



**Institución Universitaria**

**Herramienta de la jerarquía de la mitigación aplicada en la  
prevención del atropellamiento de fauna silvestre en Colombia**

B.Sc. Ivan Gil

Instituto Tecnológico Metropolitano

Facultad de Ciencias Exactas y Aplicadas, Departamento de Ciencias Ambientales y de la

Construcción

Medellín, Colombia

2023

# **Herramienta de la jerarquía de la mitigación aplicada en la prevención del atropellamiento de fauna silvestre en Colombia**

**BSc. Ivan Gil**

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

**Magister en Desarrollo Sostenible**

Director:

PhD., Juan Carlos Jaramillo Fayad

Co-director:

BSc. Camilo Rodriguez Pava

Línea de Investigación:

Desarrollo Sostenible y Química Ambiental

Grupo de Investigación:

Instituto Tecnológico Metropolitano

Facultad de Ciencias Exactas y Aplicadas, Departamento de Ciencias Ambientales y de la

Construcción

Medellín, Colombia

2023

## **Agradecimientos**

Agradezco al profesor Juan Carlos Jaramillo Fayad por su apoyo durante todo el desarrollo de este trabajo, así mismo a Camilo Rodríguez Pava por sus aportes y comentarios al documento y a Alex Sabogal por su colaboración en el análisis de textos con R y Rstudio. Igualmente, una mención especial a todos los profesores del programa de Maestría en Desarrollo Sostenible del ITM, especialmente a la profesora Marta Luz Arango Uribe.

Agradezco a Maria, Alejandro y Samuel, quienes son mi fuente de motivación y alegría.

## **Abstract**

Transportation infrastructures globally exert direct or indirect impacts on the structure, dynamics, and functionality of affected ecosystems. The prevailing focus of existing research on the influence of roads on wildlife revolves around quantifying vertebrate mortality resulting from vehicle collisions. Despite the extensive network of paths in Colombia, there is a notable deficiency in studies addressing wildlife mortality along these paths.

This study employs the Mitigation Hierarchy approach to precisely identify and implement targeted conservation strategies for wildlife at risk of vehicle collisions. We advocate for the integration of these conservation strategies into the environmental management and offset plans of road infrastructure projects. By pinpointing aspects related to the prevention and management of wildlife impacts within the legal and regulatory framework of road projects, we steer the mitigation hierarchy towards diverse vertebrate groups, encompassing amphibians, reptiles, birds, and mammals.

In conclusion, we have identified 16 management measures for wildlife populations susceptible to vehicle collisions. These measures are applicable in environmental management and offset plans for the biotic component, aligning with current regulations. Notably, we have included four management measures aimed at compensating for the loss of individuals within fauna groups that fall victim to roadkill.

Keywords: “Mitigation hierarchy”, “Roadkill”, “Offset scheme in road projects”

## Resumen

El objetivo de este trabajo fue aplicar la herramienta de la Jerarquía de la Mitigación-JdM (marco para gestionar riesgos e impactos potenciales vinculados a la biodiversidad y los servicios ecosistémicos) para el diseño e implementación de medidas de conservación específicas para la fauna silvestre potencialmente víctima<sup>1</sup> de atropellamiento, en los planes de manejo ambiental y de compensación por pérdida de biodiversidad en obras de infraestructura vial. El método empleado inició usando el análisis de datos con R (paquetes OCR tesseract -biblioteca pyesseract, tidyverse, tm y tidytext) para la identificación, en el marco legal vigente, de los aspectos relacionados con el manejo de fauna en los proyectos viales para orientar el análisis de JdM. Después, se caracterizaron alternativas para prevenir, mitigar, corregir y/o compensar (prev-miti-corr-comp) los impactos del atropellamiento. Posteriormente se proponen medidas de manejo para las poblaciones de fauna potencialmente víctimas de colisiones. Como resultados se analizaron 69 documentos normativos, 25 incluían aspectos relacionados con el manejo de fauna. De acuerdo con lo anterior, se caracterizaron 16 alternativas efectivas para prev-miti-corr-comp los impactos de colisiones. Por último, se proponen 16 medidas de manejo para las poblaciones de fauna silvestre potencialmente víctima de atropellamiento, aplicables en los Planes de Manejo Ambiental y de compensaciones del componente biótico, además se proponen 2 tipos de análisis complementarios para la elaboración del Diagnóstico Ambiental de Alternativas y los Planes de Manejo Ambiental. Como innovaciones, se proponen lineamientos para medidas de compensaciones al componente fauna en los ecosistemas de tipo natural y secundario, afectados por los impactos ocasionados por proyectos viales. Se concluye que la aplicación de la herramienta

---

<sup>1</sup> Ley 1774 de 2016

de la JdM en instrumentos de gestión ambiental es efectiva para la implementación de medidas orientadas a prev-miti-corr-comp la pérdida de fauna silvestre víctima de atropellamiento en Colombia.

Palabras clave: “Jerarquía de la Mitigación”, “atropellamiento de fauna”, “infraestructura vial”.

## Tabla de Contenidos

<b>1</b>	<b>Capítulo 1 Introducción .....</b>	<b>1</b>
1.1	Justificación .....	1
1.2	Objetivos .....	6
1.1.	Objetivo general:.....	6
1.2.	Objetivos específicos. ....	6
1.3	Organización del documento. ....	7
<b>2</b>	<b>Capítulo 2 Estado del arte y marco conceptual.....</b>	<b>8</b>
2.1	Estado del arte.....	8
2.1.1	Ecología de carreteras .....	8
2.1.2	Carreteras y atropellamiento de fauna .....	10
2.2	Marco Conceptual. ....	15
2.2.1	Impactos ambientales de la infraestructura vial:.....	15
2.3	La jerarquía de la mitigación .....	18
<b>3</b>	<b>Capítulo 3 Métodos.....</b>	<b>21</b>
3.1	Análisis de textos con R y Rstudio .....	21
3.2	Revisión del marco normativo e iniciativas voluntarias. ....	23
3.3	Caracterización de alternativas para prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos del atropellamiento. ....	24
3.4	Medidas de manejo para poblaciones de fauna silvestre víctima de atropellamiento. .	27
<b>4</b>	<b>Capítulo 4 Resultados y Análisis. ....</b>	<b>29</b>
4.1	Aspectos relacionados con la prevención y el manejo del atropellamiento de fauna en el marco normativo y en buenas prácticas de los proyectos viales para orientar el análisis de la jerarquía de mitigación .....	29
4.1.1	Revisión del marco normativo e iniciativas voluntarias .....	29
4.2	Procedimientos normativos, guías, manuales, expedientes, etc., de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA-, relacionados con la gestión de la biodiversidad, en especial para el manejo de fauna.....	38
4.3	Jerarquía de la mitigación en el diseño e implementación de los planes de manejo ambiental y los planes de compensación por pérdida de biodiversidad aplicadas a proyectos de infraestructura vial en carreteras primarias.....	44
4.4	Caracterización de alternativas para prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos del atropellamiento sobre la fauna silvestre en proyectos de infraestructura vial. ....	47
4.4.1	Caracterización de los proyectos viales objeto de análisis .....	47
4.4.2	Identificación de impactos potenciales ambientales que ocasionan los proyectos viales estudiados.....	49
4.4.3	Identificación de impactos específicos para la fauna silvestre potencialmente víctima de atropellamiento para los proyectos viales estudiados .....	52
4.4.4	Caracterización de las medidas alternativas para evitar, mitigar, corregir y/o compensar impactos del atropellamiento sobre la fauna en proyectos de infraestructura vial. ....	56
4.5	Medidas de manejo para las poblaciones de fauna silvestre víctima de atropellamiento, que sean aplicables en el marco del desarrollo de los Planes de Manejo Ambiental -PMA- y	

Plan de compensaciones del componente biótico – PCCB, de acuerdo con la normatividad colombiana.....	58
4.5.1 Identificar mecanismos técnico-jurídicos para incluir medidas en los PMA y PCCB.	58
4.6 Proponer las medidas de manejo aplicables en el diseño e implementación de los PMA y PCCB. ....	64
4.6.1 Medidas para prevenir el atropellamiento de fauna silvestre.....	64
4.6.2 Medidas para mitigar el atropellamiento de fauna silvestre. ....	65
4.6.3 Medidas para corregir el atropellamiento de fauna silvestre (Estructuras correctivas, implementadas después de la fase de construcción del proyecto vial). ....	65
4.6.4 Medidas para compensar el atropellamiento de fauna silvestre.....	66
<b>5 Capítulo 5 Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>67</b>
5.1 Conclusiones.....	67
5.2 Recomendaciones .....	68
<b>6 Lista de referencias.....</b>	<b>70</b>
<b>7 Apéndice.....</b>	<b>85</b>
7.1 Documentos del marco normativo e iniciativas voluntarias revisados.....	85
7.2 Caracterización de impactos por proyecto vial.....	90

## Lista de tablas

Tabla 1. Compilación de los estudios publicados en revistas científicas nacionales e internacionales sobre fauna atropellada en carreteras de Colombia (basado en Jaramillo et al., 2018). .....	12
Tabla 2. Proyectos viales de cuarta Generación (4 G) analizados en este trabajo.....	25
Tabla 3. Impactos ambientales potenciales que afectan a elementos ambientales directamente relacionados con los hábitats de/y a las poblaciones de especies de fauna con requerimientos altamente específicos de movilidad (basado en Minambiente, 2020). .....	50
Tabla 4. A alternativas de medidas de acuerdo con la Jerarquía de la Mitigación y los impactos potenciales identificados en este estudio. ....	57

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Jerarquía de la Mitigación (adaptado de Quintero 2016; Minambiente, FCDS & WWF, 2020). .....	20
<b>Figura 2.</b> Esquema para el análisis de textos con R, usado en este trabajo. ....	22

# 1 Capítulo 1

## Introducción

### 1.1 Justificación

En las últimas décadas se ha identificado que las carreteras afectan directamente a las poblaciones de fauna como resultado de la mortalidad generada por los vehículos (Coffin, 2008; Forman, 2014; Jaramillo et al., 2018; Jaramillo et al., 2018b; Lucas et al., 2018; Minambiente et al., 2019; Grilo, et al., 2020; Whittington, et al. 2019; Swinnen et al., 2022). En todo el mundo, todas las fuentes de mortalidad consideradas, naturales o humanas, la mortalidad inducida por vehículos fue del 7 % para los mamíferos adultos y del 1 % para las aves adultas (Hill et al., 2019).

Además de la mortalidad directa por colisiones de vehículos con vida silvestre, las carreteras y el tráfico tienen múltiples efectos en los ecosistemas y las poblaciones de vida silvestre, incluida la pérdida y fragmentación del hábitat (Taylor y Goldingay, 2010; Whittington et al., 2019), contaminación acústica (ruido producido por la construcción y operación), contaminación lumínica y dispersión de especies (Correa, 2020; Jaramillo et al., 2021), entre otros. Las carreteras pueden tener efectos genéticos al actuar como una barrera y disminuir la diversidad genética (Coffin, 2007; Holderegger y Di Giulio, 2010). Además, la presencia de carreteras y la intensidad de su uso pueden provocar cambios de comportamiento de individuos y especies (Mumme et al., 2000; Kerley et al., 2002; Whittington et al., 2019).

Al iniciar la década pasada se estimó que a nivel mundial existe un déficit de inversión anual de US \$1 trillón para proyectos de infraestructura (principalmente de transporte). Para llenar este vacío, se generaron desde entonces diferentes mecanismos para aumentar la inversión en proyectos de este tipo, pero que incluyeran lineamientos para alcanzar el desarrollo sostenible, en

los que el capital natural es conservado y la prosperidad económica es compartida ampliamente (Quintero, 2016). Es así como la infraestructura vial es un recurso clave en el rol que juega el territorio en el desarrollo económico, sobre todo si se maneja de manera integrada su impacto en el medio ambiente y en la sociedad (Angermeier et al., 2004; Forman y Alexander, 1998; Wheeler et al., 2005). En la actualidad, los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) actúan como un instrumento para promover el trabajo mancomunado de la comunidad internacional hacia la generación de alternativas para el desarrollo. En particular, la inversión e innovación en infraestructura son motores fundamentales del crecimiento y el desarrollo económico, con más de la mitad de la población mundial viviendo en ciudades, el transporte masivo y la energía renovable están adquiriendo cada vez más importantes<sup>2</sup> (PNUD, 2015).

Las cifras que sustentan el impacto del atropellamiento sobre la fauna son, por ejemplo, un estimado de 29 millones de mamíferos y 194 millones de aves muertas anualmente en carreteras europeas (Grilo et al., 2020), en Brasil: 475 millones de animales atropellados anualmente (Bager et al., 2016), cerca de 30 millones sólo en España (2002) en el caso de Estados Unidos cerca de 365 millones (Spellerberg, 2002). Aunque para Colombia, no existe un consolidado de cifra a nivel nacional, la Red Colombiana de Seguimiento de Fauna Atropellada RECOFSA<sup>3</sup> reporta 3500 datos de atropellamientos entre 2014-2017 (Jaramillo et al., 2018).

En Colombia, el Plan Maestro de Transporte Intermodal 2015 -2035 -PMTI- plantea que “se realizarán 101 intervenciones viales| que incluyen: 12.681 km de redes primarias

---

<sup>2</sup> ODS 9: INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA. Meta 9.1 Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad, incluidas infraestructuras regionales y transfronterizas, para apoyar el desarrollo económico y el bienestar humano, haciendo hincapié en el acceso asequible y equitativo para todos

<sup>3</sup> RECOFSA es una iniciativa de ciencia ciudadana que, desde el 2014, une esfuerzos entre la comunidad científica y los demás ciudadanos, para reducir el número de atropellamientos de animales en las vías de Colombia. La aplicación RECOFSA es una iniciativa de ciencia ciudadana que le permite a cualquier persona reportar los animales atropellados que encuentre en las carreteras de Colombia

(mantenimiento de 7.869 km de red no concesionada, y construcción y mejora de 4.812 km adicionales)". Además, el PMTI plantea "52 proyectos, equivalentes a 6.880 km de vías intervenidas y que, en total, se intervendrán 19.561 km viales a nivel nacional". Las intervenciones planteadas en la red básica y las vías de integración nacional fueron diseñadas para potenciar la productividad real del país y su comercio exterior, conectando entre sí a las 18 principales ciudades-región, donde se origina el 85% del PIB, con las fronteras y los puertos del Caribe y el Pacífico. (Mintransporte, 2016). Colombia suma 204.855 km de carreteras (porcentaje pavimentado inferior al 7%, según Banco Interamericano de Desarrollo (2014), de las que 17.434 km son vías primarias (11.194 a cargo de INVIAS, 10.211 concesionados a cargo de ANI); y 187.421 km de vías secundarias y terciarias; de estos, 59.096 km están a cargo de los departamentos, 100.748 km a cargo de los municipios y 27.577 km a cargo del INVIAS. Así mismo, el documento de Política de sostenibilidad para la Infraestructura de Transporte del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) proyecta en el Eje 1: Proyectos Sostenibles, como objetivo estratégico el "Desarrollar e implementar los conceptos de "ecodiseños" e "infraestructura verde" en todas las fases del ciclo de vida de los proyectos del Instituto", además, en el Eje 4: Innovación Sostenible, con su objetivo: Fomentar el desarrollo de la ciencia, tecnología e innovación aplicadas a proyectos de infraestructura de transporte, tiene como actividades: i) Diseñar, implementar y mantener un aplicativo para la captura de información de avistamiento y atropellamiento de fauna; ii) alternativas tecnológicas para avistamiento y caracterización de fauna asociada a la infraestructura de transporte; iii) participar en la definición de lineamientos de manejo de fauna atropellada en coordinación con las entidades competentes (INVIAS, 2020).

Por su parte el Minambiente elaboró en 2015 el "Plan de Acción de Biodiversidad en Colombia 2016-2030", el cual proyecta en el Eje V -Biodiversidad, gestión del riesgo y suministro

de servicios ecosistémicos- una meta al 2030 en la cual se habrán controlado los principales motores de pérdida y degradación de bosques en el país. En esta meta la infraestructura (centros urbanos y construcción de vías) es protagonista. Allí se plantea como respuesta al impacto del cambio en el uso del suelo y deforestación generado por el desarrollo del sistema vial, como uno de los motores de pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos expresados en el V Informe Nacional de Biodiversidad de Colombia (Minambiente y PNUD, 2014). Sin embargo, nuevas carreteras aumentan el acceso de tierras para usos productivos, la extracción de recursos, la tala selectiva y el aumento del riesgo de fuegos (Reid y De Sousa, 2005; Barber et al., 2014). Sumado a esto, la expansión de infraestructura produce fragmentación y pérdida de hábitat de fauna nativa (Armenteras et al., 2018).

En Colombia, la protección del ambiente, la función ecológica de la propiedad, el derecho al ambiente sano, el manejo de los recursos y la prevención del deterioro ambiental, y el deber de los ciudadanos de proteger el ambiente están definidas en los artículos 8, 58, 79, 80 y 95 de la Constitución Política, artículos que ofrecieron soporte para que en la Ley 99 de 1993, en el Título VII “referente al proceso de licenciamiento ambiental” se definieran e incluyeran medidas de compensación para la pérdida de biodiversidad. Los mecanismos para su implementación están enmarcados en: la licencia ambiental, la sustracción de áreas de reserva forestal, el aprovechamiento forestal y la compensación por aprovechamiento de especies amenazadas o vedas (Sarmiento, 2014). Así mismo, la Ley 99 de 1993, el Decreto único Reglamentario Ambiental 1076 de 2015, incluso el Código de Recursos Naturales 2811 de 1974 (artículos 28, 208) establecen la competencia de las autoridades ambientales frente a la expedición y seguimiento de las licencias ambientales, así como los estudios requeridos para la expedición de esta. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente) indica la competencia de la Autoridad Nacional

de Licencias Ambientales (ANLA) frente a la expedición de licencias para los proyectos del sector hidrocarburos, minero, generación de energía, infraestructura, principalmente (Minambiente, por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias, 2014).

En particular, los documentos relacionados con la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales (Minambiente y ANLA, 2017) y el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Minambiente, 2018), recomiendan que la planeación, construcción, operación, manejo y desmantelamiento de los proyectos, obras o actividades se ciña a la “Jerarquía de mitigación”, es decir, a la implementación jerárquica de una serie de medidas de manejo que tiene como objeto primordial disminuir en la mayor magnitud posible los impactos ambientales.

A pesar de la importancia explícita del tema, en Colombia la aplicación de la jerarquía de la mitigación específicamente para fauna silvestre en obras de infraestructura vial es escasa, también es incipiente el entendimiento sobre cuáles son las poblaciones animales más afectadas, qué variables intervienen en el atropellamiento y cómo se pueden implementar medidas de prevención y mitigación eficaces. (Jaramillo et al., 2018). Sin embargo, la literatura científica internacional relacionada con este tema es numerosa y confirma que estas estrategias se están implementando con mayor frecuencia en todo el mundo, no obstante, estos autores reconocen también que algunos impactos son inevitables e imposibles de mitigar (Lawrence et al., 2014; van der Ree, et al., 2015; Rytwinski et al., 2016; Arlidge et al., 2018).

Por lo anteriormente expuesto, es necesario contribuir con el mejoramiento de las herramientas científicas innovadoras desarrolladas recientemente (Jaramillo et al., 2021, Correa et al., 2020, Minambiente et al., 2020) las cuales promueven la implementación de medidas de conservación específicas para la fauna silvestre potencialmente víctima de atropellamiento, más

aún en situaciones de complejidad social, política, institucional y ambiental. Además, los efectos acumulativos de la expansión de la infraestructura vial incluyen la ramificación de nuevas vías y la densificación de la red. Estos efectos, a menudo no considerados, pueden aumentar los atropellamientos de fauna y provocar la pérdida de hábitat, alterando significativamente los ecosistemas locales. Es crucial incorporar estas consideraciones en los planes de gestión y compensación ambiental (Lopez y Ramírez 2018). Desconocer la necesidad de desarrollar aproximaciones teórico-prácticas adicionales sobre los impactos del atropellamiento de fauna en la conservación de la funcionalidad de los ecosistemas, puede conducir a daños ambientales graves en el patrimonio natural del país, más aún, ante escenarios de constantes conflictos, y por ende es fundamental tener herramientas apropiadas de manejo y gestión sostenible de la biodiversidad.

## **1.2 Objetivos**

### 1.1. Objetivo general:

Desarrollar una propuesta sobre la aplicación de la herramienta de jerarquía de la mitigación en los planes de manejo ambiental y los planes de compensación del componente biótico en obras de infraestructura vial, para la implementación de medidas de conservación dirigidas a la fauna silvestre víctima de atropellamiento.

### 1.2. Objetivos específicos.

- Identificar los aspectos relacionados con la prevención y el manejo del atropellamiento de fauna en el marco normativo y en buenas prácticas de los proyectos viales para orientar el análisis de la jerarquía de mitigación.
- Emplear la herramienta de la jerarquía de la mitigación en la caracterización de alternativas para prevenir, mitigar, corregir y compensar los

impactos del atropellamiento sobre la fauna silvestre en proyectos de infraestructura vial.

- Proponer medidas de manejo para las poblaciones de fauna silvestre víctima de atropellamiento, que sean aplicables en el marco del desarrollo de los Planes de Manejo Ambiental y Plan de compensaciones del componente biótico, de acuerdo con la normativa vigente.

### **1.3 Organización del documento.**

El capítulo uno (introducción) describe el objeto de estudio, los objetivos y la pregunta de este trabajo. El capítulo de “Estado del arte y marco conceptual”, incluye postulados actualizados sobre la temática del atropellamiento de fauna silvestre, cómo ha evolucionado su concepto y el marco legal que en Colombia lo sustenta. También contiene el concepto de Jerarquía de la Mitigación, propuesto para ayudar a limitar, los impactos negativos de los proyectos de desarrollo en la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. El capítulo metodología expone en detalle la secuencia de actividades que se desarrollaron para realizar el presente estudio. Posteriormente un capítulo dedicado a los resultados, donde se resumen los datos recopilados y el análisis para la realización del escrito. Por último, un capítulo de conclusiones y recomendaciones.

