

**INDICE DE MODIFICACIONES**

Revisión	Fecha	Observaciones
0	26 Noviembre 2010	Emitido para revisión del cliente
1	23 Diciembre 2010	Radicado MAVDT

**REVISIÓN Y APROBACIÓN**

	Responsable Elaboración	Responsable Revisión	Responsable Aprobación
Nombre	AMBIOTEC LTDA	MRP	DEB
Firma			

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1</b>	<b>GENERALIDADES.....</b>	<b>1-1</b>
1.1	Introducción.....	1-1
1.2	Objetivos .....	1-3
1.2.1	Objetivos Específicos:.....	1-3
1.3	Antecedentes.....	1-5
1.4	Alcances.....	1-7
1.5	Metodología.....	1-9
1.5.1	Descripción del Proyecto.....	1-9
1.5.2	Línea Base Ambiental .....	1-9
1.5.3	Evaluación Ambiental de Impactos. ....	1-43
1.5.4	Zonificación Ambiental. ....	1-46
1.5.5	Elaboración del Plan de Manejo Ambiental. ....	1-46
1.5.6	Plan de Contingencia.....	1-48

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1-1 Cartografía IGAC .....	1-14
Tabla 1-2 Estaciones Hidrométricas .....	1-14
Tabla 1-3 Monitoreo de Ruido.....	1-15
Tabla 1-4 Monitoreo de Calidad del Aire .....	1-16
Tabla 1-5 Sitios de Muestreo de los Parámetros Hidrobiológicos Monitoreados en el Área de Influencia de la Ruta del Sol. (Anexo 6).....	1-17
Tabla 1-6. Corrientes y muestreos de la etapa uno (1) .....	1-18
Tabla 1-7. Variables Evaluadas, Unidades de Medición, Tipo de Muestreo y Método de Preservación de las Muestras. ....	1-20
Tabla 1-8. Técnica Analítica Utilizada para la Determinación de los Parámetros Fisicoquímicos y Bacteriológicos.....	1-20
Tabla 1-9. Variables en la Determinación de los Índices de .....	1-22
Tabla 1-10 Valoración cualitativa del impacto .....	1-44
Tabla 1-11 Escala gráfica de sensibilidad ambiental para la elaboración del mapa de zonificación ambiental .....	1-46

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1-1 Localización del sector 2 en el proyecto de Ruta del Sol .....	1-6
Figura 1-2 Fase de Campo .....	1-23
Figura 1-3 Fase de laboratorio y análisis .....	1-24
Figura 1-4 Fase de Análisis .....	1-25

## 1 GENERALIDADES

### 1.1 Introducción

La Concesionaria Ruta del Sol SAS, suscribió con el Instituto Nacional de Concesiones INCO, el contrato de concesión 001 del 14 de enero de 2010 cuyo objeto es la Rehabilitación, Construcción, Mejoramiento, Mantenimiento, y Operación del proyecto vial denominado Ruta del Sol, sector 2, comprendido entre los municipios de Puerto Salgar y San Roque en una longitud de aproximadamente 528 km.

El sector comprendido entre Puerto Salgar y San Roque, objeto de este estudio, se encuentra ubicado desde el cruce de la vía con el puente férreo inmediatamente después del cruce sobre el río Magdalena (Puerto Salgar) en el departamento de Cundinamarca, en la abscisa marcada como K0+000, sigue en dirección norte hasta la abscisa marcada como K528+000 en la bifurcación entre la vía que continúa hacia Valledupar en el sitio conocido como San Roque, en el departamento del Cesar. Actualmente el sector en cuestión cuenta con una calzada, con un carril en cada dirección, ubicada en terreno de topografía con pendientes entre planas (0%) y bajas (15%).

En este sector 2, se contempla la ejecución de estudios, diseños, construcción y mantenimiento de una segunda calzada con dos carriles con un ancho aprox. de 3,65 m cada uno, un separador de 9,30 m en promedio, con un ancho máximo de 60 metros (acorde con la ley 1228 de 2008).

Para el presente Estudio de Impacto Ambiental – EIA se presentan los siguientes tramos en los cuales se ha dividido el contrato con el Instituto Nacional de Concesiones - INCO.

Puerto Salgar – Caño Alegre (PR34 + 000 al PR81 + 200) Ruta 45-10  
San Alberto – Aguachica (PR0 + 000 al PR65 + 000) Ruta 45-14  
Aguachica – La Mata (PR69 + 700 al PR100 + 000) Ruta 45-14

Adicionalmente, hacen parte del contrato de concesión diversas obras de arte y se hace necesario presentar dentro de este estudio, el licenciamiento de cuatro (4) puentes vehiculares que por su magnitud, complejidad y estado de deterioro, requieren atención inmediata para lograr un adecuado nivel de servicio para los usuarios de la autopista, para asegurar la continuidad del proyecto se presenta en el licenciamiento los accesos de 1 Km para cada puente, más específicamente 500 m a cada lado de ellos, los cuales son.

- Puente sobre Río La Colorada (PR115 + 000) Ruta 45-11
- Puente sobre Río Sogamoso (PR10 + 000) Ruta 45-13
- Puente sobre Río Lebrija (PR69 + 900) Ruta 45-13
- Puente sobre Río Simaña (PR2 + 000) Ruta 45-15

El presente estudio se efectuó teniendo en cuenta los términos de referencia VI-TER-1-02 “Proyectos de Construcción de Segundas Calzadas en Terreno Plano a Semiondulado”

entre los meses de Mayo y Noviembre del año 2010. La elaboración de los estudios y diseños detallados para el desarrollo de esta solución vial se realizó de acuerdo con las normas establecidas en los Términos de Referencia emitidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

El Estudio de Impacto Ambiental - EIA contiene la información técnica pertinente sobre el proyecto y bajo el marco legal definido por los tratados y convenios internacionales, ratificados por Colombia en la materia y el establecido por la Constitución Política Colombiana, la Ley 99 de 1993, la Ley 21 de 1991, la Ley 70 de 1993, Decreto Reglamentario N° 2820 de 2010 y la reglamentación ambiental y de participación ciudadana vigente y las demás normas que se reglamenten en materia ambiental y satisface los siguientes objetivos y alcances generales.

El estudio se ha organizado en once capítulos los cuales presentan los siguientes contenidos:

- Resumen Ejecutivo del Estudio
- Capítulo 1: Generalidades.
- Capítulo 2: Descripción del Proyecto.
- Capítulo 3: Caracterización del Área de Influencia de Proyecto.
- Capítulo 4: Demanda, Uso, y Aprovechamiento de Recursos Naturales.
- Capítulo 5: Evaluación Ambiental
- Capítulo 6: Zonificación de Manejo Ambiental del Proyecto
- Capítulo 7: Plan de Manejo Ambiental
- Capítulo 8: Programa de Seguimiento y Monitoreo
- Capítulo 9: Plan de Contingencia.
- Capítulo 10: Plan de Abandono y Restauración Final
- Capítulo 11: Plan de Inversión del 1% e Interventoría Ambiental.

Así mismo se presentan los siguientes Anexos:

- Anexo 1 Planos EIA
- Anexo 2 Planos de diseño
- Anexo 3 Tabulación de trabajo de campo componente social
- Anexo 4 Información ambiental de fuentes de materiales y plantas industriales
- Anexo 5 Suelos
  - Análisis de laboratorio de suelos
  - Perfiles de suelos
- Anexo 6 Hidrología
  - Fichas descriptivas diligenciadas para todas las corrientes
  - Registro fotográfico
  - Información hidrométrica IDEAM
  - Información de laboratorio calidad de agua
- Anexo 7 Atmosfera
  - Información climatológica
- Anexo 8 Calidad de aire
  - Informe de monitoreo
  - Certificados de calibración
  - Resultados de monitoreo

- Anexo 9 Fauna
  - Se presentan 7 anexos
- Anexo 10 Biota acuática
  - Monitoreos de biota
- Anexo 11 Certificación del Ministerio del Interior y de Justicia y del INCODER (Instituto Colombiano de Desarrollo Rural)
- Anexo 12 Oficios de presentación autoridades municipales
- Anexo 13 Actas de reunión
- Anexo 14 Certificación de radicación del ICANH (Instituto Colombiano de Antropología e Historia)
- Anexo 15 Forestal
- Anexo 16 Matriz de identificación y evaluación de impactos ambientales sin y con proyecto
  - Matriz de identificación de impactos ambientales sin proyecto
  - Matriz de identificación de impactos ambientales con proyecto
  - Matriz de evaluación de impactos ambientales sin proyecto
  - Matriz de evaluación de impactos ambientales con proyecto
- Anexo 17 Plan de contingencia para la atención de emergencias que involucran el transporte de sustancias y residuos peligrosos
- Anexo 18 Especies en peligro
- Anexo 19: Valoración económica

Adicionalmente se presenta en el Anexo 19, el análisis económico solicitado por la Metodología general para la presentación de Estudios Ambientales del Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo territorial.

## 1.2 Objetivos

El objetivo general del presente estudio, es disponer de un instrumento básico para la toma de decisiones sobre el proyecto que requiere la Licencia Ambiental el cual incluye el diseño y formulación de los planes, programas, medidas o acciones tendientes a prevenir, mitigar, corregir o compensar los posibles impactos sobre el entorno que se puedan generar por la construcción y operación del proyecto Ruta del Sol, sector 2 entre Puerto Salgar y San Roque, de acuerdo con la descripción del proyecto realizada posteriormente, y someter a consideración del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, como requisito para la obtención de la Licencia Ambiental de acuerdo con la Ley 99 de 1993 y el Decreto 2820 reglamentario sobre licencias ambientales que actualmente rige en el territorio nacional.

### 1.2.1 Objetivos Específicos:

- Realizar una descripción detallada del proyecto y de los procedimientos de construcción y operación.
- Determinar el estado inicial de referencia o línea base, para el área de influencia directa de la ampliación de los tramos viales Puerto Salgar – Caño Alegre (PR34 + 000 al PR81 + 200), San Alberto – Aguachica (PR0 + 000 al PR65 + 000) y Aguachica – La Mata (PR69 + 700 al PR100 + 000).

- y obras anexas y los puentes La Colorada, Sogamoso, Lebrija y Simaña, con las correspondientes plantas de materiales e industriales requeridas para el proyecto, caracterizando y analizando el entorno en sus componentes físico, biótico y social en el cual se pretende desarrollar el proyecto.
- Identificar las áreas de manejo que deben ser excluidas o tratadas de manera especial durante el desarrollo del proyecto como los ecosistemas críticos, sensibles o de gran importancia.
- Evaluar la oferta y vulnerabilidad ambiental de los recursos naturales y sociales, utilizados o afectados por el proyecto, así como evaluar las características del entorno social y económico del tramo vial a intervenir.
- Formular las acciones de manejo ambiental necesarias para la protección, conservación y optimización de los recursos naturales, el adecuado manejo paisajístico, y establecer las actividades de gestión social a realizar durante el periodo de ejecución del proyecto, con sus respectivos costos y programación.
- Dar cumplimiento a los requisitos establecidos por las autoridades ambientales regionales correspondientes, para el trámite y obtención de los permisos requeridos para el uso y aprovechamiento de recursos naturales.
- Realizar la evaluación ambiental del proyecto, en sus escenarios sin proyecto y con proyecto. Identificando y evaluando los impactos ambientales que se pueden generar sobre los recursos naturales y el medio ambiente por causa de la construcción y operación de la doble calzada y puentes vehiculares.
- Realizar la zonificación ambiental del proyecto.
- Elaborar el Plan de Manejo Ambiental con base en las características de la línea base y la identificación de los impactos, que permita prevenir, mitigar, corregir o compensar los efectos adversos sobre el medio intervenido, y potenciar los muy positivos derivados de la ejecución del proyecto.
- Identificar, programar, diseñar y establecer los indicadores de seguimiento y control para las actividades de carácter ambiental a desarrollar durante la ejecución del proyecto.
- Cuantificar los costos para la implementación de las medidas sociales y ambientales propuestas
- Elaborar un programa de Monitoreo y seguimiento del proyecto.
- Realizar un análisis de riesgos endógenos y exógenos y elaborar un plan de contingencia para las etapas de construcción y operación.



