
	RESUMEN ANALÍTICO DE INVESTIGACIÓN (RAI)		
	Código:	Fecha:	Versión No.

Fecha de elaboración: 04. 04. 2023 [del RAI]			
Tipo de documento	TID: X	Obra Creación:	Proyecto Investigación
Título	Estudio de la implementación de pasos de fauna como estrategia para la mitigación de atropellamientos de especies autóctonas en la región de la Mojana		
Autor(es)	José Luis Blanco Torres - Katherin Liliana Cespedes Linares		
Tutor(es)	Juan Carlos Guzmán Gómez		
Fecha de finalización	10. 04. 2023 [del proyecto de investigación]		
Temática	Pasos de fauna silvestre		
Tipo de investigación	Cualitativo, exploratorio.		
Resumen			
<p>La construcción de carreteras y vías de comunicación, son parte fundamental del desarrollo de un territorio, sin embargo, en un país con tanta riqueza natural como Colombia es casi imposible no generar múltiples impactos negativos durante su ejecución, que van desde cambios en la capa vegetal hasta afectaciones de especies de fauna y flora donde el impacto más visible es el atropellamiento de fauna silvestre especialmente en zonas de gran afluencia natural como es la región de la Mojana.</p> <p>De manera que se plantea realizar el análisis de la implementación de pasos de fauna como estrategia de mitigación de atropellamiento de vida silvestre en la vía que conduce de San Marcos a Majagual Sucre en la región de la Mojana, de manera que se establezca el tipo de estructura de mejor adaptación a las necesidades ecosistémicas y viales y así brindar una base para posibles proyectos futuros en la región.</p>			
Palabras clave			
Paso de fauna, impacto ambiental, infraestructura vial, proceso constructivo, región de la Mojana			
Planteamiento del problema			
En todo país la interconexión de las ciudades provinciales está directamente relacionada con su progreso, entendiéndose que entre mejores vías de comunicación existan mayor es el desarrollo dichas ciudades, por ello todos los planes de desarrollo e ideas de crecimiento de una población van encaminados directa o indirectamente a la construcción de nuevas vías, que generen mayor			

	RESUMEN ANALÍTICO DE INVESTIGACIÓN		
	(RAI)		
	Código:	Fecha:	Versión No.

flujo del transporte de carga y de pasajeros, buscando además acortar los tiempos de viaje, intentado hacer los recorridos de la manera más eficiente posible.

Hasta ahora en nuestro país los esfuerzos gubernamentales han sido enfocados para lograr estas interconexiones mediante la construcción y/o ampliación de vías terrestres, como es posible vislumbrarlo mediante el balance realizado por la ministra de minas Angela María Orozco en el año 2022 donde se establece una entrega por parte del INVIAS de más de 493 km de nuevas calzadas y pavimento nuevo y más de 3.985 km de vías rehabilitadas de red primaria en todo el territorio nacional (Ministerio de Transporte, 2022), sin embargo, estas intervenciones han provocado gran impacto en las poblaciones de fauna autóctona que son atropellados al intentar realizar los desplazamientos propios de su especie a través de las nuevas vías. Se debe considerar que uno de los principales y más graves impacto del atropellamiento de animales está en la afectación directa de las especies, especialmente las que se encuentran en estado de amenaza o vulnerabilidad.

La región de la mojana, no está exenta de esta problemática dado que sus vías atraviesan extensos humedales que contienen gran variedad de fauna silvestre, evidencia de ello es un artículo publicado en 2013 en la revista de la Universidad de Sucre donde los investigadores reportaron un total de 621 especies atropelladas en zonas cercanas entre los años 2011 y 2012, siendo en su mayoría anfibios (253), seguidos de reptiles (220), mamíferos (119) y aves (26) (De la Ossa-Nadjar & De la Ossa V, 2013). Por ello es necesario desarrollar modelos y estrategias que permitan que en las vías no siga muriendo la fauna de esta región tan bastante rica en términos ambientales, la conservación de la biodiversidad de esta zona se debe proteger pensando en las futuras generaciones que heredarán muy posiblemente mejores vías y una región más interconectada, pero también un ecosistema diezmado.

Pregunta


¿Qué tipo de estrategia de mitigación puede implementarse como contribución en la reducción de atropellamientos de vida silvestre en la vía intermunicipal que conduce de San Marcos a Majagual Sucre en la región de la Mojana?

Objetivos

General:

Establecer un tipo de paso de fauna óptimo, como estrategia de implementación que permita mitigar los atropellamientos de vida silvestre en la vía intermunicipal que conduce de San Marcos a Majagual Sucre en la región de la Mojana.

Específicos:

	RESUMEN ANALÍTICO DE INVESTIGACIÓN		
	(RAI)		
	Código:	Fecha:	Versión No.

- Identificar las especies en mayor riesgo de ser arrolladas en la vía San Marcos a Majagual como consecuencia de su desplazamiento territorial.
- Determinar el tipo de paso de fauna más adecuado teniendo en cuenta las especies en mayor riesgo de atropellamiento en la vía San Marcos a Majagual.
- Instaurar los procesos constructivos más amigables con el medio ambiente para la construcción de los pasos de fauna en la vía San Marcos Majagual.

Marco teórico


Resuma únicamente los principales referentes teóricos o artísticos que siguió su trabajo. Señale los números de las páginas de su documento en los que se encuentra la información completa.

Se ahonda en la teoría sobre la afectación ambiental generada en la construcción y operación de carreteras y por consiguiente en los posibles métodos de mitigación. Información contenida entre las páginas – y --

- **CONSTRUCCION DE CARRETERAS:** “La competitividad de un país está directamente relacionada con la infraestructura de transporte” (Revista semana, 2019) teniendo en cuenta que esta interconectividad del territorio permite la generación de impactos positivos en la comunicación entre las diferentes comunidades entendiendo que es de vital importancia contar con sistemas viales adecuados que permitan optimizar todos los procesos de transporte de pasajeros y de carga mediante la reducción de tiempo, la seguridad del trayecto y la dinamización del comercio.

- **IMPACTO ECOSISTEMICO:** teniendo en cuenta que los ecosistemas son fuentes de recursos naturales, todo deterioro o alteración ambiental de dichos ecosistemas a causa de saqueo o modificación de los recursos, se entiende como impacto al ecosistema. Por tanto, debe entenderse también que la construcción de infraestructura vial afecta significativamente las poblaciones de fauna y flora mediante múltiples impactos negativos a pesar de estar amparado bajo el modelo de seguimiento ambiental en Colombia y la expedición de licencias ambientales. Además, adicional al impacto generado por los procesos constructivos, deben tenerse en cuenta las afectaciones ocasionadas por su continuo uso, tales como el ruido, la contaminación atmosférica y lumínica, el aumento de los niveles de contaminantes en el suelo, las vibraciones y el aumento de la ocupación humana. El mayor impacto negativo identificado en las carreteras es sin duda la mortalidad de especies por colisión o atropellamiento que se considera uno de los mayores factores de pérdida y disminución de la biodiversidad.

- **ALTERNATIVAS DE MITIGACION:** se entiende como la aplicación de cualquier política, estrategia, obra y/o acción tendiente a eliminar o minimizar los impactos adversos generados una actividad o serie de actividades y mejorar la calidad ambiental; en Colombia, el uso de estas alternativas todavía está en desarrollo, es por ello que las medidas más utilizadas en algunos

	RESUMEN ANALÍTICO DE INVESTIGACIÓN		
	(RAI)		
	Código:	Fecha:	Versión No.

departamentos del país se basan en la instalación de vallas informativas y preventivas y reductores de velocidad en algunos de los tramos identificados. Solo desde el año 2020, se realiza la publicación de una cartilla de referencia para la toma de decisiones, titulada *Pasos de fauna en infraestructura lineal*, que da inicio al planteamiento de posibles medidas aplicables de acuerdo con la necesidad. Dentro de estas medidas se pueden establecer 3 tipos básicos: atención al diseño geométrico de vías mediante la inclusión de curvas horizontales y verticales en el diseño respetando las condiciones naturales; restringir el acceso de fauna a las vías mediante la instalación de barreras que aislen las vías del ecosistema; y general permeabilidad en las vías mediante la inclusión de estructuras que permitan el paso de un lado al otro de la vía.

- PASOS DE FAUNA: son estructuras funcionales como vías de transporte y movilización de animales realizadas para prevención y mitigación de los riesgos de accidentalidad y cualquier otro tipo de daños o desmejoramiento del bienestar de la fauna como consecuencia de la construcción en una determinada vía que interrumpe los ecosistemas naturales. Tradicionalmente pueden distinguirse tres tipologías: paso superior o elevado, paso inferior y paso multi especie

Adicionalmente debe tenerse en cuenta que los pasos para especies terrestres permiten el flujo de aves, mamíferos, anfibios y reptiles sin embargo no todas las especies tienen las mismas necesidades de movilidad y la misma caracterización, de la misma manera que se debe tener en cuenta las condiciones topográficas y ecosistémicas para seleccionar el mejor tipo de paso.


Método

Resuma únicamente los principales elementos metodológicos que empleó en su investigación. Señale los números de las páginas de su documento en los que se encuentra la información completa.

Teniendo en cuenta que se desea seguir un enfoque cualitativo, se hace absolutamente necesario establecer un alcance que permita delimitar eficazmente las acciones a realizar, en este sentido se propone un alcance exploratorio donde se permita examinar y proponer sobre una temática poco analizada en la región de la Mojana y a su vez que permita establecer modelos de base para el diseño y ejecución de obras futuras en materia de protección de vida silvestre. Información contenida entre las páginas – y --

Dentro de este tipo de investigación en particular se propone una base metodológica en tres fases:

- Investigación: Se realizó en dos etapas: la primera correspondiente a una aproximación de la problemática a través del estudio de literatura, documentos oficiales públicos relevantes para el estudio de especies amenazadas, investigaciones previas disponibles y otros documentos que permitan profundizar todos los aspectos necesarios para la comprensión y ahondamiento en el tema de estudio.

	RESUMEN ANALÍTICO DE INVESTIGACIÓN		
	(RAI)		
	Código:	Fecha:	Versión No.

La segunda etapa consiste en un proceso continuo de observación correspondiente al monitoreo físico y toma de datos de incidentes presentados entre los meses de diciembre de 2022 a febrero de 2023 con asistencia de siete colaboradores de la zona distribuidos por los diferentes tramos seleccionados (San Marcos - Las Chispas; Las Chispas - El Cauchal; El Cauchal - La sierpe; La sierpe - La Candelaria; La Candelaria - Las Palomitas; Las Palomitas - San Roque; San Roque – Majagual) de manera que se permitiera realizar una identificación y descripción de las especies más afectadas por atropellamiento en la vía que conduce de San Marcos a Majagual Sucre en la región de la Mojana

- **Análisis:** se presentó una conceptualización teórica de los mejores procesos constructivos aplicados para el paso de fauna, realizando una descripción detallada del tipo de paso seleccionado como el más efectivo para la zona exponiendo las características, hallazgos y proyecciones de los posibles impactos ambientales que pueden generarse durante la ejecución y funcionamiento óptimo de la infraestructura.


- **Resultado y propuesta:** se da respuesta a la hipótesis inicialmente trazada mediante el planteamiento de una presentación objetiva de la mejor estrategia para el paso de vida silvestre en la vía intermunicipal que conecta a San Marcos con Majagual Sucre en la región de la Mojana exponiendo un diseño preliminar que sirve como base para estudios posteriores aplicando matrices, tablas y figuras pertinentes para la discusión de resultados y propuesta final como resultado de investigación.

Resultados, hallazgos u obra realizada

Presente el resumen de los principales resultados o hallazgos de su investigación o una sinopsis de la obra creada. Señale los números de las páginas de su documento en los que se encuentra la información completa.

De acuerdo con lo expuesto en el diseño metodológico, se realiza proceso de observación y toma de datos de incidentes presentados entre los meses de diciembre de 2022 a febrero de 2023 con asistencia de siete colaboradores de la zona distribuidos por los diferentes tramos previamente seleccionados, obteniendo que las especies con mayor afectación por atropellamientos son los reptiles con 221 incidentes siendo las serpientes las más involucradas, anfibios con 187 incidentes siendo el sapo común el más afectado, mamíferos con 118 incidentes con mayor afectación a la zorra chucha o zarigüeya y finalmente especies de aves con 32 incidentes.

Así mismo se tiene en cuenta la realización de un aforo vehicular mediante un proceso de observación y toma de datos con el conteo de vehículos que transitan por la vía seleccionada de San Carlos a Majagual Sucre entre el lunes 6 de marzo y el sábado 11 de marzo de 2023 en los dos sentidos de flujo vehicular, determinando el Transito Promedio Diario (TPD) que permite conocer las características de diseño de tránsito y las condiciones de uso reales de la infraestructura que ocasionan la generación de un efecto barrera que impide la movilidad de las especies y obteniendo como resultado la necesidad de implementación de medidas de mitigación para protección de fauna.

	RESUMEN ANALÍTICO DE INVESTIGACIÓN		
	(RAI)		
	Código:	Fecha:	Versión No.

Como parte de la determinación de resultados y propuestas viables de la presente investigación, se realiza un proceso teórico de posibles soluciones a implementar en la vía que conduce de San Marcos a Majagual Sucre en la región de la Mojana y que permita realizar la prevención y mitigación del índice de accidentalidad y mortalidad de fauna silvestre en esta zona. Determinando que el mejor paso según las características de tránsito y taxonómicas es el paso de fauna tipo paso para anfibios que permite el paso para especies de anfibios, reptiles y mamíferos pequeños. Adicionalmente se determina que las dimensiones de este deben ser de 0,95 mt de altura y 1,35 mt de ancho con una longitud equivalente a la corona de la calzada de 10 mt, complementado con un cerramiento perimetral de guía en material reutilizado tipo caucho de 50 cm de altura y 25 mt de longitud en cada extremo del acceso.

Así mismo se establecen tres opciones de pasos o propuestas:

Propuesta 1: Consistente en paso de fauna tipo paso para anfibios con materiales y un proceso constructivo tradicional con concreto armado o reforzado con acero estructural y la inclusión de rejillas especiales de ventilación y humedad en la parte superior de la vía en concreto cumpliendo las normas constructivas NTC y NSR-10.

Propuesta 2: Consistente en paso de fauna tipo paso para anfibios con materiales y un proceso constructivo no convencional con la utilización de madera tipo roble inmunizada de manera que resista el paso de tiempo, humedad y tránsito de especies.

Propuesta 3: Consistente en paso de fauna tipo paso para anfibios que implemente la utilización de tubería tipo Novafort con diámetro de 48 pulgadas o 1,20 mt.


Conclusiones

Presente el resumen de las conclusiones a las que llegó. Señale los números de las páginas de su documento en los que se encuentra la información completa.

Teniendo en cuenta el proceso de observación realizado, es posible realizar la plena identificación de especies de reptiles, anfibios y pequeños mamíferos como los de mayor afectación y riesgo de atropellamiento como consecuencia directa de su desplazamiento territorial especialmente en época de sequía, entre los que se encuentran principalmente variedades de sapos y ranas, serpientes, iguanas, conejos y zorra chucha.

Se determina que el tipo de medida más adecuado para proteger las especies autóctonas es la implementación de un paso de fauna inferior de tipo “paso para anfibios” dado que este tipo de paso permite además el tránsito de algunos reptiles y mamíferos de pequeño tamaño brindando además un cerramiento perimetral de baja altura que opere adicionalmente como guía y protección, impidiendo el paso directo a la vía.

Una vez concluido el análisis de datos, es posible presentar las siguientes recomendaciones:

	RESUMEN ANALÍTICO DE INVESTIGACIÓN		
	(RAI)		
	Código:	Fecha:	Versión No.

- Se recomienda la implementación del paso de fauna tipo 1 sobre las otras dos opciones en los tramos donde la concentración de asentamientos humanos sea mayor, y en donde los efectos antrópicos hayan tenido contexto históricamente, por lo cual la construcción de este tipo de paso no suponga un nuevo impacto ambiental a los bio sistemas circundantes.
- Por otra parte en las zonas donde los impactos antrópicos hayan sido menores, y la concentración de asentamientos humanos sea baja, se recomienda la implementación de un paso de fauna construido con materiales amigables con el medio ambiente circundante, como el propuesto en el paso de fauna tipo 2.
- Para la 1, se debe tener en cuenta la realización del cálculo estructural correspondiente para determinar la geometría de carga y el refuerzo que deberá llevar la estructura para cumplir con las normas vigentes, para las propuestas 2 y 3, se debe tener en cuenta el vacío que se generará en la estructura del pavimento con su implementación, por lo tanto, se recomienda la realización de un estudio con un especialista en pavimentos que logre determinar una nueva estructura de pavimento.

Productos derivados

Referencie los artículos, libros, capítulos de libro, ponencias, etc., que fueron resultado de su proceso investigativo.

Correa, D. (2020). Pasos de fauna en infraestructura lineal: Cartilla de referencia para toma de decisiones. Patrimonio natural. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/07/18.-Cartilla-pasos-de-fauna-en-infraestructura-lineal.pdf>

De la Ossa-Nadjar, O., & De la Ossa V, J. (29 de marzo de 2013). Fauna silvestre atropellada en dos vías principales que rodean Los Montes de María, Sucre, Colombia. Revista colombiana de ciencia animal. Obtenido de <https://recia.metarevistas.org/index.php/recia/article/view/481/528>

De Le Ossa, V. J. (2015). Atropellamiento de fauna silvestre. REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIA ANIMAL, 2.

Gobierno de España. (2015). *Prescripciones técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales 2da edicion*. Madrid, España: Ministerio de agricultura, alimentacion y medio ambiente. Obtenido de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/publicaciones/prescripciones_pasos_valla_dos_2a_edicion_tcm30-195791.pdf

Enlace video de sustentación

<https://youtu.be/Ql0y68y-It8>

Estudio de la implementación de pasos de fauna como estrategia para la mitigación de atropellamientos de especies autóctonas en la región de la Mojana

Blanco Torres Jose Luis

Cod. 10226061

Cespedes Linares Katherin Liliana

Cod. 10226069

Corporación Universitaria UNITEC

Escuela de Ingeniería

Programa de Especialización de Gerencia de Proyectos

Bogotá, Distrito Capital

Abril de 2023

Estudio de la implementación de pasos de fauna como estrategia para la mitigación de atropellamientos de especies autóctonas en la región de la Mojana

Blanco Torres Jose Luis

Cod. 10226061

Cespedes Linares Katherin Liliana

Cod. 10226069

Juan Carlos Guzmán Gómez

Docente

Corporación Universitaria UNITEC

Escuela de Ingeniería

Programa de Especialización de Gerencia de Proyectos

Bogotá, Distrito Capital

Abril de 2023

CONTENIDO

RESUMEN	15
ABSTRACT	16
INTRODUCCIÓN	17
JUSTIFICACIÓN	19
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	22
Objetivos:	22
1. MARCO REFERENCIAL	23
1.1 Construcción de carreteras	23
1.1.1 <i>Impacto ecosistémico</i>	23
1.1.2 <i>Alternativas de mitigación</i>	25
1.1.3 <i>Medidas para la reducción de impactos viales</i>	27
1.2 Pasos de fauna	29
1.3 Antecedentes	32
1.4 Estado del arte	34
2. MARCO METODOLÓGICO.....	36
2.1 Enfoque de investigación	36
2.2 Área de estudio.....	36
2.3 Determinación de la población.....	38
2.4 Selección de puntos de muestreo.....	40
2.5 Estructuras de cruce de vida silvestre.....	41
2.5.1 <i>Pasos superiores – aéreo</i>	43
2.5.2 <i>Pasos inferiores - subterráneos</i>	43
3. DISEÑO METODOLÓGICO	45
3.1 Alcance de la investigación e instrumentos de recolección de datos.....	45

4. HIPÓTESIS.....	50
5. CRONOGRAMA	52
6. PRESUPUESTO.....	53
7. RESULTADOS	54
7.1 Identificación de hallazgos	54
7.2 Aforo vehicular	61
7.3 Determinación del Transito Equivalente Diario y Total	63
7.4 Identificación de alternativas.....	66
8. PROPUESTA.....	73
8.1 Propuesta 1 - Caja subterránea de área variable en materiales convencionales.	74
8.2 Propuesta 2 - Caja subterránea de área variable en materiales amigables con el media ambiente circundante.	75
8.3 Propuesta 3 - Tubería de paso subterráneo de área variable en PVC (Novafort)	76
9. CONCLUSIONES	78
10. RECOMENDACIONES	79
REFERENCIAS.....	81

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Principales medidas para evitar, mitigar, corregir o compensar los impactos de atropellamiento de fauna.....	27
Imagen 2. Medidas para la reducción de impactos según su objetivo	29
Imagen 3. Proceso general de definición de la necesidad de incluir pasos de fauna en la infraestructura vial.	31
Imagen 4. Esquema de definición del tipo de estructura a construir.	32
Imagen 5. Geolocalización de vía entre San Marcos y Majagual Sucre.....	37
Imagen 6. Paso elevado de fauna ubicado vía Tolú, San Onofre departamento de Sucre	41
Imagen 7. Opciones de pasos de vida silvestre.	42
Imagen 8. Dimensiones adecuadas para pasos superiores.....	43
Imagen 9. Dimensiones adecuadas para pasos inferiores.....	44
Imagen 10. Formato de registro de incidentes.	46
Imagen 11. Formato de registro para aforo vehicular.....	47
Imagen 12. Tasas de crecimiento aplicables	64
Imagen 13. Cálculo de sección y cantidad de pasos sugeridos según tramo de conectividad afectada.....	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema metodológico propuesto.....	49
Figura 2. Cronograma de la investigación.....	52
Figura 3. Presupuesto propuesto para el proyecto.	53
Figura 4. Especies más afectadas en época de lluvia.	57
Figura 5. Especies más afectadas en época de sequía.....	58
Figura 6. Promedio de vehículos aforados.....	62
Figura 7. Vista en planta del esquema vial básico	74
Figura 8. Esquema propuesta 1	74
Figura 9. Esquema propuesta 2.	75
Figura 10. Esquema propuesta 3	76

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Impactos producidos por las vías de comunicación terrestre sobre la fauna silvestre.....	24
Tabla 2 Listado de especies de fauna silvestres atropelladas en total para las dos carreteras. Incluye estatus según categorías IUCN (Unión Internacional para la conservación de la Naturaleza) (2010): NE = No evaluado; LC = Preocupación menor; NT = Amenazado; VU = Vulnerable.	38
Tabla 3 Fauna silvestre por taxón colisionada acorde con época del año	40
Tabla 4. Numeración de tramos para recopilación de datos	54
Tabla 5. Identificación de especies afectadas por tramo.....	54
Tabla 6. identificación de especies afectadas por período climático.....	56
Tabla 7. Identificación de especies de mayor afectación por atropellamiento por tramo.	59
Tabla 8. Caracterización de dimensiones por especie	59
Tabla 9. Resumen aforo vehicular	61
Tabla 10. Resumen del tránsito de camiones según aforo vehicular	63
Tabla 11. Datos base para el cálculo de TED	64
Tabla 12. Cálculo del tránsito equivalente total acumulado	65
Tabla 13. Identificación de posibles alternativas según la identificación de especies afectadas.....	66
Tabla 14. Cálculo de la sección total de pasos de fauna a construir en los tramos estudiados.....	70
Tabla 15. Cálculo de cantidad de pasos de fauna a establecer por tramo vial.	71
Tabla 16. Condiciones básicas de diseño para paso de fauna	73

RESUMEN

La construcción de carreteras y vías de comunicación, son parte fundamental del desarrollo de todo territorio, sin embargo, en un país con tanta riqueza natural como Colombia es casi imposible no generar múltiples impactos negativos al medioambiente durante la ejecución de proyectos viales, dichos impactos van desde cambios en la capa vegetal hasta afectaciones directas a las diferentes especies de fauna y flora donde el mayor y más visible impacto es, sin lugar a dudas, el atropellamiento de fauna silvestre, especialmente en zonas de gran afluencia natural y variedad de especies que deben y necesitan ser protegidas para salvaguardar el ecosistema existente como lo es la región de la Mojana.