## 2 Capítulo 2

### Estado del arte y marco conceptual

#### 2.1 Estado del arte.

##### 2.1.1 Ecología de carreteras

Las carreteras y otras infraestructuras lineales, como las líneas eléctricas, las líneas de gas, los ferrocarriles y los canales se encuentran entre las obras más frecuentes y directamente relacionadas con una alta expansión de la actividad humana (Bennet, 1991, Noss & Cooperrider, 1994, Silva et al., 2022 ), y dominan la mayoría de paisajes alrededor del mundo (van der Ree et al., 2015b), y estas tienen importantes impactos ambientales en los hábitats naturales y los ecosistemas de todo el mundo (Forman & Alexander, 1998; Trombulak & Frissell, 2000; van der Ree et al., 2015b). Como alternativa conceptual a esta situación, la ciencia de la “ecología de carreteras” nace en la década de 1980 para analizar de forma conjunta el conocimiento en transporte, hidrología, biología, ecología vegetal, ecología de poblaciones, ciencias del suelo, química del agua, biología acuática y pesca (Forman et al., 2003). Esta aproximación ha permitido precisar la amplia gama de efectos negativos en los ecosistemas terrestres y acuáticos que generan las redes de carreteras y ferrocarriles (Karlson et al., 2014; Jaeger, 2015). Estos impactos se están asociando cada vez más con una pérdida importante de biodiversidad en todo el mundo (Coffin, 2007; Laurance et al., 2009; Kong et al., 2013; Rytwinski et al., 2016).

Algunos de los impactos significativos directos, que las carreteras tienen sobre la fauna, la flora y los ecosistemas son la fragmentación de hábitats, deforestación, atropellamiento de fauna, además, de otros impactos indirectos derivados de ellos y de la intensidad de uso de la carretera, como la contaminación química y sonora (Buton et al., 2015; De la Ossa et al. 2015; van der Ree et al., 2015; Pinto et al., 2020). De manera similar, el tráfico de vehículos en las carreteras puede

ser una causa directa de muerte para la fauna silvestre y, en ciertos casos, puede resultar en efectos devastadores para las poblaciones animales (Coffin, 2007; Glista et al., 2009; Pinto et al., 2020; Silva et al., 2021). De hecho, a nivel global, se estima que el 7% de los mamíferos adultos y el 1% de las aves mueren debido a atropellamientos (Hill et al., 2019; Swinnen et al., 2022).

A partir de la década de 1990, como resultado de diferentes estudios orientados a la seguridad vial y los impactos sobre la biodiversidad, se identificaron varias medidas para evitar las colisiones de los vehículos con la fauna, en particular el diseño e instalación de diferentes tipos de señales visuales para anunciar sobre la posible presencia de animales en la carretera, el paso de animales a través de alcantarillas, pasos inferiores, superiores, reductores de velocidad y otras estructuras (Forman & Alexander, 1998; Trombulak & Frissell, 2000; Gossem, 2007; Laurance et al., 2009). Durante las últimas décadas los pasos de fauna silvestre han adquirido una relevancia significativa como ejemplo de medidas efectivas para evitar el atropellamiento de fauna silvestre (Garriga et al. 2012; González-Gallina et al., 2013; Jaramillo et al., 2018; Srbek-Araujo et al., 2018). No obstante, estas estructuras a menudo son diseñadas con criterios biológicos mínimos para permitir que un animal cruce una vía (Ruediger, 2001; Coffin, 2007). En algunos casos presentan una combinación de consideraciones biológicas y ecológicas mínimas, enfocándose en construcciones sólo de cruce con un tamaño único o con especificaciones de diseño de costos mínimos, con efectividad mínima, y resultados no deseados (Ruediger, 2001). En este sentido, diferentes autores (Ruediger, 2001; Garriga et al., 2012; González-Gallina et al., 2013) sugieren que al menos dos elementos se deben incluir en el diseño de mejores cruces de fauna silvestre: ¿Qué tan naturales parecen las estructuras (son aceptadas o evitadas)? y ¿Se han mantenido o imitado los procesos naturales (integridad biológica y conectividad)?

Sin embargo, los impactos de las vías carreteables señalados anteriormente no se resuelven sólo con el diseño de pasos de fauna silvestre efectivos, es necesario que en todas las fases de los proyectos de infraestructura vial – desde la planificación hasta la operación – se incluya una evaluación de los impactos de las medidas de manejo propuestas para la fauna silvestre (Forman & Alexander, 1998; Trombulak & Frissell, 2000; Forman et al., 2003; Gossem 2007; Laurance et al., 2009). Por lo tanto, es necesario una aproximación metódica para incluir de manera efectiva alternativas ambientalmente sostenibles en el desarrollo vial. Desde un enfoque para la sostenibilidad, los proyectos viales primero se deben comprometer a prevenir, luego mitigar, como tercera alternativa corregir, y, por último, ya agotadas las acciones anteriores, compensar los impactos (offset), con el fin de propender por una pérdida neta cero de la biodiversidad (Wheeler, 2005; Saenz et al., 2012; CSBI 2015; Quintero 2016). Lo anterior se conoce como la Jerarquía de mitigación.

### **2.1.2 Carreteras y atropellamiento de fauna**

La infraestructura vial y los servicios que presta, afectan significativamente las dinámicas económicas de los países e impactan, generalmente de forma positiva, en la calidad de vida de sus habitantes. En la actualidad, la infraestructura de transporte es vital para la promoción del intercambio comercial y las inversiones económicas a escala mundial (IDB, 2014). Los sistemas viales y el servicio que estos ofrecen tienen un rol preponderante en el desarrollo económico y social de un territorio, debido a sus impactos efectivos como brindar acceso a servicios de salud, suministro, educación y empleo (Quintero, 2016). En este sentido, diferentes estudios identifican que más de 25 millones de kilómetros de nuevas carreteras están previstas para el año 2050 (Laurance et al. 2014). Además de lo anterior, se calcula que al menos el 90 % de las nuevas

carreteras estarán en las naciones en proceso de desarrollo, las cuales albergan los ecosistemas más diversos y representativos para el ambiente (Dulac, 2013; Laurance et al., 2015).

En Colombia, de los motores de transformación que acentúan la degradación de los ecosistemas, el de mayor impacto es el cambio en el uso del suelo y el desarrollo del sistema vial se correlaciona de manera directa con la deforestación asociada al cambio de uso del suelo y a la posibilidad de acceso de la población a los recursos de los ecosistemas (Castaño-Uribe, 2004; van der Ree et al., 2015; Ricaurte et al., 2016). La infraestructura de transporte ejerce presiones sobre la biodiversidad en regiones como la Amazonia y el Pacífico; esta afectación resulta especialmente grave cuando se ocurre en áreas que el país ha destinado para la conservación de ecosistemas naturales, ya que fomenta la colonización, la creación de nuevos asentamientos humanos, la ampliación de la frontera agrícola, deforestación y el aprovechamiento ilegal e insostenible de los recursos naturales renovables (Minambiente et al., 2019). Por esta razón, los sectores económicos en la actualidad reconocen la importancia de la biodiversidad para las funciones y servicios ecosistémicos que sostienen todos los aspectos sociales y económicos de las sociedades (Quintero, 2016). Lo cual los motiva a buscar la forma de disminuir los impactos sobre la biodiversidad ocasionada por los proyectos de desarrollo siguiendo previamente la jerarquía de la mitigación, en donde las compensaciones son consideradas como la última opción para reparar los impactos residuales sobre la biodiversidad (McKenney y Kiesecker, 2010; Arbeláez y Sagre, 2015).

En este sentido, en los últimos años es evidente el aumento del interés en desarrollar investigaciones relacionadas con los efectos de las carreteras sobre la biodiversidad, en particular, sobre el atropellamiento de fauna. En la tabla 1 se presentan datos de atropellamientos en fragmentos de vías en diferentes regiones. Por ejemplo, fueron identificados 1909 atropellamientos en la región Andina (Delgado-V, 2007; Vargas-Salinas et al., 2011; Quintero-Ángel et al., 2012;

Delgado-V, 2014; Castillo-R et al., 2015; López-Herrera et al., 2016; Ramos y Mesa-Joya, 2018; Mesa-Joya et al., 2019; Stasiukynas-D et al., 2021; Arana-Rivera et al., 2022; Obando-Tobón, 2022.), en la Orinoquía 400 (Rojano-B y Ávila-A, 2021; Duran-Galindo, 2018) y en la Caribe 3224 atropellamientos (Payan et al., 2013; Monroy et al., 2015; De La Ossa-V y Galván G, 2015; De La Ossa- N y De La Ossa, 2015; Adárraga-C y Gutiérrez M, 2017; Adárraga-C y Gutierrez-M, 2019; Tamayo-López et al., 2022). No son numerosos los estudios en el ámbito urbano, sin embargo, se reportan 283 atropellamientos en 5 ciudades del Valle de Aburrá (Bedoya-V et al., 2018).

Tabla 1. *Compilación de los estudios publicados en revistas científicas nacionales e internacionales sobre fauna atropellada en carreteras de Colombia (basado en Jaramillo et al., 2018).*

<i>Cita</i>	<i>Departamento</i>	<i>Tipo de ecosistema</i>	<i>de Altitud (m s.n.m.)</i>	<i>Trayecto evaluado (tiempo de muestreo)</i>	<i>Método de</i>	<i>Patrón de mortalidad observado</i>
Delgado-V (2007)	Antioquia	bh-PM	1800-2600	11 km meses)	(72 Observaciones esporádicas oportunistas	58 mamíferos y
Vargas-Salinas et al (2011)	Valle del Cauca	bh-PM	1600	2 km (6 meses)	Caminatas sistematizadas	5 anfibios, 20 reptiles, 11 aves, 13 mamíferos
Quintero-Ángel et al (2012)	Quindío	bh-PM	1700-2100	6.4 km meses)	(5 Caminatas sistematizadas	7 anfibios, 105 reptiles, 4 aves, 1 mamífero
Payan et al (2013)	Magdalena	bs-T	< 200	178.8 km meses)	(6 Recorridos sistemáticos en moto	340 anfibios, 86 reptiles, 59 aves, 190 mamíferos
Delgado, V (2014)	Antioquia	bm-PM	1800-2600	11 km meses)	(60 Observaciones esporádicas oportunistas	35 mamíferos y
Castillo-R et al (2015)	Cauca	bs-T / bh-PM	639-1757	92 km meses)	(5 Recorridos sistemáticos en moto a 25 km/h	288 anfibios, 58 reptiles, 186 aves, 362 mamíferos
Monroy et al (2015)	Sucre	bs-T	< 200	49 km meses)	(6 Recorridos sistemáticos en moto a 15 km/h	415 anfibios, 189 reptiles, 56 aves, 113 mamíferos

<i>Cita</i>	<i>Departamento</i>	<i>Tipo de ecosistema</i>	<i>de Altitud (m s.n.m.)</i>	<i>Trayecto evaluado (tiempo de muestreo)</i>	<i>Método de</i>	<i>Patrón de mortalidad observado</i>	<i>de</i>
De La Ossa- V y Galván G (2015)	Sucre	bs-T manglar	/ < 200	27.2 km meses)	(6 Recorridos sistemáticos en moto a 14 km/h	92 anfibios, 124 reptiles, 121 aves, 121 mamíferos	94
De La Ossa- N y De La Ossa (2015)	Sucre	bs-T	< 200	99.3 km meses)	(6 Recorridos sistemáticos en moto a 15 km/h	253 anfibios, 219 reptiles, 25 aves, 111 mamíferos	219
López- Herrera et al (2016)	Quindío	bh-PM	1700-2100	3.8 km meses)	(9 Caminatas sistematizadas	64 reptiles	
Adárraga-C y Gutiérrez M (2017)	Atlántico y Magdalena	bs-T Estuarios	/ < 200	80.3 km meses)	(5 Recorridos sistemáticos en auto 20-30 km/h	92 anfibios, 124 reptiles, 121 aves, 121 mamíferos	94
Duran- Galindo (2018)	Meta	bh-T Sabana inundable	/ < 600	5350 km meses)	(4 Recorridos sistemáticos en auto <40 km/h	46 anfibios, 72 reptiles, 97 aves, 97 mamíferos	46
Ramos Mesa-Joya (2018)	Santander	bh-T	< 200	75 km meses)	(8 Recorridos sistemáticos en auto 1 velocidad	52 reptiles	
Ádarraga-C y Gutiérrez-M (2019)	Magdalena	Estuarios Manglar	/ < 200	1433 km meses)	(5 Recorridos sistemáticos en auto <30 km/h	20 anfibios, 63 reptiles, 48 aves, 77 mamíferos	63
Mesa-Joya et al (2019)	Santander	bh-T	<200	1200 km meses)	(8 Recorridos sistemáticos en auto <40 km/h	152 mamíferos	
Rojano-Ávila-A (2021)	Bolívar y Casanare	Sabana natural inundable	< 200	1300 km meses)	(5 Recorridos sistemáticos en auto <40 km/h	13 anfibios, 41 reptiles, 41 aves, 39 mamíferos	46
Stasiukynas-D et al (2021)	Valle del Cauca	bh-PM	< 1500	3328 km meses)	(2 Recorridos sistemáticos en auto <30 km/h	33 anfibios, 17 reptiles, 17 aves, 39 mamíferos	18
Arana-Rivera et al (2022)	Huila	bs-T	< 200	54.2 km meses)	(3 Recorridos sistemáticos en moto <30 km/h	3 anfibios, 12 reptiles, 12 aves, 53 mamíferos	34
Obando-Tobón (2022)	Antioquia	bmh-MB bmh-PM	/ 188 - 2600	3456 km meses)	(25 Caminatas sistematizadas y Recorridos sistemáticos en auto <20 km/h	36 reptiles, y aves, 127 mamíferos	116
Tamayo-López et al (2022)	Guajira	bs-T	< 200	72 km meses)	(4 Caminatas sistematizadas	43 anfibios, 2 reptiles, 2 aves, 8 mamíferos	45

De acuerdo con los estudios presentados en la tabla 1, además de lo reportado por Jaramillo, et al. (2018, 2021), Silva, et al. (2021) Swinnen, et al. (2022), los grupos de anfibios y mamíferos son los más afectados por muertes causadas por las colisiones con vehículos en la infraestructura vial. En general son animales de talla pequeña a mediana que tienen alta movilidad, la mayoría dispersores de semillas, con rango de hábitat amplio y registran altos niveles de migración entre poblaciones.

La revisión de estos estudios permite evidenciar un progreso en la adopción de una propuesta de metodología única y estandarizada para el registro de las colisiones (Jaramillo et al., 2021), lo cual, tiene un impacto significativo en la cantidad y tipo de cadáveres registrados, sin embargo, no se ha incluido en los cálculos de tasas de atropello la duración de los cadáveres en la vía.

A pesar del interés creciente en los impactos de la infraestructura vial sobre los componentes de la biodiversidad, continua la ausencia de estudios relacionados con el impacto del atropellamiento sobre el componente de invertebrados. De acuerdo con lo propuesto por Muñoz, Torres y Megías (como se citó en Jaramillo et al., 2021) es prioritario incluir estos organismos en futuros estudios sobre los impactos de las carreteras sobre la fauna, debido a que estos tienen un papel significativo en el reciclaje de nutrientes, flujo de energía en los ecosistemas y procesos de polinización.

## 2.2 Marco Conceptual.

### 2.2.1 Impactos ambientales de la infraestructura vial:

De acuerdo con el marco jurídico legal vigente y literatura especializada, los impactos ambientales<sup>4</sup> de las carreteras sobre los componentes bióticos de los ecosistemas pueden ser **impactos directos, indirectos, sinérgicos y acumulativos** (Bennet 1991, Noss & Cooperrider 1994, Forman & Alexander, 1998; Trombulak & Frissell, 2000; Forman et al., 2003; Quintero 2016; Minambiente, FCDS & WWF, 2020). Los **directos** se definen cómo cualquier alteración del ambiente, que sea adversa o beneficiosa, total o parcial, que pueda ser atribuida al desarrollo de un proyecto, obra o actividad, cuyo efecto se produzca como resultado directo de las actividades del mismo, durante las etapas de prefactibilidad, factibilidad, estudios, diseños, construcción, operación y desmantelamiento y abandono (Minambiente, 2018), entre los que se consideran los disturbios físicos (afectaciones en la composición fisico-química de los suelos, cambio en los regímenes hidrológicos y de fuegos naturales), polución (contaminación química del aire y agua), ruido, efecto de borde, atropellamiento de fauna, efecto de barrera, especies exóticas invasoras, los **indirectos** se definen como cualquier alteración en el medio biótico, abiótico y socioeconómico, que sea adverso o beneficioso, total o parcial, que pueda ser atribuido al desarrollo de un proyecto, obra o actividad, cuyo efecto se produzca como resultado de las actividades del mismo, durante las etapas de prefactibilidad, factibilidad, estudios, diseños, construcción, operación y desmantelamiento y abandono, y cuya causa corresponda a efectos relacionados con aspectos ambientales que trasciendan la esfera de los impactos directos (Minambiente, 2018). Los impactos **sinérgicos** que tienen origen en las interacciones complejas entre otros impactos ya sean generados

---

<sup>4</sup> Impacto ambiental: cualquier alteración del ambiente que sea adversa o beneficiosa, total o parcial, que pueda ser atribuida al desarrollo de un proyecto, obra o actividad (Minambiente, 2017).

por un mismo proyecto o por varios. Un impacto sinérgico puede evidenciarse cuando el efecto combinado de dos impactos es mayor que su suma o cuando éstos ocasionan la aparición de un tercer impacto (Minambiente, 2018). Y, por último, los **acumulativos, incrementales y/o combinados** de proyectos, obras o actividades resultan cuando se suma a otros impactos existentes, planeados y/o futuros razonablemente anticipados. Para efectos prácticos, la identificación, análisis y manejo de los impactos acumulativos se deben orientar a aquellos que sean reconocidos como significativos, que se manifiestan en diversas escalas espaciotemporales (Minambiente y ANLA, 2018). De acuerdo con la normativa vigente, la evaluación de la importancia de un impacto acumulativo no se mide por la magnitud del cambio, sino por el posible efecto resultante en la vulnerabilidad y/o riesgo para la sostenibilidad de los Componentes de Valor Ecológico (VEC) evaluados (Cardinale and Greig, 2013 Minambiente y ANLA, 2018). Esto implica que debemos evaluar los impactos acumulativos en relación con los límites ecológicos. Establecer estos límites para los VEC biológicos y sociales ha probado ser un desafío, por lo que es necesario un enfoque cauteloso que tenga en cuenta explícitamente la incertidumbre en las relaciones ecológicas y sociales al definir los límites aceptables de la condición VEC ((Cardinale and Greig, 2013).

Como resultado de los estudios relacionados con los efectos del atropellamiento sobre la fauna, se han identificado varias medidas para evitar las colisiones de los vehículos con la fauna (Forman & Alexander, 1998; Trombulak & Frissell, 2000; Gossem, 2007; Laurance et al., 2009; Garriga et al. 2012; González-Gallina et al., 2013; Srbek-Araujo et al., 2018). En las últimas décadas, se ha prestado escasa o nula atención a los pasos de fauna silvestre. Como se mencionó previamente, estas estructuras solían ser concebidas con principios biológicos elementales con el fin de facilitar el cruce de animales (Ruediger, 2001; Coffin, 2007). En su mayoría, se enfocaban

en construcciones de cruce de tamaño único o con especificaciones de diseño de bajo costo, lo cual resultaba en una eficacia mínima y consecuencias no previstas (Ruediger, 2001). Las barreras al movimiento pueden manifestarse de manera física o comportamental, y ambas deben ser consideradas en los diseños de cruce para lograr un uso óptimo. Diversos autores (Ruediger, 2001; Garriga et al., 2012; González-Gallina et al., 2013) sugieren que al menos dos elementos deben ser incorporados en la mejora del diseño de pasos de fauna silvestre: ¿Las estructuras se asemejan a la naturaleza (si son aceptadas o evitadas)? y ¿Se han respetado o replicado los procesos naturales (manteniendo la integridad biológica y la conectividad)?

No obstante, los impactos previamente mencionados no pueden abordarse exclusivamente mediante el diseño eficaz de pasos para la fauna silvestre. Resulta imperativo que, en todas las fases de los proyectos de infraestructura vial, desde la planificación hasta la operación, se realice una evaluación exhaustiva de los efectos de las medidas de manejo propuestas para la fauna silvestre (Forman & Alexander, 1998; Trombulak & Frissell, 2000; Forman et al., 2003; Gossem 2007; Laurance et al., 2009). Por lo tanto, se precisa un enfoque sistemático para integrar de manera efectiva alternativas sostenibles en el desarrollo vial. Como se mencionó previamente, desde una perspectiva de sostenibilidad, los proyectos viales deben comprometerse, en primer lugar, a prevenir, seguido por la mitigación como segunda opción, corrección como tercera alternativa y, finalmente, después de agotar las acciones previas, a compensar los impactos (offset). El objetivo es lograr una pérdida neta cero de biodiversidad (Wheeler, 2005; Saenz et al., 2012; CSBI 2015; Quintero 2016). Este enfoque se conoce como la Jerarquía de Mitigación (ver Figura 1).

### 2.3 La jerarquía de la mitigación

Es un marco conceptual para gestionar riesgos e impactos potenciales vinculados a la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (CSBI, 2015). La jerarquía de mitigación se emplea al planificar e implementar proyectos de desarrollo para ofrecer un planteamiento lógico y efectivo destinado a proteger y conservar la biodiversidad y mantener importantes servicios ecosistémicos (Sáenz et al., 2012), y ofrece un mecanismo para tomar decisiones explícitas que equilibren las necesidades de conservación con las prioridades de desarrollo (ELI, 2007). En particular, es un concepto desarrollado para que los proyectos de infraestructura, que pueden afectar potencialmente a los componentes ambientales, planifiquen e implementen medidas efectivas para, en primera instancia, evitar, subsidiariamente minimizar, luego corregir o finalmente compensar sus impactos (Minambiente et al., 2020). A continuación, se describen las diferentes fases de la Jerarquía de la mitigación (Quintero et al., 2016; Minambiente, 2018a; Minambiente, 2020):

**Medidas de prevención:** acciones encaminadas a evitar los impactos y efectos negativos que pueda generar un proyecto, obra o actividad sobre el ambiente. Esta debe ser la opción preferida que debe tomarse para evitar la creación de impactos desde un principio, inclusive no construir la obra, además proporciona un concepto útil para determinar el uso del suelo y para los planificadores de la infraestructura.