### 1.3 Antecedentes

Con el fin de contribuir al mejoramiento de la capacidad de la infraestructura física de transporte, para promover la competitividad del país y potenciar los beneficios derivados de la suscripción de acuerdos comerciales por parte del Gobierno Nacional, el Documento Conpes 3413 declaró de importancia estratégica un programa de concesiones viales, que incluía el desarrollo de once proyectos carreteros. En este sentido, se solicitó al Instituto Nacional de Concesiones - INCO, desarrollar la estructuración de los contratos y de los procesos precontractuales de dichos proyectos, de acuerdo con lo previsto en los lineamientos de política para el desarrollo de concesiones viales y para el manejo de riesgo contractual del Estado en proyectos de participación privada en infraestructura.

Dentro de las once concesiones contenidas en el citado Programa, se incluía la realización de tres proyectos, cuyos alcances pretendían mejorar la conexión vial del centro del país con la Costa Atlántica, a través del corredor Bogotá (El Cortijo) - Villeta – Puerto Salgar – San Alberto – Santa Marta.

Mediante documento CONPES 3571 se sometió y aprobó por parte del Consejo Nacional de Política Económica y Social – Conpes, la declaración del Proyecto Vial “Autopista Ruta del Sol”, a cargo del Ministerio de Transporte y del Instituto Nacional de Concesiones – INCO, de importancia estratégica para el mejoramiento y ampliación de la infraestructura vial en Colombia, de acuerdo con lo establecido en la Ley 819 de 2003.

El mismo CONPES describe: El Proyecto Vial “Autopista Ruta del Sol” tiene como objetivos fundamentales para el Gobierno Nacional:

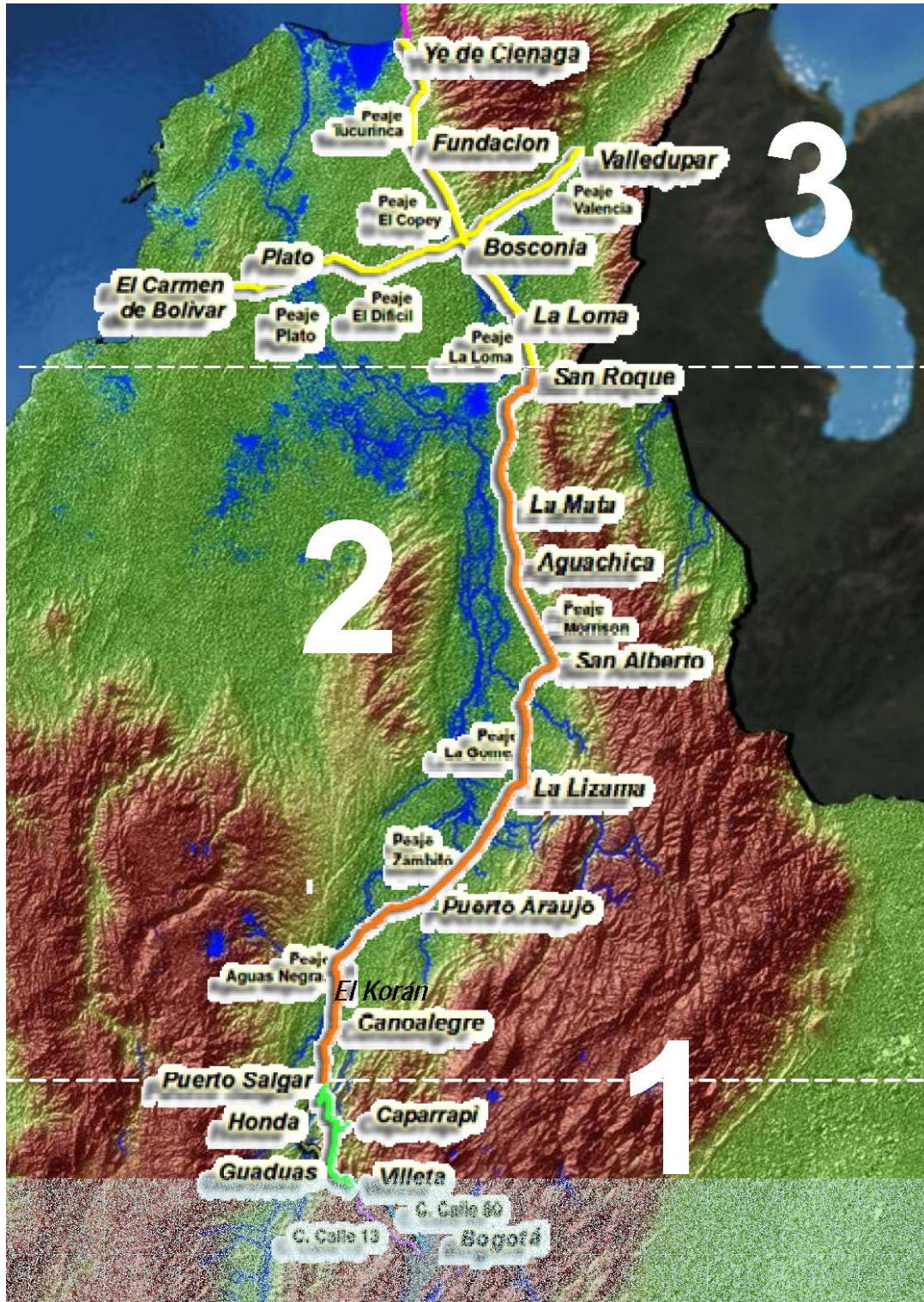
- Mejorar la infraestructura vial para incrementar la competitividad, promover el crecimiento económico y mejorar la calidad de vida de los colombianos
- Crear un modelo de concesión replicable que atraiga financiamiento de largo plazo
- Optimizar el uso de recursos públicos y asignación de riesgos
- Consolidar mejores prácticas en los procesos de licitación
- Ejecutar un proceso de licitación que sea ágil, eficiente y transparente.

El Proyecto completo se extiende a lo largo del valle del río Magdalena y conecta la zona centro del país con la costa Atlántica.

La longitud total de la vía actual es de 1,071 km, iniciando en Villeta (Cundinamarca) y terminando en Ye de Ciénaga (Magdalena), incluyendo el trayecto Carmen de Bolívar (Bolívar) - Valledupar (Cesar), que cruza el tramo antes mencionado en Bosconia.

A continuación se presenta la Figura 1-1 que muestra toda la extensión del proyecto.

Figura 1-1 Localización del sector 2 en el proyecto de Ruta del Sol



Por su magnitud y complejidad el Gobierno nacional, sectorizó la “Autopista Ruta del Sol” en tres partes como se observa en la grafica anterior así:

Proyecto Ruta del Sol Sector 1, Villeta – El Koran  
 Proyecto Ruta del Sol Sector 2, Pto Salgar – San Roque  
 Proyecto Ruta del Sol Sector 3, San Roque – Bosconia - Ciénaga  
 Carmen de Bolivar - Bosconia – Valledupar

Una desagregación del perfil topográfico del trazado a lo largo del citado corredor se presenta en el siguiente cuadro:

PERFIL TOPOGRÁFICO DEL PROYECTO CARACTERIZACIÓN	LONGITUD
Tramo Montañoso	61 km
Tramo Ondulado	184 km
Tramo Plano	826 km
<b>Total</b>	<b>1,071 km</b>

Fuente IFC- INCO

El proyecto que desarrolla La Concesionaria Ruta del Sol S.A.S, para el Gobierno Nacional a través del INCO, objeto del Licenciamiento Ambiental, corresponde al sector 2 que se constituye en el más extenso y se encuentra comprendido entre las poblaciones de Puerto Salgar en el departamento de Cundinamarca y la población de San Roque en el Departamento del Cesar.

#### 1.4 Alcances

El alcance del Estudio de Impacto Ambiental involucra:

- La descripción general de las obras y actividades proyectadas, a nivel de diseño detallado.
- La recopilación de información veraz, suficiente y actualizada de línea base a partir de diferentes métodos y técnicas propias de cada una de las disciplinas que intervienen en el estudio.
- Caracterización de la vegetación del corredor de influencia directa del proyecto. Esta caracterización utilizó un método de evaluación forestal rápida.
- Determinación de usos potenciales de las especies más sobresalientes en la región por donde cruza el proyecto, teniendo como referencia la interlocución directa con los habitantes locales y la observación de uso doméstico.
- Evaluación de las características silviculturales de las especies según su Índice de Valor de Importancia I.V.I., resultante del muestreo de evaluación forestal rápido, para tener un soporte aproximado de incidencia por la ampliación del corredor vial.
- Cálculo de los volúmenes de biomasa leñosa a intervenir en cada tramo del proyecto, teniendo en cuenta la altura total de los árboles en la categoría de fustales.

- Dimensionamiento, evaluación cualitativa y cuantitativa de los impactos producidos por el proyecto, de tal manera que se permite establecer el grado de afectación y vulnerabilidad de los ecosistemas y los contextos sociales.
- Propuesta de las estrategias para la prevención, mitigación, corrección y compensación de los impactos negativos que pueda ocasionar el proyecto en el medio ambiente y/o las comunidades durante el desarrollo del mismo, así como de aquellas que tengan como propósito potencializar los impactos positivos.
- Identificar las comunidades afectadas, para lo cual se solicitaron y presentan las certificaciones emitidas por el Ministerio del Interior y el INCODER, sobre presencia de comunidades étnicas en al Área de Influencia Directa del proyecto y sobre existencia de territorios de comunidades étnicas (resguardos indígenas o tierras de comunidades negras)
- Implementa los mecanismos de participación para informar y/o consultar el Estudio de Impacto Ambiental de acuerdo con la Ley. Los soportes de este proceso (actas, registros fílmicos o fotográficos u otros) se anexan al EIA y los resultados del mismo han sido tenidos en cuenta en la elaboración del Estudio.

El presente Estudio de Impacto Ambiental (EIA) se elaboró luego de evaluar, optimizar y racionalizar el uso de los recursos naturales y culturales, desarrollando las medidas necesarias para prevenir, mitigar, controlar y compensar los impactos negativos que puede ocasionar el futuro proyecto.

Los impactos se dimensionaron y evaluaron cualitativa y cuantitativamente, de tal forma que se estableció el grado de afectación, frente a la susceptibilidad ecológica de los sistemas y el grado de vulnerabilidad de las comunidades y su patrimonio cultural y arqueológico.

El EIA se realizó con base en información primaria y secundaria y con la ayuda de métodos y técnicas propias de cada una de las disciplinas que intervienen en el estudio, entre las cuales se encuentran las fotografías o aerofotografías, mapas y ortofotoplanos, inventarios, muestreos físicos, químicos y biológicos, entrevistas abiertas o dirigidas, guías de observación y revisión de la información arqueológica.

El Plan de Manejo Ambiental, contiene los programas, estrategias y mecanismos incluidos para cada uno de los potenciales efectos ambientales identificados.

El Estudio de Impacto Ambiental fue realizado por un grupo interdisciplinario en el cual participaron más de 30 profesionales especializados en cada temática ambiental de acuerdo con la particularidad y situación encontrada para los tramos Puerto Salgar - Caño Alegre, San Alberto – Aguachica – La Mata, que corresponde a los tramos 1, 5 y 6 y puentes, obras anexas y fuentes de materiales y plantas industriales requeridas para el mismo.