De manera que se plantea realizar el análisis de la implementación de pasos de fauna como estrategia de mitigación de atropellamiento de vida silvestre en la vía que conduce de San Marcos a Majagual Sucre en la región de la Mojana, de modo que se establezca el tipo de estructura de mejor adaptación a las necesidades ecosistémicas y viales y así brindar una base para posibles proyectos futuros en la región.

Palabras clave: Paso de fauna, impacto ambiental, infraestructura vial, proceso constructivo, región de la Mojana

ABSTRACT

The construction of roads and communication routes are a fundamental part of the development of any territory, however, in a country with as much natural wealth as Colombia it is almost impossible not to generate multiple negative impacts on the environment during the execution of road projects, these impacts range from changes in the natural vegetation layer to direct effects on the different species of fauna and flora where the greatest and most visible impact is, without a doubt, the running over of wild fauna, especially in areas of great natural influx and variety of species that should and need to be protected to safeguard the existing ecosystem such as the Mojana region.

So, it is proposed to carry out the analysis of the implementation of wildlife crossings as a mitigation strategy for running over wildlife on the road that leads from San Marcos to Majagual Sucre in the Mojana region, to establish the type of structure of better adaptation to the ecosystem and road needs and thus provide a basis for possible future projects in the region.

Keywords: Wildlife passage, environmental impact, road infrastructure, construction process, La Mojana region's

INTRODUCCIÓN

Dentro de la riqueza natural de Colombia con sus múltiples características regionales y zonales, se destaca la región de la Mojana, que está integrada por once municipios (San Marcos, Sucre, San Benito Abad, Majagual, Guaranda, Caimito, Ayapel, Magangué, Achí, San Jacinto del Cauca y Mechi) abarcando a su vez cuatro departamentos (Sucre, Córdoba, Bolívar y Antioquia) y se sitúa en las estribaciones de la cordillera occidental y la penillanura del caribe y es “uno de los deltas hídricos más complejos del mundo” (Fondo Adaptacion, s.f.) considerando que en ella se almacena las afluencias de los ríos Magdalena, Cauca, y San Jorge, creando las ciénagas de Ayapel y San Marcos y, por consiguiente, gran variedad de especies de fauna silvestre que deben y necesitan ser protegidas para salvaguardar el ecosistema existente.

Por otra parte, y teniendo en cuenta los datos emitidos por el instituto Humboldt y recopilados por múltiples autores, entre ellos el ministerio de transporte que en los monitoreos realizados para la ejecución de proyectos viales en Colombia “los animales más atropellados en las carreteras nacionales corresponden a mamíferos con un 45% de los reportes, aves con el 32%, anfibios con el 15% y reptiles con el 8%” (Ministerio De Transporte, 2019), razón por la cual “actualmente el 40% de los concesionarios de las Autopistas de Cuarta Generación” (Ministerio De Transporte, 2019) desarrollan en sus proyectos estrategias de construcción de pasos especiales para fauna que no son más que “infraestructura que les permite a los animales cruzar de un lugar a otro de la vía, minimizando el riesgo que corren” (Ministerio De Transporte, 2019).

De esta forma, y considerando la importancia ambiental de la región de la mojana, es no solo fundamental sino también apremiante realizar un estudio adecuado de estrategias que permitan una óptima intervención e implementación de pasos que protejan las especies más afectadas por casos de atropellamiento y a su vez que permitan la innovación tecnológica en sus procesos constructivos con técnicas ambientalmente sostenibles que garanticen el menor impacto posible sobre el ecosistema de la zona.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, se plantea a través del presente trabajo investigativo, realizar el análisis de la incidencia e implementación de los pasos de fauna

aplicados como estrategia para la reducción de atropellamiento de vida silvestre en la vía que conduce de San Marcos a Majagual Sucre en la región de la Mojana, estableciendo con ello el tipo de estructura que mejor se adapte a las necesidades ecosistémicas y viales de la zona, estableciendo además un punto de partida para la toma de decisiones y posible puesta en marcha de proyectos futuros en la región que permitan la protección de especies endémicas.

JUSTIFICACIÓN

La construcción o ejecución de proyectos de infraestructura vial ocasiona múltiples impactos negativos en términos ambientales, especialmente sobre la fauna de tipo silvestre los cuales abarcan afectaciones desde alteraciones ecosistémicas y alteraciones a la cobertura vegetal hasta afectaciones directas como la disminución y/o pérdida de poblaciones debido a la ocupación de su hábitad natural, además características inherentes a las vías como “el ancho de la calzada, la superficie de rodadura, el tránsito promedio diario y la velocidad de tránsito” (Correa, 2020) ocasionan limitaciones en la movilidad o desplazamiento de las especies de un lado al otro de las mismas en lo que se conoce como *efecto barrera*.

Sin embargo “el atropellamiento de fauna silvestre es el impacto directo más visible y reconocido por el público durante la operación carretera, en especial porque constantemente se observan en la vía los cadáveres de los animales atropellados” (Correa, 2020) afectación que, de no controlarse, puede incluso generar extinciones locales de varias de las poblaciones.

En Colombia, pese a que el manejo de los impactos ambientales ocasionados en procesos constructivos, incluyendo la construcción de carreteras, está regido por el licenciamiento ambiental y, además, “se insta a implementar los Lineamientos de Infraestructura Verde Vial” (Correa, 2020) establecidos por el ministerio de ambiente, es importante que sectores de gran afluencia ambiental, como es el caso de la región de la Mojana, se implementen de manera adecuada e inminente, acciones de mitigación y protección como lo son los pasos especiales para fauna silvestre, comenzando con el estudio y análisis de las estrategias más viables y acertadas que permitan generar la implementación de un paso de fauna en la vía intermunicipal que conduce de San Marcos a Majagual Sucre en la región de la Mojana.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo a diferentes autores y en particular al magíster Julián Rivera, especialista en transporte por la Universidad de Piura “La red vial de un país es fundamental para su desarrollo y crecimiento porque es el único medio que posibilita el transporte de las personas y las cargas” (Guzmán Boza, 2015) es decir, que en todo país y en este caso Colombia la interconexión de las ciudades provinciales está directamente relacionada con su progreso, entendiéndose que entre mejores vías de comunicación existan mayor es el desarrollo dichas ciudades, por ello todos los planes de desarrollo e ideas de crecimiento de una población van encaminados directa o indirectamente a la construcción de nuevas vías, que generen mayor flujo del transporte de carga y de pasajeros, buscando además acortar los tiempos de viaje, intentado hacer los recorridos de la manera más eficiente posible.

Hasta ahora en nuestro país los esfuerzos gubernamentales han sido enfocados para lograr estas interconexiones mediante la construcción y/o ampliación de vías terrestres, como es posible vislumbrarlo mediante el balance realizado por la ministra de minas Angela María Orozco en el año 2022 donde se establece una entrega por parte del INVIAS de más de 493 km de nuevas calzadas y pavimento nuevo y más de 3.985 km de vías rehabilitadas de red primaria en todo el territorio nacional (Ministerio de Transporte, 2022), sin embargo, estas intervenciones han provocado gran impacto en las poblaciones de fauna autóctona que son atropellados al intentar realizar los desplazamientos propios de su especie a través de las nuevas vías asfaltadas. Se debe considerar que uno de los principales y más grave impacto del atropellamiento de animales está en la afectación directa de las especies, especialmente las que se encuentran en estado de amenaza o vulnerabilidad, además teniendo en cuenta que “el grado de perjuicio depende del tamaño de la población y de la capacidad reproductiva de la especie” (Arroyave, Gomez, & Gutierrez, 2006), estos incidentes también afectan la población humana cuando en ellos se involucra fauna de gran tamaño.

La región de la mojana, alacena de la costa caribe, no está exenta de esta problemática dado que sus vías atraviesan extensos humedales que contienen gran variedad de fauna silvestre, evidencia de ello es un artículo publicado en 2013 en la

revista de la Universidad de Sucre donde los investigadores reportaron un total de 621 especies atropelladas en zonas cercanas entre los años 2011 y 2012, siendo en su mayoría anfibios (253), seguidos de reptiles (220), mamíferos (119) y aves (26) (De la Ossa-Nadjjar & De la Ossa V, 2013). Por ello es necesario desarrollar modelos y estrategias que permitan que en las vías no siga muriendo la fauna de esta región tan bastamente rica en términos ambientales, la conservación de la biodiversidad de esta zona se debe proteger pensando en las futuras generaciones que heredarán muy posiblemente mejores vías y una región más interconectada, pero también un ecosistema diezmado teniendo en cuenta que en Colombia y de acuerdo a datos del instituto Humboldt, en 2017 a nivel nacional la afectación de los grupos taxonómicos de animales corresponde a: mamíferos con un 45%, aves con un 32%, anfibios con un 15% y reptiles con un 8% (Velasquez L, Jaramillo F, Isaacs C, Gonzalez M, & Correa A, 2017)

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Qué tipo de estrategia de mitigación puede implementarse como contribución en la reducción de atropellamientos de vida silvestre en la vía intermunicipal que conduce de San Marcos a Majagual Sucre en la región de la Mojana?

Objetivos:

General:

Establecer un tipo de paso de fauna óptimo, como estrategia de implementación que permita mitigar los atropellamientos de vida silvestre en la vía intermunicipal que conduce de San Marcos a Majagual Sucre en la región de la Mojana.

Específicos:

- Identificar las especies en mayor riesgo de ser arrolladas en la vía San Marcos a Majagual como consecuencia de su desplazamiento territorial.
- Determinar el tipo de paso de fauna más adecuado teniendo en cuenta las especies en mayor riesgo de atropellamiento en la vía San Marcos a Majagual.
- Proponer un proceso constructivo con materiales amigables con el medio ambiente para la implementación de los pasos de fauna en la vía San Marcos Majagual.

1. MARCO REFERENCIAL

La constitución del marco de referencia traza el eje transversal de la investigación, permitiendo identificar la teoría que gira alrededor del proyecto, demostrando así la importancia de la preservación y protección de fauna silvestre en la región de la Mojana sucreña ante los múltiples fallecimientos de especies nativas a causa del atropellamiento en los cruces viales. Por esta razón se ahonda en la teoría sobre la afectación ambiental generada en la construcción y operación de carreteras y por consiguiente en los posibles métodos de mitigación.

1.1 Construcción de carreteras

“La competitividad de un país está directamente relacionada con la infraestructura de transporte” (Revista semana, 2019) teniendo en cuenta que esta interconectividad del territorio permite la generación de impactos positivos en la comunicación entre las diferentes comunidades, razón por la cual “en las últimas décadas los proyectos de infraestructura vial han sido considerados como pilar del desarrollo social, económico y esencial para (...) mejorar la calidad de vida de muchos” (Garzon Rincon, 2022) entendiendo que es de vital importancia contar con sistemas viales adecuados que permitan optimizar todos los procesos de transporte de pasajeros y de carga mediante la reducción de tiempo, la seguridad del trayecto y la dinamización del comercio.

1.1.1 *Impacto ecosistémico*

“Los ecosistemas son una fuente de recursos naturales que tradicionalmente se han utilizado de manera indiscriminada e irracional, en busca de satisfacer necesidades básicas de subsistencia o de un enriquecimiento económico” (Amaya Cocunubo & Ammaya Cocunubo, 2014) de manera que todo deterioro o alteración ambiental de dichos ecosistemas a causa de saqueo o modificación de los recursos, se entiende como impacto al ecosistema.

Por consiguiente, debe tenerse en cuenta también que esta generación o construcción de infraestructura vial afecta significativamente las poblaciones de fauna y flora mediante múltiples impactos negativos a pesar de estar amparado bajo el modelo

de seguimiento ambiental en Colombia y la expedición de licencias ambientales. De acuerdo con múltiples autores, estos impactos pueden entenderse de mejor manera mediante una distribución en cuatro grupos primordiales que abarcan la eliminación de espacios naturales, impedimento en la movilidad de especies, afectaciones a la calidad de los hábitat o creación de espacios artificiales que no suplen las necesidades de las especies, como se muestra en la tabla 1. Además, adicional al impacto generado por los procesos constructivos, deben tenerse en cuenta las afectaciones ocasionadas por su continuo uso, tales como “el ruido, la contaminación atmosférica y lumínica, el aumento de los niveles de contaminantes en el suelo, las vibraciones y el aumento de la ocupación humana” (Velasquez L, Jaramillo F, Isaacs C, Gonzalez M, & Correa A, 2017)

Tabla 1. Impactos producidos por las vías de comunicación terrestre sobre la fauna silvestre.

Impacto	Tipo	Consecuencias
<p>Pérdida de hábitat</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminación directa • Eliminación inducida 	<ul style="list-style-type: none"> • Fragmentación del paisaje y aislamiento de las poblaciones
<p>Efecto de barrera Restricción del movimiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bloqueo del movimiento • Mortalidad por atracción • Mortalidad incidental 	<ul style="list-style-type: none"> • Aislamiento genético de las poblaciones • Limitación al acceso de recursos (agua, comida) • Reducción del tamaño de las poblaciones
<p>Disminución de la calidad del hábitat Disuasión del movimiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios micro ambientales • Contaminación • Ruido • Iluminación 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción del hábitat y las poblaciones

Efecto de atracción Persuasión del movimiento	de	<ul style="list-style-type: none"> • Formación de hábitats artificiales 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios en la población
	del	<ul style="list-style-type: none"> • Formación de corredores • Dispersión de especies exóticas 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios en la dispersión • Depredación, transmisión de enfermedades e hibridación

Fuente: tomado de (Benitez & Escalona Segura, 2021)

El mayor impacto negativo identificado en las carreteras es sin duda la mortalidad de especies por colisión o atropellamiento, que es además de ser “el más directo y fácil de reconocer” (Benitez & Escalona Segura, 2021) es “un problema de gran importancia a escala global, llegando a considerarse uno de los mayores factores de pérdida y disminución de la biodiversidad” (Velasquez L, Jaramillo F, Isaacs C, Gonzalez M, & Correa A, 2017), en Colombia y de acuerdo a datos del instituto Humboldt, en 2017 a nivel nacional la afectación de los grupos taxonómicos de animales corresponde a: mamíferos con un 45%, aves con un 32%, anfibios con un 15% y reptiles con un 8% (Velasquez L, Jaramillo F, Isaacs C, Gonzalez M, & Correa A, 2017)

1.1.2 Alternativas de mitigación

Inicialmente se entiende como una medida o alternativa de mitigación ambiental toda “implementación o aplicación de cualquier política, estrategia, obra y/o acción tendiente a eliminar o minimizar los impactos adversos que pueden presentarse durante las etapas de ejecución de un proyecto (...) y mejorar la calidad ambiental” (Tineo, 2015).

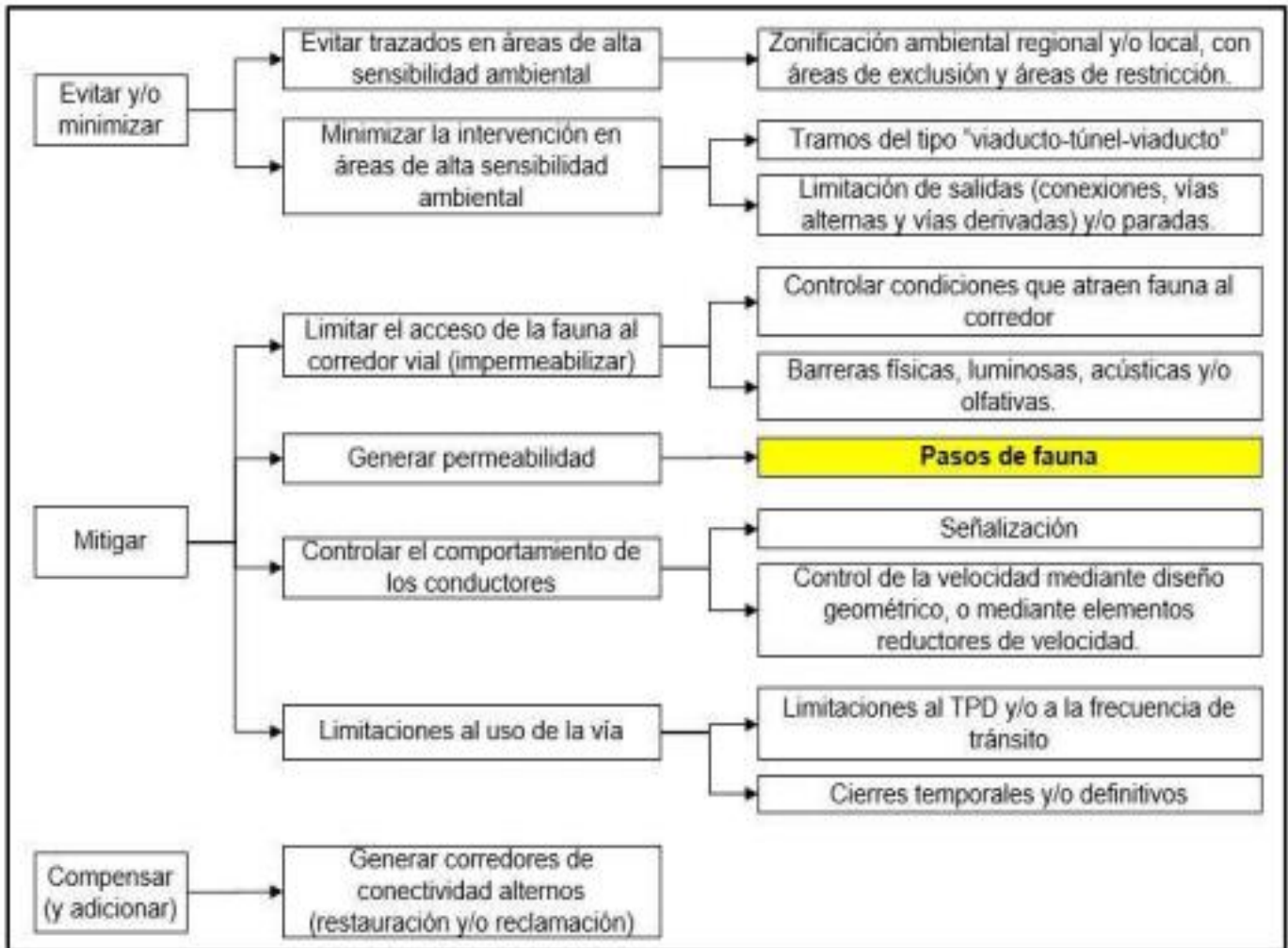
De manera que debe comprenderse que aunque el atropellamiento es un problema que se presenta a nivel mundial y que cada vez más países se suman a las iniciativas de prevención, mitigación y protección de las diferentes especies de fauna, “en países como Colombia aún es incipiente el entendimiento sobre cuáles son las poblaciones animales más afectadas, qué variables intervienen en el atropellamiento y cómo se pueden implementar medidas de prevención y mitigación eficaces” (Velasquez L, Jaramillo F, Isaacs C, Gonzalez M, & Correa A, 2017) es por ello que las medidas más utilizadas en algunos departamentos del país se basan en la instalación de vallas informativas y preventivas y reductores de velocidad en algunos de los tramos

identificados. Solo desde el año 2020, y mediante una consultoría realizada para el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, se realiza la publicación de una cartilla de referencia para la toma de decisiones, titulada como *Pasos de fauna en infraestructura lineal*, que da inicio al planteamiento de posibles medidas aplicables de acuerdo con la necesidad, como lo indica la figura 1.