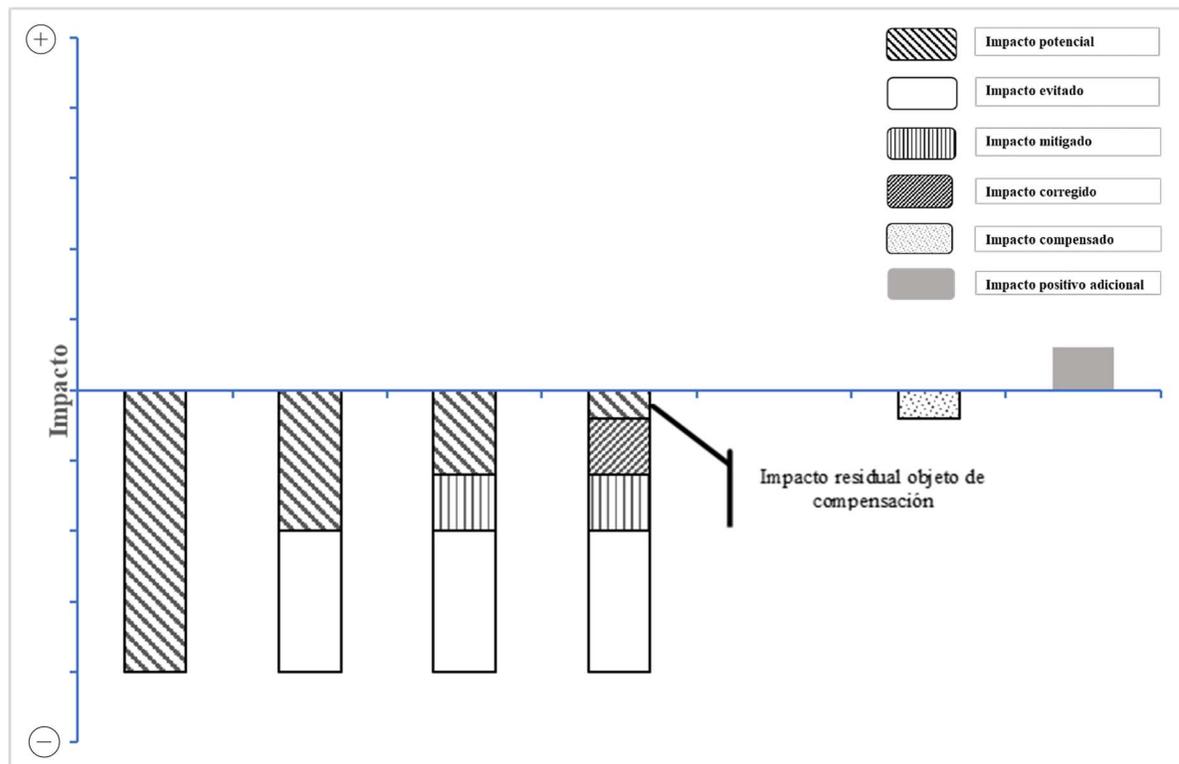
**Medidas de mitigación:** acciones dirigidas a minimizar los impactos y efectos negativos de un proyecto, obra o actividad sobre el ambiente. Reducir el impacto potencial a través de actividades que protejan la biodiversidad y la función ecosistémica. Incluye, en la medida en que sea factible, las medidas que deben tomarse para reducir los impactos directos, indirectos, sinérgicos y acumulativos que no pueden evitarse completamente.

**Medidas de corrección:** acciones dirigidas a recuperar, restaurar o reparar las condiciones del ambiente afectadas por un proyecto, obra o actividad, donde los impactos no se pudieron evitar o minimizar completamente.

**Medidas de compensación:** acciones dirigidas a resarcir y retribuir a las comunidades, las regiones, las localidades y al entorno natural por los impactos o efectos negativos generados por un proyecto, obra o actividad, que no puedan ser evitados, corregidos o mitigados, con el fin de lograr una pérdida neta cero o ganancia neta de biodiversidad.

**Medidas de adicionalidad:** acciones implementadas para contribuir positivamente con el estado de los recursos naturales previos a la ejecución de la obra generando un balance ambiental neto positivo, que se debe demostrar en uno o varios de los componentes de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que presta.

Estos conceptos de la jerarquía de mitigación deberán estar incluidos en las diferentes fases del proyecto vial, desde la planificación, el diseño, la construcción y la operación (Sáenz et al., 2012; Minambiente et al., 2020). Además de eliminar impactos negativos y de promover los positivos para la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, la jerarquía aporta un enfoque para el desarrollo integral, con el cual se orientan inversiones costo-efectivas en la construcción y operación del sistema vial. En cada fase, es necesario que las autoridades ambientales y los expertos en diferentes ciencias trabajen en coordinación con los planificadores y diseñadores de las carreteras (ELI, 2007, Sáenz et al., 2012, CSBI, 2015, Quintero 2016, Minambiente et al., 2020). Se deben desarrollar soluciones que sean aceptables desde una perspectiva ambiental, de seguridad y de diseños de ingeniería



**Figura 1.** Jerarquía de la Mitigación (adaptado de Quintero 2016; Minambiente, FCDS & WWF, 2020).

### **3 Capítulo 3**

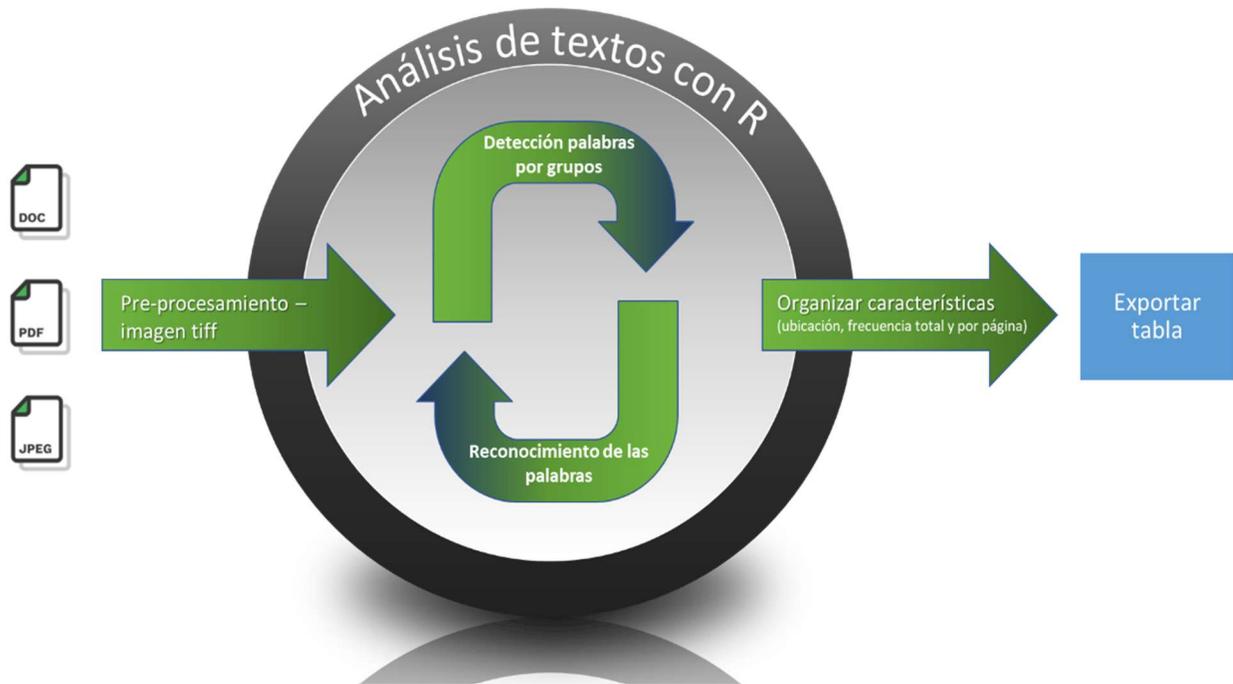
#### **Métodos.**

Este trabajo presenta tres fases diferentes, correspondientes a cada uno de los objetivos específicos, en la primera se identificaron los aspectos relacionados con la prevención y el manejo del atropellamiento de fauna en el marco normativo y en iniciativas voluntarias de los proyectos viales para orientar el análisis de la jerarquía de mitigación. Posteriormente, el concepto de la jerarquía de la mitigación fue utilizado para la caracterización de alternativas orientadas a prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos del atropellamiento sobre la fauna silvestre en proyectos de infraestructura vial. En la tercera fase, se proponen medidas de manejo para las poblaciones de fauna silvestre víctima de atropellamiento, que son aplicables en el marco del desarrollo de los Planes de Manejo Ambiental y Plan de compensaciones del componente biótico, de acuerdo con la normatividad vigente. En las fases uno y dos de este estudio se realizó una revisión sistematizada empleando el análisis de texto con R, de los documentos del marco normativo y de iniciativas voluntarias, así como los documentos para la caracterización de alternativas que se explica a continuación.

#### **3.1 Análisis de textos con R y Rstudio**

Para mejorar el proceso de búsqueda de la información relacionada con la prevención y el manejo del atropellamiento de fauna en el marco normativo e iniciativas voluntarias se utilizó el análisis de texto con R, que es un conjunto integrado de instalaciones de software para el procesamiento de datos, el cálculo y la visualización gráfica (Venables et al., 2023) y Rstudio, el cual corresponde a un proyecto de código abierto destinado a combinar los diversos componentes de R (consola, edición de fuente, gráficos, historial, ayuda, etc.) en un banco de trabajo productivo

y sin inconvenientes (Allaire, 2012). Así mismo, se empleó el paquete OCR tesseract, como motor OCR (Reconocimiento Óptico de Caracteres, siglas en Inglés) de código abierto que extrae texto impreso o escrito de las imágenes, desarrollado originalmente por Hewlett-Packard, y adquirido después por Google (Kay, 2007) y la biblioteca pytesseract, que es una herramienta de OCR para Python (Kay 2007) para la detección y reconocimiento de texto (figura 2). Este análisis consiste en transformar una imagen o documento digitalizado a un archivo de texto sobre el cual se realiza un proceso de descomposición de párrafos, en oraciones y en palabras, a partir de un espaciador determinado, por ejemplo, un espacio (Kay, 2007).



**Figura 2.** Esquema para el análisis de textos con R, usado en este trabajo.

Posteriormente se realiza el reconocimiento de las palabras con el tidyverse, que es un conjunto de paquetes en R diseñados para el análisis de datos. Estos son útiles para el proceso de importar, transformar, visualizar, modelar y comunicar toda la información que normalmente utilizamos en procesos de ciencia de datos (Wickham et al., 2019). En particular se usaron los

paquetes tidytext, el cual es una librería que permite realizar minería de texto con el uso de herramientas tidy de los paquetes tidyverse (Silge y Robinson, 2016) y el paquete tm (Text Mining) que proporciona una función de stemming<sup>5</sup> como parte de sus transformaciones de texto (Alaminos-Fernández, 2023). Después del reconocimiento de texto, para realizar el análisis e identificar en cada uno de los documentos los temas de interés de este estudio, el software inicialmente detectó el contenido de palabras definidas para el grupo 1 y la frecuencia de las palabras definidas para el grupo 2.

### **3.2 Revisión del marco normativo e iniciativas voluntarias.**

En esta fase fueron revisadas las políticas, leyes, decretos, resoluciones, guías, manuales, entre otros documentos, de orden nacional, relacionadas con la gestión de la biodiversidad, en especial para el manejo de fauna.

Este marco de leyes y normas fue consultado en portales del gobierno como el gestor normativo de la función pública y las páginas web del Senado de la República, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -Minambiente-, el Ministerio de Transporte -Mintransporte-, Instituto Nacional de Vías – INVIAS. y la Agencia Nacional de Infraestructura -ANI- (última revisión enero 2023). En total se reunieron 47 documentos en los cuales se realizó la búsqueda de datos con los términos organizados en dos grupos así: GRUPO 1a - animal, animales, biodiversidad, fauna, manejo y GRUPO 2a - carretera, carreteras, gestión, vía, vial, vías.

---

<sup>5</sup> El stemming y la lematización son procesos de normalización de palabras que reducen las palabras a sus raíces o formas básicas, lo que permite mejorar la eficiencia y precisión en tareas como la clasificación de texto, la agrupación y la recuperación de información (Manning, Raghavan, & Schütze, 2008; citado por Alaminos-Fernández, 2023)

Posteriormente se realizó una revisión específica para compilar y revisar los procedimientos normativos, guías, manuales, expedientes, etc., de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA-, relacionadas con la gestión de la biodiversidad, en especial para el manejo de fauna (última revisión enero 2023). En total se reunieron 22 documentos en los cuales se realizó la búsqueda de datos con los términos organizados en dos grupos así: GRUPO 1a - animal, animales, atropellada, atropellado, atropellamiento, biodiversidad, fauna, impactada, impacto, manejo y GRUPO 2a - carretera, carreteras, gestión, vía, vial, vías.

Finalmente, se realizaron reuniones de trabajo con personal del Grupo de Instrumentos de la Subdirección de Instrumentos, Permisos y Trámites Ambientales (SIPTA) de la ANLA con quienes se evaluó la inclusión de la jerarquía de la mitigación en el proceso de licenciamiento ambiental cómo parte estructurante de la “Estrategia e Biodiversidad 2021-2030” de esta institución, en particular, se realizaron discusiones para incluir la JdM en el diseño e implementación de los planes de manejo ambiental y los planes de compensación por pérdida de biodiversidad aplicadas a proyectos de infraestructura vial en carreteras primarias.

### **3.3 Caracterización de alternativas para prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos del atropellamiento.**

En la segunda fase de este trabajo se seleccionaron nueve diferentes proyectos viales de cuarta Generación (4 G)<sup>6</sup> en los departamentos de Bolívar, Magdalena, Cesar, Antioquia, Meta y Nariño. Para cada uno de ellos se analizaron todos los documentos relacionados con el proceso de licenciamiento ambiental.

---

<sup>6</sup> Las vías 4G corresponden a un proyecto de infraestructura vial (2013-2019) que consiste en la construcción y operación en concesión de más de 8 mil kilómetros de carreteras y vías de cuarta generación (4G)..

Tabla 2. Proyectos viales de cuarta Generación (4 G) analizados en este trabajo.

Nombre Proyecto	del Departamento	Municipio	Zona Hidrográfica	Subzona Hidrográfica	Longitud (km)	Concesionario
“Doble Rumichaca Pasto, Juan – Pedregal”,	Calzada Nariño – San	Ipiales, Contadero, Iles y Imués	Zona Hidrográfica	SZH Río Juanambú	29	Concesionaria Vial Unión Del Sur S.A.S.
“Doble Rumichaca Pasto, Pedregal – Catambuco”	Calzada Nariño – Tramo	Pasto, Tangua, Patía Yacuanquer e Imués	Zona Hidrográfica	SZH Río Guáitara	32.7	Concesionaria Vial Unión Del Sur S.A.S.
Conexión Aburra - Oriente	Vial Antioquia	Medellín, Santa Helena y Rionegro	Zona Hidrográfica Nechí	SZH Río Porce	17.6	Concesión Túnel Aburrá Oriente S.A.
Proyecto Autopista AL Mar 1, Segunda Calzada San Jerónimo-Santa Fe	Antioquía	San Jerónimo, Sopetrán y Santa Fe	Zona Hidrográfica Cauca	SZH Directos Río Cauca entre Río San Juan y Pto Valdivia (md)	20.8	Concesión Vial Desarrollo Al Mar
Proyecto Ruta del Cesar, Sol, Sector 3: Bosconia-Ye Ciénaga	Magdalena de Bolívar	Bosconia, Pueblo Nuevo, y Plato y El Carmen			155	Yuma Concesionaria S.A
Proyecto Ruta del Bolívar, Sol, Sector 3: EL Carmen Bolívar-Bosconia Tramo 5, 6 Y 7	Magdalena de Cesar	El Carmen de Bolívar, y Plato, Nueva Granada, Ariguaní y Bosconia	Zona Hidrográficas: Bajo Magdalena-	SZH Bajo San Jorge; SZH Directos Bajo Magdalena entre El Banco y El Plato, SZH Ciénaga Grande de Santa Marta; SZH Río Ariguaní, SZH Medio Cesar	145	Yuma Concesionaria S.A
Proyecto Ruta del Magdalena Sol, Sector 3: Roque - Yé de Ciénaga y El Carmen de Bolívar-Valledupar	Magdalena	y Algarrobo, Bananera, Ciénaga, EL Plato, Nueva Granada, Ariguaní, Curumaní, EL Paso, EL Copey y Cesar Valledupar	Zona Magdalena-Cauca-San Jorge; Bajo Magdalena y Cesar	SZH	476	Yuma Concesionaria S.A
Proyecto Ruta Del Sol, Sector 2, CONSOL, Aguachica, Cesar	Vial Cesar	Aguachica, Gamarra, La Gloria, Pelaya, Pailitas y Curumaní.			125	Consortio Constructor Ruta Del Sol, Sector 2 - CONSOL
Proyecto Corredor Villavicencio – Restrepo-Cumaral	Vial del Meta	Villavicencio, Restrepo y Cumaral	Zona Hidrográfica Meta	SZH Río Guatiquía y Río Guacavía	29.9	Concesionaria Vial Del Oriente S.A.S.,

Posteriormente, se identificaron las presiones e impactos sobre la fauna de acuerdo con la metodología de “Calificación de Impactos Ambientales Potenciales de Proyectos, Obras y Actividades que requieren Licencia Ambiental” elaborado por la Dirección de Asuntos Ambientales Sectorial y Urbana del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente 2020). Esta metodología permite establecer una identificación y valoración de los impactos potenciales ambientales que ocasiona cada tipo de proyecto, obra o actividad sobre 18 elementos del ambiente, en proyectos, obras o actividades, así como en los factores ambientales que pueden resultar impactados. Los elementos del ambiente incluidos en el documento son: Productividad y uso del suelo, infraestructura social, servicios públicos y sociales, empleo y dinámica económica, geformas, ruido, calidad de aire, patrimonio cultural, régimen hidrológico, disponibilidad de agua, población, calidad del agua, calidad del suelo, calidad del paisaje, diversidad de flora, cobertura vegetal, hábitat de fauna y diversidad de fauna. Por último, se detallaron los impactos sobre fauna potencialmente víctima atropellamiento incluidos en los documentos para cada proyecto vial.

Para caracterizar las medidas de manejo alternativas, se emplearon los documentos de procedimientos normativos, guías, manuales, expedientes, etc., de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA-, relacionadas con la gestión de la biodiversidad, en especial para el manejo de fauna, los documentos correspondientes a licencias ambientales, diagnósticos ambientales de alternativas y planes de manejo ambiental de los proyectos viales incluidos en este estudio y la literatura de los últimos 20 años (2002-2022), entre ellos: Forman, et al., 2003; Arroyave, et al., 2006; Merchán, 2007; ELI, 2007; Glista, et al., 2009; Huijser et al., 2015; Seburn y McCurdy-Adams, 2019; Arango-Lozano y Patiño-Siro 2020; Correa, et al., 2020; Minambiente,

FCDS y WWF 2020; Ascensão et al., 2021; Benítez y Escalona-Segura, 2021; Jaramillo-Fayad et al., 2021; Baechli, Albanesi y Bellis 2021 y Laidlaw, Broadbent y Eby 2021.

### **3.4 Medidas de manejo para las poblaciones de fauna silvestre víctima de atropellamiento.**

En esta tercera fase se determinaron las medidas para evitar, mitigar, corregir y/o compensar el posible atropellamiento de fauna de acuerdo con el marco jurídico vigente. Posteriormente se identificaron los mecanismos técnico-jurídicos adecuados para incluir las medidas en los Planes de Manejo Ambiental -PMA- y Plan de compensaciones del componente biótico -PCCB-.

Teniendo en cuenta que varios de los instrumentos ambientales relacionados con el manejo de fauna silvestre en Colombia tienen más 30 años, pero algunos de los instrumentos relacionados con la regulación de la infraestructura vial cinco años o menos, no es evidente la interacción entre derecho y normas técnicas, así como los atributos específicos de su instrumentalización al servicio de la protección ambiental (Santaella, 2008). En el Decreto 2269 de 1993, por el cual se organiza el Sistema Nacional de Normalización, Certificación y Metrología, contiene medidas específicas, directas o indirectas, sobre la inclusión de normas técnicas al marco jurídico del país. Para el caso de este estudio, el marco de la incorporación indirecta es una de las alternativas técnico-jurídicas útiles para incluir las medidas en los PMA y PCCB. Es así como el desarrollo de una guía técnica, por ejemplo, permite la posibilidad que una autoridad ambiental, con el objetivo de proporcionar requerimientos técnicos para el desarrollo de una determinada actividad, incorpore al ordenamiento jurídico parte de una norma técnica nacional, regional o internacional, por medio de la recepción de su contenido en el cuerpo de su pronunciamiento, mediante referencia y reenvío a

ella o emisión mediante cláusulas generales contenidas en una norma jurídica que de manera genérica aluden al estado de la técnica o de los conocimientos científicos (Santaella, 2008).

Por último, se proponen las medidas de manejo aplicables en el diseño e implementación de los PMA y PCCB de acuerdo con los análisis realizados en la literatura más actualizada de orden nacional e internacional, por ejemplo, Correa, et al., 2020; Minambiente, FCDS y WWF 2020; Ascensão et al., 2021; Benítez y Escalona-Segura, 2021; Jaramillo-Fayad et al., 2021; Baechli, Albanesi y Bellis 2021 y Laidlaw, Broadbent y Eby 2021.

## 4 Capítulo 4

### Resultados y Análisis.

#### 4.1 Aspectos relacionados con la prevención y el manejo del atropellamiento de fauna en el marco normativo y en buenas prácticas de los proyectos viales para orientar el análisis de la jerarquía de mitigación

##### 4.1.1 Revisión del marco normativo e iniciativas voluntarias

En total se revisaron 47 documentos (6 políticas, 9 leyes, 10 decretos, 7 resoluciones, 1 guía técnica, 2 manuales, 3 anexos técnicos, 1 circular, 1 lineamientos técnicos, 3 informes técnicos, 1 metodología, 2 planes y 1 términos de referencia.) de orden nacional, relacionados con la gestión de la biodiversidad, en especial para el manejo de fauna (apéndice 7.1). Como resultado del análisis de textos con R se encontró que el 40.4% (19) de los documentos analizados contienen el grupo 1 (animal, animales, biodiversidad, fauna, manejo) con la mayor frecuencia del grupo 2 (carretera, carreteras, gestión, vía, vial, vías).