## **1.5 Metodología**

A continuación se presenta la metodología que se implementó para la recolección, procesamiento y análisis de información secundaria y primaria empleada así como la identificación de impactos y el plan de manejo ambiental para la elaboración del EIA.

Inicialmente, se determinaron las características generales del proyecto de la doble calzada, es decir las particularidades del trazado y las características más relevantes del diseño.

### **1.5.1 Descripción del Proyecto.**

Con el propósito de realizar una adecuada caracterización de impactos se construyó con base en la información suministrada por los diseñadores, una descripción de las obras por ejecutar tanto en las diferentes etapas del mismo planeación, construcción y finalmente en la etapa de operación.

### **1.5.2 Línea Base Ambiental**

A continuación se establece el manejo de la información existente y mencionada anteriormente y se presenta adicionalmente la información que se recolectó durante la ejecución de los estudios.

#### **1.5.2.1 Información Secundaria:**

Se identificó y recopiló información secundaria. Esta actividad contempló la consecución, clasificación y estudio de la información existente. Se consultaron diferentes entidades de orden nacional, regional y local, entre las que se encuentran el Departamento Nacional de Estadística (DANE), Departamento de Planeación Nacional (DNP), Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" (IGAC), IDEAM, INGEOMINAS, Corporaciones Autónomas Regionales que tienen jurisdicción en la zona de influencia directa del proyecto como CAR, CAS Y CORPOCESAR, adicionalmente CORMAGDALENA, alcaldías municipales de cada una de las diferentes poblaciones que se encuentran en el área de influencia del proyecto, se adquirieron y evaluaron los planes de ordenamiento territorial, planes de desarrollo, entre otros estudios, con el fin de generar un archivo de información secundaria lo más reciente y completo posible.

En las entidades municipales se adquirió la información en la medida que ésta fue identificada o que el desarrollo del proyecto así lo requirió.

Posteriormente, se analizó toda la información recopilada, y luego de analizar y evaluar se tomo para el estudio la información de importancia para el proyecto. Se identificaron conjuntamente, los requerimientos técnicos del proyecto, basados en las características y criterios de diseño vial, tanto del área de ingeniería como arquitectónica, así como el estudio de suelos.

### 1.5.2.2 Información Primaria:

- **Visitas de campo**

Se programaron y realizaron varias visitas de reconocimiento y se realizaron numerosos recorridos del proyecto durante los meses de junio a octubre de 2010. Adicionalmente se llevaron a cabo los inventarios forestales en el área de influencia directa, así como las prospecciones arqueológicas, muestreos bióticos y muestreos de las fuentes superficiales, como muestreos de aire y ruido para conocer la situación inicial de la zona del proyecto, antes de la ejecución del mismo.

- **Comprobaciones en sitio**

En los recorridos de campo que se realizaron en desarrollo de los estudios para la obtención de información primaria, se levanto la siguiente información.

- Reconocimiento del corredor por el cual se desarrollará el proyecto, para verificar afectaciones a los componentes abiótico, biótico y social.
- Identificación de los sistemas hídricos presentes en el área de influencia directa con el fin de verificar su afectación por el desarrollo de las obras y de esta forma se definan los sitios exactos para la elaboración de muestreos de calidad de agua.
- Realización de los muestreos de calidad del aire.
- Elaboración del inventario Forestal.
- Reporte de la fauna por observación directa.

- **Geología y Geomorfología**

Se recopiló información secundaria a través de entidades públicas tales como el Instituto de Investigaciones en Geología y Química – INGEOMINAS e Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC; también de entidades privadas entre las que se destacan los estudios elaborados por la Concesionaria Ruta del Sol S.A.S. para el diseño del proyecto a licenciar, y luego, en campo, se corroboró y actualizó la información con ayuda de observación directa.

El reconocimiento de campo se realizó mediante varios recorridos a lo largo de la vía existente observando la litología predominante en los diferentes sectores de la misma, las geoformas, los procesos erosivos y de inestabilidad; en donde se encontró que las geoformas predominantes corresponden a zonas planas, con sectores locales ondulados de baja altura.

La descripción de la geología se realizó tomando como fuente principal las planchas geológicas del área preparadas por INGEOMINAS entre las que se destacan las planchas de los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Santander y Cesar; geología de las planchas 169 - Puerto Boyacá y 75 – Aguachica; y el procesamiento e interpretación del imágenes tomadas de Google Earth (2010). Los elementos básicos que se evaluaron fueron: unidades litológicas (tipo de roca y su relación estratigráfica con las unidades vecinas) y rasgos estructurales mayores como: plegamientos, fallas, lineamientos, etc. Además se hizo un análisis de detalle de las unidades del cuaternario.

Para el análisis geomorfológico se realizó en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC la consulta de aerofotografías de diferentes vuelos, escalas 1:35.000 a 1:50.000 que cubren el corredor de estudio, se utilizaron ortofotos e imágenes del servidor Google Earth; y las diferentes planchas regionales del INGEOMINAS, realizándose un análisis de las unidades de paisaje, formaciones superficiales, relieves mayores y menores y sobre éstas se identificaron los procesos geomorfodinámicos, tales como la erosión (procesos de carcavamiento, formación de surcos, formación de zanjas, hondonadas, etc.) y procesos de movimientos en masa antiguos y activos.

Finalmente, con base en los reconocimientos de campo realizados en el mes de julio de 2010 se elaboró el informe geológico y geomorfológico para cada uno de los tramos que cruza la Ruta del Sol.

- **Hidrogeología**

Se realizó la recopilación, análisis y procesamiento de la información existentes, en lo referente a los estudios geológicos, cartografía geológica desarrollada por el Instituto de Investigaciones en Geología y Química – INGEOMINAS, con la ayuda de fotografías aéreas consultadas en Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC e imágenes del servidor Google Earth, se diferencian la geomorfología, las unidades permeables e impermeables teniendo en cuenta además la composición, textura y disposición estructural.

Información consultada: se tomó como fuente secundaria los estudios Atlas Hidrogeológico de Colombia preparado por INGEOMINAS en el año 1999. También se destaca el estudio para el Proyecto Evaluación del Agua Subterránea en el Departamento del Cesar (1995). Esta información se detalló y complementó con información anteriormente recopilada, además de aspectos hidrológicos contenidos en estudios regionales.

Finalmente, con base en los reconocimientos de campo realizados en el mes de julio de 2010 se elaboró el presente informe hidrogeológico. En el informe se definieron las unidades hidrogeológicas que cruza cada uno de los tramos de la Ruta del Sol.

- **Agrología.**

Para el desarrollo de este trabajo se adelantaron tres etapas: preliminar, trabajo de campo, elaboración del informe técnico y cartográfico temática, cuyos contenidos, alcances y esquemas metodológicos fueron desarrollados con base en las guías del IGAC

- **Etapas preliminar**

En la etapa preliminar se realizó una recopilación y revisión detallada de los diferentes levantamientos hechos por el Instituto Geográfico “Agustín Codazzi” (IGAC), estos trabajos sirvieron de orientación para tener una mejor visión en la recolección de datos de los diferentes tipos de suelos, sobre la ubicación y calificación.

El inventario de suelos se basó en lo que respecta a su taxonomía, uso actual, uso potencial y conflictos de uso y la forma como se encuentran distribuidos geomorfológicamente, se delimitó las diferentes unidades fisiográficas y se estructuró una leyenda preliminar.

- **Trabajo de Campo**

En la segunda etapa se seleccionaron las unidades de suelos encontradas y los perfiles modales, posteriormente se hizo una verificación en campo del suelo más representativo de cada unidad taxonómica, con el fin de realizar las calicatas respectivas, el muestreo correspondiente de cada perfil modal y posteriormente los respectivos análisis de laboratorio, con el fin de corroborar los suelos existentes.

El perfil modal, es el que presenta características comunes, con la mayoría de los suelos examinados dentro de la unidad cartográfica y representa la unidad taxonómica a la cual pertenece.

- **Elaboración del Informe técnico y cartografía temática**

En la tercera etapa se elaboró el informe técnico una vez recolectada la información de campo adjunta a los resultados de los análisis de laboratorio (Anexo 5) de los perfiles muestreados, esta etapa comprendió actividades como la clasificación taxonómica definitiva de los perfiles de suelos (Anexo 5), la conformación de las unidades cartográficas, elaboración del mapa de suelos con su respectiva leyenda y la redacción de la memoria explicativa.

Dentro de la leyenda definitiva, los suelos fueron cartografiados en consociaciones, asociaciones y complejos dentro de cada posición, los suelos con la misma taxonomía (según el Sistema Americano), de igual paisaje y posición geomorfológica y en un 75% de homogeneidad geogenética y clima forman una Consociación, pero pueden variar en inclinación, humedad, grado de erosión, pedregosidad o en otros factores que requieren uso y manejo diferente; por estas razones se establecieron fases por pendiente y erosión

Las asociaciones son unidades que contienen dos o más suelos disímiles dominantes que se presentan relacionados geográficamente.

El conjunto es la unidad que presenta dos o más suelos dominantes y disímiles, asociados geográficamente, pero que no pueden separarse en estudios a escala de 1:25000 debido a lo intrincado de su patrón de distribución

La distribución y ocurrencia de las diferentes clases de suelo, se muestran y se representan geográficamente en el mapa para una mayor comprensión de la zona.

En el mapa de suelos los símbolos de las unidades cartográficas están representados por tres letras mayúsculas que indican: la primera el paisaje, la segunda el clima y la tercera el contenido pedológico de acuerdo con las letras mayúsculas y subíndices empleados, cada símbolo en el mapa y en la leyenda de suelos tiene un mensaje definitivo que puede interpretarse de acuerdo al siguiente ejemplo: MVL<sub>a</sub>, significa que:

M = Paisaje Montaña  
V = Clima cálido húmedo  
L = Asociación Lithic Trophent  
A = Pendiente ligeramente plano, pendiente 0-3%.

Primera letra mayúscula para el paisaje así:



M = Montaña  
 A = Altiplanicie  
 L = Lomerío  
 V = Valle

Según letras mayúsculas para el clima así:

V = Cálido Húmedo y muy húmedo  
 W = Cálido seco

Tercera letra mayúscula es empleada para las el contenido pedológico, definida por la clasificación taxonómica.

Cuarta letra minúscula empleadas para las fases de pendiente así:

Símbolo	Pendiente	Topografía
a	1-3%	Ligeramente plano
b	3-7%	Ligeramente inclinado.
c	7-12%	Moderadamente ondulado.
d	12-25%	Fuertemente ondulado.
e	25-50%	Fuertemente quebrada

El número arábigo es empleado para la fase por tipo de erosión:

1 = Erosión ligera  
 2 = Erosión moderada  
 3 = Erosión severa

Aparecen otras letras minúsculas al final del símbolo para representar presencia de la fase por pedregosidad superficial (p); fases por inundabilidad o encharcamientos (x).

Las líneas de la cartografía definitiva con sus ajustes correspondientes se transfirieron a planchas topográficas a escala 1:25.000

Al final se elaboró un informe el cual recopila toda la información obtenida durante el desarrollo del trabajo, con descripción física de la zona, descripción e interpretación de las características de los suelos. Además se elaboraron los mapas de uso y cobertura, aptitud de uso y mapa de conflictos.

- **Hidrología.**

Para el componente de hidrología inicialmente, se procedió a partir de la cartografía IGAC a escala 1:25.000 a identificar todos los ambientes de tipo lóticos y lénticos de la red hidrográfica. Posteriormente, como un segundo paso se realizó el inventario de campo, registro fotográfico y caracterización de las principales corrientes de tipo perenne e intermitentes, para lo cual se diseñó una ficha que incluyó los aspectos más relevantes como georreferenciación, tipo de estructura, tipo y dinámica de la corriente, usos de agua, vertimientos, obras de protección, estabilización de orillas, vegetación, y otros aspectos de tipo antrópico.