Dentro de las medidas de mitigación más recomendadas y utilizadas a nivel global para contrarrestar el atropellamiento de fauna silvestre se pueden establecer tres medidas básicas:

- Atención al diseño geométrico de las vías: una de las medidas que pueden implementarse es la inserción de curvas horizontales o verticales durante el proceso de diseño de vías, de manera que se respete en mayor medida las condiciones naturales del terreno previniendo la alteración masiva de los ecosistemas terrestres. Sin embargo, esta medida, aunque efectiva en otros países, en Colombia entraría en discrepancia con los criterios de velocidad de diseño para el diseño de vías (Intituto nacional de vías, 2008).
- Restringir el acceso de fauna a las vías: esta medida se fundamenta en la implementación de barreras físicas, luminosas, acústicas u olfativas que permitan establecer al aislamiento parcial o total entre las vías y el ecosistema natural en zonas de protección especial.
- Generar permeabilidad en las vías: esta medida hace referencia directa a la implementación de estructuras que permitan “recuperar parcialmente la conectividad de un lado al otro de la carretera” (Correa, 2020) de acuerdo a las características, necesidades y requerimientos específicos, esta alternativa es primordial “porque garantiza la movilidad de especies con amplios rangos de distribución o especies propias de las áreas en la que se realizan las vías” (Velasquez L, Jaramillo F, Isaacs C, Gonzalez M, & Correa A, 2017)

Imagen 1. Principales medidas para evitar, mitigar, corregir o compensar los impactos de atropellamiento de fauna.



Fuente: tomado de (Correa, 2020)

De cualquier manera, la importancia de estos estudios para la implementación de alternativas de protección y mitigación se fundamentan en el conocimiento, registro y “generación de modelos para diseñar vías más amigables con la fauna” (Velasquez L, Jaramillo F, Isaacs C, Gonzalez M, & Correa A, 2017)

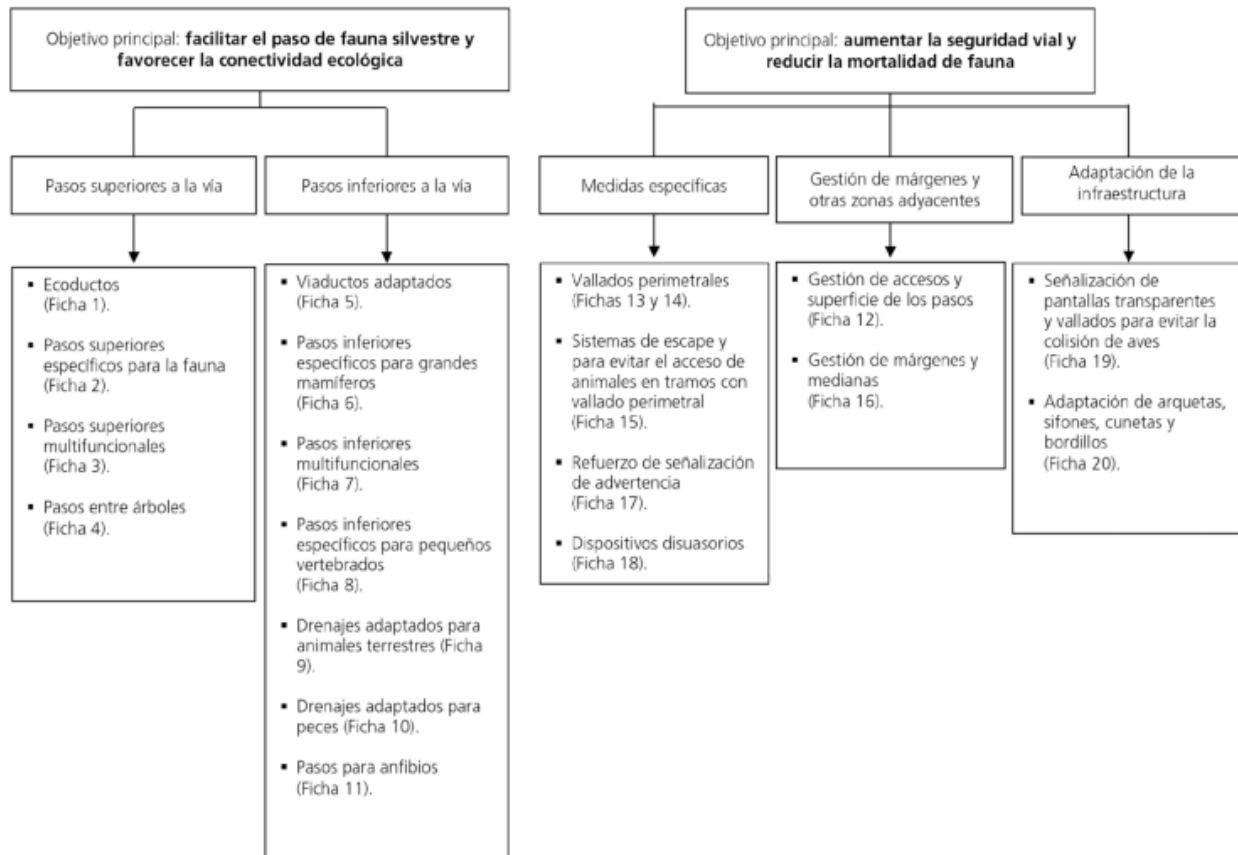
1.1.3 Medidas para la reducción de impactos viales

Por otra parte, las medidas básicas que pueden utilizarse para reducir de manera óptima los impactos y afectaciones a la fauna en la infraestructura vial pueden clasificarse en 2 tipos:

- Conectividad ecológica: su objetivo es facilitar las conexiones entre hábitats fraccionados por el paso de sistemas viales mediante “la construcción o adaptación de estructuras transversales a la vía que pueden destinarse exclusivamente a la fauna” (Gobierno de España, 2015) es decir abarca las medidas de generación de permeabilidad en la vía, específicamente la implementación de pasos de fauna.
- Gestión de márgenes: las diferentes medidas que están “destinadas a reducir estos impactos e incrementar la seguridad vial se basan en la instalación de cerramientos perimetrales que conduzcan a los animales hacia puntos de cruce seguros y otros métodos para evitar los atropellos y riesgos de accidentes” (Gobierno de España, 2015) este tipo de medidas de aislamiento son especialmente convenientes donde la instalación de un cerramiento perimetral total no sea posible por las características del terreno, la vía o las especies identificadas “este es el caso de muchas vías convencionales de baja intensidad de tránsito que pueden ejercer un reducido efecto barrera pero presentar problemas de concentración de atropellos en algunos tramos” (Gobierno de España, 2015)

Teniendo en cuenta las diferentes características físicas y teóricas de los tipos medidas, debe aclararse que, en la práctica, los dos tipos pueden combinarse en un mismo punto para alcanzar los objetivos de manera óptima, rápida, eficiente y segura. Estas medidas se recopilan de mejor manera en la imagen 2.

Imagen 2. Medidas para la reducción de impactos según su objetivo



Fuente: tomado de (Gobierno de España, 2015)

1.2 Pasos de fauna

Los pasos de fauna son estructuras funcionales como vías de transporte y movilización de animales realizadas para prevención y mitigación de los riesgos de accidentalidad y cualquier otro tipo de daños o desmejoramiento del bienestar de la fauna como consecuencia de la construcción en una determinada vía que interrumpe los ecosistemas naturales. Estos pasos permiten gestionar y mitigar los impactos de la fragmentación de ecosistemas mediante la conectividad de los laterales de las vías para el flujo de nutrientes, semillas, agua y fauna, además de prestarse para la conservación de la biodiversidad que es uno de los límites planetarios en riesgo a nivel mundial en la actualidad.

Tradicionalmente pueden distinguirse tres tipologías:

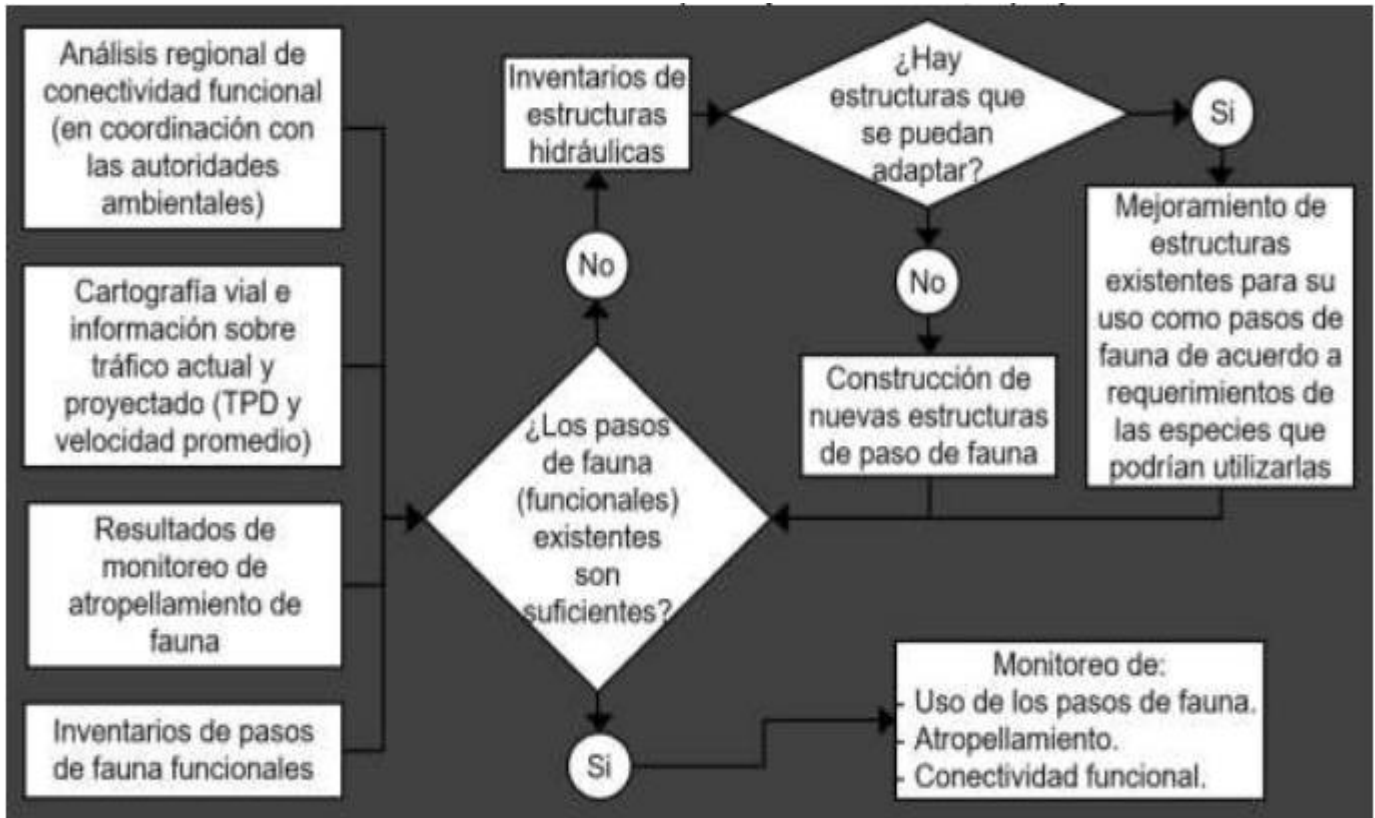
- Paso de fauna superior o elevado: Estructura que da permeabilidad a la vía permitiendo el tránsito de fauna silvestre por encima ella, estos pueden incluir puentes, viaductos, “azoteas verdes (para mariposas y aves) y tendidos de cable o cuerda (para mamíferos arbóreos como monos y ardillas)” (Intituto nacional de vias, 2020)
- Paso de fauna inferior: Estructura que dan permeabilidad a la vía permitiendo el tránsito de fauna silvestre por debajo de ella, pueden incluir “túneles para anfibios, escaleras para peces, túneles y drenajes (para mamíferos pequeños, como nutrias, erizos y tejones)” (Intituto nacional de vias, 2020)
- Paso de fauna multi especie: Estructura de paso de fauna que puede ser utilizada por más de una especie, o por más de un grupo de especies. Estos pueden ser tanto superiores como inferiores y tener distintos tipos de materiales constructivos.

Así mismo, debe tenerse en cuenta un proceso específico de análisis que permita definir la necesidad real de incluir sistemas de pasos de vida silvestre en puntos determinados de la infraestructura vial, de acuerdo con Darío Correa en su cartilla de referencia para pasos de fauna se establece un esquema mostrado en la imagen 2.

En caso de implementarse en vías ya construidas y funcionales con el objeto de mejorar su permeabilidad en el flujo de fauna deben tenerse en cuenta 2 acciones puntuales:

- Tener en cuenta el inventario de estructuras hidráulicas de la vía con el fin de establecer posteriores actividades de mantenimiento, rehabilitación o mejoramiento.
- Identificar mediante monitoreo constante la existencia de *puntos calientes* de atropellamiento donde deben implementarse de manera adicional otras medidas de mitigación o protección. (Correa, 2020)

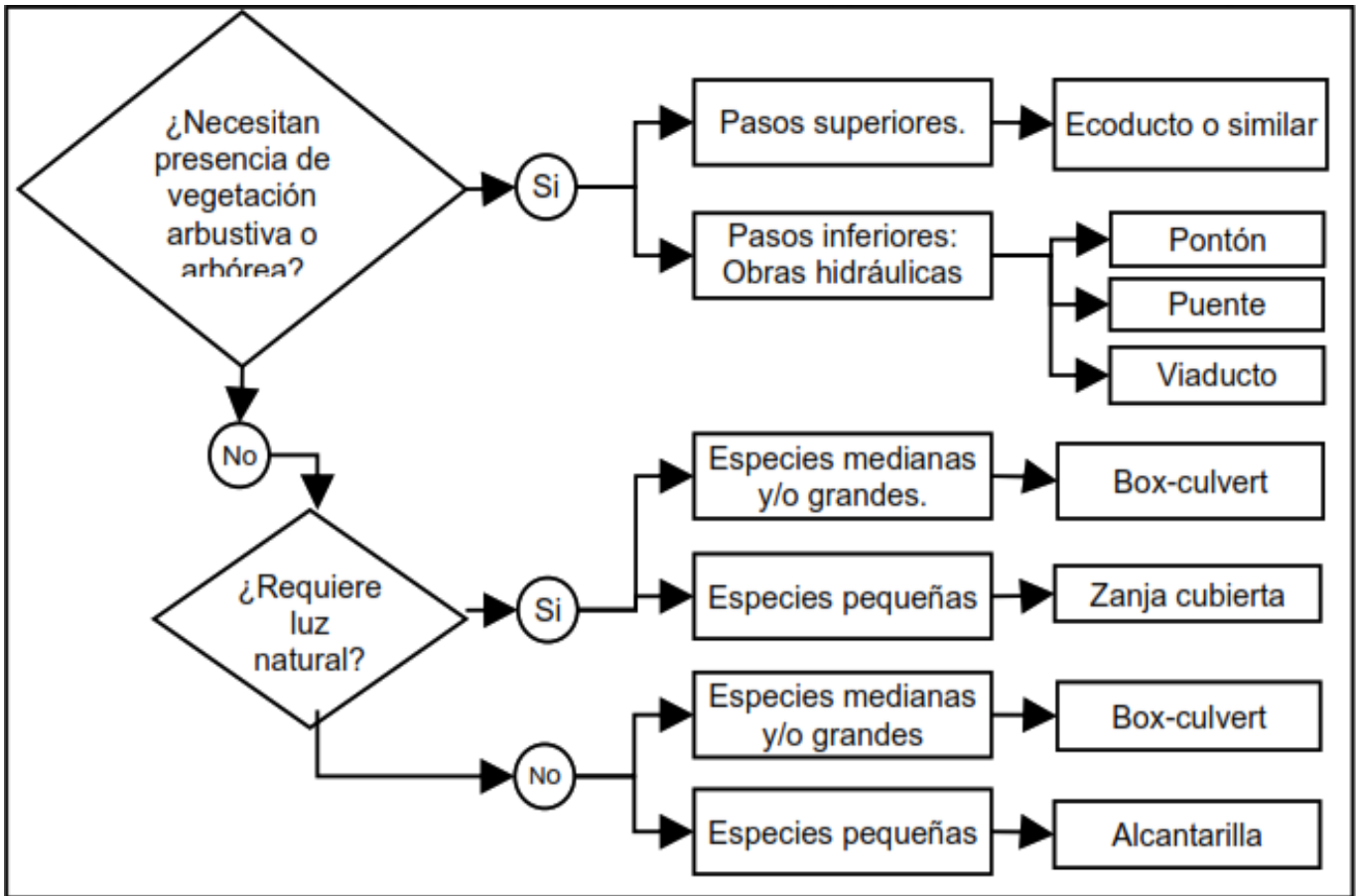
Imagen 3. Proceso general de definición de la necesidad de incluir pasos de fauna en la infraestructura vial.



Fuente: tomado de (Correa, 2020)

Adicionalmente debe tenerse en cuenta que los pasos para especies terrestres permiten el flujo de aves, mamíferos, anfibios y reptiles sin embargo no todas las especies tienen las mismas necesidades de movilidad y la misma caracterización, de la misma manera que se debe tener en cuenta las condiciones topográficas y ecosistémicas para seleccionar el mejor tipo de paso tal y como se muestra en la imagen 3 propuesta por Darío Correa.

Imagen 4. Esquema de definición del tipo de estructura a construir.



Fuente: tomado de (Correa, 2020)

1.3 Antecedentes

En Colombia “el atropello de fauna silvestre en las carreteras es una problemática ambiental en todo lo largo y ancho del país” (Pavas, 2018), desde las últimas dos décadas se ha hecho investigaciones para establecer las especies más afectadas por este flagelo las cuales han arrojado datos desoladores en toda la geografía colombiana, y es de avizorar que con los datos que se encontraron no es donde se atropella más fauna en el país, sino dónde se ha informado más, pues todavía hay muchos departamentos donde no se generan reportes por falta de iniciativas o simplemente por falta de cultura ciudadana. Algunos de los datos que se pueden traer a colación son los del Instituto Humboldt que mediante una aplicación de seguimiento llamada Red colombiana de seguimiento de fauna atropellada (RECOSFA), obtuvo información hasta

2017 muy preocupante donde se evidencia que “los mamíferos son los animales más atropellados (45 %), seguidos por las aves (32 %), los anfibios (15 %) y los reptiles (8 %).” (Mongabay, 2018). Por otra parte la universidad de Sucre realizó un estudio en el año 2015 para determinar y cuantificar que especies eran las más afectadas por el fenómeno de atropellamientos en la región caribe colombiana, el cual arrojó como resultado que entre las especies más afectadas se encuentran la zarigüeya comúnmente conocida en la región como “zorra” “encontrándose mayor incidencia de atropellamientos en zarigüeya (*Didelphis marsupialis*), zorros (*Cerdocyon thous*) y variadas serpientes, entre otros” (De Le Ossa, 2015).

Los pasos de fauna son un mecanismo que se han empezado a usar a nivel mundial como estrategia de mitigación de atropellamiento de especies en las vías terrestres desde principio de la década del sesenta (60) esto como producto de la concientización de la especie humana en el papel que estaba desempeñando en la reducción del número de algunas de las especies autóctonas de regiones que estaban altamente relacionadas con el desarrollo de proyectos viales sobre todo en Estados Unidos. De acuerdo con el estudio realizado por Pilar Morantes “con el inicio de la ecología moderna, las miradas se dirigieron a dimensionar los impactos que traía consigo la construcción de carreteras, por lo que, desde la década de los 70, Estados Unidos y Europa comenzaron a incluir dentro de sus planes de construcción estas iniciativas” (Morantes, 2017).

En Colombia existió desde hace muchos años como iniciativa de residentes de las diferentes zonas afectadas por el atropellamiento de especies o de organismos no gubernamentales o de iniciativa privada, y no de manera institucional, hasta que en el año 2021 mediante el proyecto de ley 2507 del senado, se establecieron los pasos de fauna como una estrategia para implementar acciones de prevención y mitigación en las vías terrestres contra el atropellamiento o desmejoramiento del bienestar animal por causa de la construcción de estas, lo cual conllevó que el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) organismo estatal encargado de construcción, manejo, y operación de las vías en el país, comenzara a adoptar e implementar estrategias de mitigación y reducción del impacto de las construcciones de vías sobre la vida silvestre autóctona de las regiones donde se ejecuten las mismas.