El análisis de estos documentos nos permite establecer que la legislación colombiana ordena múltiples acciones y formas para la preservación y protección de la fauna y los ecosistemas en que habita, atribuyendo una serie de obligaciones hacia todos los habitantes del territorio nacional. Por estas razones y debido a que la fauna hace parte de nuestra riqueza natural, las autoridades deben propender por la garantía y el cumplimiento efectivo de las disposiciones de la Carta Política de 1991. En particular, en la Constitución Política de Colombia, calificada como la ‘Constitución ecológica’ (Amaya, 2002), se resaltan las siguientes disposiciones relacionadas con la protección de la fauna: Art. 2 “finés esenciales del Estado: proteger la vida”, Art. 8 “obligación de proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación”, Art. 11 “inviolabilidad del derecho a

la vida”, Art. 79 “derecho a un ambiente sano y participación en las decisiones ambientales”, Art. 80 “planificación del manejo y aprovechamiento de los recursos naturales”, Art. 277-4 “defensa del ambiente como función del Procurador”, Art. 282-5 “el Defensor del Pueblo y las acciones populares como mecanismo de protección del ambiente”.

Sin embargo, fue durante la década de 1980 se realizaron progresos importantes en la introducción de temáticas para la protección de la fauna a nivel nacional, lo cual se manifiesta con la aprobación de la Ley 84 de 1989, la cual adopta el Estatuto Nacional de Protección a los Animales, momento en el que se puede evidenciar que la protección animal se establece como política de Estado. Las disposiciones de esta Ley tienen por objeto el prevenir y tratar el dolor y el sufrimiento de los animales, también promover la salud y el bienestar de los animales, asegurándoles higiene, sanidad y condiciones apropiadas de existencia, así como erradicar y sancionar el maltrato y los actos de crueldad para con los animales. Otro componente importante en la mencionada Ley, se refiere la crueldad para con los animales, en el Artículo 6 se establece que “el que cause daño a un animal o realice cualquiera de las conductas consideradas como crueles será sancionado. Se presumen hechos dañinos y actos de crueldad para con los animales los siguientes: i. Herir o lesionar a un animal por golpe, quemadura, cortada o punzada o con arma de fuego; ii. Causar la muerte innecesaria o daño grave a un animal obrando por motivo abyecto o fútil; iii. lastimar o arrollar un animal intencionalmente o matarlo por simple perversidad, entre otros”. Con lo anterior se establece como deberes para con la fauna el que toda persona está obligada a respetar y abstenerse de causar daño o lesión a cualquier animal. Igualmente, de denunciar todo acto de crueldad cometido por terceros del que tenga conocimiento. Inclusive en el marco del Código Nacional de Tránsito Terrestre (Ley 769 de 2002) en el artículo 143, que se refiere a los daños materiales, resultado de colisiones de vehículos, en los que resulten afectados

animales, será obligación de los conductores detenerse y presentar a la autoridad presente en el lugar de los hechos, toda la información de identificación, licencias y los seguros a que se refiere la legislación vigente, además, se establece la ruta para la elaboración del informe y concepto técnico de la autoridades y el procedimiento sancionatorio de carácter policivo y penal.

Por otra parte, el PMTI (2018) expresa que Colombia suma 204.855 km de carreteras, de las cuales sólo el 8% corresponde a vías primarias (a cargo de INVIAS y la ANI) sobre las cuales el proceso de licenciamiento ambiental y el marco jurídico normativo está a cargo de la ANLA (énfasis de este trabajo), el licenciamiento ambiental del restante 92% de vías secundarias y terciarias está a cargo de las corporaciones autónomas regionales con normativa variable.

#### **4.1.1.1 Fauna silvestre.**

En lo que concierne a la fauna silvestre existe un desarrollo normativo mucho más amplio, compuesto específicamente de disposiciones como el Decreto Ley 2811 de 1974, la Ley 611 de 2000, la Ley 1638 de 2013, Ley 99 de 1993, el Decreto 1608 de 1978 que hacen alusión directa a la reglamentación de la fauna silvestre. Sin embargo, en enero de 2016, se produjo en el Senado de la República de Colombia el avance más importante para el país y uno de los más importantes en Latinoamérica en lo que respecta a la protección legal de los animales, la promulgación de Ley 1774 (que modifica el código civil, la ley 84 de 1989, el código penal, el código de procedimiento penal y se dictan otras disposiciones). A partir de esta Ley, la sociedad, los Jueces y las fuerzas de Policía, cuentan con herramientas jurídicas prácticas y seguras para garantizar la especial protección de la fauna contra el maltrato, la crueldad, y el dolor. Es un hito que, en el marco de esta Ley, se reconozca a todos los animales como seres sintientes, lo cual significa que debemos diferenciarlos de los demás bienes, y dicha situación deberá tenerse en cuenta, por todo el

ordenamiento jurídico en su conjunto (Colombia se convierte en el primer país de Latinoamérica, que reconoce a los animales como seres sintientes a través de su Código Civil).

Dos grandes cambios al código civil colombiano de 1887, que con relación a la protección y el manejo de la fauna introduce la Ley 774 de 2016 son en primer lugar, el reconocimiento de los animales como seres sintientes y que deben recibir especial protección contra el sufrimiento y el dolor, en especial, el causado directa o indirectamente por los humanos, por lo cual en esta ley se tipifican como punibles algunas conductas relacionadas con el maltrato a los animales, y se establece un procedimiento sancionatorio de carácter policivo y judicial. En segundo lugar, el hecho de establecer dentro del Código Penal los delitos contra la vida, la integridad física y emocional de los animales, en particular el que, “por cualquier medio o procedimiento maltrate a un animal doméstico, amansado, silvestre vertebrado o exótico vertebrado, causándole la muerte o lesiones que menoscaben gravemente su salud o integridad física, incurrirá en sanciones como multas hasta prisión”.

Estas disposiciones normativas que promueven la protección de la fauna reconocen que todo el ordenamiento jurídico debe estar circunscrito por el deber de cuidado y prevención que tiene el Estado con respecto a la biodiversidad existente en el país, hasta lograr contemplar a los animales como actores viales. Por lo tanto, es necesario promover la protección de los ecosistemas naturales, la fauna y sus hábitats naturales, así como la conservación de las especies más susceptibles a los impactos de las carreteras, en el año 2019 de avanza en el proyecto de ley PL-2019-N132C-TO-(Pasos de Fauna), el cual busca garantizar el flujo normal y continuo de la fauna en territorios y ecosistemas fraccionados por la construcción de carreteras y/o puentes, generando un aislamiento de las especies de su entorno natural.

El proyecto mencionado también establece que los pasos de fauna son una de las estrategias para la preservación de los Ecosistemas y la Biodiversidad de los impactos de las vías terrestres y/o puentes en todo el territorio nacional, poniendo por encima de cualquier circunstancia, la vida de los denominados “Seres Sintientes”, la cual se alterada cuando se ejecutan trabajos de construcción, rehabilitación, mantenimiento o actividades relacionadas con servicios públicos en una determinada vía y/o puentes, o en zona adyacente a la misma. Así mismo menciona que, los pasos de fauna no son la única alternativa para ofrecer a la fauna la posibilidad de cruzar las vías sin la necesidad de competir con los vehículos, por eso este proyecto pretende ser más incluyente, integrando medidas preventivas, modificación de artes de las vías y restablecimiento de la conectividad ecológica.

A pesar de estar archivado por tránsito de legislatura<sup>7</sup> (agosto de 2021), el proyecto está avanzando, sin embargo, si no se convierte en ley la regulación que se propone, se desconocerá la protección especial que debe brindarse a las especies que se ven afectadas por la intervención vial en su entorno, situación que se puede mitigar con la implementación de la normatividad propuesta. Además se insta al congreso a tener en cuenta el principio de precaución consagrado en numeral 6 del Artículo 1 de la Ley 99 de 1993 y el numeral 8 del Artículo 3 de la Ley 1523 de 2012.

#### ***4.1.1.2 La pandemia por SARS CoV-2 (COVID-19) y el atropellamiento de fauna.***

Por otra parte, en el marco de la pandemia por SARS CoV-2 (COVID-19), en mayo de 2020 los Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible y de Transporte expidieron la circular

---

<sup>7</sup> Artículo 190, Ley 5 de 1992: Tránsito de legislatura. Los proyectos distintos a los referidos a leyes estatutarias que no hubieren completado su trámite en una legislatura y fueren aprobados en primer debate en alguna de las Cámaras, continuarán su curso en la siguiente en el estado en que se encontraren. Ningún proyecto será considerado en más de dos legislaturas.

conjunta 001, con importantes medidas preventivas y de mitigación para la protección de la fauna silvestre en los proyectos de infraestructura de transporte, cómo respuesta a la información pública, que confirma el avistamiento de fauna silvestre en sectores antes no frecuentados por la misma, incluyendo vías (carreteras, fluviales, marítimas) y predios (privados o públicos), y en consideración a los cambios temporales en los hábitos de movilización de la fauna (en cuanto a rutas y a número de individuos en tránsito entre otras dinámicas naturales), como efecto, entre otros, del cese o disminución considerable en el desplazamiento de las personas o comunidades, la operación y prestación de servicios de las diferentes infraestructuras, y en general de la actividad industrial, con motivo del aislamiento preventivo declarado por el Gobierno nacional. También se consideró necesario prevenir el atropellamiento, caza y/o muerte de nuestra fauna silvestre, así como el aumento de la accidentalidad vial durante el período de aislamiento y durante la reactivación gradual de las actividades socioeconómicas del país.

En consideración de lo expuesto se recomienda a las autoridades territoriales y locales competentes, a las autoridades ambientales, a los concesionarios viales según corresponda al ámbito de sus competencias, implementar dentro de su jurisdicción, en todas las regiones del país, medidas que permitan prevenir casos de atropellamiento, caza y/o muerte de ejemplares de la fauna silvestre y la accidentalidad vial durante la cuarentena total y parcial, y luego del levantamiento de esta. Entre las medidas recomendadas en esta circular 001 se encuentran:

“...• *Identificar herramientas la detección de actividad de fauna silvestre (personal, cámaras de vigilancia, etc.) que puedan ser fuente de información para reconocer espacios con alta actividad de animales.*

• *Difundir a la comunidad en general, por parte de las autoridades competentes (ambientales, de transporte, policivas y otras), información respecto a las zonas en donde se*

*presente o sea factible la movilización de fauna silvestre, y las causas o razones atribuibles a la misma, así como las acciones que se recomienda adoptar para evitar la accidentalidad vial y el atropellamiento de ejemplares, entre ellas la de adoptar una generalizada reducción de la velocidad de desplazamiento de los vehículos durante todos los recorridos.*

- *Priorizar zonas donde tradicionalmente se registran avistamientos y/o atropellamientos de animales silvestres y/o zonas con áreas boscosas entre otras las adyacentes a las vías, siguiendo las recomendaciones emitidas por las autoridades correspondientes y teniendo en cuenta las señales de tránsito existentes.*

- *Solicitar a la comunidad en general, se reporte a las instancias competentes (Autoridades Ambientales Regionales, Autoridades Ambientales Urbanas, Parques Nacionales Naturales de Colombia, Ministerio de Transporte, Agencia Nacional de Infraestructura, Instituto Nacional de Vías, Concesionarios, Policía Nacional, Alcaldías o Secretarías Municipales de Ambiente), el avistamiento y eventos de atropellamiento de fauna silvestre en vías (carreteras, fluviales, marítimas), o en cercanía de ellas.*

- *Se recomienda, adicionalmente, efectuar el reporte mediante la utilización de la App RECOSFA (Red Colombiana de Seguimiento de Fauna Atropellada). El Instituto Tecnológico de Medellín (ITM), Institución universitaria pública, presentará al final de la emergencia un consolidado de los reportes recibidos mediante el App RECOSFA y lo pondrá a disposición de las Entidades del Gobierno nacional competentes, con el fin de obtener un consolidado nacional.*

- *INVÍAS por medio de los administradores viales encargados contractualmente del reporte de fauna atropellada, incluirán dichos eventos en el aplicativo SUKUBUN, con el fin de suministrar la información correspondiente a los actores interesados.*

- *Previo al levantamiento de las medidas de aislamiento establecidas por el Gobierno nacional, los administradores viales o sus delegados contractuales competentes, deberán realizar inspecciones a sus proyectos e implementar mecanismos para el ahuyentar de forma controlada en sectores donde la fauna silvestre puede estar en riesgo de atropellamiento o amenaza de otro tipo, debido a su desplazamiento por zonas asociadas a la operación de los proyectos, atendiendo en todo caso las recomendaciones realizadas por las autoridades ambientales competentes...*” (Circular 001, 2020).

*Posterior al período de aislamiento/cuarentena, se recomienda continuar aplicando las medidas propuestas para el período de aislamiento total o parcial, que sean pertinentes, y avanzar en las siguientes:*

*“...• Implementar, por parte de las autoridades ambientales competentes y de manera articulada y técnica, acciones y mecanismos para el ahuyentar de forma controlada la fauna silvestre de sectores donde puede estar en riesgo de atropellamiento o amenaza de otro tipo, por su tránsito en zonas habitadas. Lo anterior cuando esta obligación no corresponda como medida de manejo ambiental a los titulares de licencias o instrumentos de control y manejo ambiental.*

- *Establecer, por parte de las autoridades competentes, controles operativos de velocidad en zonas donde existan reportes de paso de ejemplares de la fauna silvestre y/o atropellamiento de esta.*

- *Aunado a lo anterior, es importante que las autoridades revisen la señalización vial de velocidad, así como la instalación de dispositivos de reducción de la velocidad si es del caso, bajo los parámetros dados en la normatividad vigente aplicable.*

- *Instalar, por parte de las autoridades competentes, señalización preventiva, terrestre y acuática, en zonas de alta vulnerabilidad, en razón a la presencia o avistamiento de fauna*

*silvestre, el paso de ejemplares y/o atropellamiento de los mismos, conforme a la normatividad sobre señalización.*

- *Actualizar ante la autoridad ambiental competente en caso de ser procedente, por parte de los responsables de la ejecución de proyectos, obras o actividades que se encuentren en trámite o en proceso de seguimiento de licencia ambiental, o que tengan planes de adaptación a la guía u otros instrumentos ambientales o sectoriales, la información sobre presencia, tránsito y/o paso de ejemplares de fauna silvestre en sus áreas de influencia.*

- *Instar a las autoridades ambientales, institutos de investigación e instituciones académicas, entre otros, a realizar investigaciones sobre dichas dinámicas y continuar trabajando en propuestas para la prevención, control y mitigación de la accidentalidad vial y el atropellamiento de fauna silvestre.*

- *Establecer, por parte de todos los actores que adopten medidas o adelanten acciones en desarrollo de las recomendaciones realizadas, estadísticas e indicadores de la gestión desarrollada para atender la problemática durante el tiempo que dure el aislamiento y documentarlo...” (Circular 001, 2020).*

Recientemente, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Transporte desarrollaron el documento de Lineamientos de Infraestructura Verde Vial para Colombia (LIVV), los cuales están dirigidos a la estructuración de planes, programas y proyectos de infraestructura, con el objetivo de incorporar los principios de la jerarquía de la mitigación, desde las etapas más tempranas de la planificación, las medidas relacionadas con la ubicación, trazado, diseño, ingeniería y manejo destinadas a garantizar que se genere un beneficio ambiental neto positivo.

Este marco normativo es producto de los análisis realizados de manera conjunta entre estos dos ministerios, en cumplimiento de las acciones prioritarias concertadas en el marco de la Agenda Ambiental Interministerial, en especial la referida a generar y aplicar alertas tempranas, lineamientos técnicos y propuestas de desarrollo de infraestructura ambientalmente amigable, entre otras buenas prácticas, como insumo para la estructuración de proyectos viales y portuarios (Minambiente y Mintransporte, 2013).

#### **4.2 Procedimientos normativos, guías, manuales, expedientes, etc., de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA-, relacionados con la gestión de la biodiversidad, en especial para el manejo de fauna**

Como resultado se examinaron 22 documentos de la ANLA relacionados con la gestión de la biodiversidad, en especial para el manejo de fauna. Con el análisis de textos con R se encontró que el 27.3% (6) de los documentos analizados contienen el grupo 1 (animal, animales, atropellada, atropellado, atropellamiento, biodiversidad, fauna, impactada, impacto, manejo) con la mayor frecuencia del grupo 2 (carretera, carreteras, gestión, vía, vial, vías).

De acuerdo a lo contenido en los artículos 1º y 2º del Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente<sup>8</sup> (Decreto 2811 de 1974) y como necesidad de

---

<sup>8</sup> ARTICULO 1º. El ambiente es patrimonio común. El Estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo, que son de utilidad pública e interés social.

La preservación y manejo de los recursos naturales renovables también son de utilidad pública e interés social.

ARTICULO 2º. Fundado en el principio de que el ambiente es patrimonio común de la humanidad y necesario para la supervivencia y el desarrollo económico y social de los pueblos, este Código tiene por objeto:

1º. Lograr la preservación y restauración del ambiente y la conservación, mejoramiento y utilización racional de los recursos naturales renovables, según criterios de equidad que aseguren el desarrollo armónico del hombre y de dichos recursos, la disponibilidad permanente de éstos y la máxima participación social, para beneficio de la salud y el bienestar de los presentes y futuros habitantes del territorio nacional. 2º. Prevenir y controlar los efectos nocivos de la explotación de los recursos naturales no renovables sobre los demás recursos. 3º. Regular la conducta humana, individual o colectiva y la actividad de la Administración Pública, respecto del ambiente y de los recursos naturales renovables y las relaciones que surgen del aprovechamiento y conservación de tales recursos y de ambiente.

propender por regulaciones ambientales para la ejecución de obras, el establecimiento de industrias o el desarrollo de cualquier actividad, pueda producir deterioro grave a los recursos naturales renovables o al medio ambiente o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje se establece el régimen de licencias ambientales y compensación ambiental en el título VIII de la Ley 99 de 1993 (reglamentado por el Decreto 2041 de 2014, actualmente compilado dentro del Decreto 1076 de 2015, Capítulo 3).

Estas regulaciones, permitieron impulsar un avance normativo para las autoridades ambientales<sup>9</sup> en cuanto a los instrumentos de compensaciones ambientales incluidas en los requisitos de licenciamiento ambiental, en los cuales se constituye la condición obligatoria de la compensación, la cual debe ser otorgada de acuerdo con el tipo de actividad económica, la magnitud y la ubicación del proyecto. Con base en estas regulaciones, las autoridades ambientales, a través de conceptos técnicos, determinan la viabilidad del proyecto, identifica y evalúa los costos y beneficios económicos, ecológicos, culturales y sociales. Los compromisos adquiridos por el responsable de la licencia ambiental se circunscriben en términos, condiciones y obligaciones relacionadas con la prevención, mitigación, corrección, compensación y manejo de los impactos ambientales debidamente identificados, que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad (Artículo 2.2.2.3.1.3, Decreto 1076 de 2015). En el proceso de solicitud de la licencia, son obligatorios los estudios ambientales, es decir, el diagnóstico ambiental de alternativas (DAA) y el estudio de impacto ambiental (EIA), que incluye el plan de manejo ambiental, programa de seguimiento y monitoreo, plan de inversión forzosa del 1% y el plan de compensación por pérdida

---

<sup>9</sup> Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Autoridad de Licencias Ambientales, Corporaciones Autónomas Regionales y las de Desarrollo Sostenible, grandes centros urbanos (artículo 66, Ley 99 de 93) y los establecimientos públicos ambientales creados mediante la Ley 768 de 2002 y 1617 de 2013.

de biodiversidad (Resolución 1517 de 2012), entre otros, que deberán ser presentados ante la autoridad ambiental competente. Para la elaboración de los estudios ambientales deben seguirse los lineamientos generales que la autoridad ambiental señala en los términos de referencia<sup>10</sup> (Artículo 2.2.2.3.3.2, Decreto 1076 de 2015).

Estos estudios citados previamente, deben realizarse inicialmente de acuerdo a la metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales de acuerdo a la Resolución 1402 de 2018, la cual contempla los aspectos generales y comunes de la estructura de los términos de referencia genéricos sectoriales acogidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, estableciendo una diferenciación de acuerdo con el tipo de estudio a elaborar Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA) , Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y Plan de Manejo Ambiental (PMA), con el propósito de establecer las condiciones mínimas de recolección , procesamiento , análisis y evaluación de información.

En particular, el diagnóstico ambiental de alternativas (DAA), tiene como objeto suministrar la información para evaluar y comparar las diferentes opciones que presente el solicitante de la licencia, bajo cuales sea posible desarrollar un proyecto, obra o actividad. Con el fin de presentar los elementos requeridos para elegir la alternativa o alternativas que permitan optimizar y racionalizar el uso de recursos y evitar o minimizar los riesgos, efectos e impactos negativos que puedan generarse, se deben tener en cuenta diferentes opciones relacionadas con el entorno geográfico, las características bióticas, abióticas y socioeconómicas, el análisis comparativo de los efectos y riesgos inherentes a la obra o actividad; así como las posibles soluciones y medidas de

---

<sup>10</sup> Los estudios ambientales se elaborarán con base en los términos de referencia que son expedidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la ANLA. El solicitante deberá adaptarlos a las particularidades del proyecto, obra o actividad, o utilizar los términos de referencia, de acuerdo con las condiciones específicas del proyecto, obra o actividad que pretende desarrollar

control y mitigación para cada una de las alternativas (Artículo 2.2.2.3.4.1, Decreto 1076 de 2015). *cualquier alteración del ambiente, que sea adversa o beneficiosa, total o parcial, atribuida al desarrollo de un proyecto, obra o actividad*

Para proyectos lineales de infraestructura de transporte como vías, carreteras y líneas férreas, incluyendo túneles se establecieron de forma específica en el 2018, los términos de referencia para la elaboración del Diagnóstico Ambiental de Alternativas (TdR-022), documento que debe incluir alternativas de trazados y/o de corredores en los cuales se ubiquen dichos trazados, de acuerdo con lo que al respecto defina el solicitante; asimismo las alternativas presentadas deben incorporar aspectos tecnológicos y/o constructivos que generen los menores impactos ambientales significativos, articulando los corredores y/o trazados (Minambiente, 2018 (tdr-022)). El DAA tiene como fin proveer a la Autoridad Ambiental la información necesaria para evaluar y comparar las diferentes opciones presentadas por el solicitante, para desarrollar un proyecto, obra o actividad. Estas diferentes opciones deben incluir análisis relacionados con el entorno geográfico, las características abióticas, bióticas y socioeconómicas, así como el estudio comparativo de los impactos y riesgos inherentes a la obra o actividad, para cada opción presentada. Después de analizada la información consignada en el documento de DAA, la autoridad ambiental selecciona la alternativa, y se deberá elaborar el respectivo Estudio de Impacto Ambiental.