Adicionalmente, para las corrientes con información de registros de caudales, se les procedió a establecer el régimen hidrológico de caudales máximos, medios y mínimos mensuales multianuales.

#### Recopilación y análisis de la información existente

El estudio se realizó con información secundaria recopilada en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, complementada con información primaria recolectada por los consultores durante el trabajo de campo. En la Tabla 1-1, se presenta para cada uno de los tramos la información cartográfica del IGAC y en la Tabla 1-2, la información hidrométrica existente.

**Tabla 1-1 Cartografía IGAC**

Etapa	Tramo		Escala	
			1:25.000	1:100.000
1	1	Puerto Salgar – Caño Alegre	188-II-D; 189-I-A; 168-IV-D y 169-III-A	188; 189; 168 y 169
	5	San Alberto - Aguachica	97-I-A; 86-III-C; 86-III-A; 85-II-D 85-II-B; 75-IV-D	97; 86; 85 y 75
	6	Aguachica – La Mata	75-IV-B; 75-II-D; 75-II-B; 65-IV-D	75 y 65

**Tabla 1-2 Estaciones Hidrométricas**

Tramo	Código	Corriente	Tipo y nombre	Coordenadas	Elevación (m.s.n.m)	Período de registro
1	2306704	Río negro	LG Puerto Libre	05°45'N 74°37'W	154	1974-2009
5	2306704	Q. Buturama	LM Yeguerita	08°18'N 73°35'W	240	1990 - 2001
6	No hay estaciones hidrométricas en las corrientes de este tramo					

- **Monitoreos de Aire, Ruido y Agua.**

A continuación se hace una breve descripción de las generalidades en los monitoreos de calidad en los componentes ambientales de aire, ruido y agua.

#### *Monitoreo de Ruido*

Se implementó un plan de trabajo desarrollado durante 24 horas continuas, en los horarios diurno y nocturno del 29 de octubre al 8 de noviembre del año 2010, período en el cual se tomaron lecturas para verificar los Niveles de Presión Sonora (NPS). De esta manera se realizaron 14 mediciones ruido ambiental en el tramo de Puerto Salgar hasta Puerto Libre y 20 mediciones en el tramo de San Martín hasta La Mata, tomando en cuenta industrias, comercio y asentamientos humanos que se encuentran en el área de influencia del proyecto.

**Tabla 1-3 Monitoreo de Ruido**

No.	PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ	
		ESTE	NORTE
<b>TRAMO CUNDINAMARCA (Puerto Salgar a Puerto Libre)</b>			
1	R1 – Comando Aéreo de Combate No.1 “Germán Olano” en Palanquero.	935367	1096613
2	R2 – Parque principal de Puerto Salgar.	935776	1096063
3	R3 – Hotel Heliconias de Puerto Salgar.	936163	1096003
4	R4 – Estación de servicio de combustible Terpel de la salida de Puerto Salgar.	936595	1096667
5	R5 - Estación de servicio de combustible “Corán”.	937630	1098531
6	R6 – Subasta Ganadera de Caldas.	938071	1101880
7	R7 –Parador La Fonda de los Ganaderos.	939303	1106919
8	R8 – Desvío pozos Zeus 1 y pozos del campo Torcaz.	940614	1121590
9	R9 – Entrada sur a Puerto Libre.	938939	1128046
10	R10 – Escuela a la salida sur de Puerto Libre.	938840	1128378
11	R11 - Restaurante Fogón Paisa	938734	1129174
12	R12 – Desvío de la vía a Medellín	944983	1137691
13	R13 – Explotación de material en Alto Bonito.	945404	1138152
14	R14 – En el Km 87+700 del proyecto Ruta del SOL	945533	1143449

No.	PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ	
		ESTE	NORTE
<b>TRAMO CESAR (San Martín a La Mata)</b>			
15	R1 –Salida norte de La Mata, en el restaurante Andri	1048657	1444605
16	R2 –Caño la Pita a 200m del puente (salida sur de La Mata).	1048599	1443376
17	R3 -En frente de la Hacienda El Tulcán	1048326	1437335
18	R4 –Escuela Luis Alberto Badillo	1048238	1431099
19	R5 –Quebrada Besotes a 500m del puente (salida sur de de Besotes).	1048449	1430142
20	R6 –Casa de adobe, a 4km del punto anterior.	1049421	1425920
21	R7 –Estación de servicio de combustible “Norean”.	1051069	1419333
22	R8 - Estación de servicio de combustible “El Cerro”.	1053126	1413312
23	R9 –SENA a la salida sur de Aguachica.	1052764	1409939
24	R10 - Estación de servicio de combustible “Aguas Claras”.	1052195	1406025
25	R11-Frente a la planta de Freskaleche.	1052156	1404716
26	R12 - Estación de servicio de combustible “Los Columpios”.	1052197	1402652
27	R13 –Batallón de instrucción y entrenamiento “Quinta Brigada”.	1051357	1398319
28	R14 –Cruce Puerto Patiño.	1056126	1388346
29	R15 –A 300m del peaje “Morrison”.	1057624	1385510
30	R16 –Barrio La Floresta, salida norte de San Martín.	1061881	1377407
31	R17 - Estación de servicio de combustible “La Troncal”.	1062568	1376088

32	R18 –Escuela Pablo VI.	1064500	1372379
33	R19 –Entrada mina Torcoroma.	1066365	1368783
34	R20 –En la mina Torcoroma, a 300m de la entrada.	1066553	1368832

### Monitoreo de Calidad del Aire

En el área de influencia del Proyecto Ruta del Sol, se instalaron ocho (8) puntos de monitoreo, tres (3) de ellos en el tramo de Cundinamarca, que va desde el municipio de Puerto Salgar hasta Puerto Libre y los cinco (5) restantes en el tramo de Cesar, que va desde el municipio de San Martin hasta La Mata; determinando en cada uno de ellos las concentraciones de los siguientes compuestos: Material Particulado (PST) y (PM10), Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y Dióxidos de Azufre (SO<sub>2</sub>) con muestreos diarios de 24 horas, en tanto que los muestreos de Monóxido de Carbono (CO) se efectuaron de manera puntual, cada uno de los 10 días de monitoreo. En todos los casos se siguieron los protocolos y normatividades consignadas en las Resoluciones 650 y 610 de 2010, expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, así como las normas US EPA Apéndice 42 “Compilation of Air Pollutant Emission Factors” y los propuestos por la Norma Técnica Colombiana NTC 3704 del ICONTEC, para la evaluación técnica de la calidad del aire. Las mediciones fueron de carácter puntual sobre el corredor vial de los tramos 1, 5 y 6.

**Tabla 1-4 Monitoreo de Calidad del Aire**

ESTACIÓN	UBICACIÓN	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
Estación-1	Escuela Puerto Libre	938851 E 1128395 N	Cundinamarca	Puerto Libre
Estación-2	Estación de servicio Korán	937544 E 1098531 N		Puerto Salgar
Estación-3	Casa del señor Luis Enrique Suarez	936609 E 1096672 N		
Estación-4	Casa señora Nancy Montenegro	1060662 E 1379372 N	Cesar	San Martin
Estación-5	Estación de servicio Marbella	1052953 E 1410959 N		Aguachica
Estación-6	Casa del señor Isaac Arias	1048446 E 1430128 N		Besotes
Estación-7	Estación de servicio Besote	1048245 E 1430966 N		
Estación-8	Restaurante y hospedaje Lady's	1048612 E 1443682 N		La Mata

### Monitoreo de Aguas

Con base en los términos de referencia, se realizaron monitoreos de agua sobre el corredor vial relacionado con los cruces de agua representativos existentes en el área de influencia directa, teniendo en cuenta que pudieran ser afectados durante la etapa constructiva.

En el área de estudio fueron muestreadas en total 20 corrientes superficiales que cruzan la vía de interés (Anexo 6), mismos cuerpos de agua en los que se realizó la caracterización fisicoquímica y bacteriológica. En la Tabla 1-5 se muestran las corrientes superficiales evaluadas, su ubicación y fecha de muestreo. Para todas estas estaciones se lleva a cabo la caracterización hidrobiológica, monitoreando las comunidades perifítica, bentónica e íctica, con la identificación de sus respectivos hábitats. Los ecosistemas muestreados corresponden a sistemas lóticos que se caracterizan por ser de aguas corrientes como ríos, caños y quebradas.

**Tabla 1-5 Sitios de Muestreo de los Parámetros Hidrobiológicos Monitoreados en el Área de Influencia de la Ruta del Sol. (Anexo 6)**

COORDENADAS (ORIGEN BOGOTÁ)	DESCRIPCIÓN	MUNICIPIO /DPTO	FECHA	HORA	PARÁMETROS EVALUADOS
0938246 E 1128976 N	Río Negro	Puerto Salgar/ Cundinamarca	29/06/2010	14:10	Fisicoquímicos, Bacteriológicos e Hidrobiológicos (Bentos, Perifiton, Ictiofauna)
0951106 E 1181721 N	Río Ermitaño	Puerto Boyacá/ Boyacá	30/06/2010	07:20	
0959526 E 1191083 N	Caño Baúl	Cimitarra / Santander		10:50	
0982256 E 1208323 N	Río San Juan	Cimitarra / Santander		14:55	
0998821 E 1213413 N	Río Carare	Cimitarra / Santander		16:30	
1002570 E 1216824 N	Río Guayabito	Puerto Parra / Santander	01/07/2010	09:15	
1022336 E 1235489 N	Río Opón	Barrancabermeja / Santander		11:30	
1033855 E 1250172 N	Río La Colorada	Barrancabermeja / Santander		14:10	
1041915 E 1264215 N	Quebrada La Vizcaina	Barrancabermeja / Santander		16:40	
1057654 E 1284068 N	Río Sogamoso	Puerto Wilches / Santander	02/07/2010	10:25	
1056706 E 1330153 N	Río Lebrija	San Alberto / Cesar		13:15	
1062721 E 1341585 N	Río San Alberto	San Alberto / Cesar		16:40	
1066319 E 1369287 N	Río Torcoroma	Aguachica / Cesar	03/07/2010	09:00	
1055479 E 1389239 N	Quebrada La Pradera			12:00	

COORDENADAS (ORIGEN BOGOTÁ)	DESCRIPCIÓN	MUNICIPIO /DPTO	FECHA	HORA	PARÁMETROS EVALUADOS
1051825 E 1396612 N	Quebrada Curva Peligrosa			13:20	Fisicoquímicos, Bacteriológicos e Hidrobiológicos (Bentos, Perifiton, Ictiofauna)
1050729 E 1419824 N	Quebrada Norean			14:55	
1048063 E 1430634 N	Río Besote	La Gloria / Cesar	03/07/2010	17:00	
1047079 E 1449131 N	Río Simaña	Pelaya / Cesar	04/07/2010	15:00	
1044178 E 1469978 N	Río La Floresta	Pelaya / Cesar		13:00	
1054663 E 1058847 N	Río Animito	Curumani / Cesar		09:15	

Las corrientes que se encuentran dentro de estos tres tramos (1, 5 y 6) y que fueron consideradas de importancia para ser valorarlas ecológicamente, obteniéndose información primaria sobre su hábitat (calidad fisicoquímica y bacteriológica) y sobre la biota que domina el cauce, se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 1-6. Corrientes y muestreos de la etapa uno (1)**

PUNTO No.	CORRIENTE	MUESTRAS OBTENIDAS				TRAMO	COORDENADAS PLANAS	
		Calidad Hábitat	Perifiton	Bentos	Peces		N	E
1	Río Negro	X	X	X	X	1	1128644	938636
12	Río San Alberto	X	X	X	X	5	1341585	1062721
13	Río Torcoroma	X	X	X	X	5	1368849	1066324
14	Quebrada La Pradera	X	X	X	X	5	1388933	1055827
15	Quebrada La Curva	X	X	X	X	5	1396352	1052220
16	Quebrada Norean	X	X	X	X	6	1419592	1050958
17	Río Besote	X	X	X	X	6	1430351	1048411

Fuente: Ambiotec - MCS (2010).