1.4 Estado del arte

En Colombia se han venido desarrollando algunos trabajos investigativos relacionados con el análisis de las afectaciones generadas debido al atropellamiento de fauna silvestre y sus posibles medidas de mitigación, por ello se realiza un proceso de consulta preliminar de documentos, que, si bien no se citan en el presente documento, si realizan su aporte como material de consulta, tales como: el boletín científico *Mortalidad de fauna por atropello vehicular en un sector de la vía panamericana entre Popayán y Patía* (2015) en Popayán; la tesis doctoral *Mortalidad por atropello vehicular y distribución de anfibios y reptiles en un bosque sub andino en el occidente de Colombia* (2011) en Buenaventura; el estudio *Registro de mortalidad de fauna silvestre por colisión vehicular en la carretera Toluviejo–ciénaga La Caimanera, Sucre, Colombia* (2016) en Sucre; el artículo científico *Adiciones al atropellamiento vehicular de mamíferos en la vía del escobero, Envigado (Antioquia), Colombia* (2014) en Antioquia. Sin embargo, y a pesar del avance en este aspecto, existen regiones del país aún no estudiadas a profundidad y por lo tanto se cuenta con estudios precarios y someros realizados en áreas periurbanas y urbanas (Vargas Salinas, Delgado Ospina, & Lopez Aranda, 2011) estudios que, no obstante, han sido referentes y han permitido que se implementen algunas medidas de mitigación de ocurrencia de este tipo de accidentalidad, como son los casos de:

- Proyecto de la concesión túnel Aburrá oriente encargada de la construcción, operación y mantenimiento del Túnel Aburrá Oriente, que conecta los valles de Aburrá y de San Nicolás, firmado entre la gobernación de Antioquia y Concesión Túnel Aburrá Oriente S.A. “Los tramos viales intervenidos comprenden la doble calzada Las Palmas, km 11+900 a km 16+700 y la Variante Palmas entre el km 5+500 (peaje Variante Palmas) y el km 14+600 en el alto de Las Palmas” (Concesión, 2021) en este proyecto se desarrollan pasos de fauna de tres tipos diferentes: Pasos de fauna en doble calzada Las Palmas y Variante Palmas; Pasos de fauna arborícolas; y Pasos de fauna a desnivel. Estos métodos están destinados a mitigar los atropellamientos en especies diferentes, mientras que en la doble calzada

de las palmas se trata de evitar los accidentes principalmente con la zarigüeya que es una de las especies más afectadas con 100 ejemplares atropellados reportados. Por otro lado, los pasos arborícolas están destinados a evitar la accidentalidad con especies como iguanas, zorrillos, ardillas entre otros. Por último los Pasos de fauna a desnivel permite a animales terrestres, como tigrillos, pumas, erizos y armadillos, el tránsito subterráneo, sin necesidad de cruzar por la vía misma.

- “Uno de estos pasos es el de la quebrada Peralonso, ubicado en el km 51+000 de la ruta nacional 4514 –correspondiente al tramo 3 de la troncal del Magdalena” (INVIAS, 2020) este caso se encuentra ubicado en la jurisdicción del municipio de Aguachica donde se implementó un paso de fauna en los bosques localizados en las cuchillas La Quebra, Alto de Oso y Monserrate cuyas áreas están protegidas como zona de reserva forestal “ este tipo de paso está enfocado en la preservación de animales que habitan zonas boscosas las cuales albergan especies de fauna silvestre como ardillas, osos hormigueros, perezosos, monos cotú y monos aulladores. Y consta de puentes colgantes elaborados en una estructura metálica liviana que permiten el tránsito elevado de las especies mencionadas anteriormente.

2. MARCO METODOLÓGICO

Para la obtención de los objetivos planteados, es totalmente necesario realizar una investigación exploratoria de tipo cualitativo analizando las características tanto constructivas como operativas de los tipos de pasos de fauna, de manera que se permita vislumbrar y determinar cuál sería la mejor estrategia para la mitigación de atropellamientos de vida silvestre en la vía intermunicipal que conduce de San Marcos a Majagual Sucre en la región de la Mojana teniendo en cuenta las especies nativas más afectadas en la zona.

2.1 Enfoque de investigación

Entendiendo el enfoque de la investigación como un proceso sistemático y controlado que permite realizar la recolección de datos pertinentes sobre las distintas variables, sucesos u objetos involucrados, de manera que se permita ir de un tema general a lo particular, la presente investigación se tendrá en cuenta un enfoque exploratorio de tipo cualitativo de manera que este “se basa en la recolección de datos sin medición numérica, como las descripciones y observaciones. Las preguntas e hipótesis surgen como parte del proceso de investigación y es flexible” (Sampieri Hernandez, 2014).

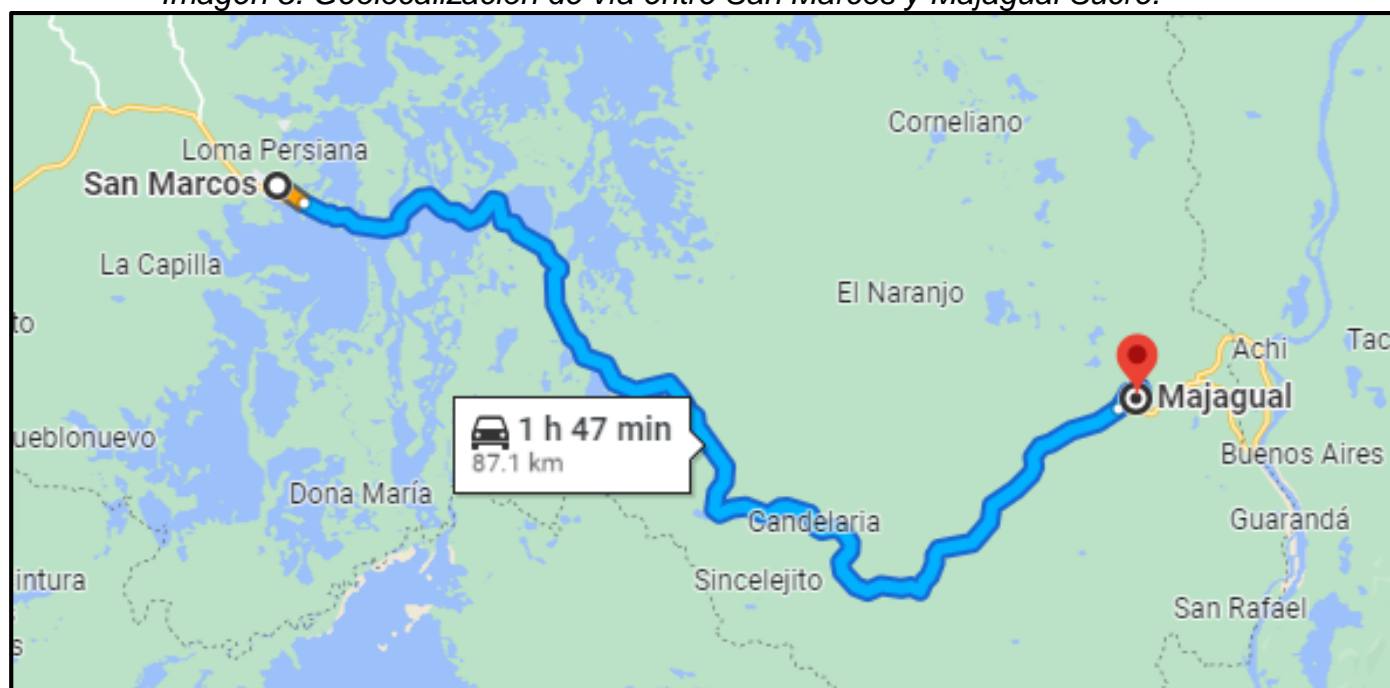
De manera que se realice un proceso ordenado de obtención y análisis de la información, se debe iniciar con una caracterización de las medidas de mitigación tipo pasos de fauna, seguido de un análisis de las especies de fauna nativa con mayor afectación por atropellamiento en la zona de influencia seleccionada para finalmente determinar la mejor estrategia que pueda implementarse en la vía intermunicipal que conduce de San Marcos a Majagual Sucre en la región de la Mojana.

2.2 Área de estudio

Este proyecto se lleva a cabo en la región caribe, en la vía entre San Marcos y Majagual en el departamento de Sucre en la parte norte de Colombia. Esta vía cuenta con una longitud aproximada de ochenta y siete (87 Km) kilómetros e interconecta

además de los municipios previamente mencionados a los corregimientos de la Sierpe, el Cauchal, entre otros, atravesando en su paso una parte de la mojana sucreña. “La Mojana es una subregión ubicada en la parte norte de Colombia, caracterizada por ser una zona de humedales productivos, perteneciente a la Depresión Momposina, con la función ambiental de regular los cauces de los ríos Magdalena, Cauca y San Jorge” (Díaz, 2004)

Imagen 5. Geolocalización de vía entre San Marcos y Majagual Sucre.



Fuente: Google Maps

La topografía de la vía en estudio es plana, con una cota superior hacia el sur, de cerca de 36 metros sobre el nivel del mar (msnm) y una inferior hacia el norte, de cerca de 16 msnm, formando una pendiente imperceptible en una distancia cercana a 87 kilómetros. Debido a su topografía el paisaje está dominado por la presencia de ciénagas interconectadas por medio de caños con zonas cuya inundación es fluctuante, que son denominadas playones, si están alrededor de una ciénaga, orillares y vegas, si están en las orillas de los ríos, e incluso islas. La zona permanece anegada durante siete meses al año, de abril a noviembre, debido a la acción de los tres ríos. La zona tiene un clima tropical cálido y húmedo con temperaturas constantes cercanas a los 28°C. El régimen

de lluvias tiene una temporada seca anual que va de diciembre a abril y los meses más lluviosos van de agosto a octubre.

2.3 Determinación de la población

La población se refiere al conjunto de individuos para el cual serán válidas las conclusiones que se obtengan como resultado de la presente investigación. Teniendo en cuenta que uno de los objetivos específicos de la misma es identificar las especies en mayor riesgo de ser arrolladas en la vía San Marcos Majagual como consecuencia de su desplazamiento territorial se tomará como base un estudio elaborado por Orlando De La Ossa-Nadjar, y Jaime De La Ossa V, en el cual determinan cual son las especies más vulnerables a atropellamientos en el departamento de Sucre, en su estudio Fauna silvestre atropellada en dos vías principales que rodean Los montes de María, Sucre, Colombia.

Tabla 2 Listado de especies de fauna silvestres atropelladas en total para las dos carreteras. Incluye estatus según categorías IUCN (Unión Internacional para la conservación de la Naturaleza) (2010): NE = No evaluado; LC = Preocupación menor; NT = Amenazado; VU = Vulnerable.

Taxón	Especie	N. Común	Estatus	Época de lluvia	Época de sequía	Total
Anfibios	<i>Rhinella marina</i>	Sapo común	LC	19	190	209
	<i>Scinax sp</i>	Rana	-	0	1	1
	<i>Leptodactylus bolivianus</i>	Saltona	LC	2	5	7
	Anfibios NI			11	25	36
Total, Anfibios				32	221	253
Reptiles	<i>Leptodeira septentrionalis</i>	Ojo de gato	NE	7	47	54
	<i>Pseudoboa neuwiedii</i>	Coralito	NE	3	13	16
	<i>Epicrates cenchria</i>	Candelilla	NE	7	9	16
	<i>Imantodes cenchoa</i>	Bejuquillo	NE	1	15	16
	<i>Oxyrhopus petola</i>	Gargantilla	NE	4	6	10
	<i>Helicops danieli</i>	Mapaná de agua	NE	2	7	9
	<i>Liophis lineatus</i>	Guarda camino	NE	3	6	9
	<i>Phimophis guianensis</i>	Culebrita	NE	1	7	8

	<i>Boa constrictor</i>	Boa	NE	1	3	5
	<i>Chironius carinatus</i>	Cazadora	NE	3	2	5
	<i>Leptodeira annulata</i>	Coral	NE	0	5	5
	<i>Bothros asper</i>	Mapaná	NE	2	0	2
	<i>Liophis melanotus</i>	Guarda camino	NE	1	1	2
	<i>Micrurus sp.</i>	Coral	NE	0	2	2
	<i>Clelia clelia</i>	Víbora	NE	1	0	1
	<i>Leptodeira sp.</i>	Bejuquillo	NE	1	0	1
	<i>Leptodeira ahaetulla</i>	Bejuquillo	NE	0	1	1
	<i>Liopis sp.</i>	Coral	-	1	0	1
	<i>Mastigodryas pleei</i>	Cazadora	NE	1	0	1
	<i>Spilotes pullatus</i>	Cazadora	NE	0	1	1
	<i>Iguana iguana</i>	Iguana	LC	2	12	14
	<i>Kinosternon scorpioides</i>	Tapa culo	LC	9	6	15
	<i>Trachemys callirostris</i>	Hicotea	VU	0	2	2
	<i>Caiman crocodilus</i>	Babilla	LC	0	1	1
	Serpientes NI			7	17	24
Total, Reptiles				57	163	220
Aves	<i>Coragyps atratus</i>	Golero	LC	1	3	4
	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Chicha fría	LC	0	4	4
	<i>Buteo sp.</i>	Gavilán	-	1	2	3
	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Garrochero	LC	0	2	2
	<i>Buteo magnirostris</i>	Gavilán	LC	0	1	1
	<i>Buteo nitidus</i>	Gavilán	LC	0	1	1
	<i>Campylorhynchus griseus</i>	Chupa huevo	LC	1	0	1
	<i>Cathartes aura</i>	Laura	LC	1	0	1
	<i>Columba domestica</i>	Paloma	-	0	1	1
	<i>Milvago chimachima</i>	Pigua	LC	0	1	1
	<i>Thraupis episcopus</i>	Azulejo	LC	0	1	1
	Aves NI			1	5	6
Total, Aves				5	21	26
Mamíferos	<i>Didelphys marsupialis</i>	Zorra chucha	LC	17	67	84
	<i>Cerdocyon tous</i>	Zorra perra	LC	2	6	9
	<i>Tamandua mexicana</i>	Tamandúa	LC	1	8	9
	<i>Rattus sp.</i>	Rata	-	2	3	5
	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo	LC	0	5	5

	Conepatus semistriatus	Zorrillo	LC	0	1	1
	Puma yaguarundí	Gato pardo	LC	0	1	1
	Speothos venaticus	Perro de monte	NT	1	0	1
	Mamíferos NI – No Identificados		1	4	5	
Total, Mamíferos				24	95	119

Fuente: Tomado de (De la Ossa-Nadjar & De la Ossa V, 2013)

Tabla 3 Fauna silvestre por taxón colisionada acorde con época del año

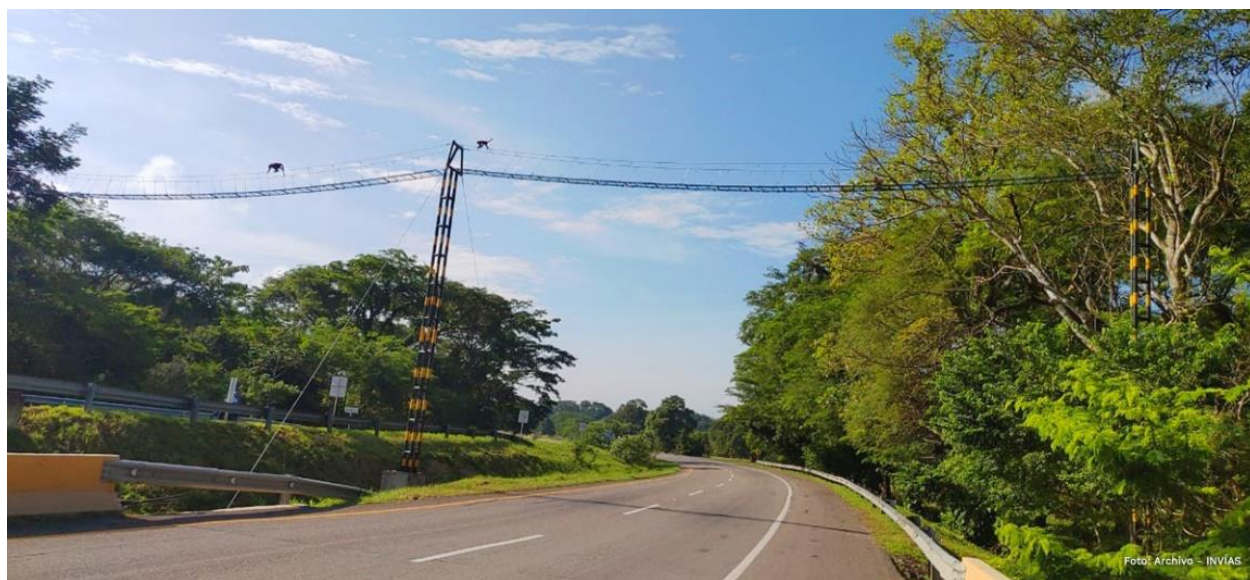
Época	Anfibios	Reptiles	Aves	Mamíferos	NI	Total
Lluvia	32 (26,7%)	57 (47,5%)	5 (4,2%)	24 (20,0%)	2 (1,6%)	120
Sequía	221 (44,1%)	163 (32,5%)	21 (4,2%)	95 (19%)	1 (0,2%)	501
Total	253 (40,7%)	220 (35,4%)	26 (4,2%)	119 (19,2%)	3 (0,5%)	621

Fuente: Tomado de (De la Ossa-Nadjar & De la Ossa V, 2013)

2.4 Selección de puntos de muestreo

El criterio de selección no probabilístico usado fue selección por conveniencia (Otzen, 2017), se escogerán 7 pasos de fauna en la vía San Marcos – Majagual, ubicados en corregimientos o asentamientos entre estos dos municipios donde se puedan obtener datos de atropellamientos, especies vulneradas, existencia o no de pasos de fauna. Los puntos serán en los tramos de vías entre: San Marcos - Las Chispas; Las Chispas - El Cauchal; El Cauchal - La sierpe; La sierpe - La Candelaria; La Candelaria - Las Palomitas; Las Palomitas - San Roque; San Roque – Majagual.

Imagen 6. Paso elevado de fauna ubicado vía Tolú, San Onofre departamento de Sucre



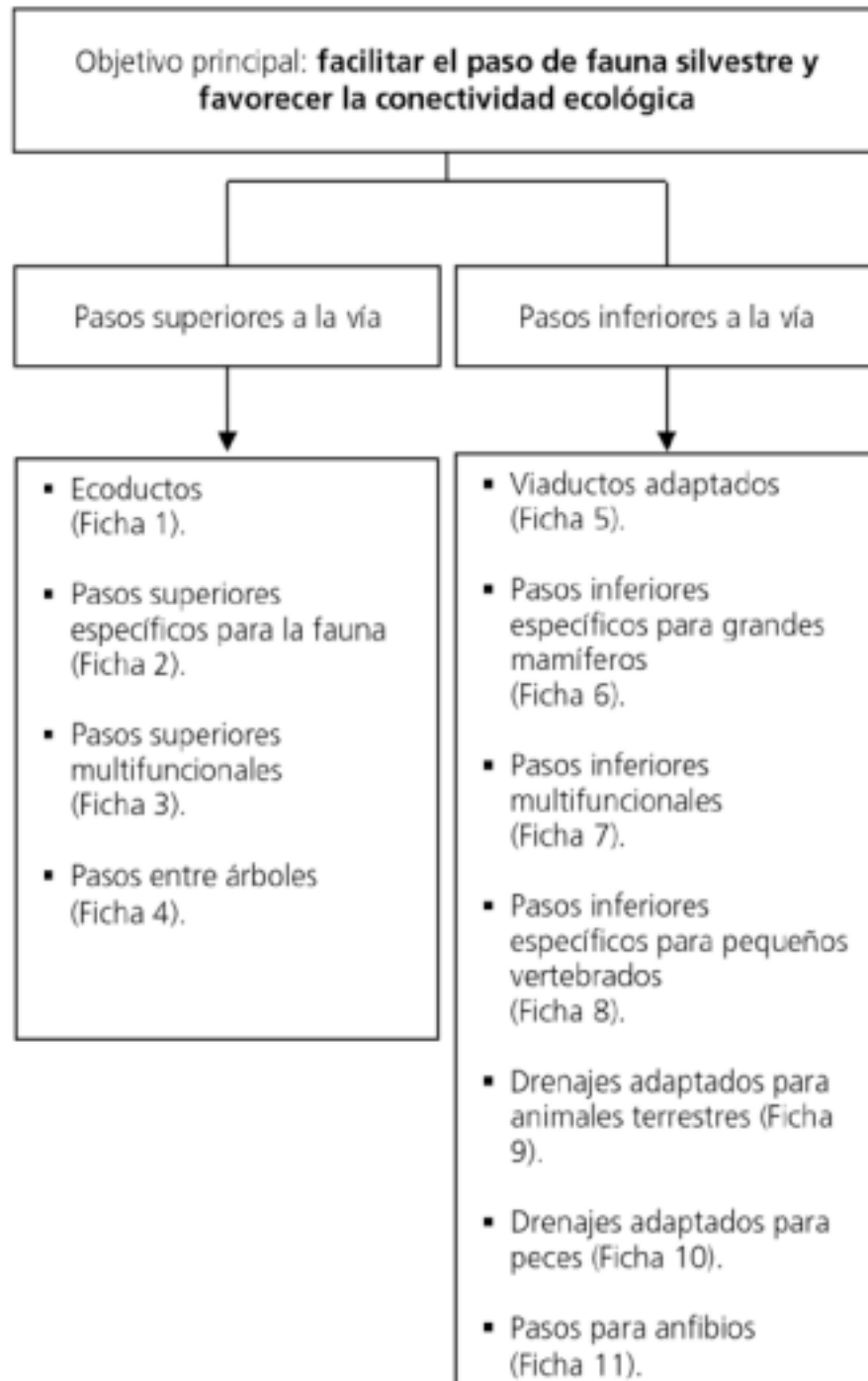
Fuente: Invias

2.5 Estructuras de cruce de vida silvestre

Entendiéndose como estructuras “adecuadas a las características y requerimientos específicos para la movilidad de las diferentes especies para las cuales se decide recuperar parcialmente la conectividad de un lado al otro de la carretera” (Correa, 2020), debe tenerse en cuenta que estas medidas no tienen una conectividad del 100% debido a solo genera una permeabilidad limitada, sin embargo el proceso de diseño debe ser cuidadoso y concienzudo en “la necesidad, la ubicación, las dimensiones y las características complementarias” (Correa, 2020).