En cuanto a la información relacionada con la fauna silvestre, los TdR-002 para proyectos lineales de infraestructura de transporte solicitan determinar la fauna asociada a las diferentes unidades de cobertura vegetal y usos del suelo y debe involucrar como mínimo los siguientes grupos: anfibios, reptiles, aves y mamíferos, teniendo en cuenta toponimia de la región y la clasificación taxonómica hasta el nivel sistemático más preciso. Así mismo, se debe identificar y espacializar las áreas de importancia para cría, reproducción, alimentación, anidación y zonas de

paso de especies migratorias; también, la distribución geográfica de las especies críticas por su categoría de amenaza o restricciones por endemismos, vedas, rareza, migración y extinción. Inclusive, para cada alternativa se debe presentar un análisis de fragmentación empleando índices de conectividad, donde se incluya información como superficie, forma y número de parches, así como la distancia entre estos, de tal manera que permita definir el estado de la conectividad ecológica y la fragmentación de hábitats, así como las fuentes impulsoras directas y subyacentes de procesos de pérdida de hábitats, incluyendo los de la fauna silvestre (Minambiente y ANLA 2018).

Una vez la autoridad ambiental competente selecciona la alternativa más adecuada, debe realizarse el respectivo EIA, de acuerdo a la metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales (2018) y a lo establecido en la Resolución 0751 de 2015, la cual especifica los términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental requerido para el trámite de licencia ambiental de los proyectos de construcción de carreteras y/o túneles con su accesos (código M-M-INA-02 Versión No. 2). Estos términos de referencia es necesario identificar y espacializar las áreas con presencia de especies endémicas y amenazadas (de acuerdo a la normatividad vigente), así como las áreas de importancia para cría, reproducción, alimentación, anidación y zonas de paso de especies migratorias. También se debe caracterizar la composición de los principales grupos de fauna de los ecosistemas presentes en el área de influencia de los componentes del medio biótico (anfibios, reptiles, aves y mamíferos), y describir sus relaciones funcionales con el ambiente<sup>11</sup>; de estos grupos de fauna se debe identificar aquellas

---

<sup>11</sup> la Resolución 0751 de 2015, define las relaciones funcionales al identificar aquellas especies que sean vulnerables por pérdida de hábitat, de distribución restringida, raras, especies sombrilla, migratorias, vulnerables (VU), en peligro (EN) o en peligro crítico (CR) entre otras ecológicamente significativas que sea pertinente considerar. Con información disponible sobre estas especies, señalar las áreas de importancia para cría, reproducción, alimentación, anidación y zonas de paso de las especies migratorias. Con información disponible describir las relaciones ecológicas entre las especies. Identificar y mapificar las posibles rutas de desplazamiento de los principales grupos de fauna reportados en el EIA.

especies que sean vulnerables por pérdida de hábitat, de distribución restringida, raras, especies sombrilla, migratorias, vulnerables (VU), en peligro (EN) o en peligro crítico (CR) entre otras ecológicamente significativas que sea pertinente considerar. Además, identificar y espacializar las posibles rutas de desplazamiento de los principales grupos de fauna reportados en el EIA.

En relación con la asignación de compensaciones ambientales para el componente biótico, destacadas por el artículo 57 de la Ley 99 de 1993, estas se reglamentaron inicialmente mediante la Resolución 1517 de 2012, por medio de la cual se adoptó un “manual de asignación de Compensaciones por Pérdida de Biodiversidad”, aplicable a los proyectos, obras, o actividades sujetas a licenciamiento ambiental de competencia de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). Esa primera versión del manual se elaboró como resultado de la alianza entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, The Nature Conservancy-TNC, World Wildlife Fund–WWF y Conservación Internacional–CI. Este manual surge de la preocupación por preservar la extraordinaria biodiversidad del país, que constituye el 14% del total mundial, con el objetivo de “mejorar la situación de la diversidad biológica, salvaguardando los ecosistemas, las especies y la diversidad genética”, en un intento por determinar y cuantificar las cargas compensatorias por pérdida de biodiversidad (Minambiente, 2014), a partir de la respuesta a tres inquietudes centrales como son: 1) cuánto compensar en términos de área, 2) dónde realizar la compensación y 3) cómo compensar (Minambiente, 2012).

La metodología propuesta en dicho manual significó un avance en el enfoque de las medidas de compensaciones en Colombia, al pasar de una visión netamente de reforestación (árbol por árbol), a una visión ecosistémica que permite un análisis integral de la afectación sobre los atributos del ecosistema (ecosistema por ecosistema). Además, promueve la aplicación de la jerarquía de la mitigación, permitiendo desestimular la generación de impactos ambientales

negativos sobre ecosistemas estratégicos y así aportar al diseño y planificación sectorial del país (Sáenz et al., 2013).

En la actualidad y de acuerdo con lo establecido en el numeral 12 del artículo 2.2.2.3.5.1 del Decreto 1076 de 2015, se debe presentar un Plan de compensación con un enfoque actualizado, el cual debe contemplar la identificación de los impactos, objetivos y alcance del plan, localización preliminar de las áreas de implementación de la compensación, información de las áreas ecológicamente equivalentes, propuesta de las acciones de compensación y los resultados esperados, definición de las acciones modos, mecanismos y forma de implementación. Con la Resolución 256 de 2018 se adopta la actualización del Manual de Compensaciones Ambientales del Componente Biótico en ecosistemas terrestres y se establecen los lineamientos técnicos y el procedimiento para la asignación de compensaciones del componente biótico (fauna, flora, cobertura vegetal y contexto paisajístico), derivadas de los impactos ocasionados por proyectos, obras o actividades en el marco de las licencias ambientales, las solicitudes de permisos o autorizaciones de aprovechamiento forestal único de bosque natural y la solicitud de sustracciones temporales y definitivas de reservas forestales nacionales o regionales por cambio de uso del suelo.

#### **4.3 Jerarquía de la mitigación en el diseño e implementación de los planes de manejo ambiental y los planes de compensación por pérdida de biodiversidad aplicadas a proyectos de infraestructura vial en carreteras primarias**

Se realizaron 4 reuniones de trabajo con el Equipo de Biodiversidad del Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo de la Subdirección de Instrumentos, Permisos y Trámites Ambientales con quienes identificaron cuatro estrategias para la inclusión de la JdM en los proyectos viales:

- Evaluación Ambiental estratégica (planificación)
- - Identificación oportuna de proyectos inviables (ambiental)
- - Ajustes formato PMA
- - Indicadores gestión y efectividad, Monitoreo.

Asimismo, se participó de manera virtual en los “Simposios ANLA”, los cuales son escenarios que creó la Autoridad en 2021, con el fin de acercar a los grupos de interés de la entidad, con expertos de diferentes disciplinas de entidades nacionales e internacionales y academia, para trabajar articuladamente en el diseño de diferentes estrategias que permiten construir acciones para construir colectivamente la sostenibilidad ambiental. En el primer Simposio ANLA en julio de 2021, se participó en el “Conversatorio Construcción Colectiva de la apuesta transformacional por la Biodiversidad” donde se resaltan las siguientes conclusiones relacionadas con la propuesta de incluir la JdM en el proceso de licenciamiento ambiental:

- Realizar evaluaciones regionales más amplias, con mayor participación interinstitucional pública y privada, incorporando información optima, oportuna, actualizada y suficiente en materia de biodiversidad. El gran reto es trabajar de manera articulada, aprovechando la amplia oferta de institutos de investigación con los que cuenta el país, requiriendo del aporte profesional de cada entidad y de la participación integral del Sistema Nacional Ambiental para aunar todos estos esfuerzos.
- Adecuar y actualizar los términos de referencia (TDR), en función de las particularidades propias de cada sector, con lo que se estandaricen criterios y haya una adecuada articulación de la caracterización del medio biótico con la evaluación de impactos y formulación de medidas de manejo.

- Estandarizar las metodologías para la valoración de impactos ambientales y consolidar los listados exhaustivos de los impactos ambientales mínimos por tipo de POA, construidos a partir de literatura científica y la experiencia de las Autoridades Ambientales.
- Para lograr dinamizar las compensaciones bióticas y la inversión forzosa de no menos del 1%, se requiere de la implementación del plan que se ha diseñado con la participación y compromiso de todos los actores involucrados tanto públicos, como privados y sociedad civil.

En el segundo “Simposio ANLA” en Julio de 2022, fue presentada la “Estrategia de Biodiversidad a 2030” enfocada en mantener sistemas socio-ecológicos bajo marco de sostenibilidad, donde de manera explícita se recomienda aplicación de la Jerarquía de la Mitigación. Además, en la presentación relacionada con el seguimiento ambiental, la depuración de obligaciones se fundamenta en los principios de razonabilidad y proporcionalidad, de tal forma que las medidas de manejo ambiental de un proyecto pueden modificarse, ajustarse o suprimirse de forma técnica y debidamente fundamentada en el análisis de los impactos ambientales del proyecto, y la adecuación de las medidas de manejo ambiental para prevenirlos, mitigarlos, corregirlos o compensarlos, aplicando siempre la jerarquía de la mitigación y la dinámica propia del seguimiento.

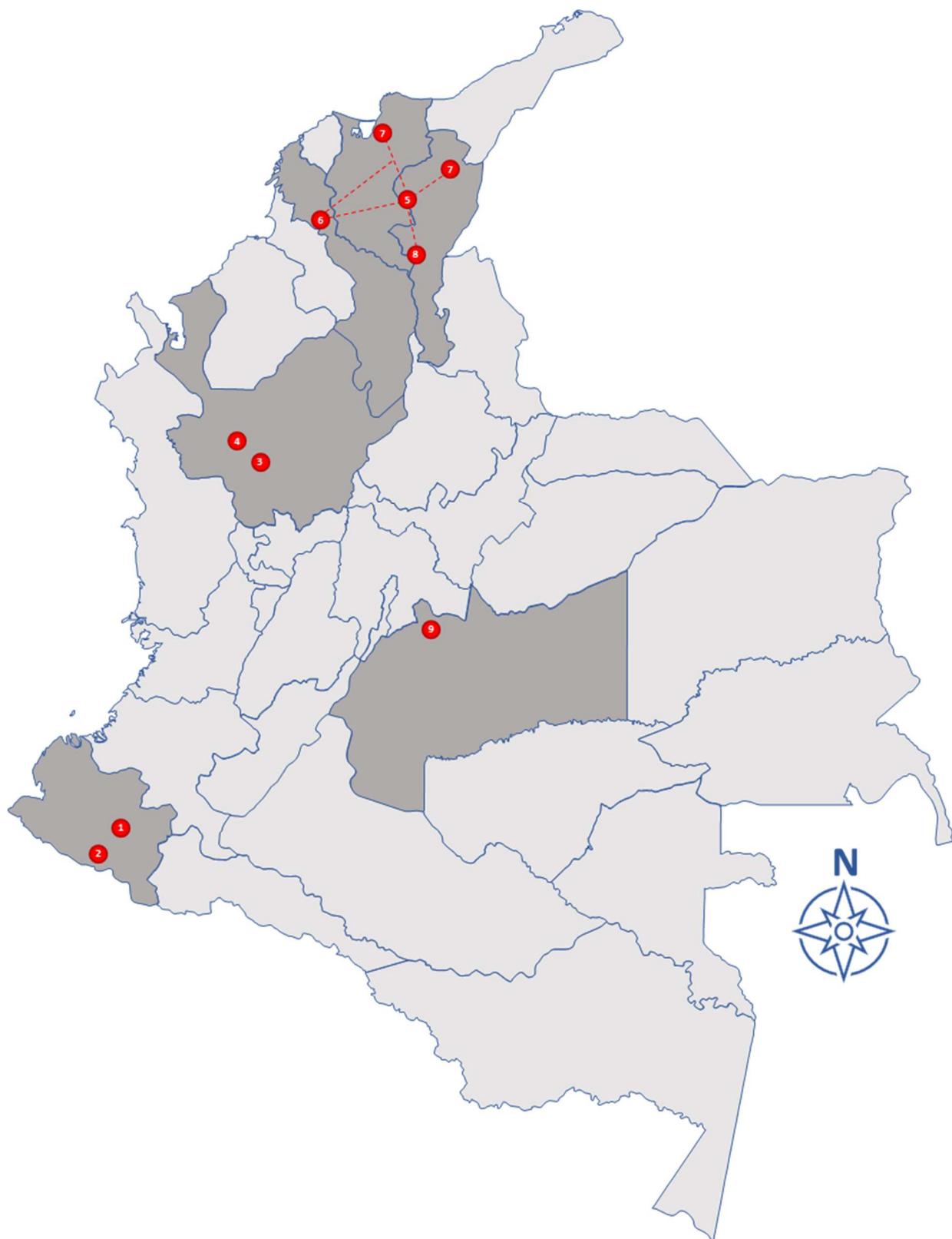
#### **4.4 Caracterización de alternativas para prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos del atropellamiento sobre la fauna silvestre en proyectos de infraestructura vial.**

##### **4.4.1 Caracterización de los proyectos viales objeto de análisis**

La Resolución número 0744 del 4 de marzo del 2009, establece la clasificación de las carreteras según su funcionalidad (primarias, secundarias y terciarias) y según el tipo de terreno (plano, ondulado, montañoso y escarpado), adoptando como norma técnica para proyectos de la Red Vial Nacional lo establecido en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del INVIAS del 2008.

Para este trabajo fueron seleccionados 9 proyectos, en diferentes regiones de Colombia, que en total suman 1031 kilómetros de carreteras de primer orden o primarias de acuerdo con su funcionalidad y en geografías del país que incluyen todos los tipos de terrenos establecidos en la norma, desde plano y ondulado en los departamentos de Bolívar, Magdalena, Cesar y Meta, hasta montañoso y escarpado en los departamentos de Antioquía y Nariño (Mapa 1).

Las carreteras primarias corresponden a troncales, transversales y accesos a capitales departamentales que desempeñan la función básica de interconexión entre las principales zonas de producción y consumo del país y de éste con los demás países. Este tipo de vías deben funcionar pavimentadas y pueden ser de calzadas divididas según las exigencias particulares del proyecto.



**Mapa 1.** Ubicación de los proyectos estudiados: **1.** Doble Calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan – Pedregal; **2.** Doble Calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Pedregal – Catambuco; **3.** Conexión Vial Aburra – Oriente; **4.** Proyecto Autopista AL Mar 1, Segunda Calzada San Jerónimo-Santa Fe; **5.** Proyecto Ruta del Sol, Sector 3, Bosconia-Ye de Ciénaga; **6.** Proyecto Ruta del Sol, Sector 3, EL Carmen de Bolívar-Bosconia Tramos 5, 6 y 7; **7.** Proyecto Ruta del Sol, Sector 3, San Roque - Yé de Ciénaga y El Carmen de Bolívar-Valledupar; **8.** Proyecto Vial Ruta Del Sol, Sector 2, del CONSOL, Aguachica, Cesar; **9.** Proyecto Vial del Corredor 3 Villavicencio – Restrepo-Cumaral.

Además de ser carreteras primarias corresponden a vías tipo 4G, las cuales corresponden a proyectos de infraestructura vial desarrollados entre el 2013 y 2019 que consisten en la construcción y operación en concesión de más de 8 mil kilómetros de carreteras y vías de cuarta generación (4G). La denominación “cuarta generación” viene dada porque es el cuarto grupo de concesiones que se otorgan en el país. El objetivo es actualizar a la Nación en materia de infraestructura vial, que es uno de elementos fundamentales para el desarrollo económico del país, la comunicación y mejorar la movilidad de los colombianos, además, estima una inversión aproximada de \$47 billones de dólares. El proyecto vial de 4G incluye la construcción de 1.370 km de dobles calzadas, la rehabilitación de 7.000 km de vías y la construcción de 141 túneles y 1.300 viaductos.

De los nueve proyectos se recopilaron los documentos oficiales relacionados con el proceso de licenciamiento ambiental. Estos documentos fueron empleados para la identificación de impactos potenciales ambientales que ocasiona cada tipo de proyecto.

#### **4.4.2 Identificación de impactos potenciales ambientales que ocasionan los proyectos viales estudiados**

De acuerdo con el proceso metodológico para la calificación de impactos ambientales potenciales -IAP- de proyectos, obras y actividades que requieren licencia ambiental, establecido por el Minambiente en 2020, se proponen 81 impactos ambientales potenciales y 18 elementos ambientales en total, de los cuales 21 impactos afectan a 6 elementos ambientales directamente relacionados con los hábitats de/y a las poblaciones de especies de fauna con requerimientos altamente específicos de movilidad (Tabla 3). De acuerdo con la calificación promedio de los IAP

de los proyectos, obras o actividades sujetos a licenciamiento ambiental sobre estos 6 elementos, todos fueron valorados en una categoría de alta a muy alta (Minambiente, 2020).

*Tabla 3. Impactos ambientales potenciales que afectan a elementos ambientales directamente relacionados con los hábitats de/y a las poblaciones de especies de fauna con requerimientos altamente específicos de movilidad (basado en Minambiente, 2020).*

<b><i>Impactos ambientales potenciales</i></b>	<b><i>Categoría estandarizada de impacto ambiental</i></b>	<b><i>Elemento ambiental</i></b>
Incremento o disminución de unidades paisajísticas Cambio en la estructura del paisaje Cambio en la fisionomía del paisaje	Cambio en la percepción visual del paisaje	Calidad del paisaje
Aumento en el nivel de presión sonora Generación de ondas de alta o baja frecuencia Generación de ruido tonal o impulsivo	Afectación a la calidad del aire por cambios en los niveles de presión sonora	Ruido
Cambios en los caudales y/o volúmenes de agua Pérdida de capacidad de recarga de acuíferos Cambio en el patrón de drenaje Incremento en fenómenos de desbordamiento e inundaciones Disminución en los niveles freáticos	Afectación al régimen hidrológico	Régimen hidrológico
Aumento de la sedimentación	Alteración del régimen sedimentológico	
Perdida de conectividad ecosistémica Interrupción de corredores ecológicos	Afectación a ecosistemas terrestres o acuáticos Fragmentación de hábitats	Hábitat de fauna
Desplazamiento o ahuyentamiento de fauna Bioacumulación de contaminantes Alteración del desarrollo biológico y reproductivo Incremento de la susceptibilidad a enfermedades Introducción de patógenos	Afectación a especies de fauna	Diversidad de fauna
Alteración de la fisionomía vegetal Disminución de la biomasa vegetal	Cambio y/o pérdida de cobertura vegetal	Cobertura vegetal

Para la identificación de los impactos ambientales y sus medidas de manejo relacionadas con la fauna silvestre se reunieron 32 documentos correspondientes a licencias ambientales, diagnósticos ambientales de alternativas y planes de manejo ambiental de los 9 proyectos viales incluidos en este estudio. Como resultado del análisis de textos con R se encontró que 6 elementos de 18 (30%) fueron incluidos en los documentos analizados: ruido, régimen hidrológico, calidad del paisaje, cobertura vegetal, hábitat de fauna y diversidad de fauna. De estos 6 elementos, sólo

4 de ellos están presentes en los 9 proyectos (22%) y corresponden a: ruido, régimen hidrológico, cobertura vegetal, y diversidad de fauna (Apéndice 7.2).

De los 21 impactos ambientales potenciales que afectan los hábitats de/y a las poblaciones de especies de fauna con requerimientos altamente específicos de movilidad terrestre fueron evaluados 5 (23.8%) en los 9 proyectos: generación de ondas de alta o baja frecuencia, cambio en el patrón de drenaje, pérdida de conectividad ecosistémica, alteración del desarrollo biológico y reproductivo y alteración fisionomía vegetal. Esto corresponde a lo encontrado por el ANLA (2021), donde estos impactos ambientales potenciales se encuentran dentro de las 10 principales categorías de impacto asociados a 943 proyectos evaluados en ese estudio, así mismo, la principal categoría de impacto es “alteración a cobertura vegetal” seguida por “alteración en la calidad del recurso hídrico superficial” y “generación y/o alteración de conflictos sociales” (ANLA, 2021).

La categoría estandarizada de “cambio en la percepción visual del paisaje” es la que más se reportan impactos acumulados por elemento ambiental con 18, seguida por “afectación al régimen hidrológico” y “afectación a especies de fauna” con 17 y 14 respectivamente. Así mismo los elementos ambientales relacionados con cobertura vegetal (Cobertura vegetal y calidad del paisaje) y con especies de fauna (hábitat de fauna y diversidad de fauna) son los que más número de impactos ambientales acumulados reportan con 32 y 30 respectivamente. Este resultado es similar a lo documentado en el 2021 por el ANLA, donde para el medio biótico, los componentes de “cobertura y fauna” reportaron la mayor cantidad de impactos en los 943 expedientes revisados en ese trabajo (ANLA, 2021).

#### **4.4.3 Identificación de impactos específicos para la fauna silvestre potencialmente víctima de atropellamiento para los proyectos viales estudiados**

Cómo resultado del análisis de los documentos de los 9 proyectos viales estudiados y de acuerdo con las categorías identificadas en los documentos “Calificación de Impactos Ambientales Potenciales -IAP- de Proyectos, Obras y Actividades que Requieren Licencia Ambiental” elaborado por el Minambiente (2020) y “Estandarización y Jerarquización de Impactos Ambientales de Proyectos Licenciados” por ANLA (2021) se identificaron 12 diferentes impactos directamente relacionados con los grupos de fauna potencialmente víctima de atropellamiento. En el marco de este trabajo, estos grupos se definen cómo los individuos de las poblaciones de especies de los taxones de reptiles, mamíferos, aves y anfibios de talla pequeña a mediana que tienen alta movilidad, un rango de hábitat amplio, de diferentes gremios tróficos y que registran altos niveles de migración entre poblaciones.