### Características generales de los tramos de la Etapa 1

Esta etapa está integrada por tres tramos que se distribuyen en el siguiente kilometraje:

- Tramo 1: va de Puerto Salgar a Caño Alegre con una longitud de 47 km y dentro del tramo se localiza el río Negro.
- Tramo 5: va de San Alberto a Aguachica, con una longitud de 63,5 km y dentro del tramo se localizan las siguientes corrientes: ríos San Alberto y Torcoroma, quebradas La Pradera y La Curva.
- Tramo 6: va de Aguachica a La Mata dentro del tramo se localizan las siguientes corrientes: quebradas Norean y río Besote.

- Fisicoquímica y bacteriológica

**Métodos para Determinar la Calidad del Hábitat (Calidad del Agua)**

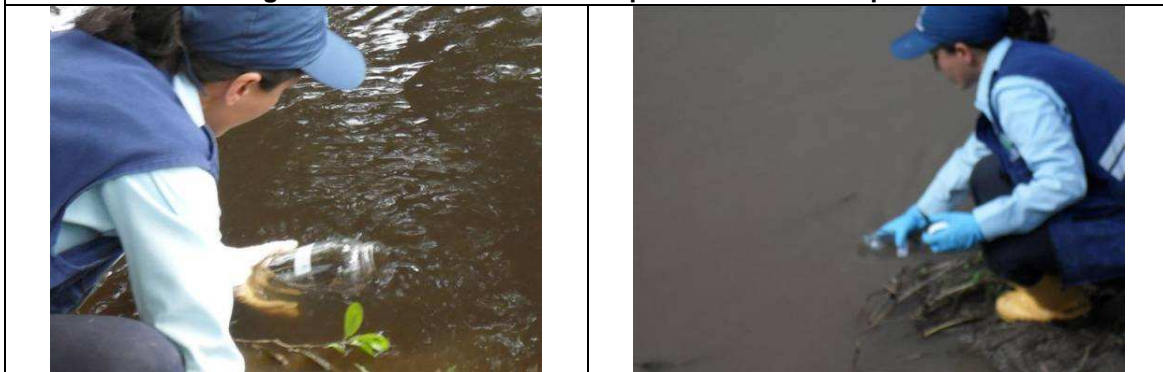
La caracterización del hábitat se realizó a partir de la determinación de la calidad física, química y bacteriológica del agua desarrollando los siguientes procedimientos:

- Muestreo fisicoquímico y bacteriológico

La toma de muestras se llevó a cabo por parte los profesionales de MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S<sup>1</sup>, teniendo en cuenta la metodología propuesta por APHA-AWWA-WPCF<sup>2</sup>. Se realizaron mediciones in situ de temperatura del agua, sólidos disueltos totales, pH, conductividad y oxígeno disuelto; así mismo, se colectaron muestras de agua que fueron posteriormente enviadas al laboratorio ANTEK S.A.<sup>3</sup> donde se les realizaron las pruebas para los demás parámetros medidos.



**Fotografía 1-1 Toma de muestras para análisis fisicoquímico.**



**Fotografía 1-2 Toma de muestras para análisis de coliformes y de grasas y aceites.**

Los procedimientos realizados en los muestreos tanto para las mediciones in situ, como para la toma de muestras para laboratorio, se indican en la Tabla 1-7

<sup>1</sup> MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. es una empresa que cuenta con la certificación ISO 9001:2000 y se encuentra acreditada ante el IDEAM bajo NTC-ISO/IEC 17025:2005, según Resolución N° 0802 de 21 abril de 2010)

<sup>2</sup> APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association) y WPCF (Water Pollution Control Federation), en el Standard Methods Edition 21 (2005)

<sup>3</sup> ANTEK S.A Laboratorio localizado en Bogotá el cual cuenta con acreditación del IDEAM

**Tabla 1-7. Variables Evaluadas, Unidades de Medición, Tipo de Muestreo y Método de Preservación de las Muestras.**

Parámetro	Unidades	Tipo de Muestreo	Envase	Preservación
Temperatura ambiente	°C	Medición <i>In Situ</i>	-	-
Temperatura de la muestra	°C	Medición <i>In Situ</i>	-	-
Oxígeno Disuelto	mg/L	Medición <i>In Situ</i>	-	-
pH	Unidades	Medición <i>In Situ</i>	-	-
Conductividad	µs/cm	Medición <i>In Situ</i>	-	-
Turbidez	NTU	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Alcalinidad Total	mg/L	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Acidez Total	mg/L	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	Manual – puntual	Vidrio Ámbar	Refrigerada
DBO <sub>5</sub>	mg/L	Manual – puntual	Vidrio Ámbar	Refrigerada
DQO	mg/L	Manual – puntual	Vidrio Ámbar	Refrigerada y acidificada
Sólidos Disueltos	mg/L	Medición <i>In Situ</i>	-	-
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Sólidos Sedimentables	mL/L Hora	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Sólidos Totales	mg/L	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Fósforo	mg/L	Manual – puntual	Vidrio Ámbar	Refrigerada
Potasio	mg/L	Manual – puntual	Vidrio Ámbar	Refrigerada y preservada
Grasas y Aceites	mg/L	Manual – puntual	Vidrio	Refrigerada y acidificada
Fenoles Totales	mg/L	Manual – puntual	Vidrio Ámbar	Refrigerada y acidificada
Coliformes Totales	NMP/100mL	Manual – puntual	Vidrio Estéril	Refrigerada
Coliformes Fecales	NMP/100mL	Manual – puntual	Vidrio Estéril	Refrigerada

Fuente: Antek S.A. 2010.

- Trabajo de Laboratorio

Una vez colectadas las muestras, en el laboratorio se efectuaron las pruebas y ensayos analíticos a las mismas, con el fin de determinar la concentración de cada uno de los parámetros medibles. En la Tabla 1-8 se indica la información concerniente a las pruebas fisicoquímicas efectuadas en cada una de las estaciones de muestreo y su técnica analítica de determinación.

**Tabla 1-8. Técnica analítica utilizada para la determinación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos.**

Parámetro Evaluado	In Situ	Laboratorio	Técnica Utilizada
Temperatura de la muestra	X		Termométrico
Temperatura ambiente	X		Termométrico
Oxígeno Disuelto	X		Titulométrico
pH	X		Electrométrico
Conductividad	X		Conductimétrico
Turbidez		X	Nefelométrico
Alcalinidad Total		X	Titulométrico
Acidez Total		X	Titulométrico



Parámetro Evaluado	In Situ	Laboratorio	Técnica Utilizada
Nitrógeno Amoniacal		X	Destilación – Titulométrico
DBO <sub>5</sub>		X	Incubación 5 Días
DQO		X	Reflujo cerrado
Sólidos Disueltos	X		Electrométrico
Sólidos Suspendidos Totales		X	Secado 103 - 105 °C – Gravimétrico
Sólidos Sedimentables		X	Cono Imhoff
Sólidos Totales		X	Secado 103 - 105 °C – Gravimétrico
Fósforo Total		X	Digestión – Colorimétrico
Potasio		X	E.E.A.
Grasas y Aceites		X	Partición / Infrarrojo
Fenoles Totales		X	Destilación – Fotométrico
Coliformes Totales		X	NMP – Tubos Múltiples
Coliformes Fecales		X	NMP – Tubos Múltiples

**E.A.A.:** Espectrometría de Absorción Atómica. **E.E.A.:** Espectrometría de Emisión Atómica. **Fuente:** Antek S.A., 2010.

- Análisis y Tratamiento de la Información

Para el análisis de los resultados de laboratorio y presentación de la información se establecieron cinco (5) grupos de indicadores de la calidad del agua seleccionados para mostrar las características físico-químicas agrupadas por parámetros, cuyos valores representan procesos ecológicos que necesariamente influirán en la calidad del agua de la corriente sujeta al paso de la doble calzada.

Los grupos conformados fueron: Grupo que mide la **Calidad Orgánica** de la corriente integrada por los parámetros Oxígeno, Saturación de Oxígeno, DBO<sub>5</sub>, DQO, Coliformes Fecales y Totales, Con valores altos de estos parámetros se demuestra el ingreso reciente de aguas negras domiciliarias, de aguas residuales agropecuarias e industriales.

Grupo que determina la **Calidad Física y Óptica** del agua, en el cual están los Sólidos y la Conductividad. La finalidad de conocer estos parámetro es la de detectar ingreso de sólidos de diferente origen como puede ser la erosión en laderas o los usos indebidos del cauce. Estos sedimentos se transportan por el río hasta llegar al río Magdalena receptor de todas las corrientes del área de estudio y cuando las concentraciones en el agua son muy altas, se impide el normal desarrollo de los organismos vivos (perifiton, bentos y peces).

Grupo que establece la **Calidad Trófica** del agua, por la presencia de Nitrógeno y Fósforo. Por medio de estos parámetros se determina el ingreso de fertilizantes y en general se establece si existe una sobrealimentación del hidrosistema.

Grupo de **Amortiguación del agua**, en el se han seleccionado al pH, la Alcalinidad, la Acidez, y se ha incluido el Potasio, este grupo permite definir la estabilidad química de la corriente y su capacidad de amortiguar contaminantes.

Grupo de parámetros de **Interés Especial**, conformado por las Grasas y Aceites y los Fenoles, ambos incontrovertibles indicadores de contaminación del agua y de peligro inminente para la biota acuática.

Además se efectuó una interpretación del estado de los cuerpos de agua a partir del cálculo de los índices de contaminación del agua (ICO) sobre los puntos de muestreo tenidos en cuenta (Ramírez et al., 1997).

Los índices calculados fueron: índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO), índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS) y el índice de contaminación trófico (ICOTRO). El ICOMO comprende la relación entre tres (3) variables fisicoquímicas (demanda bioquímica de oxígeno (DBO), coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno), las cuales, en conjunto, recogen efectos distintos de la contaminación orgánica.

El ICOSUS involucra solamente la concentración de sólidos suspendidos, que hacen referencia a los compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en el agua y el ICOTRO se determina con la concentración del fósforo total. Estos índices son de gran utilidad para establecer la calidad del agua de las corrientes hídricas, debido a que identifica el grado de intervención que presentan los cuerpos de agua (Ramírez et al., 1997).

Para calcular los diferentes índices de contaminación, se aplicaron las fórmulas descritas a continuación:

$$\begin{aligned}
 \text{ICOMO} &= 1/3 (I_{\text{DBO}} + I_{\text{Coliformes totales}} + I_{\text{Oxígeno\%}}) \\
 \text{ICOSUS} &= -0,02 + 0,0003 \text{ Sólidos suspendidos (mg/L)} \\
 \text{ICOTRO} &= \text{Fósforo total (mg/L)}
 \end{aligned}$$

**Tabla 1-9. Variables en la Determinación de los Índices de Contaminación del Agua (ico).**

ÍNDICES	VARIABLE	INTERPRETACIÓN
ICOMO	DBO <sub>5</sub>	0 = Baja contaminación 1 = Alta contaminación
	Coliformes Totales	
	Oxígeno Disuelto	
ICOSUS	Sólidos suspendidos	
ICOTRO	Fósforo total (mg/L). Realizado a partir de la sumatoria de fósforo inorgánico y orgánico	<0,01 = Oligotrófico >1 = Hipereutrófico

Fuente: Ramírez et al., 1997.