De forma general estos pasos “se pueden clasificar en pasos por encima (superiores) y pasos por debajo (inferiores) de las vías y los diseños tienen características generales que han sido probadas (...) que se han ajustado a partir de la experiencia” (Correa, 2020) dependiendo del tipo de paso, pueden existir varias opciones a implementar

Imagen 7. Opciones de pasos de vida silvestre.



Fuente: tomado de (Gobierno de España, 2015)

2.5.1 Pasos superiores – aéreo

Este tipo de pasos también se conocen con el nombre de “*puentes verdes*”, deben tener un ancho mínimo de 8 metros, su suelo tiene que estar acondicionado con la vegetación del lugar y su parapeto debe estar cubierto con cercas de madera que funcionan como barrera visual y auditiva” (Cano Gómez, 2016)

Imagen 8. Dimensiones adecuadas para pasos superiores

Tipo de paso	Usos	Grupos de fauna de referencia	Dimensiones	
			Mínimas	Recomendadas
Ecoducto	Específico para fauna	Todos, excepto anfibios y especies acuáticas	A: 80 m	***
Paso inferior específico para fauna	Específico para fauna	Grandes mamíferos	A: 20 m A/L > 0.8	A: 40-50 m
Paso inferior multifuncional	Paso de fauna y vía pecuaria	Grandes mamíferos	A: 10 m A/L > 0.8	A: 20-50 m
Paso entre árboles	Específico para fauna	Mamíferos arborícolas (monos, ardillas, marsupiales)	***	***

Fuente: tomado de (Cano Gómez, 2016)

2.5.2 Pasos inferiores - subterráneos

Las dimensiones de estos pasos dependen directamente del tamaño de las especies para las que se diseñe, de manera que, “para animales medianos, el ancho puede ser entre 5 y 12 metros mientras que para animales de gran tamaño el ancho del paso puede ser hasta 25 metros. La altura H de varía entre los 3 y 5 metros” (Cano Gómez, 2016)

Imagen 9. Dimensiones adecuadas para pasos inferiores.

Tipo de paso	Usos	Grupos de fauna de referencia	Dimensiones				
			Mínimas (AxH)		Recomendadas (AxH)		
Viaducto	Multifuncional	Todos	***		***		
Paso superior específico para grandes mamíferos	Específico para la fauna	Grandes mamíferos	Jabalí: 7 x 3.5 m		15 x 3.5 m		
			Índice de apertura > 0.75				
			Ciervo: 12 x 3.5 m				
Paso superior multifuncional	Mixto: Paso de fauna y vía pecuaria	Grandes mamíferos	Jabalí: 7 x 3.5 m		15 x 3.5 m		
			Índice de apertura > 0.75				
			Ciervo: 12 x 3.5 m				
Paso superior específico para pequeños vertebrados	Específico para la fauna	Pequeños vertebrados	2 x 2 m		***		
			2 x 2 m		***		
			2 x 2 m		***		
Drenaje adaptado para animales terrestres	Mixto: Paso de fauna y drenaje	Pequeños vertebrados	2 x 2 m		***		
Drenaje adaptado para peces	Mixto: Paso de fauna y drenaje	Peces	***		***		
Paso para anfibios	Específico para la fauna	Anfibios	Longitud (m):	<20	20-30	30-40	40-50
			Sección AxH (m):	1x0.75	1.5x1	1.75x1	2x1.5
			Diámetro (m):	1	1.4	1.6	2

Fuente: tomado de (Cano Gómez, 2016)

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Alcance de la investigación e instrumentos de recolección de datos

Teniendo en cuenta que se desea seguir un enfoque cualitativo, se hace absolutamente necesario establecer un alcance que permita delimitar eficazmente las acciones a realizar, en este sentido se propone un alcance exploratorio donde se permita examinar y proponer sobre una temática poco analizada en la región de la Mojana y a su vez que permita establecer modelos de base para el diseño y ejecución de obras futuras en materia de protección de vida silvestre.

Dentro de este tipo de investigación en particular se propone una base metodológica en tres fases:

- Investigación: Se realizó en dos etapas: la primera correspondiente a una aproximación de la problemática a través del estudio de literatura, documentos oficiales públicos relevantes para el estudio de especies amenazadas, investigaciones previas disponibles y otros documentos que permitan profundizar todos los aspectos necesarios para la comprensión y ahondamiento en el tema de estudio. Para esta fase, se recurre a instrumentos de consulta presentando una conceptualización teórica que constó de una descripción de los tipos de pasos de fauna con sus características y ventajas.

La segunda etapa consiste en un proceso continuo de observación correspondiente al monitoreo físico y toma de datos de incidentes presentados entre los meses de diciembre de 2022 a febrero de 2023, de manera que se registra la fecha, el tipo de accidente, la especie afectada y el resultado de dicho accidente siguiendo el formato de registro establecido en la imagen 10, dicho proceso se realizó con asistencia de siete colaboradores de la zona distribuidos por los diferentes tramos seleccionados (San Marcos - Las Chispas; Las Chispas - El Cauchal; El

el volumen de tránsito promedio de la zona para determinar de manera más precisa y optima el paso de fauna más adecuado, para esto se tiene en cuenta el formato de registro establecido en la imagen 11 que servirá de base para la determinación del tránsito promedio diario (TPD).

Imagen 11. Formato de registro para aforo vehicular.

AFORO VEHICULAR DEL PROYECTO: "Estudio de la implementación de pasos de fauna como estrategia para la mitigación de atropellamientos de especies autóctonas en la región de la Mojana"								
VIA:	San Marcos - Majagual Sucre							
DIRECCION:								
AFORADOR:								
FECHA:								
SENTIDO:	Desde San Marcos a la altura del corregimiento de la Serpie							
PERIODO	AUTO-TAXI	BUS	BUSETA	C2 -P	C2 - G	≥ C3	MOTOS	
6:00	6:15							
6:15	6:30							
6:30	6:45							
6:45	7:00							
7:00	7:15							
7:15	7:30							
7:30	7:45							
7:45	8:00							
8:00	8:15							
8:15	8:30							
8:30	8:45							
8:45	9:00							
9:00	9:15							
9:15	9:30							
9:30	9:45							
9:45	10:00							
10:00	10:15							
10:15	10:30							
10:30	10:45							
10:45	11:00							
11:00	11:15							
11:15	11:30							
11:30	11:45							
11:45	12:00							
12:00	12:15							
12:15	12:30							
12:30	12:45							
12:45	13:00							
13:00	13:15							
13:15	13:30							
13:30	13:45							
13:45	14:00							

Fuente elaboración propia

- Análisis: una vez se cuenta con los datos suficientes para realizar una estimación real de las especies afectadas y con la información necesaria, se presenta una conceptualización de los mejores procesos constructivos aplicados para el paso de fauna, realizando una descripción detallada del tipo de paso seleccionado como el más efectivo para la zona exponiendo las características y hallazgos, así mismo se presenta la información recopilada mediante los instrumentos de observación en tablas, gráficas y esquemas necesarios para brindar claridad.

- Resultado y propuesta: se da respuesta a la hipótesis inicialmente trazada mediante el planteamiento de una presentación objetiva de la mejor estrategia para el paso de vida silvestre en la vía intermunicipal que conecta a San Marcos con Majagual Sucre en la región de la Mojana exponiendo un diseño preliminar que sirve como base para estudios posteriores aplicando matrices, tablas y figuras pertinentes para la discusión de resultados y propuesta final como resultado de investigación.

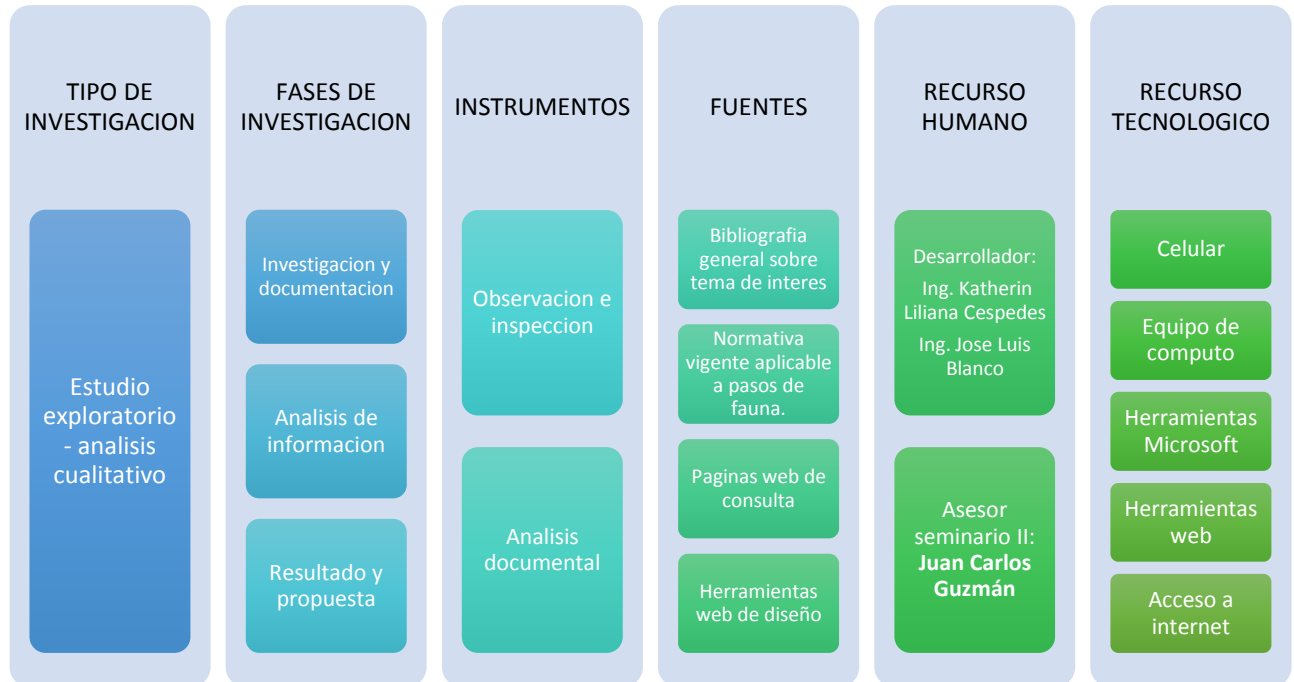
Las fases anteriormente descritas conforman un proceso de acciones a seguir que permiten dar cumplimiento a los objetivos inicialmente propuestos:

- Se identifican las especies más afectadas en la zona por atropellamiento en la vía San Marcos a Majagual como consecuencia de su desplazamiento territorial.

- Se determina el tipo de paso de fauna más adecuado teniendo en cuenta las especies en mayor riesgo de atropellamiento y la topografía existente en la vía San Marcos a Majagual.

- Se propone un proceso constructivo con materiales amigables con el medio ambiente para la implementación de los pasos de fauna en la vía San Marcos Majagual.

Figura 1. Esquema metodológico propuesto.



Fuente: elaboración propia

4. HIPÓTESIS

La región de la mojana colombiana se integra por once municipios (San Marcos, Sucre, San Benito Abad, Majagual, Guaranda, Caimito, Ayapel, Magangué, Achí, San Jacinto del Cauca y Mechi) correspondientes a territorio de cuatro departamentos (Sucre, Córdoba, Bolívar y Antioquia), lo que la sitúa en zona del Caribe y laderas de la cordillera occidental, reuniendo a su vez corrientes de los ríos Magdalena, Cauca, y San Jorge, creando las ciénagas de Ayapel y San Marcos.

Adicionalmente, y en consecuencia tanto de la topografía como los arroyos y depósitos de agua que se constantemente se filtran por el subsuelo hacen que la zona esté casi permanentemente inundada, de manera que la red vial presente en la zona innegablemente atraviesa extensos humedales que incluyen gran variedad de especies de fauna silvestre, de acuerdo a Víctor Hugo Vásquez, colaborador de la organización Conservación internacional Colombia, esta zona aloja especies “como Marimonda (*Ateles geoffroyi*), Carita blanca o Machín (*Cebus capucinus*), Mono colorado (*Alouatta seniculus*), Titi cabeciblanco (*Saguinus oedipus*) y Marta (*Aotus lemurinus*)” (Vasquez Vasquez, 2005), además de otras especies como “Guartinaja (*Agouti paca*), puerco espín (*Coendou prehensilis*), Perico ligero (*Choloepus hoffmanni*), perro de monte (*Potus flavus*), Zorro (*Cerdocyon thous*), Venado (*Mazama americana*), Armadillo (*Dasypus novencinctus*), gavián (*Buteo nitidus*), Lora (*Amazona ochrocephala*), Guacamayas (*Ara ararauna*, *A. macao* y *A. severa*)” (Vasquez Vasquez, 2005) y se destaca de manera especial la presencia de especies endémicas como “la tortuga Carranchima (*Mesoclemmys dahli*), considerada como el reptil continental más cercano al borde de la extinción en toda Suramérica” (Vasquez Vasquez, 2005)

Por otra parte, desde hace varios años, en Colombia, se inició la implementación de pasos de fauna en diferentes corredores viales del país como es el caso de los proyectos promovidos por la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) que en 2016 construyó “28 pasos de fauna terrestres, que funcionan como túneles por debajo de la doble calzada, para zarigüeyas, ratones de campo, zorros, serpientes, ranas, iguanas, lagartos, jaguares y osos hormigueros, entre otras especies, y 4 pasos arborícolas, que simulan puentes colgantes para el tránsito de osos perezosos y primates” (Agencia

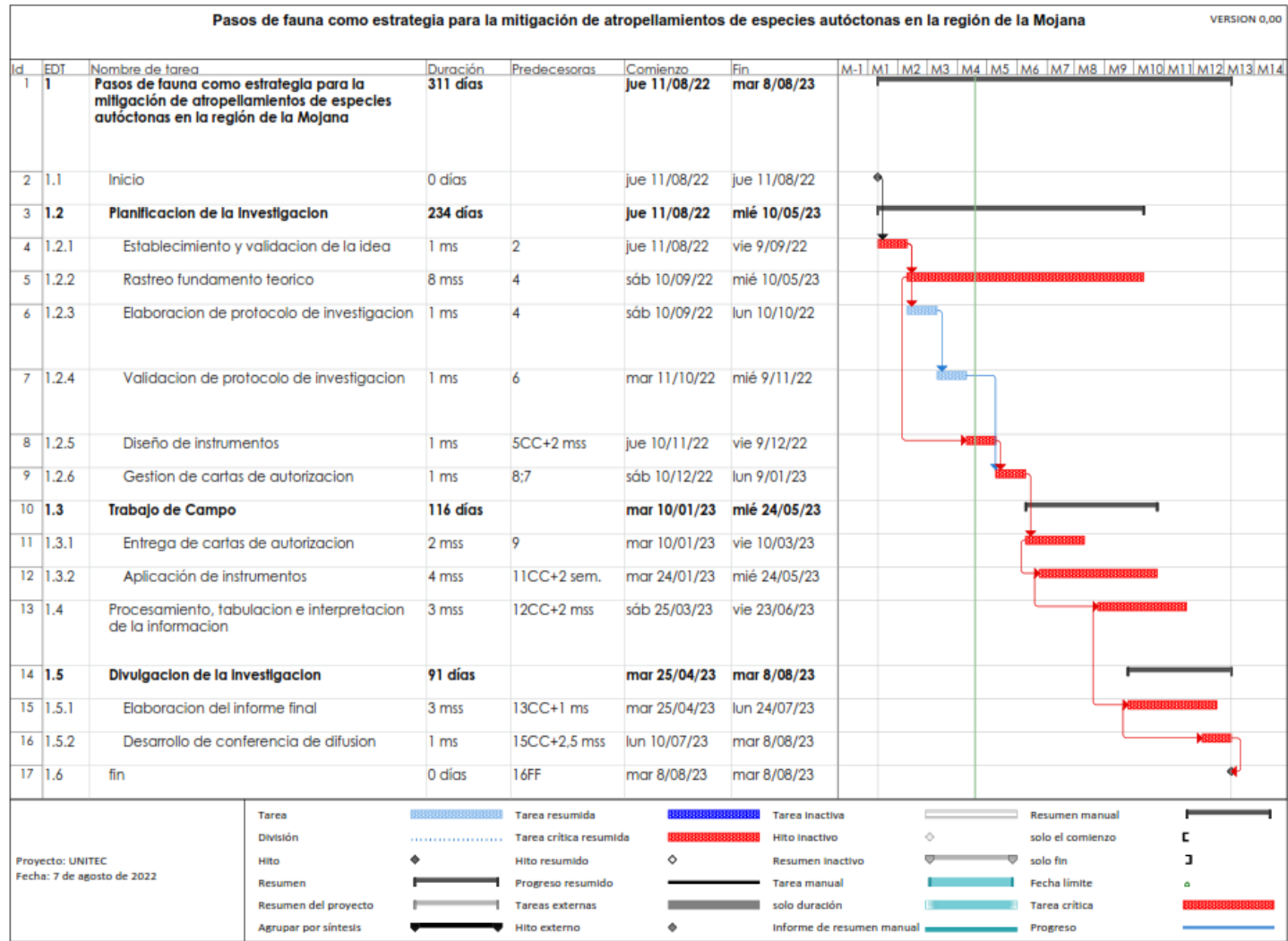
Nacional de Infraestructura ANI, 2016) en la ruta del sol y otros proyectos similares como protección al medio ambiente.

Teniendo en cuenta las características de los diferentes tipos de pasos para fauna, la hipótesis inicial es de carácter descriptivo:

La estrategia óptima para mitigar los atropellamientos de vida silvestre en la vía intermunicipal que conduce de San Marcos a Majagual Sucre en la región de la Mojana es la implementación de un paso de fauna de tipo inferior o subterráneo, adaptado para las especies de principal afectación en la zona.

5. CRONOGRAMA

Figura 2. Cronograma de la investigación



Fuente elaboración propia

6. PRESUPUESTO

Figura 3. Presupuesto propuesto para el proyecto.

Pasos de fauna como estrategia para la mitigación de atropellamientos de especies autóctonas en la región de la Mojana					
EDT	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
1.2	Planificación de la Investigación				\$ 14.229.000,00
1.2.1	Establecimiento y validación de la idea	UND	1,00	\$ 12.000.000,00	\$ 12.000.000,00
1.2.2	Rastreo fundamento teórico	UND	1,00	\$ 600.000,00	\$ 600.000,00
1.2.3	Elaboración de protocolo de investigación	UND	1,00	\$ 580.000,00	\$ 580.000,00
1.2.4	Validación de protocolo de investigación	UND	1,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00
1.2.5	Diseño de instrumentos	UND	1,00	\$ 684.000,00	\$ 684.000,00
1.2.6	Gestión de cartas de autorización	UND	1,00	\$ 125.000,00	\$ 125.000,00
1.3	Trabajo de Campo				\$ 2.760.000,00
1.3.1	Entrega de cartas de autorización	UND	1,00	\$ 460.000,00	\$ 460.000,00
1.3.2	Aplicación de instrumentos	UND	1,00	\$ 1.560.000,00	\$ 1.560.000,00
1.4	Procesamiento, tabulación e interpretación de la información	UND	1,00	\$ 740.000,00	\$ 740.000,00
1.5	Divulgación de la investigación				\$ 1.550.000,00
1.5.1	Elaboración del informe final	UND	1,00	\$ 350.000,00	\$ 350.000,00
1.5.2	Desarrollo de conferencia de difusión	UND	1,00	\$ 1.200.000,00	\$ 1.200.000,00
TOTAL COSTO DIRECTOS					\$ 18.539.000,00
	GASTOS ADMINISTRATIVOS	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	
	Viáticos	Glb	1	\$ 1.483.120,00	\$ 1.483.120,00
	Equipos de Computo	Und	2	\$ 1.800.000,00	\$ 3.600.000,00
	Impresoras	Und	2	\$ 560.000,00	\$ 1.120.000,00
	Honorarios apoyo de campo	Und	6	\$ 100.000,00	\$ 600.000,00
	Servicios públicos (Energía, Internet)	mes	12	\$ 30.000,00	\$ 360.000,00
	Papelería	Glb	1	\$ 370.780,00	\$ 370.780,00
TOTAL GASTOS ADMINISTRATIVOS					\$ 7.533.900,00
TOTAL COSTO INVESTIGACION					\$ 26.072.900,00

Elaborado por: Ing. Jose Luis Blanco

Revisado Por: Ing. Katherin Cespedes

Fuente elaboración propia

7. RESULTADOS

7.1 Identificación de hallazgos

De acuerdo con lo expuesto en el diseño metodológico, se realiza proceso de observación y toma de datos de incidentes presentados entre los meses de diciembre de 2022 a febrero de 2023 con asistencia de siete colaboradores de la zona distribuidos por los diferentes tramos previamente seleccionados, realizando la identificación de las especies más afectadas por atropellamiento, para establecer un conteo adecuado y establecer una identificación óptima de las especies más afectadas en la zona, se realiza la numeración de tramos objeto de la presente investigación de la siguiente manera:

Tabla 4. Numeración de tramos para recopilación de datos

Tramo	Numeración
San Marcos - Las Chispas	1
Las Chispas - El Cauchal	2
El Cauchal - La sierpe	3
La sierpe - La Candelaria	4
La Candelaria - Las Palomitas	5
Las Palomitas - San Roque	6
San Roque - Majagual	7

Fuente elaboración propia.

Una vez finalizada la toma de datos mediante el proceso de observación entre los meses de diciembre de 2022 y febrero de 2023, se realiza recopilación de la información obtenida y se obtiene una identificación de las especies más afectadas en cada uno de los tramos de acuerdo con el periodo climático en la región como se demuestra en las tablas 6 y 7.

Tabla 5. Identificación de especies afectadas por tramo.