Los impactos potenciales identificados se presentan a continuación de acuerdo con el medio al cual corresponde, el componente (aspectos ambientales que constituyen un medio abiótico, biótico o socioeconómico) y categoría de impacto, con una breve descripción de acuerdo a lo establecido en por el Minambiente (2020) y ANLA (2021), se incluye, además, algunos impactos específicos desarrollados para cada categoría estandarizada, de acuerdo a lo establecido en el documento “Listado de Impactos Ambientales Específicos en el Marco del Licenciamiento Ambiental” (Minambiente (b), 2020). Este documento del ministerio establece una serie de impactos ambientales específicos cómo guía para la identificación de los impactos ambientales que un proyecto, obra o actividad específico, en el marco del licenciamiento ambiental.

**Impactos potenciales sobre el medio biótico:**

**Componente:** ecosistema.

**Categoría de impacto:** Alteración de ecosistemas terrestres.

Transformación de los ecosistemas terrestres como resultado de un proyecto, obra o actividad, que originan cambios en estructura y composición, así como la modificación de la conectividad funcional ecológica, entre otras.

*Impactos potenciales:*

- Cambio en la estructura de las poblaciones de especies.
- Pérdida de conectividad ecológica funcional.

\*Impactos específicos relacionados: pérdida, disminución y fragmentación del hábitat, pérdida de nichos ecológicos.

**Componente:** cobertura.

**Categoría de impacto:** Alteración de la cobertura vegetal.

Transformación del área (tamaño), forma (configuración) y distribución de las coberturas vegetales como resultado de un proyecto, obra o actividad, que originan disminución de las coberturas, efecto de borde y fragmentación de coberturas, entre otros.

*Impactos potenciales:*

- Alteración de la fisionomía vegetal.
- Cambio en la distribución de la cobertura vegetal.

\*Impactos específicos relacionados: cambio en la dinámica de regeneración vegetal, incremento o disminución del efecto de borde, pérdida de individuos de especies de flora y disminución de la biomasa vegetal.

**Componente:** Flora.

Categoría de impacto: Alteración de comunidades de flora.

Variación en las comunidades de flora como resultado de un proyecto, obra o actividad, que originan disminución de individuos o ejemplares de una o más especies, modificación de poblaciones, cambio en su composición, estructura y función y la fragmentación de ecosistemas, entre otras.

*Impactos potenciales:*

- Alteración o cambios de composición y ensamblaje funcional de especies.

\*Impactos específicos relacionados: incremento o disminución de la biodiversidad, incremento o disminución de la población de flora, incremento o disminución de la riqueza, expansión de la frontera agropecuaria y la extinción de especies.

**Componente:** fauna.

Categoría de impacto: Alteración a comunidades de fauna terrestre.

Variación en las comunidades de fauna como resultado de un proyecto, obra o actividad, que originan cambio en la composición, estructura y función, desplazamiento de fauna y cambio en las cadenas tróficas, entre otras.

*Impactos potenciales:*

- Desplazamiento de fauna.
- Cambio en la composición de las especies de fauna
- Cambio en la estructura y funcionalidad de las comunidades de fauna.
- Restricción a la movilidad de la fauna.

- Muerte de fauna terrestre.

\*Impactos específicos relacionados: afectación de los ciclos de reproducción, cambio en la cadena trófica, cambio en la etología de las especies, fragmentación del hábitat de fauna, incremento o disminución de la oferta de alimento para la fauna, Interrupción de las rutas migratorias de fauna terrestre (incluye especies voladoras), entre otras.

**Componente:** Fauna - Hidrobiota.

Categoría de impacto: alteración a la hidrobiota incluyendo la fauna acuática (fauna acuática, vertebrados, peces, bentos, macrófitas, perifiton, plancton).

Cambio en las comunidades de hidrobiota (Fauna acuática, Vertebrados, Peces, Bentos, Macrófitas, Perifiton, Plancton como resultado de un proyecto, obra o actividad, que originan alteración de las poblaciones y/o comunidades acuáticas, alteración de número de especies, cambios en la composición, abundancia y diversidad, entre otras.

*Impactos potenciales:*

- Cambio en las comunidades de hidrobiota.

\*Impactos específicos relacionados: interrupción de las rutas migratorias de fauna acuática, modificación del hábitat de la fauna acuática, muerte de fauna acuática, entre otros.

**Impactos potenciales sobre el medio abiótico:**

**Componente:** atmosférico.

Categoría de impacto: Alteración en los niveles de presión sonora.

Variación en los niveles de ruido ambiental como resultado de la emisión de ruido de un proyecto, obra o actividad.

*Impactos potenciales:*

- Cambio en los niveles de ruido.

\*Impactos específicos relacionados: incremento o disminución de la presión sonora y generación de ruido tonal o impulsivo, entre otros.

**4.4.4 Caracterización de las medidas alternativas para evitar, mitigar, corregir y/o compensar impactos del atropellamiento sobre la fauna en proyectos de infraestructura vial.**

Cómo resultado del análisis de los 22 documentos de procedimientos normativos, guías, manuales, expedientes, etc., de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA-, relacionadas con la gestión de la biodiversidad, en especial para el manejo de fauna, los 32 documentos correspondientes a licencias ambientales, diagnósticos ambientales de alternativas y planes de manejo ambiental de los proyectos viales incluidos en este estudio y literatura representativa de los últimos 20 años (Forman, et al., 2003; Arroyave, et al., 2006; Merchán, 2007; ELI, 2007; Glista, et al., 2009; Huijser et al., 2015; Seburn y McCurdy-Adams, 2019; Arango-Lozano y Patiño-Siro 2020; Correa, et al., 2020; Minambiente, FCDS y WWF 2020; Ascensão et al., 2021; Benítez y Escalona-Segura, 2021; Jaramillo-Fayad et al., 2021; Baechli, Albanesi y Bellis 2021; Laidlaw, Broadbent y Eby 2021 y Mesa-Joya, 2023) se caracterizaron 30 alternativas de medidas de acuerdo con la Jerarquía de la Mitigación y los impactos potenciales identificados en este estudio (Tabla 4).

Tabla 4. A alternativas de medidas de acuerdo con la Jerarquía de la Mitigación y los impactos potenciales identificados en este estudio.

<b>Medidas para prevenir el atropellamiento de fauna silvestre</b>	<b>Etapas del proceso de desarrollo de la infraestructura</b>	<b>Impacto potencial relacionado</b>
<p>Incluir en los instrumentos de planificación ambiental y territorial mejor información disponible y generar la necesaria para apoyar la toma de decisiones en los ámbitos de gestión regional y local</p> <p>Adoptar las Evaluaciones Ambientales Estratégicas sectoriales y acoger las disposiciones de los instrumentos de ordenamiento territorial y ambiental para apoyar la toma de decisiones en los ámbitos de gestión regional y local.</p> <p>Incorporar consideraciones de intermodalidad y sostenibilidad ambiental a los procesos de análisis para la viabilidad de los proyectos de infraestructura</p>	Planeación estratégica sectorial	<p>Cambio en la estructura de las poblaciones de especies</p> <p>Perdida de conectividad ecológica funcional</p> <p>Alteración de la fisionomía vegetal</p> <p>Cambio en la distribución de la cobertura vegetal</p> <p>Alteración o cambios de composición y ensamblaje funcional de especies</p> <p>Desplazamiento de fauna</p> <p>Cambio en la composición de las especies de fauna</p> <p>Cambio en la estructura y funcionalidad de comunidades de fauna</p> <p>Restricción a la movilidad de la fauna</p> <p>Muerte de fauna terrestre</p> <p>Cambio en las comunidades de hidrobiota</p> <p>Cambio en los niveles de ruido</p>
<p>Identificar y seleccionar alternativas de ejecución de proyectos de construcción o intervención de infraestructura carretera que no afecten Áreas de Especial Interés Ambiental (AEIA), o minimicen la afectación sobre ellas.</p> <p>Identificar y seleccionar alternativas de ejecución de proyectos de construcción o intervención de infraestructura carretera que no afecten corredores de conectividad ecológica a escala regional, subregional y local, o minimicen la afectación sobre ellos.</p> <p>Elaborar estudios y diseños para la ejecución de proyectos de construcción o intervención de infraestructura carretera que no afecten o minimicen la afectación de cuerpos de agua y sus rondas.</p>	Planeación de proyectos a nivel de prefactibilidad, factibilidad y diseños definitivos	
<b>Medidas para mitigar el atropellamiento de fauna silvestre</b>	<b>Etapas del proceso de desarrollo de la infraestructura</b>	<b>Impacto potencial relacionado</b>
<p>Sistemas de cercado o vallados perimetrales</p> <p>Escape de los vallados: Rampas de tierra o saltaderos</p> <p>Escape de los vallados: Puertas abatibles o troncos</p> <p>Escape de los drenajes</p> <p>Disuasores artificiales</p> <p>Señalización de advertencia</p> <p>Señalización electrónica de advertencia</p> <p>Educación y sensibilización</p> <p>Corte de la vegetación</p> <p>Elección de las especies vegetales para los bordes de las vías</p> <p>Uso de cercas vivas</p> <p>Caballones de tierra paralelos al trazado</p> <p>Controles de velocidad (diseño geométrico y/o reductores de velocidad)</p> <p>Pasos superiores</p> <p>Pasos arbóreos</p> <p>Viaductos, puentes y pontones</p>	Construcción y operación	<p>Desplazamiento de fauna</p> <p>Cambio en la composición de las especies de fauna</p> <p>Cambio en la estructura de las especies de fauna</p> <p>Restricción a la movilidad de la fauna</p> <p>Muerte de fauna terrestre</p>

<i>Medidas para mitigar el atropellamiento de fauna silvestre</i>	<i>Etapa del proceso de desarrollo de la infraestructura</i>	<i>Impacto potencial relacionado</i>
Pasos secos multifuncionales: caminos de ganado, peatonales, carreteables, o pontones		
Obras hidráulicas modificadas para uso de fauna terrestre		
Obras hidráulicas adaptadas para peces y anfibios		Cambio en las comunidades de hidrobiota
Barreras para evitar el ruido		Cambio en los niveles de ruido
<i>Medidas para corregir el atropellamiento de fauna silvestre</i>	<i>Etapa del proceso de desarrollo de la infraestructura</i>	<i>Impacto potencial relacionado</i>
Estructuras correctivas (implementadas después de la fase de construcción del proyecto vial)		
Pasos construidos para animales de tamaño grande y mediano	Intervención	Desplazamiento de fauna
Pasos construidos para animales pequeños	(mejoramiento,	Restricción a la movilidad de la fauna
Túneles construidos para anfibios	rehabilitación y	Muerte de fauna terrestre
Restauración de la vegetación destruida en el proceso constructivo y operativo	mantenimiento) y	Alteración de la fisionomía vegetal
	desmantelamiento	Cambio en la distribución de la cobertura vegetal

**4.5 Medidas de manejo para las poblaciones de fauna silvestre víctima de atropellamiento, que sean aplicables en el marco del desarrollo de los Planes de Manejo Ambiental - PMA- y Plan de compensaciones del componente biótico – PCCB, de acuerdo con la normatividad colombiana.**

**4.5.1 Identificar mecanismos técnico-jurídicos para incluir las medidas en los PMA y PCCB.**

A continuación, se presentan los lineamientos técnico-jurídicos para la adición y/o modificación de los actos administrativos de carácter normativo para la incorporación de medidas de manejo para las poblaciones de fauna silvestre potencialmente víctima de atropellamiento en el marco del desarrollo de los PMA y PCC.

Varios autores reportan la carencia de fuerza vinculante de las normas técnicas en el ordenamiento jurídico, debido a su acostumbrado carácter de instrumento de apoyo voluntario (Vives, 2003; Santaella, 2008). Por lo tanto, se recomienda el uso del concepto de la incorporación indirecta (Santaella, 2008) para incluir al ordenamiento jurídico nacional la totalidad o parte de una guía técnica, a través de la inclusión de su contenido en el texto de su promulgación, mediante referencia y reenvío a esta o mediante cláusulas generales contenidas en la norma jurídica, que de manera directa relacionan el estado de la técnica o de los conocimientos científicos, como resultado estas entran a hacer parte del ordenamiento jurídico estableciendo su fuerza vinculante y el cumplimiento se torna entonces en obligatorio.

Considerando la secuencia de medidas propuestas en la JdM, a continuación, se presentan las propuestas de adición/modificación en el marco regulatorio colombiano para la posterior incorporación de las medidas en los PMA y PCCB:

**Ley 1682 de 2013.** “Por la cual se adoptan medidas y disposiciones para los proyectos de infraestructura de transporte y se conceden facultades extraordinarias”. Se propone adicionar/modificar en el “Capítulo 2: Gestión Ambiental”, el Artículo 39 incluir una narrativa orientada a la generación de mecanismos vinculantes para la adopción de la Guía de Evaluación Ambiental Estratégica EAE (Juliberto y Bonilla, 2009) o una versión actualizada, así como de la adopción de los Lineamientos de Infraestructura Verde Vial para Colombia (Minambiente, FCDS y WWF, 2020).

**Decreto 1076 de 2015.** “*Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*”. Se propone adicionar/modificar en el “*Título 2: Gestión*

*Ambiental, Capítulo 3: Licencias Ambientales, Sección 1: Disposiciones Generales, el Artículo 2.2.2.3.1.1. Definiciones*”, e incluir la definición de Evaluación Ambiental Estratégica EAE (Juliberto y Bonilla, 2009) o una versión actualizada y en el “*Artículo 2.2.2.3.1.3. Concepto y alcance de la licencia ambiental*”, adicionar una narrativa orientada a la generación de mecanismos vinculantes para la inclusión de la fase de planificación de los proyectos y no sólo la ejecución, como está actualmente. En la “*Sección 2: Competencia y Exigibilidad de la Licencia Ambiental, el Artículo 2.2.2.3.2.2. Competencia de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). La Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA otorgará o negará de manera privativa la licencia ambiental para los siguientes proyectos, obras o actividades*”, adicionar una narrativa orientada a la generación de mecanismos vinculantes para incluir en el numeral “*8: Ejecución de obras públicas*”, el término: planificación y en el numeral “*8.1: Proyectos de red vial nacional referidos a*”, en los literales “*a) La construcción de carreteras, incluyendo puentes y demás infraestructura asociada a la misma y b) La construcción de segundas calzadas*” para incluir las etapas de planeación de proyectos a nivel de prefactibilidad, factibilidad y diseños definitivos, así como las etapas de operación y desmonte y no sólo la construcción, como está actualmente

**Resolución 1402.** *"Por la cual se adopta la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales y se toman otras determinaciones "*. Se propone adicionar/modificar el “*Artículo 1: Adopción*” para incluir un documento actualizado de la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales (Minambiente, 2018). En este nuevo documento de metodología general se recomienda incluir una narrativa orientada a la generación de mecanismos vinculantes para la inclusión de las fases de planeación,

construcción, operación, manejo y desmantelamiento de los proyectos, obras o actividades se ciña a la jerarquía de la mitigación y no sólo como recomendación (estado actual). Esta narrativa se incluiría en el componente “*I. Consideraciones Generales Para la Elaboración y Presentación de los Estudios Ambientales, numeral 1. Lineamientos para la Elaboración de los Estudios Ambientales, literal c) Sobre la Jerarquía de las medidas de manejo*”.

En el componente “*II. Especificaciones Técnicas del Diagnóstico Ambiental de Alternativas, 4. Caracterización del Área de Estudio. 4.2 Medio Biótico. 4.2.1 Ecosistemas. Numeral. 4.2.1.3 Fauna*” se recomienda incluir el siguiente texto resaltado en negrilla: ...

“*Adicionalmente se deben identificar:*

- *Áreas de importancia para cría, reproducción, alimentación y anidación, así como zonas de paso de especies migratorias y de poblaciones de especies de fauna con requerimientos altamente específicos de movilidad terrestre.*
- *Especies de especial importancia por su categoría de amenaza o por su grado restringido de distribución o con requerimientos altamente específicos de movilidad terrestre.*
- *Identificar hábitos y requerimientos de alta complejidad para la movilidad terrestre de poblaciones de especies de fauna silvestre.” ...*

Así mismo, incluir en el mismo componente II en el “*Numeral 9. Evaluación y Comparación de Alternativas. 9.2. Criterios para la Comparación de Alternativas. 9.2.2 Criterios relacionados con el medio biótico para evaluar y comparar las alternativas*” el siguiente texto resaltado en negrilla: ... “*Presencia de áreas de importancia para cría, reproducción, alimentación y anidación; zonas de paso de especies migratorias y para las poblaciones de especies de fauna con altos requerimientos de movilidad terrestre*” ...

Además, se recomienda incluir en el componente “*III. Especificaciones Técnicas del Estudio de Impacto Ambiental y del Plan De Manejo Ambiental. 4. Caracterización del Área de Influencia. 4.2 Medio Biótico. 4.2.1 Ecosistemas Terrestres. Numeral 4.2.1.2 Fauna*” el siguiente texto resaltado en negrilla: ... “Identificar corredores de fauna asociados a especies endémicas, migratorias, **requerimientos altamente específicos de movilidad terrestre** o con algún grado de amenaza o vulnerabilidad eventualmente presentes en el área de influencia, de manera temporal o permanente, durante las temporadas secas y de lluvias.

La identificación de estos corredores debe incorporar potenciales hábitats y sitios de reproducción, alimentación, **hábitos y requerimientos de alta complejidad para la movilidad terrestre de poblaciones de especies de fauna silvestre** y demás lugares relacionados con la satisfacción de las necesidades propias de los ciclos de vida de las especies de fauna identificadas en la caracterización de línea base.” ...

Por último, en el componente “*III. Especificaciones Técnicas del Estudio de Impacto Ambiental y del Plan De Manejo Ambiental. Numeral 5, Zonificación Ambiental*” se recomienda incluir el siguiente texto resaltado en negrilla: ... “*Áreas de Especial Interés Ambiental (AEIA), tales como... áreas de importancia para cría, reproducción, alimentación y anidación de fauna y; zonas de paso de especies migratorias y **para las poblaciones de especies de fauna con requerimientos altamente específicos de movilidad terrestre***” ...

**Resolución 0256.** “*Por la cual se adopta la actualización del Manual de Compensaciones Ambientales del Componente Biótico y se toman otras determinaciones*”. Se propone adicionar/modificar en el “*Artículo 1, Objeto y Ámbito de aplicación*” para incluir un documento actualizado de Manual de Compensaciones Ambientales del Componente Biótico (Minambiente,

2018). En esta nueva actualización del manual, en el capítulo “5. *Compensaciones del Componente Biótico en el Marco del Licenciamiento Ambiental*” se sugiere incluir una narrativa orientada a la generación de mecanismos vinculantes los siguientes numerales:

“5.1 *Sobre Qué Compensar*” para la inclusión del siguiente texto: “También es necesario caracterizar el cambio en las comunidades de fauna como consecuencia de un proyecto, obra o actividad que produzca impactos potenciales en individuos, poblaciones y/o su hábitat para compensarlos”.

“5.2 *Sobre Cuánto Compensar*” se sugiere incluir el procedimiento para determinar el factor de compensación para las poblaciones de especies de fauna con altos requerimientos de movilidad terrestre (individuos, poblaciones y/o su hábitat).

“5.3 *Sobre donde compensar*” se aconseja incluir el siguiente texto resaltado en negrilla: ... “*En el caso de proyectos lineales que afecten varios tipos de ecosistemas, el área total a compensar podrá ejecutarse en él, o en los ecosistemas con mayor área impactada por el proyecto, o los ecosistemas que arrojen mayor factor de compensación o en los ecosistemas en el que se genere una mayor adicionalidad con la implementación de la compensación. **Esta adicionalidad debe incluir áreas ecológicamente equivalentes/hábitats específicos para poblaciones de especies de fauna con altos requerimientos de movilidad terrestre. Dentro del plan de compensaciones se deberá presentar la debida justificación sobre la selección del área, la cual será evaluada por la autoridad ambiental competente***”.

“8. *Sobre Cómo Compensar*” el siguiente texto resaltado en negrilla: ... “*Para definir el ¿Cómo? realizar la compensación se deben analizar los siguientes cuatro (4) componentes:*

a) *Las acciones de compensación para áreas (incluidos hábitats específicos para poblaciones de especies de fauna con altos requerimientos de movilidad terrestre) son la*

*preservación, restauración en sus diferentes enfoques (restauración, rehabilitación y recuperación), y el uso sostenible de la biodiversidad. Las acciones de compensación para los individuos y/o poblaciones son los repoblamientos, liberación, reubicación, restitución de especímenes<sup>12</sup>. Las acciones de compensación se pueden implementar en predios públicos o privados o a través de su combinación.” ...*

#### **4.6 Proponer las medidas de manejo aplicables en el diseño e implementación de los PMA y PCCB.**

Como resultado de los análisis realizados a la literatura más actualizada de orden nacional e internacional, por ejemplo, Correa, et al., 2020; Minambiente, FCDS y WWF 2020; Ascensão et al., 2021; Benítez y Escalona-Segura, 2021; Jaramillo-Fayad et al., 2021; Baechli, Albanesi y Bellis 2021 y Laidlaw, Broadbent y Eby 2021, a continuación, se listan las medidas que han tenido mayor difusión encaminadas a reducir la mortalidad de animales por atropellamiento y que aplicables en el diseño e implementación de los PMA y PCCB de acuerdo con la normativa vigente.

##### **4.6.1 Medidas para prevenir el atropellamiento de fauna silvestre.**

- Identificar y seleccionar alternativas de ejecución de proyectos de construcción o intervención de infraestructura carretera que no afecten Áreas de Especial Interés Ambiental (AEIA), corredores de conectividad ecológica a escala regional, subregional y local o minimicen la afectación sobre ellos.

---

<sup>12</sup> Términos definidos en la Resolución 2064 de 2010. “Por la cual se reglamentan las medidas posteriores a la aprehensión preventiva, restitución o decomiso de especímenes de especies silvestres de Fauna y Flora Terrestre y Acuática y se dictan otras disposiciones”

- Elaborar estudios y diseños para la ejecución de proyectos de construcción o intervención de infraestructura carretera que no afecten o minimicen la afectación de cuerpos de agua y sus rondas.

