M., & Zambrano, G., (2015). Mortalidad de fauna por atropello vehicular en un sector de la vía Panamericana entre Popayán y Patía. Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas, 19 (2): 207-219. DOI: 10.17151/bccm.2015.19.2.12
- Cervantes-Huerta, R., Escobar, F., García-Chávez, J. H., & González-Romero, A. (2017). Vertebrate Roadkills in Three Road Types in the Central Mountainous Region of Veracruz , Mexico. Acta Zoológica Mexicana (N.S.), 33(3), 472-481. <https://doi.org/10.21829/azm.2017.3331148>
- Clevenger AP, Chruszcz B & Gunson KE. 2003. Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. Biological Conservation 109: 15-26.
- Coelho IP, Coelho AVP & Kindel A. 2008. Roadkills of vertebrate species on two highways through the Atlantic Forest Biosphere Reserve, southern Brazil. European Journal of Wildlife Research 54: 689-699.
- Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo. (1987). Nuestro futuro común.

- Corral, Y. (2010). Diseño de cuestionarios para recolección de datos. *Revista ciencias de la educación*, (36), 152-168.
- De La Ossa, J., & Galván, 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.
- De la Pena, E., & Díaz Pineda, J. (2006). MIMAR. Mapa de interpretación del medio ambiente a través de la red de carreteras. *Revista técnica de la asociación española de la carretera*, (150).
- De La Ossa, O., & De La Ossa, 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.
- De La Ossa, O., De La Ossa, J., & Medina, E. (2015). Atropellamiento de fauna silvestre. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*, 7(1), 109-116.
- Delgado, C. (2007). Muerte de mamíferos por vehículos en la vía del Escobero, Envigado (Antioquia), Colombia. *Actualidades Biológicas*, 29(87), 229-233.
- Delgado, C. (2014). Adiciones al atropellamiento vehicular de mamíferos en la vía del Escobero, Envigado (Antioquia), Colombia. *Revista EIA*, 11(22), 147-153.
- D'Amico, M., Román, J., De los Reyes, L., Revilla, E. 2015. Vertebrate roadkill patterns in Mediterranean habitats: who, when and where. *Biological Conservation* 191: 234-242.

- Forman, R. T. T., & Alexander, L. E. (1998). Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29(1), 207-231.
<https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.29.1.207>
- Fundación RACC. (2011). Accidentes de tráfico con animales, análisis de la situación a nivel europeo y español. Recuperado 21 de junio de 2018, de <http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/investigacion/estudios-e-informes/INFORME-PARA-WEB-ACCIDENTES-DE-TRAFICO-CON-ANIMALES-12.pdf>.
- Gotelli, N., & Ellison, a. (2004). *A Primer of Ecological Statistics*. second edition. Sinauer Associates, Inc.
- Grosselet, M., Villa-Bonilla, B., & Ruiz, G. (2008). Afectaciones a vertebrados por vehículos automotores en 1.2 km de carretera en el istmo de Tehuantepec. En *Proceedings of the Fourth International Partners in Flight Conference: Tundra to Tropic 1–5* (pp. 227-231).
- Gutiérrez, O. (2015). La carretera Bogotá-Villavicencio, su impacto sobre el ordenamiento territorial y el ecosistema. *Revista luna azul*, (40).
- Hernández Peña, Y. T. (2010). El ordenamiento territorial y su construcción social en Colombia: ¿un instrumento para el desarrollo sustentable? *Cuadernos de Geografía-Revista Colombiana de Geografía*, 97-109.
- IBM. (2018). *Visión general: IBM SPSS Statistics*. Recuperado de <https://www.ibm.com/cl-es/products/spss-statistics>.

- IDEAM. (2018). Tiempo y clima. Recuperado 12 de julio de 2018, de <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/mosaico-precipitacion-diaria-milimetros>
- Iglesias, C. (2008). Definiciones para una Norma española sobre pasos de fauna. *Revista Montes*, (93), 31-36.
- Iglesias, C. (2010). Diseño de pasos de fauna en tramos de concentración de atropellos de animales. *Cimbra: Revista del Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas*, (392), 22-29.
- Jensen, R., Gonser, R., & Joyner, C. (2014). Landscape factors that contribute to animal–vehicle collisions in two northern Utah canyons. *Applied Geography*, 50, 74-79.
- López, M. (2004). Más de 30 millones de vertebrados mueren cada año en el asfalto. Unos, mientras buscan comida; otros, porque una carretera corta su territorio. Un problema ecológico y de seguridad vial para el que se buscan soluciones., 4.
- 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.
- Mata, C. (2007). Utilización por vertebrados terrestres de los pasos de fauna y otras estructuras transversales de dos autovías del Centro-Noroeste peninsular.