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES AFECTADAS POR TRAMO								
TRAMO	7	6	5	4	3	2	1	
AVES								
Ave chicha fría	0	0	0	0	0	0	2	2
Ave chupa huevo	1	0	0	0	0	2	0	3
Ave garrochero	0	0	0	0	0	0	1	1
Ave golero	2	2	0	2	0	0	1	7

Ave Laura	0	0	2	0	0	0	0	2
Ave pigua	0	0	0	0	1	0	0	1
Ave sin identificar	0	2	3	0	2	0	4	11
Azulejo	0	0	0	2	0	0	0	2
Gavilán	0	1	0	1	0	0	0	2
Paloma	1	0	0	0	0	0	0	1
	4	5	5	5	3	2	8	
Total Aves								32
REPTILES								
Babilla	0	0	0	0	0	0	2	2
Boa	0	0	0	0	0	0	2	2
Coralito	0	5	0	4	7	0	1	17
Culebrita	0	2	4	0	2	1	1	10
Iguana	7	0	5	0	0	14	9	35
Serpiente bejuquillo	0	1	0	1	0	0	0	2
Serpiente candelilla	0	0	0	2	7	3	2	14
Serpiente cazadora	1	0	0	5	7	2	0	15
Serpiente coral	0	2	0	0	0	0	0	2
Serpiente desconocida	0	4	0	3	5	0	4	16
Serpiente gargantilla	8	1	0	0	1	0	0	10
Serpiente guarda camino	0	0	0	0	0	0	2	2
Serpiente Mapaná	0	3	12	9	3	1	11	39
Serpiente ojo de gato	6	8	10	3	0	5	6	38
Tapa culo	0	4	1	0	1	0	0	6
Tortuga hicoatea	4	0	0	0	0	4	0	8
víbora	0	0	0	0	3	0	0	3
	26	30	32	27	36	30	40	
Total Reptiles								221
ANFIBIOS								
Rana	1	0	0	1	0	0	2	4
Saltona	0	1	0	1	2	2	2	8
Sapo	27	27	16	26	26	31	22	175
	28	28	16	28	28	33	26	
Total Anfibios								187
MAMÍFEROS								
Chucha	7	6	9	15	14	9	6	66
Conejo	2	2	0	2	0	3	5	14
Gato de monte	0	0	0	0	0	0	3	3
Gato pardo	0	0	0	1	0	0	0	1
Mamífero desconocido	0	2	3	0	1	0	4	10
Rata	5	4	2	4	0	1	1	17
Tamanduá	1	0	1	0	0	1	0	3
Zorra perra	0	0	0	1	0	0	0	1
Zorrillo	1	0	1	0	0	0	1	3
	16	14	16	23	15	14	20	
Total Mamíferos								118

Fuente elaboración propia

Tabla 6. identificación de especies afectadas por período climático.

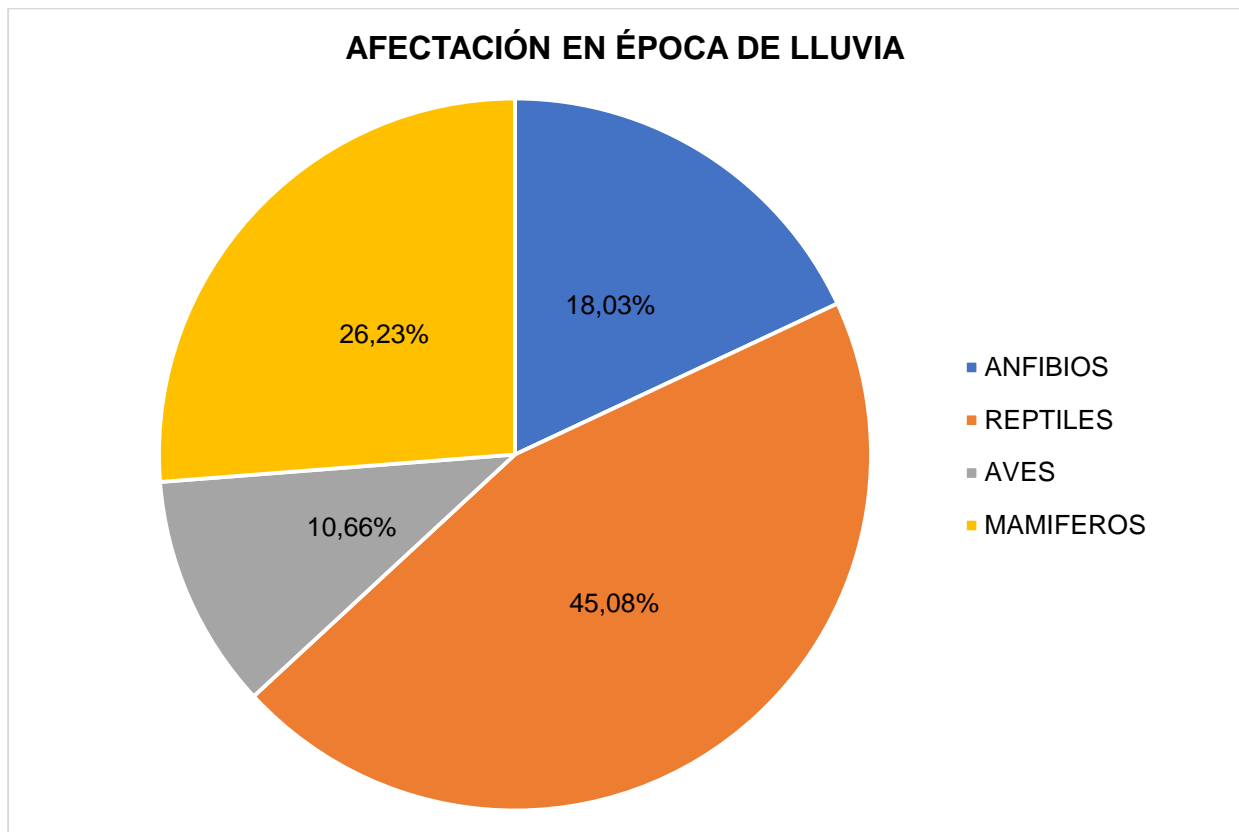
Taxón	Especie	N. Común	Época de lluvia	Época de sequía	Total
Anfibios	<i>Rhinella marina</i>	Sapo común	21	154	175
	<i>Scinax sp</i>	Rana	0	4	4
	<i>Leptodactylus bolivianus</i>	Saltona	1	7	8
	Anfibios No Identificados		0	0	0
Total Anfibios			22	165	187
Reptiles	<i>Leptodeira septentrionalis</i>	Ojo de gato	4	34	38
	<i>Pseudoboa newwiedii</i>	Coralito	1	16	17
	<i>Epicrates cenchría</i>	Candelilla	9	5	14
	<i>Imantodes cenchoa</i>	Bejuquillo	0	2	2
	<i>Oxyrhopus petola</i>	Gargantilla	4	6	10
	<i>Bothros asper</i>	Mapaná	12	27	39
	<i>Phimophis guianensis</i>	Culebrita	2	8	10
	<i>Boa constrictor</i>	Boa	0	2	2
	<i>Chironius carinatus</i>	Cazadora	5	10	15
	<i>Leptodeira annulata</i>	Coral	0	2	2
	<i>Liophis melanotus</i>	Guarda camino	1	1	2
	<i>Clelia clelia</i>	Víbora	1	2	3
	<i>Iguana iguana</i>	Iguana	8	27	35
	<i>Kinosternon scorpioides</i>	Tapa culo	4	2	6
	<i>Trachemys callirostris</i>	Hicotea	0	8	8
	<i>Caiman crocodilus</i>	Babilla	0	2	2
Serpientes No Identificados		4	12	16	
Total Reptiles			55	166	221
Aves	<i>Coragyps atratus</i>	Golero	5	2	7
	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Chicha fría	0	2	2
	<i>Buteo sp.</i>	Gavilán	1	1	2
	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Garrochero	0	1	1
	<i>Campylorhynchusgriseus</i>	Chupa huevo	1	2	3
	<i>Cathartes aura</i>	Laura	1	1	2
	<i>Columba domestica</i>	Paloma	0	1	1
	<i>Milvago chimachima</i>	Pigua	1	0	1
	<i>Thraupis episcopus</i>	Azulejo	0	2	2
	Aves No Identificados		4	7	11
Total Aves			13	19	32
Mamíferos	<i>Didelphys marsupialis</i>	Zorra chucha	13	53	66
	<i>Cerdocyon tous</i>	Zorra perra	1	0	1

Tamandúa mexicano	Tamandúa	0	3	3
Rattus sp.	Rata	12	5	17
Sylvilagus floridanus	Conejo	2	12	14
Conepatus semistriatus	Zorrillo	0	3	3
Puma yaguarundí	Gato pardo	1	0	1
Speothos venaticus	Gato de monte	1	2	3
Mamíferos No Identificados		2	8	10
Total Mamíferos		32	86	118

Fuente elaboración propia

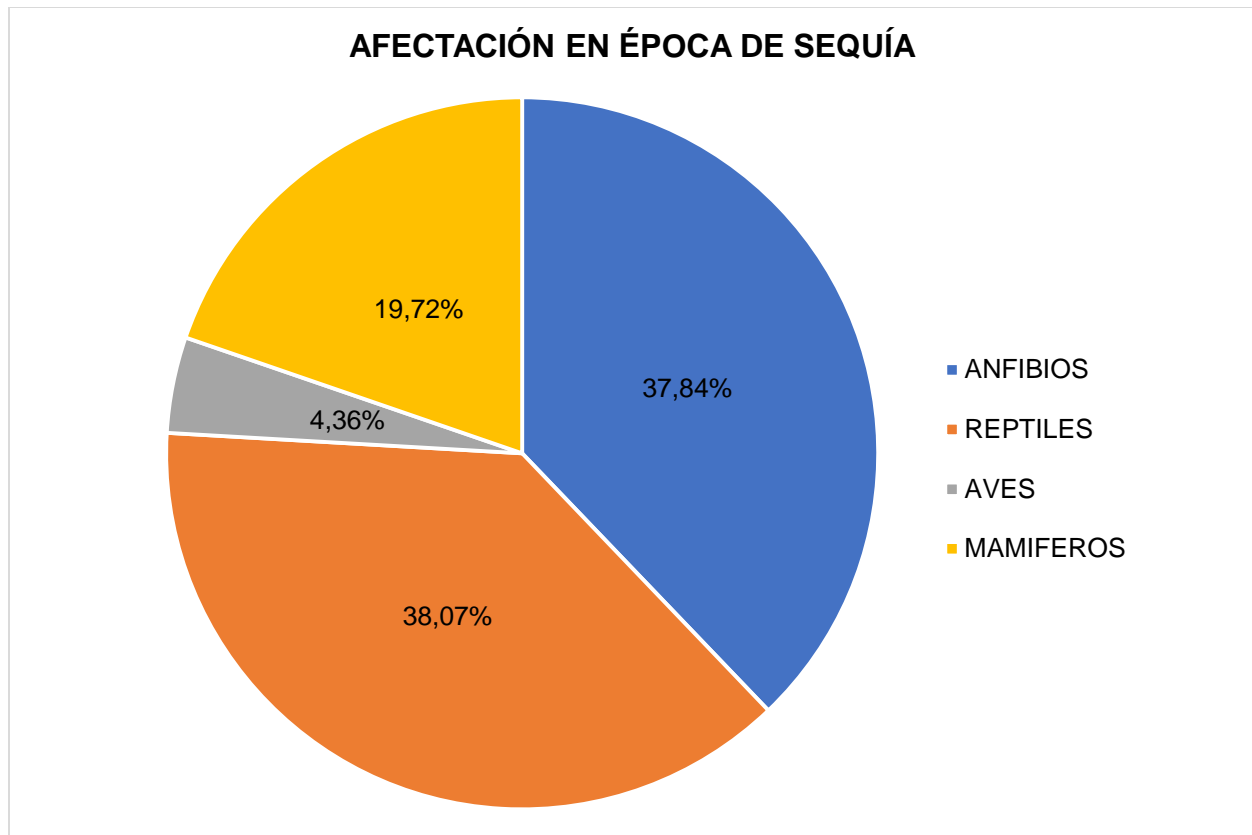
Se realiza adicionalmente una identificación gráfica del porcentaje de afectación de cada especie tanto en época de lluvia como en época de sequía determinando el impacto de manera más clara y concisa.

Figura 4. Especies más afectadas en época de lluvia.



Fuente elaboración propia

Figura 5. Especies más afectadas en época de sequía.



Fuente elaboración propia

Se tiene en cuenta además un análisis e identificación de la especie más afectada, teniendo en cuenta los incidentes totales presentados donde se demuestra que la mayor afectación es para los reptiles y anfibios principalmente en época de sequía al realizarse cambios de hábitad como resultado de la búsqueda de entornos de mayor humedad, información que se recopila en la tabla 7 mediante la identificación de especies por tramo objeto de la investigación.

Tabla 7. Identificación de especies de mayor afectación por atropellamiento por tramo.

Estudio de la implementación de pasos de fauna como estrategia para la mitigación de atropellamientos de especies autóctonas en la región de la Mojana						
Tabla de identificación sitio de mayor índice de atropellamiento fauna en la vía entre San Marcos y Majagual Sucre						
Localización Tramo	Cantidad de eventos	Especie más afectada	Existe Paso de fauna	Longitud tramo (Km)	Invierno /Verano	
San Marcos - Las Chispas	94	Reptiles	No	26	24	70
Las Chispas - El Cauchal	79	Anfibios	No	7	13	66
El Cauchal - La sierpe	82	Reptiles	No	10,5	19	63
La sierpe - La Candelaria	83	Anfibios	No	6	17	66
La Candelaria - Las Palomitas	69	Reptiles	No	18	16	53
Las Palomitas - San Roque	77	Reptiles	No	11,5	17	60
San Roque - Majagual	74	Anfibios	No	8	16	58
Totales	558				122	436

Fuente elaboración propia

Todos los datos reflejados en las tablas 5, 6 y 7 fueron obtenidas mediante proceso de observación de campo, evidencias que se anexan a la presente investigación en su anexo 1.

Una vez finalizada la identificación de las especies con mayor afectación, se realiza una caracterización de estas y una identificación porcentual de incidencias por tramo, de manera que sea posible utilizar dichos datos como base fundamental para el diseño y determinación de propuestas de diseño objeto de la presente investigación.

Tabla 8. Caracterización de dimensiones por especie

Animal	CARACTERÍSTICAS			INCIDENCIA ACCIDENTALIDAD POR TRAMO							
	Alto (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	7	6	5	4	3	2	1	Total
Ave chicha fría	20	26	8	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100,0%
Ave chupa huevo	17	21,5	7	33,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	66,67%	0,00%	100,0%

Ave garrochero	14	19	5	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100,0%
Ave golero	74	85		28,57%	28,57%	0,00%	28,57%	0,00%	0,00%	14,29%	100,0%
Ave Laura	64	81		0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,0%
Ave pigua	38	46		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,0%
Ave sin identificar				0,00%	18,18%	27,27%	0,00%	18,18%	0,00%	36,36%	100,0%
Azulejo	12	16	18	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,0%
Babilla	44	250	104	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100,0%
Boa	30	350	20	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100,0%
Chucha (Zorra común)	35	60	20	10,61%	9,09%	13,64%	22,73%	21,21%	13,64%	9,09%	100,0%
Conejo	25	50	20	14,29%	14,29%	0,00%	14,29%	0,00%	21,43%	35,71%	100,0%
Coralito	5	80	5	0,00%	29,41%	0,00%	23,53%	41,18%	0,00%	5,88%	100,0%
Culebrita	45	80	30	0,00%	20,00%	40,00%	0,00%	20,00%	10,00%	10,00%	100,0%
Gato de monte	30	90	45	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100,0%
Gato pardo	33	130	50	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,0%
Gavilán	70			0,00%	50,00%	0,00%	50,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,0%
Iguana	20	200	35	20,00%	0,00%	14,29%	0,00%	0,00%	40,00%	25,71%	100,0%
Mamífero desconocido				0,00%	20,00%	30,00%	0,00%	10,00%	0,00%	40,00%	100,0%
Paloma	22	37	72	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,0%
Rana	8	7	4	25,00%	0,00%	0,00%	25,00%	0,00%	0,00%	50,00%	100,0%
Rata	10	60	10	29,41%	23,53%	11,76%	23,53%	0,00%	5,88%	5,88%	100,0%
Saltona	4	6,6	2,9	0,00%	12,50%	0,00%	12,50%	25,00%	25,00%	25,00%	100,0%
Sapo	10	15	7	15,43%	15,43%	9,14%	14,86%	14,86%	17,71%	12,57%	100,0%
Serpiente bejuquillo	7,5	125	7,5	0,00%	50,00%	0,00%	50,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,0%
Serpiente candelilla	7,5	180	7,5	0,00%	0,00%	0,00%	14,29%	50,00%	21,43%	14,29%	100,0%
Serpiente cazadora	7,5	160	7,5	6,67%	0,00%	0,00%	33,33%	46,67%	13,33%	0,00%	100,0%
Serpiente coral	7,5	104	7,5	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,0%
Serpiente desconocida				0,00%	25,00%	0,00%	18,75%	31,25%	0,00%	25,00%	100,0%
Serpiente gargantilla	7,5	112	7,5	80,00%	10,00%	0,00%	0,00%	10,00%	0,00%	0,00%	100,0%
Serpiente guarda camino	7,5	43	7,5	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100,0%
Serpiente Mapana	7,5	250	7,5	0,00%	7,69%	30,77%	23,08%	7,69%	2,56%	28,21%	100,0%
Serpiente ojo de gato	7,5	106	7,5	15,79%	21,05%	26,32%	7,89%	0,00%	13,16%	15,79%	100,0%
Tamandúa	7,5	80	40	33,33%	0,00%	33,33%	0,00%	0,00%	33,33%	0,00%	100,0%
Tapa culo	9	20	15	0,00%	66,67%	16,67%	0,00%	16,67%	0,00%	0,00%	100,0%
Tortuga hicoatea	15,39	29,3	24,7	50,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	50,00%	0,00%	100,0%
víbora	10	248	10	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,0%
Zorra perra	25	105	35	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,0%
Zorrillo	40	82	30	33,33%	0,00%	33,33%	0,00%	0,00%	0,00%	33,33%	100,0%
DIMENSIONES MAXIMAS	74	350	104								

Fuente elaboración propia

7.2 Aforo vehicular

De acuerdo con lo expuesto en el diseño metodológico, se realiza proceso de observación y toma de datos mediante el conteo de vehículos que transitan por la vía seleccionada de San Carlos a Majagual Sucre entre el lunes 6 de marzo y el sábado 11 de marzo de 2023 teniendo en cuenta los dos sentidos de flujo vehicular, de manera que se obtienen los siguientes resultados promediados de cada día y es posible obtener además el cálculo del Transito Promedio Diario (TPD) que permite conocer las características de diseño de tránsito y las condiciones de uso reales de la infraestructura que ocasionan la generación de un efecto barrera que impide la movilidad de las especies.

Tabla 9. Resumen aforo vehicular

RESUMEN AFORO VEHICULAR							
DIRECCION:	San Marcos - Majagual Sucre						
AFORADOR:	Andrés Mauricio Campo						
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	TPD
Autos	63	76	89	90	106	82	85,00
Buses	1	1	1	0	0	0	1,00
Camiones	22	13	17	10	15	9	15,00
Motos	405	388	385	375	443	345	390,00

TPD	491	Vehículos
------------	-----	-----------

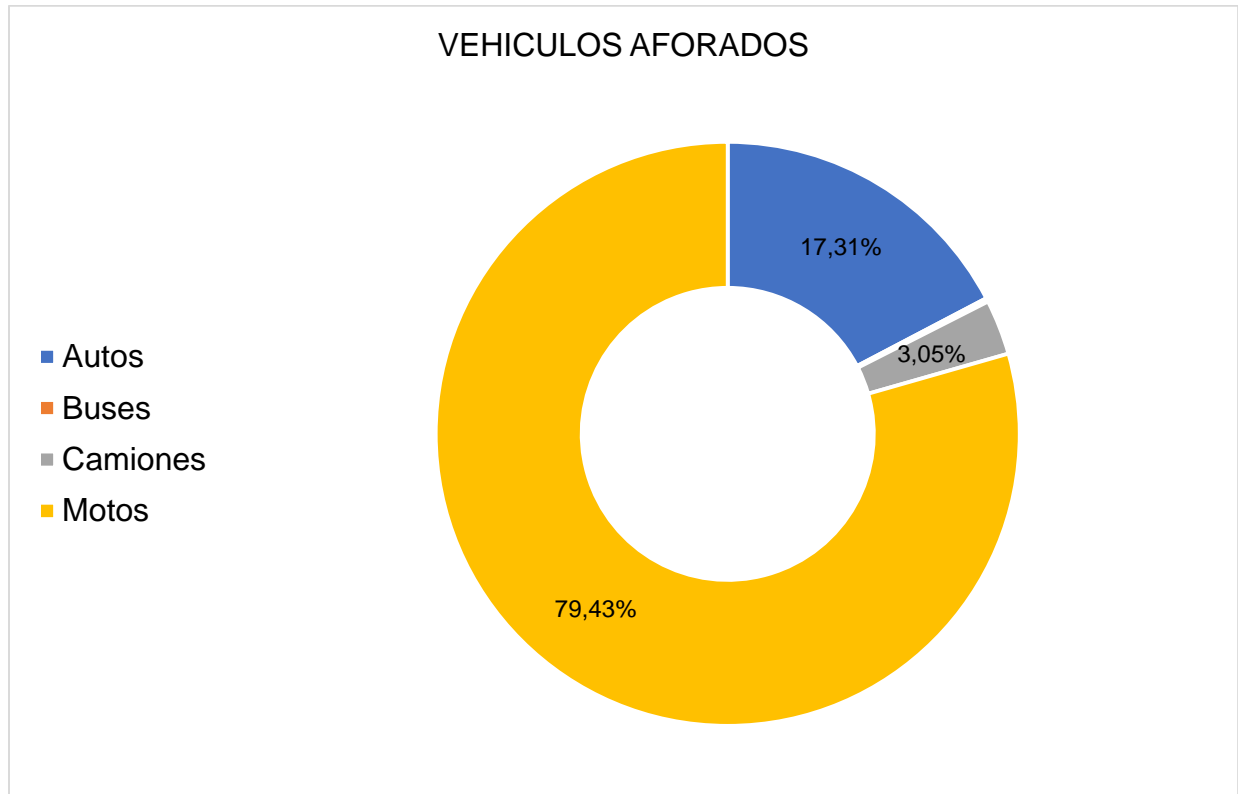
17,31%	Autos
0,20%	Buses
3,05%	Camiones
79,43%	Motos

Fuente elaboración propia

De manera que realizando una interpretación más gráfica y concisa de los resultados obtenidos e identificando los tipos de vehículos de mayor flujo porcentual se

determina que los buses de transporte intermunicipal son los de menor representación en la zona objeto de investigación.