- **Hidrobiología**

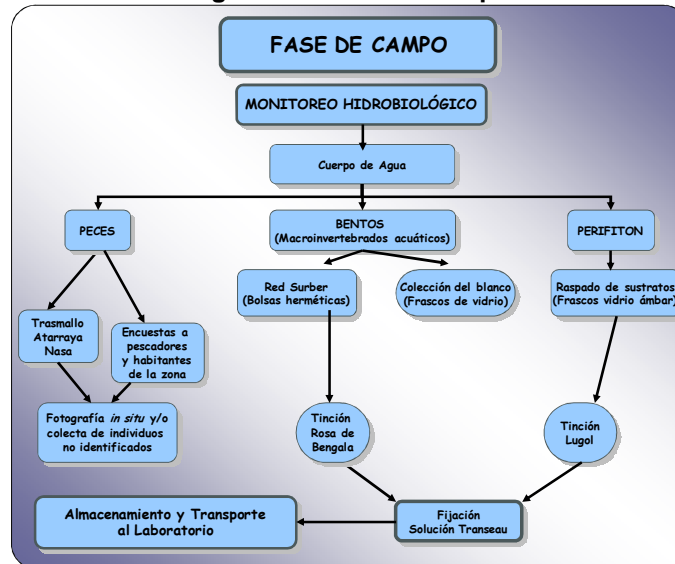
Los métodos que se llevaron a cabo para la caracterización hidrobiológica de los cuerpos de agua, se encuentran fundamentados en los textos de la APHA-AWWA-WPCF; APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association) y WPCF (Water Pollution Control Federation), en el Standard Methods Edición 21 (2005).

Fase de Campo

Dentro del proceso metodológico, una vez identificados los sitios para la toma de cada una de las muestras, se ejecutaron los procedimientos establecidos para cada comunidad y luego, se procedió a la preservación de las muestras, de acuerdo al diagrama que se muestra en la Figura 1-2. Posteriormente, las muestras hidrobiológicas fueron enviadas al

laboratorio de MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental, localizado en la ciudad de Bogotá, el cual cuenta con certificación ISO 9001:2000 y acreditación ante el IDEAM.

Figura 1-2 Fase de Campo



#### Comunidad Perifítica

La colecta de las muestras de perifiton se efectuó raspando los sustratos sumergidos en los cuerpos de agua, como rocas, troncos y hojas. Para este propósito, se empleó como instrumento colector un cepillo y se tuvo en cuenta el área de raspadura (cuadrante de perifiton: 7,82 cm<sup>2</sup>). Posteriormente, los microorganismos adheridos al instrumento fueron resuspendidos en un frasco de vidrio ámbar con solución Transeau, al cual se le agregaron unas gotas de Lugol para facilitar la identificación en el laboratorio. Finalmente, las muestras fueron marcadas, registradas en las planillas de campo y almacenadas en una nevera de icopor para su posterior traslado al laboratorio.

#### Comunidad Bentónica

La colecta de las muestras se efectuó por medio de una Red Surber de 363 µm, la cual fue colocada sobre el sustrato con la abertura en contra a la corriente; de esta manera, el material removido del sustrato es arrastrado hacia el interior del cono de la red, donde los sedimentos junto con los organismos quedan retenidos. Se realizaron varios barridos con el fin de homogenizar la muestra y hacerla representativa.

El material fue depositado en bolsas de seguridad, fijado con solución Transeau y teñido con el colorante Rosa de Bengala. Adicionalmente, se realizó una selección manual de los macroinvertebrados acuáticos presentes en los cuerpos de agua muestreados para la conformación de un blanco; éste permite identificar de manera general algunos organismos presentes en el sistema y es de gran ayuda en el momento de analizar la composición de la muestra en el laboratorio.

El material colectado fue rotulado y almacenado en una nevera de icopor. A todas las muestras se les realizó un registro, cumpliendo con los requisitos expuestos en las planillas de campo.

*Comunidad Íctica*

La toma de muestras de la comunidad íctica se realizó empleando una atarraya de 1 pulgada de ojo de malla. Se efectuaron varios lances y barridos, para un total de esfuerzo de una (1) hora por cuerpo de agua muestreado. Cuando las características del cuerpo de agua impidieron el uso de la atarraya se realizaron barridos con la ayuda de una nasa de ojo de maya de cinco (5) mm, con la cual se capturan peces pequeños y se procede de la misma forma descrita con anterioridad.

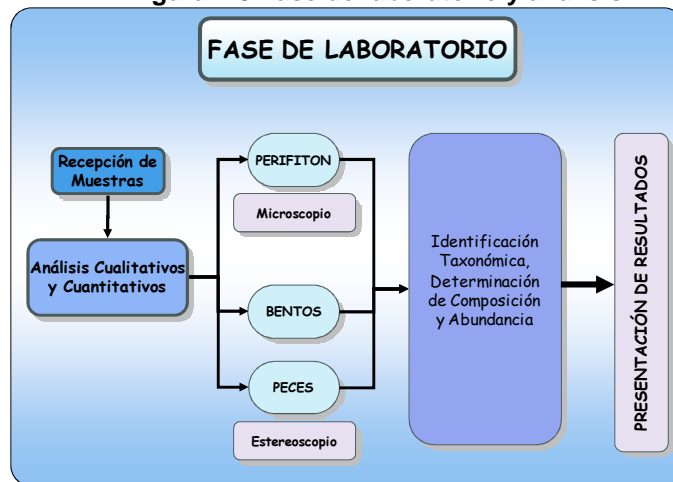
Fase de laboratorio y análisis

En esta etapa, se procedió al análisis de las muestras colectadas en campo mediante la determinación de la composición y abundancia de las comunidades hidrobiológicas en los cuerpos de agua señalados anteriormente. La etapa de laboratorio es una de las más importantes por cuanto se obtienen los resultados de las comunidades monitoreadas.

El recuento e identificación de los organismos del perifiton, se realizó con base a la metodología propuesta en los textos de la APHA-AWWA-WPCF; APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association) y WPCF (Water Pollution Control Federation), en el Standard Methods Edición 21 (2005). Se empleó un microscopio de luz compuesto, en un aumento de 10X y/o 40X y la ayuda de una cámara Sedgwick-Rafter, realizándose varios transectos visuales, desarrollando barridos en zig-zag tratando de abarcar toda la placa.

Para la identificación y ubicación taxonómica de estas comunidades se utilizaron claves taxonómicas, dibujos y descripciones de Edmondson (1959), Needham & Needham (1962), Bicudo & Bicudo (1970), Prescott (1970), Bourrelly (1972 y 1981), Pennak (1978), Parra et al., (1982), Anagnostidis & Komarek (1986 y 1989), Roldán (1989), Lopretto & Tell (1995) e ITIS (2008).

**Figura 1-3 Fase de laboratorio y análisis**

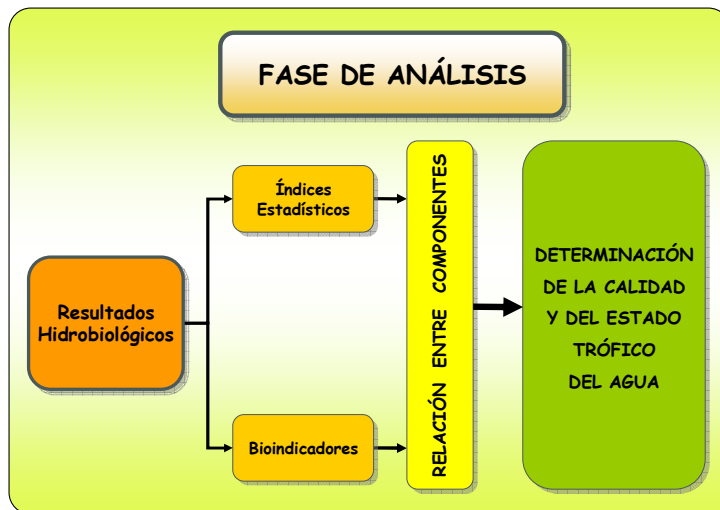


Las muestras colectadas de macroinvertebrados acuáticos, fueron separadas en tamices de diferente micraje (500 µm y 1,18 mm) y analizadas sobre bandejas esmaltadas blancas, cajas de petri y portaobjetos con ayuda de un microscopio de luz o estereoscopio (aumentos de 10X y 40X), según la necesidad. Para la identificación de la comunidad

bentónica se utilizó bibliografía especializada como: Mc Cafferty (1983), Roldán (1988, 1989 y 2003), claves de la APHA (1992), Cummins & Merrit (1996) e ITIS (2008). Por último la comunidad íctica se identificó teniendo en cuenta la merística y morfometría. La identificación se basó en claves y bibliografía especializada como Dahl & Medem (1964), Dahl (1971), Miles (1971), Roman (1995), Galvis et al. (1997), Maldonado-Ocampo et al (2005) e ITIS (2008).

Los datos obtenidos de las comunidades hidrobiológicas fueron recopilados en tablas primarias. Para el caso específico del perifiton los resultados cuantitativos se expresaron en organismos por centímetro cuadrado ( $org/cm^2$ ), teniendo en cuenta el área de sustrato del cual se extrajo la muestra. Para el bentos, se tuvo en cuenta el total de individuos contabilizados en cada taxón determinado y el área de muestreo (Red Surber), registrando de esta forma el total de individuos por unidad de área, en este caso por metro cuadrado ( $org/m^2$ ). Con los resultados obtenidos de composición y abundancia de las comunidades perifítica y bentónica, se calcularon los índices de diversidad de Shannon, uniformidad de Pielou y predominio de Simpson, como un indicador de la calidad ambiental del agua.

**Figura 1-4 Fase de Análisis**



Ecosistema Acuático

La metodología general de presentación del componente biota acuática está basada en agrupar la información del medio abiótico y biótico de cada corriente, posibilitando la observación de los resultados de manera integrada, lo que facilitará la evaluación ambiental a las que será sometida por la ampliación de la Ruta del Sol, en las siguientes etapas del Sector 2.

Se describirán en primer lugar la localización de los tramos considerados en la Etapa 2, posteriormente se ilustrará sobre las características de los tramos, para finalmente describir los métodos empleados en la determinación de la calidad del Hábitat acuático (calidad físico-química y bacteriológica del agua) y seguidamente los métodos hidrobiológicos para caracterizar el perifiton algal, los macroinvertebrados bentónicos y la ictiofauna.

Se aplica la Resolución 1503 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, sobre Metodología General para la presentación de estudios ambientales, además del cumplimiento de las siguientes Normas establecidas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Normalización ICONTEC: NTC-ISO 5667-10, NTC-ISO 5667-11, NTC-ISO 5667-13, NTC-ISO 5667-2, NTC-ISO 5667-4, NTC-ISO 5667-9, NTC 3945, NTC-ISO 5667-12, NTC-ISO 5667-15, NTC-ISO 5667-19, NTC-ISO 5667-1, NTC-ISO 5667-14, NTC-ISO 5667-18, NTC-ISO 5667-16, NTC-ISO 5667-3, NTC-ISO 5667-6, NTC 3948

### Fuentes de Información

Se realizaron consultas sobre los temas investigados con el IDEAM, INCODER, CORMAGDALENA, Universidad Jorge Tadeo Lozano, y los Centros de Documentación como el del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, los EOT's de los Centros Municipales de Puerto Salgar, Barrancabermeja y Aguachica.

- **Componente Biótico**

- Flora

El registro o inventario de árboles al cien por ciento dentro del corredor de servidumbre o derecho de vía, hace parte de los requisitos de solicitud de los permisos de aprovechamiento de recursos naturales, los cuales deben ser tramitados ante las Autoridades Ambientales locales CAR's.

La metodología de inventario forestal presentada para el proyecto Ruta del Sol 2 se ajusta a las necesidades de información de campo para procesar, planos de localización de árboles y el cálculo de los volúmenes leñosos debidos a las alturas comercial y total.

### Corredor de Derecho de Vía

El corredor de derecho de vía para este diseño a doble calzada sigue la norma de la Ley 1228 de 2008, en la cual se establece un ancho de 60 m en espacios libres o rurales, y de 43,60 m para áreas pobladas.