Referencias: Correa, et al., 2020; Minambiente, FCDS y WWF 2020; Ascensão et al., 2021; Benítez y Escalona-Segura, 2021; Jaramillo-Fayad et al., 2021.

#### **4.6.2 Medidas para mitigar el atropellamiento de fauna silvestre.**

- Sistemas de cercado o vallados perimetrales
- Escape de los drenajes
- Disuasores artificiales
- Señalización de advertencia
- Manejo de los hábitats en los bordes de carretera (Corte de la vegetación, elección de las especies vegetales para los bordes de las vías y uso de cercas vivas
- Controles de velocidad (diseño geométrico y/o reductores de velocidad
- Pasos superiores y Pasos arbóreos
- Viaductos, puentes y pontones
- Obras hidráulicas modificadas para uso de fauna terrestre

Referencias: Minambiente, FCDS y WWF 2020; Benítez y Escalona-Segura, 2021; Jaramillo-Fayad et al., 2021 y Baechli, Albanesi y Bellis 2021.

#### **4.6.3 Medidas para corregir el atropellamiento de fauna silvestre (Estructuras correctivas, implementadas después de la fase de construcción del proyecto vial).**

- Pasos construidos para animales pequeños

- Túneles construidos para anfibios

Referencias: Correa, et al., 2020; Minambiente, FCDS y WWF 2020; Ascensão et al., 2021; Benítez y Escalona-Segura, 2021; Jaramillo-Fayad et al., 2021; Baechli, Albanesi y Bellis 2021 y Laidlaw, Broadbent y Eby 2021.

#### **4.6.4 Medidas para compensar el atropellamiento de fauna silvestre.**

- Liberación (Acción intencional de soltar un animal silvestre nativo, en hábitat natural)
- Restitución (Es la acción de devolver al Estado, los especímenes aprehendidos incluyendo el valor de todos los costos incurridos desde el momento de la aprehensión hasta su disposición final)
- Disposición de especímenes (disposición provisional de especímenes de fauna silvestre, aprehendidos o decomisados preventivamente, en un Centro de Atención y Valoración)

Referencias: Este trabajo, basado en los términos definidos en la Resolución 2064 de 2010. “Por la cual se reglamentan las medidas posteriores a la aprehensión preventiva, restitución o decomiso de especímenes de especies silvestres de Fauna y Flora Terrestre y Acuática y se dictan otras disposiciones”

## 5 Capítulo 5

### Conclusiones y recomendaciones.

#### 5.1 Conclusiones

- Este trabajo desarrolla una nueva propuesta de aplicación de jerarquía de la mitigación en los planes de manejo ambiental y de compensación del componente biótico en obras de infraestructura vial, para la implementación de medidas de conservación dirigidas a la fauna silvestre víctima de atropellamiento, además se realizaron recomendaciones para mejorar las fases de diseño y construcción.
- En análisis del marco de políticas, leyes y normas relacionados con el manejo de fauna impactada por los proyectos de infraestructura vial no se identificaron aspectos normativos relacionados con la prevención y/o el manejo del atropellamiento de fauna.
- A partir de la revisión del marco normativo y de los procedimientos normativos, guías, manuales, expedientes, etc., de la ANLA relacionadas con la gestión de la biodiversidad, en especial para el manejo de fauna, se establece que sólo el 8% de la infraestructura vial en Colombia corresponde a vías primarias (a cargo de INVIAS y la ANI) sobre las cuales el proceso de licenciamiento ambiental y el marco jurídico normativo está a cargo de la ANLA (énfasis de este trabajo), el licenciamiento ambiental del restante 92% de vías secundarias y terciarias está a cargo de las corporaciones autónomas regionales con normativa variable.
- Con este trabajo se logró identificar 12 diferentes impactos directamente relacionados con los grupos de fauna potencialmente víctima de atropellamiento.

- Igualmente, se caracterizaron 30 diferentes alternativas para prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos del atropellamiento sobre la fauna silvestre en proyectos de infraestructura vial.
- Después de analizar los instrumentos ambientales relacionados con el manejo de fauna silvestre en Colombia y los instrumentos relacionados con la regulación de la infraestructura vial, se identificaron cuatro mecanismos técnico-jurídicos para incluir las alternativas y las medidas efectivas en el diseño e implementación de los Planes de Manejo Ambiental y Plan de compensaciones del componente Biótico.
- De acuerdo con los análisis realizados en la literatura más actualizada de orden nacional e internacional se proponen 16 medidas de manejo para las poblaciones de fauna silvestre potencialmente víctima de atropellamiento, aplicables en el marco del desarrollo de Planes de Manejo Ambiental y Plan de compensaciones componente biótico.
- Como novedad, se incluyen cuatro medidas de manejo para compensar las pérdidas de individuos de los grupos de fauna víctimas de atropellamiento.

## **5.2 Recomendaciones**

Para mejorar la fase de diseño

- Identificar áreas de importancia para las poblaciones de especies de fauna terrestre con altos requerimientos de movilidad
- Identificar poblaciones de especies con altos requerimientos de movilidad.

Para mejorar la fase de construcción

- Incluir análisis de conectividad y calidad de hábitats para poblaciones de especies de fauna con altos requerimientos de movilidad

- Identificar áreas con restricciones de acuerdo con los hábitos y requerimientos de las poblaciones de especies de fauna terrestre con altos requerimientos de movilidad
- Incluir manejos especiales y/o restricciones de acuerdo con los hábitos y requerimientos de las poblaciones de especies de fauna terrestre con altos requerimientos de movilidad
- Los planes de manejo deben ser adaptativos si no logran cumplir con el objetivo de minimizar y compensar los impactos. Si las poblaciones continúan siendo afectadas por atropellamientos y pérdida de hábitat, es necesario ajustar el plan e implementar nuevas medidas de manejo.

## 6 Lista de referencias

Alaminos-Fernández, A. F. (2023). Introducción a la minería de texto y análisis de sentimiento con R.

Allaire, J. (2012). RStudio: integrated development environment for R. *Boston, MA, 770(394)*, 165-171.

Amaya Navas, Oscar Darío. *La Constitución Ecológica de Colombia*, Universidad Externado de Colombia, Bogotá, 2002.

Angermeier, P. L., Wheeler, A. P., & Rosenberger, A. E. (2004). A conceptual framework for assessing impacts of roads on aquatic biota. *Fisheries, 29(12)*, 19-29.

Arango-Lozano, J., & Patiño-Siro, D. (2020). Does the shape of the road influences wildlife roadkills? Evidence from a highway in Central Andes of Colombia. *European Journal of Ecology, 6*, 58-70

Arbeláez, D. M. L., & Sagre, J. D. Q. (2015). Compensaciones de biodiversidad: experiencias en Latinoamérica y aplicación en el contexto colombiano. *Gestión y Ambiente, 18(1)*, 159-177.

Arlidge, W. N., Bull, J. W., Addison, P. F., Burgass, M. J., Gianuca, D., Gorham, T. M., ... & Milner-Gulland, E. J. (2018). A global mitigation hierarchy for nature conservation. *BioScience, 68(5)*, 336-347.

Armenteras, D., González, T.M., Meza, M., Ramírez-Delgado, J.P., Cabrera, E., Galindo, G., Yepes, A. (Eds). (2018). Causas de Degradación Forestal en Colombia: una primera aproximación. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia-IDEAM, Programa ONU-REDD. Bogotá D.C., Colombia., 105 pág.

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

Ascensão, F., Yogui, D. R., Alves, M. H., Alves, A. C., Abra, F., & Desbiez, A. L. (2021). Preventing wildlife roadkill can offset mitigation investments in short-medium term. *Biological Conservation*, 253, 108902.

Baechli, J., Albanesi, S., & Bellis, L. M. (2021). Effectiveness of crossings as wildlife passages for mammals in the Yungas of Argentina. *Journal for Nature Conservation*, 59, 125944.

Bager, A., da Silva Lucas, P., Bourscheit, A., Kuczach, A. y B. Maia. (2016). Os caminhos da conservação da biodiversidade brasileira frente a los impactos da infraestrutura viária. *Biodiversidade Brasileira*, (1). 75-86.

Barber, C. P., M. A. Cochrane, C. M. Souza, And W. F. Laurance. (2014). Roads, Deforestation, And The Mitigating Effect Of Protected Areas In The Amazon. *Biological Conservation* 177: 203-209.

Benítez, J. A., & Escalona-Segura, G. (2021). Impacto de las vías de comunicación sobre la fauna silvestre en áreas protegidas; estudios de caso para el sureste de México.

Bennett, A. F. (1988). Roadside vegetation: a habitat for mammals at Naringal, south-western Victoria. *Victorian Naturalist*, 105(5), 106-113.

Bennett, A. F. (1991). Roads, roadsides and wildlife conservation: a review. *Nature conservation 2: the role of corridors*.

Bunton, J. D., Ernst, A. T., Hanson, J. O., Beyer, H. L., Hammill, E., Runge, C. A., ... & Rhodes, J. R. (2015). Integrated planning of linear infrastructure and conservation offsets. In *International Congress on Modelling and Simulation 2015: Partnering with industry and the community for innovation and impact through modelling* (pp. 1427-1433). Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand.

Cardinale, P., & Greig, L. (2013). Cumulative impact assessment and management: Guidance for the private sector in emerging markets.

Castaño-Urbe, C. (2004). Vías, bosques y conflicto social en Colombia. En M. Cárdenas & M. Rodríguez (Eds.). *Guerra, sociedad y medio ambiente*. [Presentado en Foro nacional Ambiental y Fescol]. Bogotá.

Coffin, A. W. (2007). From roadkill to road ecology: a review of the ecological effects of roads. *Journal of transport Geography*, 15(5), 396-406.

Contraloría General de la República de Colombia. 2014. Informe del Estado de los Recursos Naturales y del Ambiente 2013-2014. Bogotá-Colombia.

Core Team (2016). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>

Correa, D., Lopez, M., Rodriguez-Pava, C. (2020). Pasos de fauna en infraestructura lineal. bajo el contrato GEF CA-CPS-007 de 2020, en el marco del Componente 3 del proyecto GEF “Conservación de bosques y sostenibilidad en el Corazón de la Amazonía”.

Corzo, G., Silva, L. M., Herrera Santos, C. M., Moncada Rasmussen, D. M., Puyana, J., Bejarano, J., Arias & Vieira, M. I. 2018. Compensaciones bióticas en proyectos lineales.

CSBI (2015). A cross-sector guide for implementing the Mitigation Hierarchy. Prepare by the Biodiversity Consultancy on behalf of IPIECA, ICMM and the Equator Principles Association. Cambridge, UK.

De La Ossa, V. J., & Galván-Guevara, S. (2015). Registro de Mortalidad de Fauna Silvestre por Colisión Vehicular en la Carretera Tolú Viejo–Ciénaga la Caimanera, Sucre Colombia. *Biota Colombiana*, 16(1), 67-77.

Decreto 2269 de 1993 (Presidencia de la República de Colombia). Por el cual se organiza el Sistema Nacional de Normalización, Certificación y Metrología. 16 de noviembre de 1993.

Delgado, C. A., Londoño, H., Saravia, P. M., & Bedoya-Viana, M. M. silvestre en las áreas urbanas andinas de Antioquia.

Environmental Law Institute –ELI-. (2007). Mitigation of impacts to fish and wildlife habitat: estimating costs and identifying opportunities.

Forman, R. T. (2014). *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions* 1995 (p. 217). Island Press.

Forman, R. T., & Alexander, L. E. (1998). Roads and their major ecological effects. *Annual review of ecology and systematics*, 29(1), 207-231.

Forman, R. T., Sperling, D., Bissonette, J. A., Clevenger, A. P., Cutshall, C. D., Dale, V. H. & Jones, J. (2003). *Road ecology: science and solutions*. Island press.

Galvis, M. Á. E., Unda, M., Bravo, M. P., García, N., Pinzón, G. A. R., & Palomino, J. V. (2019). Plan de Acción en Biodiversidad de la PNGIBSE, Metas Aichi y los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Colombia: análisis y concordancia en el discurso entre metas propuestas para 2020. *Gestión y Ambiente*, 22(2), 207-234.

Garriga, N., Santos, X., Montori, A., Richter-Boix, A., Franch, M., & Llorente, G. A. (2012). Are protected areas truly protected? The impact of road traffic on vertebrate fauna. *Biodiversity and Conservation*, 21(11), 2761-2774.

Gil, I., Ríos, M. C., González-Pérez, M. A., Guerra, F., Peñuela Pava, R., Vélez, H., Chaves, M. E., Cely, A., Echeverri, J., Galán, S., González Valencia, A., Matallana, C., Prieto Soto, E., Restrepo Mesa, M. P., Rey, D., Santamaría, M. y A. Zamora. 2021. Políticas, Instituciones y gobernanza. Pag: 838-1053. En: Gómez-S, R., Chaves, M.E., Ramírez, W., Santamaría, M., Andrade, G., Solano, C. y S. Aranguren. (Eds.). 2021. *Evaluación Nacional de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo y el Centro Mundial de Monitoreo para la Conservación del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear de la República Federal de Alemania. Bogotá, D.C., Colombia.

Glista, D. J., DeVault, T. L., & DeWoody, J. A. (2009). A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. *Landscape and urban planning*, 91(1), 1-7.

González-Gallina, A., Benítez-Badillo, G., Rojas-Soto, O. R., & Hidalgo-Mihart, M. G. (2013). The small, the forgotten and the dead: highway impact on vertebrates and its implications for mitigation strategies. *Biodiversity and Conservation*, 22(2), 325-342.

Goosem, M. (2002). Effects of tropical rainforest roads on small mammals: fragmentation, edge effects and traffic disturbance. En: *Wildlife Research* 29:277-289.

Grilo C, Bissonette JA, Santos-Reis M (2009) Spatial-temporal patterns in Mediterranean carnivore road casualties: Consequences for mitigation. *Biological Conservation* 142(2): 301–313. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.10.026>

Hill JE, DeVault TL, Belant JL (2019) Cause-specific mortality of the world's terrestrial vertebrates. *Global Ecology and Biogeography* 28(5): 680–689. <https://doi.org/10.1111/geb.12881>

Huijser, M. P., Mosler-Berger, C., Olsson, M., & Strein, M. (2015). Wildlife warning signs and animal detection systems aimed at reducing wildlife-vehicle collisions. *Handbook of road ecology*, 198-212.

IDEAM (2013). Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia, Bogotá, D. C., Colombia. Publicación aprobada por el Comité de Comunicaciones y Publicaciones del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Bogotá, D. C., Colombia.

IDB (Inter-American Development Bank). (2014). Sustainable Infrastructure for Competitiveness and Inclusive Growth: IDB Infrastructure Strategy. Washington, DC.

IDBb (Inter-American Development Bank). 2014. Freight Logistics Statistics Yearbook for Latin America and the Caribbean. A publication of the IADB, Infrastructure and Environment Department. Prepared by Nathan Associates Inc. Washington, D.C.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt & The Nature Conservancy. 2019. Sistema de evaluación y monitoreo a la efectividad de las compensaciones ambientales en Colombia - SEMCA. Componente biótico. Informe final, Convenio NASCA 00032/2018. Bogotá, Colombia. 112 pp

Instituto Nacional De Vías –INVIAS-. (2008). Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Disponible en: <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/proyectos-de-norma/11313-manual-de-diseno-geometrico-de-carreteras-2008>

Instituto Nacional De Vías –INVIAS-. (2020). “Política De Sostenibilidad Para La Infraestructura De Transporte Del Instituto Nacional De Vías” Plan Estratégico 2015-2018. Disponible en <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y...plan-estrategico...2015-2018.../file>. Consultado 20 de septiembre 2018.

Jaeger, J. A. (2015). Improving environmental impact assessment and road planning at the landscape scale. Handbook of road ecology, 32-42.

Jaramillo, J. C., González Manosalva, J. L., Velásquez López, M. M., Correa-Ayram, C. y P. Isaacs-Cubides. (2018). Los animales atropellados de Colombia: Estrategias para mitigar los efectos de la infraestructura vial. En Moreno, L. A., Rueda, C. y Andrade, G. I. (Eds.). (2018).

Biodiversidad 2017. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.

Jaramillo-Fayad, J.C., Velázquez, M.M., Premauer, J.M., González, J.L., & González Vélez, J.C. (2021). Atropellamiento de fauna silvestre en Colombia: Guía para entender y diagnosticar este impacto. Gobierno Nacional de Colombia – Institución Universitaria ITM.

Jiliberto Herrera, R., & Bonilla Madriñán, M. (2009). Guía de evaluación ambiental estratégica. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Kay, A. (2007). Tesseract: an open-source optical character recognition engine. *Linux Journal*, 2007(159), 2.

Kong, Y., Wang, Y., & Guan, L. (2013). Road wildlife ecology research in China. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 96, 1191-1197.

Laidlaw, K., Broadbent, E., & Eby, S. (2021). Effectiveness of aerial wildlife crossings: Do wildlife use rope bridges more than hazardous structures to cross roads?. *Revista de Biología Tropical*, 69(3), 1138-1148.

Laurance, W. F., A. Peletier-Jellema, B. Geenen, H. Koster, P. Verweij, P. Van Dijck, T. E. Lovejoy, J. Schleicher, and M. Van Kuijk. (2015). “Reducing the Global Environmental Impacts of Rapid Infrastructure Expansion.” *Current Biology* 25(7): R259–62.

Laurance, W. F., G. R. Clements, S. Sloan, C. S. O’Connell, N. D. Mueller, M. Goosem, O. Venter et al. (2014). “A Global Strategy for Road Building.” *Nature* 513: 229–34.

Laurance, W. F., Goosem, M., & Laurance, S. G. (2009). Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. *Trends in ecology & evolution*, 24(12), 659-669.

Lucas, P. S., Ceia-Hasse, A., & Bager, A. Ecologia de rodovias: perspectivas em macro-escalas espaciais. En: Bager, Alex. *Infraestrutura viária & biodiversidade : métodos e diagnósticos* / Alex Bager. – 1. ed. – Lavras : Ed. UFLA, 2018. 261 p

McKenney, B. y J. M. Kiesecker. (2010). “Policy development for biodiversity offsets: A review of offset frameworks”. *Environmental Management* 45:165–176.

Mendoza, J. E., Amaya, J. D., Terán, P., Ramos, A., Vargas, N., Cediell, M., ... & Beltrán, F. (2012). Política Nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos–PNGIBSE. Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible, 1-134.

Merchán, C. I. (2007). Corrección de impactos sobre la fauna en infraestructuras de transporte. *Cimbra: Revista del Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas*, (377), 30-39

Meza, F. L. (2023). Road Permeability Index as a tool for mitigation planning of road impacts on wildlife in Colombia: a case study using mammals. *Caldasia*, 45(1).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente), Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). 2018. Términos de Referencia para la Elaboración del Diagnóstico Ambiental de Alternativas –DAA en Proyectos Lineales de Infraestructura de Transporte (Vías Carreteras y Líneas Férreas, Incluyendo Túneles) TdR-022. Bogotá D.C.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente), Fundación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible (FCDS) y World Wildlife Fund Colombia (WWF

Colombia). (2020). Lineamientos de Infraestructura Verde Vial para Colombia (LIVV). Bogotá, D. C. 102 p.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2014). Quinto Informe Nacional de Biodiversidad de Colombia ante el Convenio de Diversidad Biológica. Bogotá, D.C., Colombia. 101 p.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y Cancillería de Colombia. (2019). Sexto Informe Nacional de Biodiversidad de Colombia ante el Convenio de Diversidad Biológica. Bogotá, D.C., Colombia. 294 p.

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible y Agencia Nacional de Licencias Ambientales. (2017). Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales. Bogotá DC.

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Transporte. (2013). “Agenda Ambiental Interministerial”.

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Plan de acción de biodiversidad para la implementación de la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos 2016-2030 / Comps. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. Rojas, G. Paula; Mora, J. Emilce -- Bogotá, D.C.

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). Resolución 0256 “Por la cual se adopta la actualización del Manual de Compensaciones Ambientales del Componente Biótico y se toman otras determinaciones”. Bogotá DC

Ministerio de Transporte. (2016) Plan Maestro de Transporte Intermodal II – Una Política de Estado para hacer de Colombia un país más competitivo.

Noss, R. F., & Cooperrider, A. (1994). Saving nature's legacy: protecting and restoring biodiversity. Island Press.

OCDE (2015). Colombia: Políticas prioritarias para un desarrollo inclusivo. Serie: “Mejores políticas”.

Primack, R. (1998). Essentials of conservation biology. 2ed. Sinauer. 659p.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD Colombia-. (2015). Objetivos de desarrollo sostenible, Colombia herramientas de aproximación al contexto. Bogotá, D.C.

Quintero, J. (2016). Guía de buenas prácticas para carreteras ambientalmente amigables. Panamá: The Nature Conservancy & Latin America Conservation Council.

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

Reid, J., And W. C. De Sousa. (2005). Infrastructure And Conservation Policy In Brazil. Conservation Biology 19: 740-746.

Ricaurte, L, Olaya, M; Cepeda, J; Arroyave; Borja, S; Gutiérrez; J; Lara,D; Cusva, A. Las fuerzas de la transformación En: Jaramillo, U., Cortés-Duque, J. y Flórez, C. (eds.). (2016). Colombia Anfibia, un país de humedales. Volumen II. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. 116 p.

Rojas-López, M. D., y Ramírez-Muriel, A. F. (2018). Inversión en infraestructura vial y su impacto en el crecimiento económico: Aproximación de análisis al caso infraestructura en Colombia (1993-2014). *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 17(32), 109-128.

Rojas, P. y More, E. (2017) Plan de acción de biodiversidad para la implementación de la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos 2016-2030 / Comps. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. Bogotá, D.C.(Colombia).

Ruediger, W. (2001). High, wide, and handsome: designing more effective wildlife and fish crossings for roads and highways.

Rytwinski, T., Soanes, K., Jaeger, J. A., Fahrig, L., Findlay, C. S., Houlahan, J., ... & van der Grift, E. A. (2016). How effective is road mitigation at reducing road-kill? A meta-analysis. *PLoS one*, 11(11), e0166941.

Saenz, S., Walschburger, T., González, J. C., León, J., McKenney, B., & Kiesecker, J. (2013). Development by design in Colombia: making mitigation decisions consistent with conservation outcomes. *PloS one*, 8(12), e81831.