Figura 6. Promedio de vehículos aforados



Fuente elaboración propia

Según los datos recopilados el mayor tránsito se ve representado por el paso de motocicletas, representando también el mayor riesgo de accidentalidad para sus conductores, por otra parte se debe tener en cuenta el paso de camiones que, si bien solo representa el 3,05% del flujo vehicular, por su tamaño y peso representan una afectación importante tanto para las especies de fauna silvestre como para la estructura vial, efectuando una recopilación más precisa de los mismos se establece un resumen del paso de camiones en ambos sentidos mostrado en la tabla 10, obteniendo que el promedio de paso de camiones pequeños de 2 ejes es del 53,33%, camiones grandes de 2 ejes es del 26,67% y camiones 3 o más ejes es del 20%.

Tabla 10. Resumen del tránsito de camiones según aforo vehicular

C2 -P	C2 - G	\geq C3	DIA LUNES
10	6	6	

C2 -P	C2 - G	\geq C3	DIA MARTES
9	5	0	

C2 -P	C2 - G	\geq C3	DIA MIERCOLES
6	7	5	

C2 -P	C2 - G	\geq C3	DIA JUEVES
8	2	0	

C2 -P	C2 - G	\geq C3	DIA VIERNES
8	4	3	

C2 -P	C2 - G	\geq C3	DIA SABADO
7	2	1	

CAMIONES		
C2P	8	53,33%
C2G	4	26,67%
C3	3	20,00%

Fuente elaboración propia

Todos los datos reflejados en las tablas 9 y 10 fueron obtenidas mediante proceso de observación de campo, evidencias que se anexan a la presente investigación en su anexo 2.

7.3 Determinación del Transito Equivalente Diario y Total

Dentro de la determinación de la cantidad y ubicación de los pasos de fauna deben tenerse en cuenta variables dentro de las que se encuentran el cálculo del tránsito equivalente total acumulado.

Para determinar este factor, se debe contar con datos base tales como:

- Transito diario: correspondiente al total de vehículos contabilizados incrementado en un 10%

- La tasa de crecimiento: obtenida a partir del cálculo del TPD total como se aprecia en la tabla de definición de valores

Imagen 12. Tasas de crecimiento aplicables

TPDS	TASA DE CRECIMIENTO (%)	
	Total Vehículos	Vehículos Comerciales
< 500	6.0 - 6.5	5.5 - 6.0
500 - 1000	5.7 - 6.3	5.5 - 6.0
1000 - 2500	4.5 - 5.5	4.0 - 5.0
2500 - 5000	4.5 - 5.5	4.0 - 5.0
5000 - 10000	4.5 - 5.5	4.0 - 5.0
> 10000	4.0 - 6.0	3.0 - 5.0

Fuente tomado de (Intituto nacional de vias, 2020)

- Periodo de diseño: estimado para un mínimo de 20 años
- Transito Equivalente Diario: obtenido del producto entre el número de vehículos y el factor de daño

Tabla 11. Datos base para el cálculo de TED

DIRECCION: San Marcos - Majagual Sucre

CALCULO DEL TRANSITO EQUIVALENTE DIARIO Y TOTAL

TRAN. DIARIO	540	TASA DE CRECIMIENTO %	6
SENTIDO	1	FACTOR CARRIL	1
		PERIODO DE DISEÑO (Años)	20

Fuente elaboración propia

Tabla 12. Cálculo del tránsito equivalente total acumulado

VEHICULOS	PORCENTAJE	NUMERO VEHICULOS DIARIOS	FACTOR DAÑO UNICAUCA	TRANSITO EQUIVALENTE DIARIO	VEHICULOS	NUMERO VEHICULOS ACUMULADO	EJES SIMPLES RUEDA SIMPLE				SIMPLE RUEDA DOBLE		EJES TANDEM		TRIDEM
							2,5	4	6	7	6	10	21	22	24
VEHICULOS	%	540			VEHICULOS										
AUTOS	17,31%	93	0	0	AUTOS	627584									
BUSES	0,20%	1	0,42	0	BUSES	7383		7383		7383					
CAMIONES	3,05%	16			CAMIONES										
C2P	53%	9	0,31	3	C2P	59067	59067			59067					
C2G	27%	4	2,89	13	C2G	29533			29533		29533				
C3	20%	3	5,31	18	C3	22150			22150				22150		
C3S2	0%	0	8,37	0	C3S2	0									
C3S3	0%	0	6,29	0	C3S3	0									
TRANSITO EQUIVALENTE DIARIO				33											
TRANSITO EQUIVALENTE TOTAL ACUMULADO						224376									
TOTAL							59067	7383	51683	0	66450	29533	0	22150	0
							745717								

TIPO DE CAMION	%	SRS ton	SRD ton	TANDEM ton	TRIDEM ton
C2P	53%	2,5	6		
C2G	27%	6	10		
C3	20%	6		22	
BUS	2%	4	6		

EJE	Nº DE REPETICION
SRS	
6	51683
4	7383
2,5	59067
SRD	
10	29533
6	66450
TANDEM	
22	22150

Fuente elaboración propia

7.4 Identificación de alternativas

Como parte de la determinación de resultados y propuestas viables de la presente investigación, se realiza un proceso teórico de posibles soluciones a implementar en la vía que conduce de San Marcos a Majagual Sucre en la región de la Mojana y que permita realizar la prevención y mitigación del índice de accidentalidad y mortalidad de fauna silvestre en esta zona.

Estas alternativas tienen diferentes factores para tener en cuenta, como la determinación a partir de la identificación de las especies más afectadas donde se tiene en cuenta únicamente las características taxonómicas y sus necesidades de movilidad, dentro de estas se establecen medidas tanto de intervención total (pasos de fauna) que permiten la conectividad del ecosistema interrumpido por la infraestructura vial, como medidas de prevención longitudinal o perimetral (cerramientos) que buscan la protección de especies mediante el aislamiento de la infraestructura.

Tabla 13. Identificación de posibles alternativas según la identificación de especies afectadas.

POSIBLES ALTERNATIVAS DE MITIGACION			
TIPO DE MEDIDA	SOLUCIÓN	CARACTERISTICAS	ACONDICIONAMIENTO
Conectividad ecológica	Paso inferior para pequeños vertebrados	<ul style="list-style-type: none">- Especies: reptiles, tortugas, anfibios micromamíferos.- Ideal en tramos donde no se cuente con suficientes drenajes de adaptación y se necesite permeabilidad para especies pequeñas.	<ul style="list-style-type: none">- Debe asegurarse buen drenaje de la estructura para evitar inundación total del paso e incluir dos franjas laterales secas de 50 cm de ancho.- Incluir sembradíos en los accesos e instalación de cerramientos perimetrales.- Construir este tipo de paso en tramos donde no

		<ul style="list-style-type: none"> - Adecuado en tramos sobre terraplén, vías en funcionamiento y donde se registre alta mortalidad de especies pequeñas. 	<p>haya vías perpendiculares o cercanas a los accesos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Emplearse materiales que garanticen la estabilidad y durabilidad.
	<p>Paso para anfibios</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Especies: anfibios, algunos reptiles, pequeños carnívoros, micromamíferos. - La efectividad de este paso depende también de los cerramientos que actúan como guía. - Debe instalarse en tramos que coincidan con rutas de migración habituales en temporadas de reproducción. - En tramos donde se requiera mayor permeabilidad, deberán instalarse baterías de 2 o más pasos con sus respectivos cerramientos guía. 	<ul style="list-style-type: none"> - De acuerdo con la especie de mayor tamaño identificada, pueden tener entre 0,75 y 1,50 mt. de altura. - Esta estructura no debe tener escalones u obstáculos, en caso de desnivel deben incluirse únicamente rampas de pendientes suaves. - Debe contarse con drenajes adecuados que permitan la humedad, pero no inundación total del paso. - Debe instalarse una estructura guía de al menos 40 cm de altura en material resistente, liso y opaco. Debe ajustarse completamente al terreno de manera que no haya aberturas.

Gestión de márgenes	Vallado perimetral para pequeños vertebrados	<ul style="list-style-type: none"> - Especies: Pequeños y medianos mamíferos y algunos reptiles; no apto para anfibios. - Instalación de una malla eslabonada en tramos específicos de gran accidentalidad. - No recomendable para especies de pequeño tamaño o que puedan trepar. - No recomendable en zonas con presencia de aves nocturnas o murciélagos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Debe utilizarse como respaldo de pasos de fauna y cumplir la función de guías en puntos de acceso. El tamaño del vallado debe ser acorde a las especies identificadas. - Debe incluirse refuerzo en la parte baja del vallado para protección de especies de menor tamaño y una visera en la parte superior en ángulo de 45° hacia el exterior de la vía.
	Adecuación de márgenes	<ul style="list-style-type: none"> - Es importante realizar la correspondiente adecuación de las márgenes y espacios perimetrales de las vías, pues que la presencia de vegetación en esta zona puede adaptarse a algunas especies y propiciar el riesgo de accidentalidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - En general, es recomendable realizar desbroces en una franja no menor a 3 mts desde la parte externa de la calzada. En tramos con cerramiento perimetral, también es recomendable dejar franjas sin vegetación como prevención para especies que puedan trepar y saltar el cerramiento.
	Refuerzo de la señalización	Es principalmente una medida de alerta y	Se debe posicionar en los extremos de los tramos

		prevención a los conductores sobre la alta probabilidad de cruce de fauna silvestre para realizar maniobras de disminución de la velocidad.	identificados como críticos y que no cuenten con cerramiento perimetral.
--	--	---	--

Fuente elaboración propia basado en (Gobierno de España, 2015)

Por otra parte, la Cartilla de pasos de fauna en infraestructura lineal propone ciertos lineamientos que se deben tener en cuenta, donde para la determinación tanto de la cantidad como la tipología de pasos se tendrán en cuenta las características de la conectividad, el porcentaje de restitución y el número mínimo de estructuras para paso de fauna sugeridos.

Imagen 13. Cálculo de sección y cantidad de pasos sugeridos según tramo de conectividad afectada.

Características de la conectividad afectada por el proyecto.	Porcentaje de la longitud del tramo de corredor afectado, que debe restituirse en pasos de fauna.	Número mínimo de puntos con estructuras de pasos de fauna.
Conectividad entre fragmentos de ecosistemas y/o coberturas naturales aisladas con áreas de menos de 1km ²	5,0%	2
Conectividad entre fragmentos con áreas de 1 a 5 km ²	7,5%	3
Conectividad entre fragmentos de ecosistemas y/o coberturas naturales con áreas de 5 a 10 km ²	10,0%	4
Conectividad entre coberturas naturales continuas de más de 10 km ² , entre áreas protegidas del SINAP, entre áreas identificadas en portafolios de conservación, y/o en los corredores de conectividad regional definidos por el Sinchi.	15,0%	5

Fuente tomado de (Correa, 2020)

De manera que tomando como base los porcentajes sugeridos, se realiza el cálculo de la sección total de pasos de fauna aplicable al área de estudio en la vía San Marcos

a Majagual Sucre de acuerdo con la división en tramos realizada, obteniendo la identificación de los tipos de conectividad para cada uno.

Para ello se tiene en cuenta la longitud de cada tramo en kilómetros además del área correspondiente y las características físicas de cada uno de ellos.

Tabla 14. Cálculo de la sección total de pasos de fauna a construir en los tramos estudiados

Cálculo de la sección total de pasos de fauna a construir en los tramos estudiados																
Características de la conectividad afectada	Porcentaje de la longitud del tramo de corredor afectado, que debe restituirse en pasos de fauna.	Número mínimo de puntos con estructuras de pasos de fauna.	Tramo 1 (km)		Tramo 2 (km)		Tramo 3 (km)		Tramo 4 (km)		Tramo 5 (km)		Tramo 6 (km)		Tramo 7 (km)	
			Long (Km)	Área (km ²)	Long (Km)	área (km ²)	Long (Km)	área (km ²)	Long (Km)	área (km ²)	Long (Km)	área (km ²)	Long (Km)	área (km ²)	Long (Km)	área (km ²)
			26	2,6	7	0,7	10,5	1,05	6	0,6	18	1,8	11,5	1,15	8	0,8
Conectividad entre fragmentos de ecosistemas y/o coberturas naturales aisladas con áreas de menos de 1km ²	5,00%	2			X				X						X	
Conectividad entre fragmentos con áreas de 1 a 5 km ²	7,50%	3	X			X				X			X			
Conectividad entre fragmentos de ecosistemas y/o coberturas naturales con áreas de 5 a 10 km ²	10,00%	4														
Conectividad entre coberturas naturales continuas de más de 10 km ² , entre áreas protegidas del SINAP, entre áreas identificadas en portafolios de conservación, y/o en los corredores de conectividad regional	15,00%	5														

Fuente elaboración propia

De manera que aplicando los percentiles de conectividad indicados a cada tramo y teniendo en cuenta los resultados del TPD obtenidos mediante la realización y análisis del aforo vehicular, puede determinarse la cantidad adecuada de pasos de fauna para cada uno y de igual manera realizar la identificación de propuestas o alternativas apropiadas de mitigación.

Tabla 15. Cálculo de cantidad de pasos de fauna a establecer por tramo vial.

Cálculo del número mínimo de pasos de fauna a establecer en tramos viales que cortan elementos de conectividad ecológica					
Carac. de la conectividad afectada por la vía	Longitud de la superposición de la vía y el ecosistema natural	Longitud por restituir en pasos de fauna (sumatoria del ancho efectivo de los pasos de fauna)	Número mínimo de pasos de fauna (Calculado)	Pasos de fauna a emplear de 10m de Longitud	Ejemplo de posibles arreglos
Fragmento aislado de menos de 1 km ²	6 km	$6 \text{ km} * 5\% * 100\text{M} = 30\text{m}$	2	3	Opcion1: Caja subterránea (tipo cárcamos, o box culvert) de área variable en materiales convencionales (concreto) Opcion2: Caja subterránea de área variable en materiales amigables con el medio ambiente circundante Opcion3: tubería de paso subterráneo de área variable en PVC (Novafort)
	7 km	$7 \text{ km} * 5\% * 100\text{M} = 35\text{m}$	2	4	Opcion1: Caja subterránea (tipo cárcamos, o box culvert) de área variable en materiales convencionales (concreto) Opcion2: Caja subterránea de área variable en materiales amigables con el medio ambiente circundante Opcion3: tubería de paso subterráneo de área variable en PVC (Novafort)
	8 km	$8 \text{ km} * 5\% * 100\text{M} = 40\text{m}$	2	4	Opcion1: Caja subterránea (tipo cárcamos, o box culvert) de área variable en materiales convencionales (concreto) Opcion2: Caja subterránea de área variable en materiales amigables con el medio ambiente circundante Opcion3: tubería de paso

					subterráneo de área variable en PVC (Novafort)
Corredores de conectividad regional	26 km	$26 \text{ km} * 7.5\% * 100\text{M} = 195\text{m}$	3	20	<p>Opcion1: Caja subterránea (tipo cárcamos, o box culvert) de área variable en materiales convencionales (concreto)</p> <p>Opcion2: Caja subterránea de área variable en materiales amigables con el media ambiente circundante</p> <p>Opcion3: tubería de paso subterráneo de área variable en PVC (Novafort)</p>
	10,5 km	$10.5 \text{ km} * 7.5\% * 100\text{M} = 79\text{m}$	3	8	<p>Opcion1: Caja subterránea (tipo cárcamos, o box culvert) de área variable en materiales convencionales (concreto)</p> <p>Opcion2: Caja subterránea de área variable en materiales amigables con el media ambiente circundante</p> <p>Opcion3: tubería de paso subterráneo de área variable en PVC (Novafort)</p>
	18 km	$18 \text{ km} * 7.5\% * 100\text{M} = 135\text{m}$	3	14	<p>Opcion1: Caja subterránea (tipo cárcamos, o box culvert) de área variable en materiales convencionales (concreto)</p> <p>Opcion2: Caja subterránea de área variable en materiales amigables con el media ambiente circundante</p> <p>Opcion3: tubería de paso subterráneo de área variable en PVC (Novafort)</p>
	11,5 km	$11.5 \text{ km} * 7.5\% * 100\text{M} = 87\text{m}$	3	9	<p>Opcion1: Caja subterránea (tipo cárcamos, o box culvert) de área variable en materiales convencionales (concreto)</p> <p>Opcion2: Caja subterránea de área variable en materiales amigables con el media ambiente circundante</p> <p>Opcion3: tubería de paso subterráneo de área variable en PVC (Novafort)</p>

Fuente elaboración propia

8. PROPUESTA

Una vez identificadas la conectividad afectada y la cantidad de pasos necesarios de acuerdo con el TPD se establen 3 posibles medidas de mitigación basadas en los pasos de fauna para anfibios de acuerdo con las características de conectividad y especies apropiadas para su uso contemplando diferentes métodos constructivos, antes de realizar una esquematización apropiada de cada una de las propuestas, debe establecerse un diseño básico basado en las características físicas de las especies identificadas en la tabla 8 aplicando un factor de seguridad del 1.3.

Tabla 16. Condiciones básicas de diseño para paso de fauna

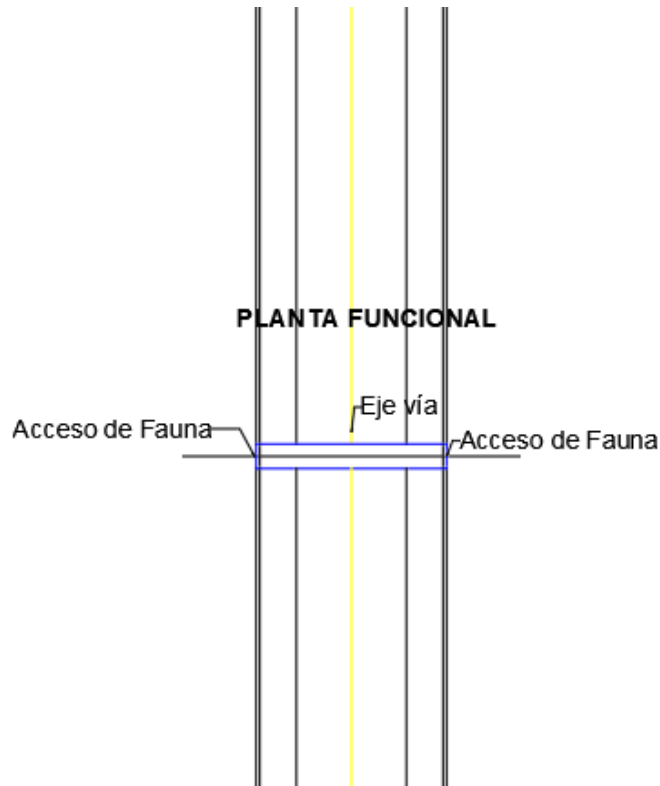
Condiciones de Diseño paso de fauna por tramo										
Tramo	Animal más afectado en Tramo	Alto (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Animal - geometría crítica de diseño por tramo			Geometría de diseños pasos de fauna con factor de seguridad de 1.3		
					Alto (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)
1	Sapo	10	15	7	74	350	104	95	455	135
2	Sapo	10	15	7	70	250	40	90	325	50
3	Sapo	10	15	7	64	250	30	85	325	40
4	Sapo	10	15	7	74	250	50	95	325	65
5	Sapo	10	15	7	45	250	40	60	325	50
6	Sapo	10	15	7	74	250	30	95	325	40
7	Sapo	10	15	7	74	200	72	95	260	95
Condiciones máximas					74	350	104	El largo de los pasos de fauna será de 10 m de longitud según características de la infraestructura vial		

Fuente elaboración propia

Se realiza una especificación de la especie con mayor afectación por tramo como referencia general de diseño, sin embargo, deben tenerse en cuenta las especies de mayor tamaño identificadas, de manera que el paso de fauna no sea exclusivo, sino que permita su utilización de manera que se utilizara como dimensiones base de diseño las máximas determinadas correspondientes al tramo 1: 95 cm de alto, 455 cm de largo y 135 cm de ancho. Cabe aclarar también que las diferentes propuestas se fundamentan en las diferencias de procesos constructivo y materiales de implementación, sin

embargo, la ubicación y dimensión longitudinal serán de 10 mt, teniendo en cuenta las dimensiones reales de la estructura vial.