Conforme a lo anterior, el derecho de vía para la doble calzada se constituye a partir de la calzada actual, tomando como regla la ampliación hacia un costado ya que las condiciones de relieve plano, así lo facilitan. En algunos sectores se hizo la rectificación de curvas y se optó por establecer corredores nuevos para implementar variantes en los pasos de poblaciones.

### Consideraciones de Afectación

La afectación por tanto se dará a un costado de la vía actual, en un corredor adicional de por lo menos 25 m de ancho. Dadas las características del diseño, sobre este corredor adicional se hará la tala total de árboles.

### Metodología para el Diagnóstico Forestal

La metodología para la evaluación del alcance del componente forestal, siguió en principio la diferenciación de las unidades de paisaje y sus coberturas tipo. La metodología se retroalimentó mediante el chequeo aerofotográfico, imágenes satelitales y la inspección de campo, así como la división del proyecto por tramos y grandes unidades de paisaje. A esta sectorización del proyecto se aplicó el método seleccionado de muestreo para la evaluación forestal rápida EFR, con lo cual se obtuvo un diagnóstico del área de influencia directa. Este método se basa en hacer registros de sitio en las unidades de paisaje, para implementar una valoración cuántica de datos que representan variables para hallar frecuencia, dominio y abundancia, aspectos con los cuales se hará la evaluación del Índice de Valor de Importancia por especie I.V.I.

El método EFR no tiene en cuenta dimensiones de muestreo (sustituye la parcela por el sitio de observación), precisa un radio amplio de registro de especies en cada unidad de paisaje, sobre el cual tomando los elementos arbóreos, definiendo la apreciación del número de individuos; variable que se designa con el número 1 para presencia de árboles en composiciones heterogéneas y con el número 2 para presencias en composiciones homogéneas en donde aparecen asociaciones o rodales; la dominancia se expresa como el rango de altura de las especies registradas, designándose el número 1 para rangos entre 3 a 6 m de altura, con el número 2 para rangos entre 8 a 14 m de altura, y con el número 3 para rangos mayores a 16 m de altura.

El registro se hace para árboles en categoría de fustal (diámetros mayores a 10 cm de D.A.P.). La evaluación del I.V.I.A. por tramo y unidad de paisaje, produjo la caracterización silvicultural (abundancia relativa, frecuencia relativa, dominancia relativa, e I.V.I.A.); aspectos que permitieron concluir los árboles sobresalientes de cada tipificación de cobertura y su posición sociológica dentro del grado de importancia resultante. Finalmente, se complementó el listado de las especies registradas en los muestreos con sus respectivos nombres regionales y nombres técnicos.

El componente paisajístico tomó la definición de acuerdo con la caracterización edafológica, complementándose con el dominio de frecuencia y dominancia de especies, lograda dentro de la metodología para la evaluación de la caracterización florística.

El componente paisajístico igualmente logró describir dentro de cada unidad de paisaje, el encuentro con el medio, por usos y costumbres locales.

La regeneración natural tuvo un procedimiento similar, pero solamente se enfocó en las unidades de paisaje con protección del sotobosque.

#### Método para el registro de árboles a intervenir (100%)

De acuerdo con el perfil de diseño transversal propuesto y soportado en la Ley 1228 de 2008, la vía procura en la ampliación del corredor, conservar un costado en su estado actual, tomando la intervención adicional como norma general hacia un solo costado.

De acuerdo con lo anterior y la presentación de los planos de trazado, el diseño del inventario tomó para el costado que no se amplía, la información del arbolado en un ancho de 15 m., a partir del borde externo de berma. Para el costado que se amplía, se

tomó la información del arbolado en un ancho de 35 m., a partir del borde externo de berma.

En el área de influencia directa y con base en el levantamiento de información primaria se realizó la caracterización florística. El objetivo principal de esta caracterización es ampliar el conocimiento acerca del tipo, estructura y composición de la Flora presente y de la cobertura vegetal del área del proyecto; para ello se hace una descripción de la cobertura que existe actualmente en la zona.

Para la definición de la Cobertura vegetal presente en el área de influencia del proyecto y con el fin de identificar su composición florística, se realizó una visita de campo en la cual se estableció la toma de datos de las diferentes coberturas existentes con base en un censo para el análisis estructural y fisionómico.

El anterior alcance de la actividad del inventario forestal tiene como propósito brindar la información detallada del componente forestal a intervenir y el existente actualmente, en las franjas paralelas de protección ambiental para el corredor de movilidad vial.

#### Labor de Inventario Forestal

Se realizó kilómetro a kilómetro el censo de los árboles con DAP  $\geq$  10cm, las variables registradas fueron: Número de árbol marcado por subtramo de inventario, con pintura de aceite indeleble; Especie (nombre común); DAP en centímetros tomado con forcípula (esta medida se ajustó por el costado de menor diámetro del fuste, ya que el círculo fustal por lo general no es perfecto), Altura comercial y total del fuste en metros (la altura comercial se evalúa de acuerdo con la parte del fuste utilizable localmente); características físicas, estructurales y sanitarias del árbol. Como se muestra en las fotografías de la Fotografía 1-3 Fotografía 1-5

En campo los árboles inventariados fueron materializados con una marcación, para la cual fue necesario limpiar la superficie de numeración en la corteza superficial, usando machete; sobre esta superficie se llevó a cabo la numeración consecutiva del sub-tramo de trabajo de cada comisión de campo.

#### Registro de datos

Una vez marcado cada árbol, se diligenció el formato de Registro de Datos en Campo, determinando los siguientes aspectos:

- a. Número de registro. Numeración consecutiva de los árboles dentro del corredor.
- b. Nombre común del árbol: Corresponde al nombre con el cual se conoce la especie en la zona en la que se desarrolla el proyecto
- c. Altura Total: altura desde la base del fuste hasta la cima de copa. Medida que se expresa en metros.
- d. Altura comercial: altura a la que por lo general se encuentra la primera ramificación. Medida que se expresa en metros.

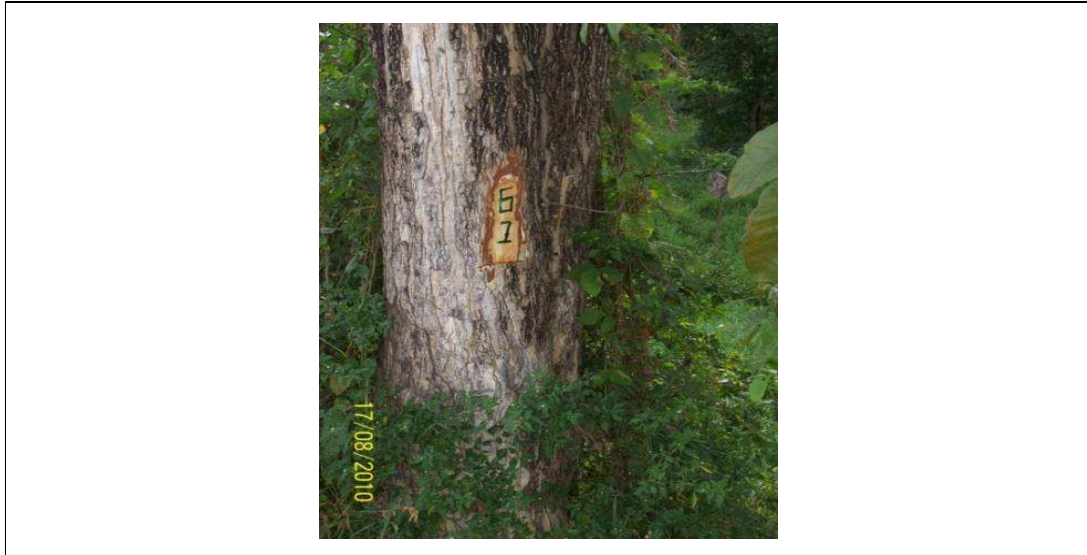


- e. DAP: medida del diámetro del fuste a 1,30 m de su base, se determinó utilizando una forcípula que indica el valor directo del diámetro en centímetros. Para los árboles que se presentan en macolla o bifurcados, el DAP corresponde al promedio de la suma del DAP de cada uno de los fustes bifurcados.
- f. Costado: Corresponde a la ubicación del corredor sobre el cual se está trabajando: Izquierdo o derecho, siempre con la orientación de S-N.
- g. Abscisa: Es la referencia física del avance longitudinal del corredor vial, se mide en Km y la distancia parcial y acumulada entre Km y Km en metros (000 a 999).
- h. Código de árbol: Corresponde a una característica del estado físico del árbol según su disposición, fisionomía o estado, como sigue:
  - 1: Macollado
  - 2: Inclinado
  - 3: Caído
  - 4: Afectado por un patógeno u otro tipo de afectación
  - 5: Truncado
  - 6: Retorcido
- i. Corredores de ubicación: Hace referencia al corredor longitudinal específico de localización del árbol, con respecto al eje de la vía, corresponde a las siguientes franjas:
  - De 0 a 3 m.
  - De 3 a 15 m.
  - De 15 a 25 m., y
  - De 25 a 35 m.

Para la identificación de las especies se contó con la ayuda de reconocedores locales que hicieron parte de las comisiones de trabajo, así como la referencias dendrológicas para la ayuda de la identificación y determinación taxonómica.



<p>método que disminuye las probabilidades de error de medición de diámetros en los árboles.</p>	<p>forcípula.</p>
--	-------------------



**Fotografía 1-5 Modo de marcación de los árboles registrados en el inventario forestal**



**Fotografía 1-6 Elementos básicos utilizados en la labor de inventario al cien por ciento en el corredor del derecho de vía: cono para seguridad vial, ya que la labor se realiza desde borde de vía; cuerda para demarcar las franjas de ubicación de los árboles; machete para el acceso hasta el árbol y elemento de limpieza de la superficie de corteza para su marcado; forcípula para la medición de diámetros; pote o frasco para el marcado de árboles con pintura de aceite**

- **Caracterización Faunística**

La metodología seguida para la realización del presente estudio consta de tres (3) fases, en la primera mediante la cual se realizó una amplia y detallada revisión y evaluación de la información secundaria disponible (libros, artículos científicos, literatura gris), la segunda que constituye la fase de campo, y la tercera que contempla la discusión y análisis de los resultados obtenidos.

#### Fase I

Dentro de esta etapa se llevó a cabo una exhaustiva recopilación, revisión y evaluación de información secundaria a nivel regional y local de estudios faunísticos; así como la recopilación y evaluación de información temática existente para la zona del proyecto. Para tal fin, fue necesario la consecución y revisión de una extensa literatura, que contempló: libros, artículos científicos, informes técnicos, planes de manejo ambiental, y planes y/o esquemas de ordenamiento territorial (se contó con la información de 15 de los 20 municipios que hacen parte del área del proyecto), entre otros tipos de literatura gris.

#### Fase II

Corresponde al levantamiento de la información primaria en la zona y consiste en una (1) visita de campo al área de estudio entre el 4 y 9 de agosto de 2010. La salida de campo tuvo como objetivo obtener los registros de la fauna del área de estudio (corroborar la información obtenida en la bibliografía, así como el complementar los registros ya existentes).

#### Fase III

Esta fase comprende el análisis de la información registrada directamente en campo, y la información consignada en literatura.

#### Metodología específica componente fauna

Durante los últimos diez años algunas agencias internacionales de conservación de la naturaleza han desarrollado métodos que permiten realizar evaluaciones ambientales en cortos períodos de tiempo (Parker *et al.* 1993, Sobrevila y Bath 1992). Estos métodos permiten abordar y responder con mayor rapidez a los problemas que se generan por los acelerados procesos de transformación de algunas regiones y surgieron, en una primera instancia, ante la rápida y extensiva devastación existente en casi todas las áreas tropicales.