- Ministerio de Transporte. (2014). Transporte en cifras estadísticas 2014.
Recuperado de
<https://www.mintransporte.gov.co/descargar.php?idFile=12621>
- Ministerio de Transporte. (2017). Resolución número de 2017. Recuperado 21 de junio de 2018, de
<https://www.mintransporte.gov.co/descargar.php?idFile=15069>
- Noss, R. (2002). Ecology and biodiversity: The Ecological Effects of Roads.
- Payan, E., Soto, C., Diaz-Pulido, A., Benitez, A., & Hernández, A. (2013). Wildlife road crossing and mortality: lessons for wildlife friendly road design in Colombia. En Proceedings of the 2013 International Conference on Ecology and Transportation (ICOET 2013).
- Pérez, M. (2015). Guía Metodológica Red Ibérica de Seguimiento de Fauna Atropellada RISFA. Grupo de Estudio dos Animais Salvaxes.
- Pita, M. L. (2016). Línea de tiempo "Educación Ambiental en Colombia". Praxis. Vol. 12, 118 - 125.
- Pita, S., & Pértega, S. (2004). Asociación de variables cualitativas: test de Chi-cuadrado. Metodología de la Investigación (www.fisterra.com/mbe/investiga/chi/chi.asp)(16-06-09).
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2019). Objetivos de desarrollo sostenible. Recuperado de
<https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

Programa Presidencial de Derechos Humanos y Derecho Internacional

- Humanitario. (2014). Panorama actual del Oriente Antioqueño. Recuperado 21 de junio de 2018, de https://www.researchgate.net/publication/319141645_Panorama_actual_de_l_Oriente_Antioqueno
- Puc - Sánchez, J., Delgado, C., Mendoza, E., & Isauzo, I. (2013). Las carreteras como fuente de mortalidad de fauna silvestre de México. *CONABIO. Biodiversitas*, (111), 12-16.
- QGIS. (2017). Complemento Mapa de calor. Recuperado 20 de julio de 2018, de https://docs.qgis.org/2.14/es/docs/user_manual/plugins/plugins_heatmap.html
- Quintero, A., Osorio, D., Vargas, F., & Saavedra, c. (2012). Roadkill rate of snakes in a disturbed landscape of Central Andes of Colombia. *Herpetology notes*, 5, 99-105.
- Redoriente. (2018). El Oriente Antioqueño: ¿Una provincia o un Área Metropolitana? Recuperado 21 de junio de 2018, de <http://www.redoriente.com.co/index.php/area-o-provincia/147-el-oriente-antioqueno-una-provincia-o-un-area-metropolitana>
- Rincón, D., & Parra, V. (2016). Guía general para el manejo de fauna atropellada en vías en concesión (tramo 2 autopista Bogotá- Villeta). Recuperado 15 de julio de 2018, de <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/3530>
- R Core Team. (2017) R: A Language and Environment for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>

- Seijas, A., Araujo, A., & Velásquez, N. (2013). Mortalidad de vertebrados en la carretera Guanare-Guanarito, estado Portuguesa, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 61(4), 1619-1636.
- Seiler, A. (2003). The toll of the automobile: Wildlife and roads in Sweden. Thesis.
- Seiler, A., Helldin, J., & Eckersten, T. (2003). Road mortality in Swedish badgers (*Meles meles*): Effect on population. *Wildlife Research*, 1-20.
- Vargas, F., Delgado, I., & López, F. (2011). Mortalidad por atropello vehicular y distribución de anfibios y reptiles en un bosque subandino en el occidente de Colombia. *Caldasia*, 33(1), 121-138.
- Vargas, F., & López, F. (2012). ¿Las carreteras pueden restringir el movimiento de pequeños mamíferos en bosques Andinos de Colombia? Estudio de caso en el Bosque de Yotoco, Valle del Cauca. *Caldasia*, 34(2), 409-420.
- Vélez Escobar, I. C., & Balen Valenzuela, C. (2006). Planeación De La Infraestructura Vial. Repositorio Digital DSPACE de la Universidad de los Andes.