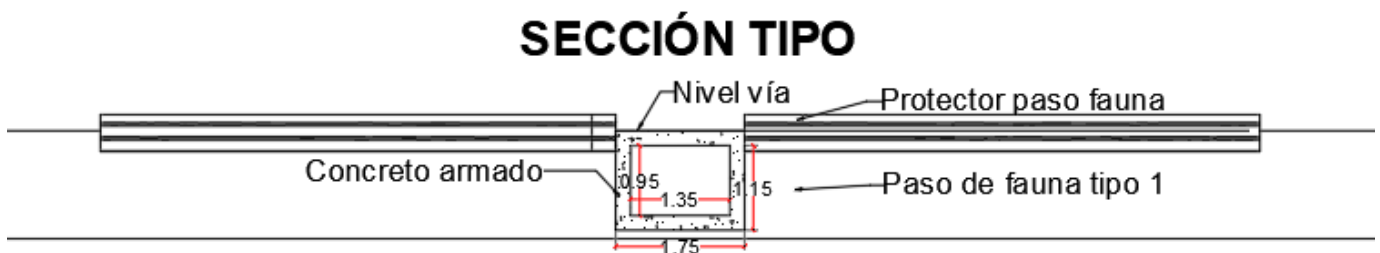
Figura 7. Vista en planta del esquema vial básico



Fuente elaboración propia

8.1 Propuesta 1 - Caja subterránea de área variable en materiales convencionales.

Figura 8. Esquema propuesta 1



Fuente elaboración propia

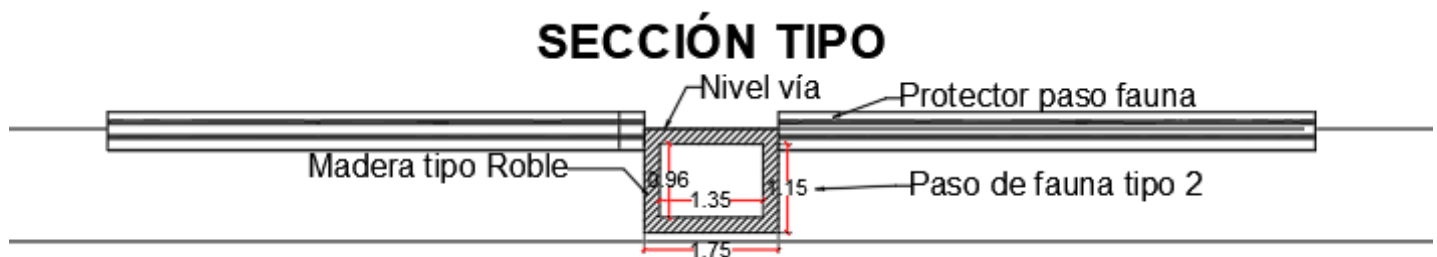
Se realiza una esquematización básica del paso de fauna tipo paso para anfibios con materiales y un proceso constructivo tradicional con concreto armado o reforzado con acero estructural y la inclusión de rejillas especiales de ventilación y humedad en la parte superior de la vía en concreto, complementado con un cerramiento perimetral de guía en material reutilizado tipo caucho.

Para las dimensiones del paso deben considerarse internamente de 0,95 cm por 1,35 cm de acuerdo con las características geométricas necesarias para el paso seguro de animales, sin embargo, externamente serán de 1,15 cm por 1,75 cm permitiendo una estructura en concreto de 0,20 cm acorde con la Norma Técnica Colombiana (NTC). Por otra parte, el cerramiento perimetral de 50 cm de altura y 25 mt de longitud a cada lado del acceso, de manera que cumplan su función de guía y de protección.

Las dimensiones, materiales y estructura propuestos permiten la continuidad del flujo vehicular sin generar alteraciones futuras en la infraestructura vial.

8.2 Propuesta 2 - Caja subterránea de área variable en materiales amigables con el medio ambiente circundante.

Figura 9. Esquema propuesta 2.



Fuente elaboración propia

Se realiza una esquematización básica del paso de fauna tipo paso para anfibios con materiales y un proceso constructivo no convencional con la utilización de madera tipo roble inmunizada de manera que resista el paso de tiempo, humedad y tránsito de especies, complementado con un cerramiento perimetral de guía en material reutilizado tipo caucho. El constructor deberá tener en cuenta

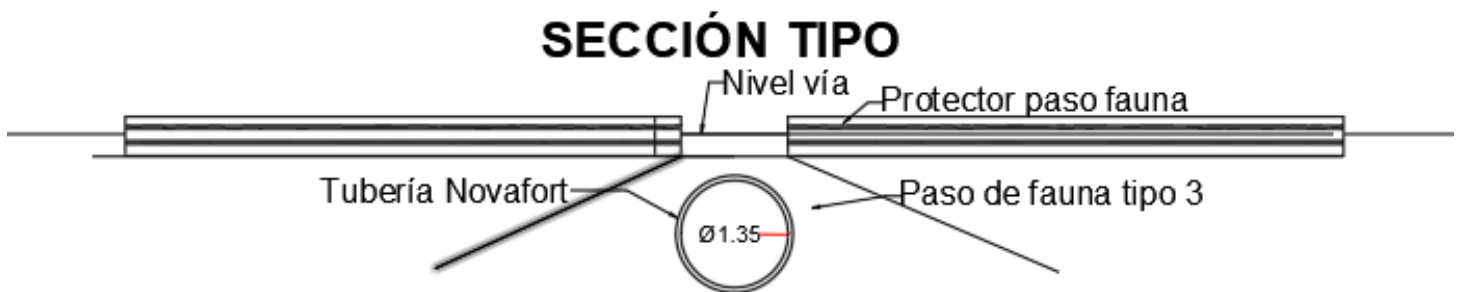
disipar las cargas viales a través de una estructura en material granular compactado por encima del paso en madera propuesto.

Para las dimensiones del paso deben considerarse internamente de 0,95 cm por 1,35 cm de acuerdo con las características geométricas necesarias para el paso seguro de animales, sin embargo, externamente serán de 1,15 cm por 1,75 cm permitiendo una estructura en concreto de 0,20 cm acorde con la Norma Técnica Colombiana (NTC). Por otra parte, el cerramiento perimetral de 50 cm de altura y 25 mt de longitud a cada lado del acceso, de manera que cumplan su función de guía y de protección.

Las dimensiones, materiales y estructura propuestos permiten la continuidad del flujo vehicular sin generar alteraciones futuras en la infraestructura vial.

8.3 Propuesta 3 - Tubería de paso subterráneo de área variable en PVC (Novafort)

Figura 10. Esquema propuesta 3



Fuente elaboración propia

Se realiza una esquematización básica del paso de fauna tipo paso para anfibios que implemente la utilización de tubería tipo Novafort, complementado con un cerramiento perimetral de guía en material reutilizado tipo caucho.

Para las dimensiones del paso debe considerarse que al ser una tubería será de 48 pulgadas o diámetro interior de 1,20 mt. Por otra parte, el cerramiento perimetral de 50 cm de altura y 25 mt de longitud a cada lado del acceso, de manera que cumplan su función de guía y de protección. No obstante, debe aclararse que

esta propuesta no es posible para el tramo 1, dado que las dimensiones presentadas corresponden a diámetros de tubería comercial, mientras que las dimensiones máximas identificadas para el tramo 1 las supera.

Las dimensiones, materiales y estructura propuestos permiten la continuidad del flujo vehicular sin generar alteraciones futuras en la infraestructura vial.

9. CONCLUSIONES

Contando con la información base de respaldo se inicia el proceso de investigación de carácter cualitativo exploratorio cobijado por el esquema exploratorio planteado en tres fases: una primera investigativa basada en la recopilación de información teórica y proceso de observación en campo, una segunda fase de análisis e identificación y una tercera fase de resultados y propuesta final que cumpla los requerimientos normativos y ambientales, permitiendo de la manera más óptima la protección de las especies de fauna silvestre identificadas en la zona determinante del actual estudio en la vía que conduce de San Marcos a Majagual Sucre en la región de la Mojana.

Teniendo en cuenta el proceso de observación realizado entre los meses de diciembre de 2022 a febrero de 2023 con asistencia de siete colaboradores de la zona distribuidos por los diferentes tramos seleccionados (San Marcos - Las Chispas; Las Chispas - El Cauchal; El Cauchal - La sierpe; La sierpe - La Candelaria; La Candelaria - Las Palomitas; Las Palomitas - San Roque; San Roque – Majagual) es posible realizar la plena identificación de especies de reptiles, anfibios y pequeños mamíferos como los de mayor afectación y riesgo de atropellamiento como consecuencia directa de su desplazamiento territorial especialmente en época de sequía, entre los que se encuentran principalmente variedades de sapos y ranas, serpientes, iguanas, conejos y zorra chucha.

Considerando lo anterior, y después de evaluar cada una de las posibles alternativas aplicables, se determina que el tipo de medida más adecuado para proteger las especies autóctonas es la implementación de un paso de fauna inferior de tipo “paso para anfibios” dado que este tipo de paso permite además el tránsito de algunos reptiles y mamíferos de pequeño tamaño brindando además un cerramiento perimetral de baja altura que opere adicionalmente como guía y protección, impidiendo el paso directo a la vía. Así mismo, y como medida preventiva adicional, se recomienda la implementación de medidas de adecuación de márgenes y refuerzo de la señalización vertical a lo largo de toda vía buscando con ello, alertar a los conductores y brindar una protección extra a especies de mayor tamaño que no utilicen el paso propuesto.

10.RECOMENDACIONES

Una vez concluido el análisis de datos, que incluye información de tránsito, caracterización de las especies afectadas e índice de atropellamientos en la vía que conduce de San Marcos a Majagual Sucre, es posible presentar las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda la implementación del paso de fauna tipo 1 sobre las otras dos opciones en los tramos donde la concentración de asentamientos humanos sea mayor, y en donde los efectos antrópicos hayan tenido contexto históricamente, por lo cual la construcción de este tipo de paso no suponga un nuevo impacto ambiental a los bio sistemas circundantes.
- Por otra parte en las zonas donde los impactos antrópicos hayan sido menores, y la concentración de asentamientos humanos sea baja, se recomienda la implementación de un paso de fauna construido con materiales amigables con el medio ambiente circundante, como el propuesto en el paso de fauna tipo 2.
- Del paso de fauna propuesto en la opción 1, se debe tener en cuenta la realización del cálculo estructural correspondiente para determinar la geometría de carga y el refuerzo que deberá llevar la estructura para cumplir con las normas vigentes de construcción en Colombia relacionadas en este campo (NSR-10; INVIAS).
- Del paso de fauna propuesto en la opción 2, se debe tener en cuenta el vacío que se generará en la estructura del pavimento con la construcción de la caja en madera, por lo tanto, se recomienda la realización de un estudio con un especialista en pavimentos que logre determinar una nueva estructura de pavimento (Subbase, base, afirmado) para la implementación de esta opción en los tramos que se requiera.
- Del paso de fauna propuesto en la opción 3, se debe tener en cuenta el vacío que se generará en la estructura del pavimento con la instalación de la tubería propuesta para este tipo de paso de fauna, por lo cual se recomienda la realización de un estudio con un especialista en pavimentos que logre determinar una nueva

estructura de pavimento (Subbase, base, afirmado) para la implementación de esta opción en los tramos que se requiera.

REFERENCIAS

- Agencia Nacional de Infraestructura ANI. (24 de Febrero de 2016). Obtenido de Pasos de fauna, infraestructura pensada para el bienestar de todos: <https://www.ani.gov.co/pasos-de-fauna-infraestructura-pensada-para-el-bienestar-de-todos-0>
- Amaya Cocunubo, F. O., & Ammaya Cocunubo, I. F. (2014). *Análisis de los impactos ecosistémicos causados por la actividad minera en el paramo Palacio*. Universidad de Manizales, Bogota. Obtenido de https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/1802/TESES_AN%c3%81LISIS%20DE%20LOS%20IMPACTOS%20ECOSISTEMICOS%20CAUSADOS%20POR%20LA%20ACTIVIDAD%20MINERA%20EN%20EL%20PARAMO%20PALACIO..pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Arroyave, M., Gomez, C., & Gutierrez, M. E. (2006). Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo. *Revista EIA*, 4.
- Benitez, J. A., & Escalona Segura, G. (2021). *Impactos de las vías de comunicación sobre la fauna silvestre en áreas protegidas*. Mexico.
- Cano Gómez, C. A. (Octubre de 2016). Pasos de fauna. Mexico D.F: Universidad Nacional Autónoma de Mexico. Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/11084/1/PASOS%20DE%20FAUNA.pdf>
- Concesión, T. A. (10 de Mayo de 2021). *Concesión Túnel Aburrá Oriente*. Obtenido de www.tuneldeoriente.com: <https://tunelorientec.com/pasos-de-fauna-un-gran-paso-en-la-proteccion-de-biodiversidad/#:~:text=Los%20pasos%20de%20fauna%20tambi%C3%A9n,debido%20a%20las%20infraestructuras%20viales.>
- Correa, D. (2020). *Pasos de fauna en infraestructura lineal: Cartilla de referencia para toma de decisiones*. Patrimonio natural. Obtenido de

<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/07/18.-Cartilla-pasos-de-fauna-en-infraestructura-lineal.pdf>

De la Ossa-Nadjar, O., & De la Ossa V, J. (29 de Marzo de 2013). Fauna silvestre atropellada en dos vías principales que rodean Los Montes de María, Sucre, Colombia. *Revista colombiana de ciencia animal*. Obtenido de <https://recia.metarevistas.org/index.php/recia/article/view/481/528>

De Le Ossa, V. J. (2015). Atropellamiento de fauna silvestre. *REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIA ANIMAL*, 2.

Díaz, M. M. (21 de 10 de 2004). *La Mojana: riqueza natural y potencial económico*. Cartagena : Banco de la Republica.

Fondo Adaptacion. (s.f.). *Macroproyecto La Mojana*. Obtenido de Ministerio de Hacienda y Credito Publico: <https://www.fondoadaptacion.gov.co/index.php/macroyectos/la-mojana>.

Garzon Rincon, B. D. (2022). *Monitoreo de pasos de fauna silvestre y su uso en el corredor vial Villavicencio - Yopal*. (T. d. pregrado, Ed.) Bogota, Colombia: Universidad Antonio Nariño.

Gobierno de España. (2015). *Prescripciones técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales 2da edicion*. Madrid, España: Ministerio de agricultura, alimentacion y medio ambiente. Obtenido de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/publicaciones/prescripciones_pasos_vallados_2a_edicion_tcm30-195791.pdf

Gomez Jimenez, J. D., & Echeverry Alvaran, N. A. (25 de Julio de 2021). Proyecto de ley 2507 senado 2021. *Por medio de la cual se establecen los pasos de fauna como una estrategia para implementar*. Bogota, Colombia. Obtenido de [https://www.andi.com.co/Uploads/PL-2021-N039S-_TO_\(PASOS_DE_FAUNA\)_20210725%20\(1\).pdf](https://www.andi.com.co/Uploads/PL-2021-N039S-_TO_(PASOS_DE_FAUNA)_20210725%20(1).pdf)

Guzmán Boza, A. (5 de Diciembre de 2015). *Universidad de Piura*. Obtenido de El especialista en transporte, el Mgtr. Julián Rivera, comenta la importancia de una

adecuada infraestructura vial en el país.:
<https://www.udep.edu.pe/hoy/2015/12/la-red-vial-es-imprescindible-para-el-desarrollo-y-crecimiento-de-un-pais/>

Intituto nacional de vias. (2008). *Manual de diseño geometrico de carreteras*. Bogota, Colombia.

Intituto nacional de vias. (26 de Octubre de 2020). *INVIAS*. Obtenido de Pasos de fauna, uno de los recursos del INVÍAS para comprometerse con el medioambiente: [https://www.invias.gov.co/index.php/sala/noticias/3977-pasos-de-fauna-uno-de-los-recursos-del-invias-para-comprometerse-con-el-medioambiente#:~:text=Pueden%20incluir%3A%20t%C3%BAneles%3B%20viaductos%20y,cuerda%20\(para%20mam%C3%ADferos%20arb%C3%B3reos%20c](https://www.invias.gov.co/index.php/sala/noticias/3977-pasos-de-fauna-uno-de-los-recursos-del-invias-para-comprometerse-con-el-medioambiente#:~:text=Pueden%20incluir%3A%20t%C3%BAneles%3B%20viaductos%20y,cuerda%20(para%20mam%C3%ADferos%20arb%C3%B3reos%20c)
o

INVIAS. (15 de Octubre de 2020). *Pasos de fauna, uno de los recursos del INVÍAS para comprometerse con el medioambiente*. Obtenido de www.invias.gov.co: <https://www.invias.gov.co/index.php/sala/noticias/3977-pasos-de-fauna-uno-de-los-recursos-del-invias-para-comprometerse-con-el-medioambiente>

Ministerio de agricultura, alimentacion y medio ambiente. (2015). *Prescripciones tecnicas para el diseo de pasos de fauna y vallados perimetrales*. Madrid, España: Gobierno de España.

Ministerio De Transporte. (3 de Octubre de 2019). *En la ejecución de los proyectos viales que lidera la ANI, se ha logrado la protección de más de 17 mil animales*. Obtenido de <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/7789/en-la-ejecucion-de-los-proyectos-viales-que-lidera-la-ani-se-ha-logrado-la-proteccion-de-mas-de-17-mil-animales/>

Ministerio de Transporte. (14 de Junio de 2022). <https://www.mintransporte.gov.co/>. Obtenido de ¿Cómo quedan las vías de las regiones (en programas como “Compromiso por Colombia”)?, La Ministra de Transporte en entrevista con el diario Portafolio: <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/10976/como->

quedan-las-vias-de-las-regiones-en-programas-como-compromiso-por-colombia-la-ministra-de-transporte-en-entrevista-con-el-diario-portafolio/

Mongabay, L. (7 de Noviembre de 2018). Animales atropellados: un reto para la expansión de carreteras en Colombia. *SEMANA*, pág. 2.

Morantes, P. (2017). Caracterización de las iniciativas encaminadas a reducir la mortalidad de fauna silvestre en carretera: Panorama Colombia. *Universidad militar Nueva Granada*, 26. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/16945/MorantesHernandezPilarJuliana2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Otzen, T. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 227*232.

Pavas, J. (2 de marzo de 2018). Atropello de Fauna Silvestre. *Periodico Digital el Paramo*. Obtenido de <https://www.periodicoelparamo.com/atropello-de-fauna-silvestre/>

Revista semana. (21 de Octubre de 2019). Vías para el transporte de carga. *Revista semana*. Obtenido de <https://www.semana.com/contenidos-editoriales/el-pais-si-fluye/articulo/importancia-de-las-carreteras-para-la-competitividad-en-colombia/636988/>

Sampieri Hernandez, R. (2014). *Metodología de la investigación 6ta edición*. Mexico D.F.: McGraw-Hill / Interamericana editores S.A.

Tineo, E. (8 de Julio de 2015). Obtenido de Alternativas y Medidas de Mitigación Ambiental: <https://es.scribd.com/document/270923043/Alternativas-y-Medidas-de-Mitigacion-Ambiental>

Vargas Salinas, F., Delgado Ospina, I., & Lopez Aranda, F. (2011). *MORTALIDAD POR ATROPELLO VEHICULAR Y DISTRIBUCIÓN DE ANFIBIOS Y REPTILES EN UN BOSQUE SUBANDINO EN EL OCCIDENTE DE COLOMBIA*. Obtenido de Caldasia: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0366-52322011000100008&lng=e&nrm=iso&tlng=es

Vasquez Vasquez, V. H. (2005). *Reservas forestales protectoras nacionales de Colombia* : *Atlas básico*. Bogota: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Conservación Internacional-Colombia; Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Obtenido de <https://www.guao.org/sites/default/files/biblioteca/Reservas%20forestales%20.pdf>

Velasquez L, M. M., Jaramillo F, J. C., Isaacs C, P., Gonzalez M, J. L., & Correa A, J. A. (2017). *Biodiversidad*. Obtenido de Intituto Humboldt: <http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2017/cap2/206/#seccion1>

Por intermedio del presente documento en mi calidad de autor o titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra que adjunto, titulada “*Estudio de la implementación de pasos de fauna como estrategia para la mitigación de atropellamientos de especies autóctonas en la región de la Mojana*”, autorizo a la Corporación universitaria Unitec para que utilice en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador o titular de la obra objeto del presente documento.

La presente autorización se da sin restricción de tiempo, ni territorio y de manera gratuita. Entiendo que puedo solicitar a la Corporación universitaria Unitec retirar mi obra en cualquier momento tanto de los repositorios como del catálogo si así lo decido.

La presente autorización se otorga de manera no exclusiva, y la misma no implica transferencia de mis derechos patrimoniales en favor de la Corporación universitaria Unitec, por lo que podré utilizar y explotar la obra de la manera que mejor considere. La presente autorización no implica la cesión de los derechos morales y la Corporación universitaria Unitec los reconocerá y velará por el respeto a los mismos.

La presente autorización se hace extensiva no sólo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato electrónico, y en general para cualquier formato conocido o por conocer. Manifiesto que la obra objeto de la presente autorización es original y la realicé sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es de mi exclusiva autoría o tengo la titularidad sobre la misma. En caso de presentarse cualquier reclamación o por acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión asumiré toda la responsabilidad, y saldré en defensa de los derechos aquí autorizados para todos los efectos la Corporación universitaria Unitec actúa como un tercero de buena fe. La sesión otorgada se ajusta a lo que establece la ley 23 de 1982.

Para constancia de lo expresado anteriormente firmo, como aparece a continuación.

Firma



Jose Luis Blanco Torres
CC.: 92.641.869



Kathérin Liliana Cespedes Linares
CC.: 1.119.892.330