Santaella Quintero, H. 2008. Normas técnicas y derecho en Colombia: Desafíos e implicaciones para el derecho en un entorno de riesgo. Universidad Externado de Colombia. doi:10.4000/books.uec.165

Sarmiento, M. (2014). Hacia un sistema de bancos de hábitat como herramienta de compensación ambiental en Colombia. Documento de discusión, 1.

Schwartz, A. L., Shilling, F. M., & Perkins, S. E. (2020). The value of monitoring wildlife roadkill. *European Journal of Wildlife Research*, 66(1), 1-12.

Seburn, D. C., & McCurdy-Adams, H. (2019). Do turtle warning signs reduce roadkill?. *The Canadian Field-Naturalist*, 133(3), 216-220.

Silge, J., & Robinson, D. (2016). tidytext: Text mining and analysis using tidy data principles in R. *Journal of Open Source Software*, 1(3), 37.

Silge, J., & Robinson, D. (2017). *Text mining with R: A tidy approach*. " O'Reilly Media, Inc."

Silva, I., Crane, M., & Savini, T. (2021). The road less traveled: Addressing reproducibility and conservation priorities of wildlife-vehicle collision studies in tropical and subtropical regions. *Global Ecology and Conservation*, 27, e01584.

Spellerberg, I. F. (2002). *Ecological Effects of Roads: The Land Reconstruction and Management*. CRC Pres.

Swinnen KRR, Jacobs A, Claus K, Ruyts S, Vercayie D, Lambrechts J, Herremans M (2022) 'Animals under wheels': Wildlife roadkill data collection by citizen scientists as a part of their nature recording activities. In: Santos S, Grilo C, Shilling F, Bhardwaj M, Papp CR (Eds) *Linear Infrastructure Networks with Ecological Solutions*. *Nature Conservation* 47: 121–153. <https://doi.org/10.3897/natureconservation.47.72970>

Taaffe, E. J., Morrill, R. L., & Gould, P. R. (1963). Transport expansion in underdeveloped countries: a comparative analysis. *Geographical review*, 53(4), 503-529.

Trombulak, S. C., & Frissell, C. A. (2000). Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation biology*, 14(1), 18-30.

van Der Ree, R., Smith, D. J., & Grilo, C. (2015). *Handbook of road ecology*. John Wiley & Sons.

van der Ree, R., Smith, D. J., & Grilo, C. (2015b). The ecological effects of linear infrastructure and traffic: challenges and opportunities of rapid global growth. *Handbook of road ecology*, 1-9.

van der Zande, A. N., Ter Keurs, W. J., & Van der Weijden, W. J. (1980). The impact of roads on the densities of four bird species in an open field habitat—evidence of a long-distance effect. *Biological conservation*, 18(4), 299-321.

Vanacker, H., & Greenberg, J.T. (2001). A role for salicylic acid and *npr1* in regulating cell growth in *Arabidopsis*. *Plant Journal* 28: 209–216.

Vargas-Salinas, F., Delgado-Ospina, I., & López-Aranda, F. (2011). Mortalidad por atropello vehicular y distribución de anfibios y reptiles en un bosque subandino en el occidente de Colombia/Amphibians and reptiles killed by motor vehicles in a Sub-Andean forest in western Colombia. *Caldasia*, 121-138.

Venables, W. N., Smith, D. M., & R Development Core Team. (2023). *An introduction to R Version 4.2.3* (2023-03-15).

Vives, M. T. (2003). *Normas técnicas y ordenamiento jurídico*. Tirant lo Blanch.

Wheeler, A. P., Angermeier, P. L., & Rosenberger, A. E. (2005). Impacts of new highways and subsequent landscape urbanization on stream habitat and biota. *Reviews in fisheries science*, 13(3), 141-164.

Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L. D. A., François, R., ... & Yutani, H. (2019). Welcome to the Tidyverse. *Journal of open source software*, 4(43), 1686.

## 7 Apéndice

### 7.1 Documentos del marco normativo e iniciativas voluntarias revisados.

<i>Tipo De Documento</i>	<i>Nombre</i>	<i>Entidad</i>	<i>Año</i>
Decreto	Decreto 1608. Por El Cual Se Dicta El Código Nacional De Recursos Naturales Renovables Y De Protección Al Medio Ambiente.	Presidencia De La República, Ministerio De Relaciones Exteriores, Ministerio De Hacienda Y Crédito Público, Ministerio De Defensa Nacional, Ministerio De Agricultura, Ministerio De Salud Pública, Ministerio De Desarrollo Económico, Ministerio De Minas Y Energía, Ministerio De Educación Nacional, Ministerio De Comunicaciones y Ministerio De Obras Públicas	1974
Decreto	Decreto 1608. Por El Cual Se Reglamenta El Código Nacional De Los Recursos Naturales Renovables Y De Protección Al Medio Ambiente Y La Ley 23 De 1973 En Materia De Fauna Silvestre	Presidencia De La Republica Y Ministerio De Agricultura	1978
Decreto	Decreto 1608. Por El Cual Se Reglamenta El Código Nacional De Los Recursos Naturales Renovables Y De Protección Al Medio Ambiente Y La Ley 23 De 1973 En Materia De Fauna Silvestre	Presidencia De La Republica Y Ministerio De Agricultura	1978
Ley	Ley 84. Por La Cual Se Adopta El Estatuto Nacional De Protección De Los Animales Y Se Crean Unas Contravenciones Y Se Regula Lo Referente A Su Procedimiento Y Competencia.	Congreso De La Republica	1989
Constitución Política	Constitución Política De Colombia	Asamblea Nacional Constituyente	1991
Ley	Ley 769. Por La Cual Se Expide El Código Nacional De Tránsito Terrestre Y Se Dictan Otras Disposiciones.	Presidencia De La República, Congreso De La República, Ministerio De Justicia Y Del Derecho, Ministerio De Hacienda Y Crédito Público, Ministerio Del Medio Ambiente, Ministerio De Transporte.	2002
Manual	Manual De Evaluación De Estudios Ambientales: Criterios Y Procedimientos	Ministerio Del Medio Ambiente Y Convenio Andrés Bello	2002
Decreto	Decreto 1200. Por El Cual Se Determinan Los Instrumentos De Planificación Ambiental Y Se Adoptan Otras Disposiciones.	Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial	2004
Documento (Política)	Conpes Documento Conpes 3272. Política Integral De Infraestructura Vial	Departamento Nacional De Planeación, Ministerio De Transporte	2004
Ley	Ley 1228. Por La Cual Se Determinan Las Fajas Mínimas De Retiro Obligatorio O Áreas De Exclusión, Para Las Carreteras Del Sistema Vial Nacional, Se Crea El Sistema Integral Nacional De Información De Carreteras Y Se Dictan Otras Disposiciones.	Presidencia De La República, Congreso De La Republica Y Ministerio De Transporte.	2008

<i>Tipo De Documento</i>	<i>Nombre</i>	<i>Entidad</i>	<i>Año</i>
Ley	Ley 1333. Por La Cual Se Establece El Procedimiento Sancionatorio Ambiental Y Se Dictan Otras Disposiciones.	Presidencia De La República, Congreso De La República, Ministerio De Minas Y Energía Y El Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial	2009
Decreto	Decreto 2820. Por El Cual Se Reglamenta El Título VIII de La Ley 99 De 1993 Sobre Licencias Ambientales	Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial	2010
Resolución	Resolución 2064. Por La Cual Se Reglamentan Las Medidas Posteriores A La Aprehensión Preventiva, Restitución O Decomiso De Especímenes De Especies Silvestres De Fauna Y Flora Terrestre Y Acuática Y Se Dictan Otras Disposiciones"	Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial	2010
Decreto	Decreto 3570. Por El Cual Se Modifican Los Objetivos Y La Estructura Del Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible Y Se Integra El Sector Administrativo De Ambiente Y Desarrollo Sostenible.	Ministerio De Hacienda Y Crédito Público, Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial Y El Departamento Administrativo De La Función Pública	2011
Decreto	Decreto 3573. Por El Cual Se Crea La Autoridad Nacional De Licencias Ambientales - Anla- Y Se Dictan Otras Disposiciones.	Ministerio De Hacienda Y Crédito Público, Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial Y El Departamento Administrativo De La Función Pública	2011
Guía Técnica	Guía De Manejo Ambiental De Proyectos De Infraestructura Subsector Vial	Presidencia De La República, Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial Y El Instituto Nacional De Vías	2011
Manual	Manual De Compensaciones Del Componente Biótico	Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible, Autoridad Nacional De Licencias Ambientales y The Nature Conservancy	2012
Política	Política Nacional Para La Gestión Integral De La Biodiversidad Y Sus Servicios Ecosistémicos	Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible Y Facultad De Estudios Ambientales Y Rurales, Pontificia Universidad Javeriana	2012
Resolución	Resolución 1517. "Por La Cual Se Adopta El Manual Para La Asignación De Compensaciones Por Pérdida De Biodiversidad"	Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible	2012
Resolución	Resolución 716. "Por La Cual Se Fija El Procedimiento Para El Otorgamiento De Los Permisos Para El Uso, La Ocupación Y La Intervención Temporal De La Infraestructura Vial Carretera Concesionada Y Férrea Que Se Encuentra A Cargo De La Entidad"	Agencia Nacional De Infraestructura	2012
Documento (Política)	Conpes Documento Conpes 3760. Proyectos Viales Bajo El Esquema De Asociaciones Público-Privadas: Cuarta Generación De Concesiones Viales	Departamento Nacional De Planeación, Ministerio De Transporte, Ministerio De Hacienda Y Crédito Público, Ministerio Del Interior, Agencia Nacional De Infraestructura, Autoridad Nacional De Licencias Ambientales.	2013
Ley	Ley 1682. Por La Cual Se Adoptan Medidas Y Disposiciones Para Los Proyectos De Infraestructura De Transporte Y Se Conceden Facultades Extraordinarias.	Presidencia De La República, Congreso De La República, Ministerio de Hacienda Y Crédito Público, Ministerio De Justicia Y Del Derecho, Ministerio De Minas Y Energía, Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible Y Ministerio De Transporte.	2013
Decreto	Decreto 2041. Por El Cual Se Reglamenta El Título Viii De La Ley 99 De 1993 Sobre Licencias Ambientales.	Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible	2014

<i>Tipo De Documento</i>	<i>Nombre</i>	<i>Entidad</i>	<i>Año</i>
Informe Técnico	Quinto Informe De Colombia Ante El Convenio De Diversidad Biológica	Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible, Programa De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo Y Cancillería De Colombia	2014
Anexo Técnico	Apéndice Técnico 6: Gestión Ambiental (Ley 1508 De 2012, Contratos De Concesión Bajo el Esquema De Alianzas Público-Privadas)	Agencia Nacional De Infraestructura	2015
Decreto	Decreto 1076. Por Medio Del Cual Se Expide El Decreto Único Reglamentario Del Sector Ambiente Y Desarrollo Sostenible.	Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible	2015
Informe Técnico	Objetivos De Desarrollo Sostenible, Colombia Herramientas De Aproximación Al Contexto	Programa De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo-Colombia	2015
Resolución	Resolución 108. "Por La Cual Se Actualiza El Formato Único Nacional De Solicitud De Licencia Ambiental Y Se Adoptan Los Formatos Para La Verificación Preliminar De La Documentación Que Conforman Las Solicitudes De Que Trata El Decreto Número 2041 De 2014 Y Se Adoptan Otras Determinaciones"	Agencia Nacional De Infraestructura	2015
Documento (Política)	Conpes Documento Conpes 3587. Lineamientos De Política Para La Gestión De La Red Terciaria	Departamento Nacional De Planeación, Ministerio De Transporte, Ministerio De Hacienda Y Crédito Público, Ministerio De Agricultura Y Desarrollo Rural Y Presidencia De La República	2016
Lineamientos técnicos	Lineamientos de infraestructura verde vial	MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE y Ministerio de Transporte	2021
Ley	Ley 1774. "Por Medio De La Cual Se Modifican El Código Civil, La Ley 84 De 1989, El Código Penal, El Código De Procedimiento Penal Y Se Dictan Otras Disposiciones" (Animales Como Seres Sintientes)	Congreso De La República, Ministerio De Justicia Y Del Derecho, Ministerio De Defensa Nacional, Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible	2016
Plan	Plan Maestro De Transporte Intermodal (Pmti) Ii, Una Política De Estado Para Hacer De Colombia Un País Más Competitivo	Vicepresidencia De La República, Ministerio De Transporte, Agencia Nacional De Infraestructura, Instituto Nacional De Vías, Departamento Nacional De Planeación, Financiera De Desarrollo Nacional, Cámara Colombiana De La Infraestructura, Fedesarrollo	2016
Plan	Plan De Acción De Biodiversidad 2016-2030, Para La Implementación De La Política Nacional Para La Gestión Integral De La Biodiversidad Y Sus Servicios Ecosistémicos	Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible, Instituto De Investigación De Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt Y El Programa De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo	2017
Anexo Técnico	Criterios De Usos Sostenible Para La Formulación De Proyectos En El Marco Del Manual De Compensaciones Del Componente Biótico	Autoridad Nacional De Licencias Ambientales Y Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible	2018

<i>Tipo De Documento</i>	<i>Nombre</i>	<i>Entidad</i>	<i>Año</i>
Decreto	Decreto 1007. Por El Cual Se Modifica El Capítulo 8 Del Título 9 De La Parte 2 Del Libro 2 Del Decreto 1076 De 2015, Decreto Único Reglamentario Del Sector Ambiente Y Desarrollo Sostenible, En Lo Relacionado Con La Reglamentación De Los Componentes Generales Del Incentivo De Pago Por Servicios Ambientales Y La Adquisición Y Mantenimiento De Predios En Áreas Y Ecosistemas Estratégicos Que Tratan El Decreto Ley 870 De 2017 Y Los Artículos 108 Y 111 De Ley 99 De 1993, Modificados Por Los artículos 174 De La Ley 1753 De 2015 Y 210 De La Ley 1450 De 2011, Respectivamente.	Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible	2018
Ley	Ley 1930. "Por Medio De La Cual Se Dictan Disposiciones Para La Gestión Integral De Los Páramos En Colombia"	Presidencia De La República, Congreso De La República, Ministerio De Agricultura Y Desarrollo Rural, Ministerio De Justicia Y Del Derecho, Ministerio De Minas Y Energía, Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible Y Ministerio De Transporte.	2018
Anexo Técnico	Listado De Proyectos A Los Cuales Aplica La Metodología De Compensaciones Por Pérdida De Biodiversidad	Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible	2018
Metodología	Metodología General Para La Elaboración Y Presentación De Estudios Ambientales	Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible Y Autoridad Nacional De Licencias Ambientales	2018
Resolución	Resolución 0256. Por La Cual Se Adopta La Actualización Del Manual De Compensaciones Ambientales Del Componente Biótico Y Se Toman Otras Determinaciones"	Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible	2018
Resolución	Resolución 1402. "Por La Cual Se Adopta La Metodología General Para La Elaboración Y Presentación De Estudios Ambientales Y Se Toman Otras Determinaciones "	Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible	2018
Resolución	Resolución 3260. Por El Cual Se Adopta El Plan Nacional De Vías Para La Integración Regional — Pnvir	Ministerio De Transporte	2018
Términos Referencia	De Términos De Referencia Para La Elaboración Del Estudio De Impacto Ambiental – Eia Proyectos De Sistemas De Transmisión De Energía Eléctrica Tdr-17	Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible Y Autoridad Nacional De Licencias Ambientales	2018

<i>Tipo De Documento</i>	<i>Nombre</i>	<i>Entidad</i>	<i>Año</i>
Ley	Ley 1955. "Por Medio De La Cual Se Dictan Disposiciones Para La Gestión Integral De Los Páramos En Colombia"	Presidencia De La República, Congreso De La República, Ministra Del Interior, Ministerio De Relaciones Exteriores, Ministerio De Hacienda Y Crédito Público, Ministerio De Defensa Nacional, Ministerio De Agricultura Y Desarrollo Rural, Ministerio De Justicia Y Del Derecho, Ministerio De Salud Y Protección Social, Ministerio De Minas Y Energía, Ministra De Trabajo, Ministerio De Comercio, Industria Y Turismo, Ministerio De Educación Nacional, Ministerio De Vivienda, Ciudad Y Territorio, Ministra De tecnologías De La Información Y Las Comunicaciones, Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible, Ministerio De Cultura, Departamento Nacional De Planeación Y Ministerio De Transporte.	2019
Informe Técnico	Sexto Informe De Colombia Ante El Convenio De Diversidad Biológica	Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible, Programa De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo Y Cancillería De Colombia	2019
Circular	Circular Conjunta Sobre Las Medidas Preventivas Y De Mitigación Para La Protección De La Fauna Silvestre En Los Proyectos De Infraestructura de Transporte En El Marco De La Emergencia Sanitaria	Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible Y Ministerio De Transporte	2020
Documento (Política)	Conpes Documento Conpes 4010. Declaración De Importancia Estratégica Del Compromiso Por Colombia: Programa Vías Para La Legalidad Y La Reactivación, Visión 2030	Departamento Nacional De Planeación, Ministerio De Transporte, Ministerio De Hacienda Y Crédito Público, Instituto Nacional De Vías	2020
Proyecto De Ley	Pl 039-21 Pasos De Fauna. "Por Medio De La Cual Se Establecen Los Pasos De Fauna Como Una Estrategia Para Implementar Acciones En Las Vías Terrestres Para La Prevención Y Mitigación De Atropellamiento Y Cualquier Otro Tipo De Daños O Desmejoramiento Del Bienestar Animal Por Causa De La Construcción En Una Determinada Vía Y Se Dictan Otras Disposiciones"	Congreso De La Republica	2021

## 7.2 Caracterización de impactos por proyecto vial

Caracterización de impactos por proyecto vial: **P1.** Doble Calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Juan – Pedregal; **P2.** Doble Calzada Rumichaca – Pasto, Tramo San Pedregal – Catambuco; **P3.** Conexión Vial Aburra – Oriente; **P4.** Proyecto Autopista AL Mar 1, Segunda Calzada San Jerónimo-Santa Fe; **P5.** Proyecto Ruta del Sol, Sector 3, Bosconia-Ye de Ciénaga; **P6.** Proyecto Ruta del Sol, Sector 3, EL Carmen de Bolívar-Bosconia Tramos 5, 6 y 7; **P7.** Proyecto Ruta del Sol, Sector 3, San Roque - Yé de Ciénaga y El Carmen de Bolívar-Valledupar; **P8.** Proyecto Vial Ruta Del Sol, Sector 2, del CONSOL, Aguachica, Cesar; **P9.** Proyecto Vial del Corredor 3 Villavicencio – Restrepo-Cumarál. SZH: Subzona Hidrográfica (IDEAM, 2013).

Impactos Ambientales Potenciales	Categoría estandarizada de impacto ambiental	Elemento Ambiental	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	Impactos acumulados por Elemento ambiental	
			Zona Hidrográfica Patía		Zona Hidrográfica Nechí	Zona Hidrográfica Cauca	Zona Hidrográficas: Bajo Magdalena-Cauca-San Jorge; Bajo Magdalena y Cesar			Zona Hidrográfica Meta			
			SZH Río Juanambú	SZH Río Guáitara	SZH Río Porce	SZH Directos Río Cauca entre Río San Juan y Pto Valdivia (md)	SZH Bajo San Jorge Mojana; SZH Directos Bajo Magdalena entre El Banco y El Plato, SZH Ciénaga Grande de Santa Marta; SZH Río Ariguani, SZH Medio Cesar				SZH Río Guatiquía y SZH Río Guacavía		
Incremento o disminución de unidades paisajísticas	Cambio en la percepción visual del paisaje	Calidad del paisaje	X	X									
Cambio en la estructura del paisaje			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	18
Cambio en la fisionomía del paisaje			X	X	X	X	X	X	X				
Aumento en el nivel de presión sonora	Afectación a la calidad del aire por cambios en los niveles de presión sonora	Ruido				X			X	X			
Generación de ondas de alta o baja frecuencia			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	14
Generación de ruido tonal o impulsivo									X		X		
Cambios en los caudales y/o volúmenes de agua	Afectación al régimen hidrológico	Régimen hidrológico					X				X	X	
Pérdida de capacidad de recarga de acuíferos						X						X	
Cambio en el patrón de drenaje			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	20
Incremento en fenómenos de desbordamiento e inundaciones								X					
Disminución en los niveles freáticos								X			X		

<i>Impactos Ambientales Potenciales</i>	<i>Categoría estandarizada de impacto ambiental</i>	<i>Elemento Ambiental</i>	<i>P1</i>	<i>P2</i>	<i>P3</i>	<i>P4</i>	<i>P5</i>	<i>P6</i>	<i>P7</i>	<i>P8</i>	<i>P9</i>	<i>Impactos acumulados por Elemento ambiental</i>
			<i>Zona Hidrográfica Patía</i>		<i>Zona Hidrográfica Nechí</i>	<i>Zona Hidrográfica Cauca</i>	<i>Zona Hidrográficas: Bajo Magdalena-Cauca-San Jorge; Bajo Magdalena y Cesar</i>			<i>Zona Hidrográfica Meta</i>		
			<i>SZH Río Juanambú</i>	<i>SZH Río Guaitara</i>	<i>SZH Río Porce</i>	<i>SZH Directos Río Cauca entre Río San Juan y Pto Valdivia (md)</i>	<i>SZH Bajo San Jorge Mojana; SZH Directos Bajo Magdalena entre El Banco y El Plato, SZH Ciénaga Grande de Santa Marta; SZH Río Ariguani, SZH Medio Cesar</i>				<i>SZH Río Guatiquía y SZH Río Guacavía</i>	
Aumento de la sedimentación	Alteración del régimen sedimentológico				X						X	X
Perdida de conectividad ecosistémica	Afectación a ecosistemas terrestres o acuáticos	Hábitat de fauna	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Interrupción de corredores ecológicos	Fragmentación de hábitats		X	X					X	X	X	X
Desplazamiento o ahuyentamiento de fauna			X								X	
Bioacumulación de contaminantes					X							
Alteración del desarrollo biológico y reproductivo	Afectación a especies de fauna	Diversidad de fauna	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Incremento de la susceptibilidad a enfermedades								X				
Introducción de patógenos					X							
Alteración de la fisonomía vegetal	Cambio y/o pérdida de cobertura vegetal	Cobertura vegetal	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Disminución de la biomasa vegetal					X			X	X		X	X
<b>21</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	