Dos (2) agencias de conservación internacionales, *The Nature Conservancy* (TNC) y *Conservation International* (CI) han desarrollado metodologías para realizar evaluaciones ambientales de corta duración: *Rapid Ecological Assessment*(EER) y *Rapid Assessment Program* (RAP). Este tipo de evaluaciones se han diseñado para funcionar en situaciones en las que no se dispone de información detallada, o donde hay limitaciones de tiempo.

Estos métodos se plantean como una forma relativamente rápida para obtener información biológica y ecológica que se espera sea incorporada en el diseño de planes ambientales; al integrar múltiples niveles de información biológica y ecológica, a través de un proceso conocido como "muestreo estratificado".

El método de las Evaluaciones Ecológicas Rápidas (EER) comienza subdividiendo grandes unidades de paisaje en ecosistemas o hábitats, y gradualmente desciende hasta el nivel de especie. De esta forma, se intenta lograr la identificación de áreas prioritarias usando una metodología de análisis y pronóstico de arriba hacia abajo (Rangel, 1997).

Una “evaluación ecológica rápida” (EER) es un proceso que se utiliza para obtener y aplicar, en forma más o menos acelerada, información biológica, ecológica y socio-económica para contribuir a la toma de decisiones en la gestión para la conservación. Este método integra múltiples niveles de información, desde imágenes de satélite, fotos aéreas y sobrevuelos, hasta evaluaciones de campo muy enfocadas en grupos de organismos que permiten obtener un cierto conocimiento de la diversidad biológica del área.

Es así como, se constituye en una herramienta muy valiosa en el momento de realizar evaluaciones ambientales en cortos períodos de tiempo. Además, son utilizados como herramientas en la caracterización y zonificación de grandes áreas de interés para la conservación, y pueden aplicarse inclusive, en el caso de las reservas de biosfera, unidades que en muchas ocasiones llegan a ocupar extensos territorios.

#### Selección de las localidades de muestreo

A partir de la revisión y análisis de imágenes de satélite, ortofotografías, cartografía temática de cobertura y uso de la zona de estudio, e información secundaria de apoyo, y sumado al recorrido del Área de Influencia Directa del proyecto (AID), se identificaron y evaluaron los puntos más representativos dentro de la misma. Las localidades de muestreo fueron seleccionadas con base en criterios de representatividad ecogeográfica, grado de conservación, asociación a los posibles sitios de trazado, logística (autorización por parte de los propietarios y/o encargados de los predios), y representatividad biológica (áreas con hábitats y tipos de coberturas con alta probabilidad de registro). Debido a la relativa homogeneidad de ecosistemas que abarca el AID, se realizaron muestreos en localidades que permitieron obtener y optimizar la mayor cantidad de información posible de los grupos bajo estudio; para lo cual se seleccionaron aquellas localidades que contuvieran la representación de la diversidad de hábitats presentes dentro del área (Sayre *et al.* 2000), para este aspecto se identificaron las coberturas “unidades de paisaje” existentes, consideradas a partir de los tipos de cobertura, estados sucesionales, estructuras antrópicas y tipos de uso del suelo (Fotografía 1-7). Los sitios definidos para el muestreo fueron georeferenciados con la ayuda de dos (2) Geo Posicionadores Espaciales (Garmin GPS 72, Garmin GPS 60CSx).



**Fotografía 1-7 Identificación y Selección de localidades de Muestreo de la AID.**

### Estudio de la Fauna Terrestre

En el trabajo de campo se utilizaron las técnicas específicas de muestreo apropiadas para el estudio en cada uno de los grupos taxonómicos. La identificación de cada ejemplar se llevo a cabo por los investigadores, apoyados en la bibliografía disponible (guías de campo especializadas) y/o en colecciones de referencias de ser necesario, dentro de las que podemos resaltar el estudio realizado en 2010 por la ONG Panthera, denominado "inclusión del componente jaguar en el plan de manejo ambiental del la ruta del sol".

- Clases Amphibia y Reptilia

Para la obtención del registro de las especies de anfibios y reptiles, se emplearon cuatro (4) tipo de colectores: 1. Registro y observación directa de ejemplares; 2.Registro de vocalizaciones (solo para Anura); 3. Entrevista con los pobladores locales; y 4. Evaluación de estudios regionales y/o locales.

Para el muestreo y validación de los datos dentro de las localidades de muestreo, se destino  $1^{1/2}$  días por sitio. Se realizo un esfuerzo de captura de 4 horas/hombre noche, y 3 horas/hombre día; esta metodología se aplico en razón a los picos de actividad biológica de los anfibios (18:30 a 22:00 horas) y reptiles (9:00 a 11:00 horas), respectivamente. Para los muestreos se tuvo en cuenta los factores abióticos como la temperatura, humedad, altitud entre otros, y bióticos como la vegetación, aspectos que permiten establecer el tiempo mínimo que se debe emplear para hallar la diversidad total de especies presentes en un área de estudio.

	
<p><b>Muestreo de anfibios en la localidad FBM</b></p>	<p><b>Muestreo de reptiles en la localidad FBM</b></p>
<p><b>Fotografía 1-8 Muestreo de anfibios y reptiles.</b></p>	

La utilización de trampas de caída no se consideró en este estudio, debido a varios factores: 1) La baja proporción de individuos a coleccionar cerca del 5%, 2) La efectividad, dado que requieren de varios días para su estandarización 3) Las características de las localidades que no hacen factible la implementación de esta técnica.

Los ejemplares capturados para su reconocimiento taxonómico, fueron transportados en bolsas de tela, previamente humedecidas y con vegetación al interior de estas con el fin de evitar la desecación de los ejemplares; para cada uno de los ejemplares capturados se consignó y asignó en la libreta de campo un número que permite conservar datos relacionados principalmente con sus patrones de coloración, ya que con los procesos de sacrificio, fijación y preservación, estas características morfológicas externas se pierden. Para reforzar este aspecto a cada una de las especies registradas durante el estudio se les realizó un registro fotográfico. Por otra parte, se obtuvieron datos geográficos que contienen información relacionada con el municipio, vereda, localidad específica, altitud, coordenadas geográficas (en grados minutos y segundos) fecha de colección y colectores. Adicionalmente, se consignaron aspectos relacionados con los microhábitats, distribución, reproducción, actividad biológica, uso del hábitat y características ecológicas.

A diferencia de otros grupos de vertebrados; la herpetofauna no puede ser fácilmente identificada *a priori*, por lo que es necesario en algunos casos particulares, obtener ejemplares y establecer colecciones de referencia para este efecto. De esta manera, el sacrificio de los ejemplares de referencia se realizó mediante el empleo de una solución anestésica de cloretona para los anfibios y de xilocaina para los reptiles, con el fin de evitar al máximo el sufrimiento de los ejemplares y de esta manera obtener muestras de alta calidad; una vez sacrificados los ejemplares pasaron a una cámara húmeda para fijar los ejemplares en una solución de formol al 10% durante 8 horas, aspecto que permite conservar las estructuras morfológicas externas e internas; durante esta etapa del procedimiento son colocadas las etiquetas de campo (referencian el número de campo. Siguiendo el protocolo, los ejemplares son transportados en un recipiente en una solución de formol al 10% y son conservados durante un periodo mínimo de 8 días.

Una vez realizado este paso, los ejemplares son llevados a una solución de lavado con etanol al 70% durante 8 días y finalmente son llevados a una solución limpia de la misma donde son preservados. Todas las muestras obtenidas de esta forma están listas para su identificación, en este paso con bibliografía especializada se confrontan y discuten las características taxonómicas de los ejemplares y se identifican aspectos como sinonimia, diagnosis, hábitats y costumbres, distribución, ejemplares estudiados, valor ecológico, grado de amenaza y comentarios.

### Información de las especies

Para realizar el análisis de la herpetofauna, se tomo como referencia el tipo de cobertura vegetal donde se distribuyen y se identificaron unidades como rastrojos bajos (Bn2a), rastrojos altos (Bn2i), bosque protector de cauce (Bn2w), potrero abierto (Pn1g), potrero arbolado (Pn2g), ríos, quebradas y/o caños y sus bordes (Wc1r) y lagos, lagunas, ciénagas y sus bordes (We1h). De manera adicional tanto para los anfibios como para los reptiles se identificaron categorías ecológicas con base en el uso puntual de los microhábitats I: Especies de bosque protector de cauce, II: Especies de bordes de bosque, rastrojo o amplia tolerancia. , III: Especies de áreas abiertas, IVa: Especies acuáticas asociadas a cuerpos de agua lóticos, IVb: Especies acuáticas asociadas a cuerpos de agua sin sombra, orillas abiertas. En cuanto a los grupos de anfibios se identificaron modos reproductivos basado en la propuesta por Crump, 1974. En relación a la categorización por amenazas se utilizó el criterio propuesto por la Resolución 0383 del 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el libro rojo de anfibios de Colombia, IUCN red List y el convenio CITES.

### Clase Aves

Se realizó el levantamiento de información primaria para el grupo de aves. La información se obtuvo a partir de tres (3) métodos: 1. Registro visual y auditivo de las especies; 2. Captura con redes de niebla; 3. Entrevistas a pobladores locales.

### Registro visual y auditivo

Se realizaron recorridos extensivos (ca. 1-3 Km.) entre las 06:00 y 10:00 horas, y las 15:00 y 18:00 horas, para obtener registros auditivos y visuales de las aves, con la ayuda de binoculares (Pentax, 8 x 40 PCF WP), para un esfuerzo de 7 horas/hombre por día. Se siguió la metodología de transectos de amplitud variable, que consiste en desplazarse lentamente y detenerse registrando los individuos visual o auditivamente sin considerar un ancho fijo de observación (Bohórquez, 2002). Se realizaron recorridos a través de todos los hábitats presentes, potreros, rastrojos, bosques protectores de cauce, cultivos y cuerpos de agua (). Cada uno de los registros efectuados, fue consignado en la libreta de campo con la siguiente información: especie, hábitat en el que fue registrada (bosque, rastrojo, potrero, cultivo), número de individuos, actividad comportamental (alimentación, percha, canto, vuelo), tipo de alimento que consumían de ser posible (insectos, vertebrados, frutos), sexo; adicionalmente, se trató de obtener el registro fotográfico de los individuos durante los recorridos.



**Fotografía 1-9 Registro visual y auditivo de aves.**



Captura con redes de niebla

Para realizar el trampeo de aves, se instalaron cuatro (4) redes de niebla de 12 m de largo por 3 m de alto. Las redes de niebla fueron instaladas en cada uno de las localidades; las mismas fueron ubicadas en la transición de hábitats (i.e. Bosque protector de cauce-Potrero abierto) y al interior de los mismos (i.e. Bosque protector de cauce, rastrojo alto), siendo revisadas cada 30 minutos aproximadamente. Las redes se abrieron desde las 6:00 hasta las 10:00 horas, hora de mayor pico de actividad de las aves, para un esfuerzo de muestreo de 4 horas/red por día. Fotografía 1-10.

Los individuos capturados fueron introducidos y transportados en bolsas de tela. Los animales fueron identificados en campo con ayuda de guías especializadas (Hilty & Brown 1986; McMullan *et al.* 2010), fotografiados y liberados en el mismo lugar de captura, no se colectó ejemplar alguno.

<p><b>Red de niebla ubicada al borde de un bosque protector de cauce (Bn2w) en la localidad FBM</b></p>	<p><b>Red de niebla ubicada al interior de un bosque protector de cauce (Bn2w) en la localidad FLP</b></p>



	
<p><b>Red de niebla ubicada al interior del bosque protector de cauce (Bn2w) en la localidad FEG</b></p>	<p><b>Captura de aves con red de niebla ubicada al interior de un bosque protector de cauce (Bn2w) en la localidad FLP</b></p>
<p align="center"><b>Fotografía 1-10 Captura de Aves con Redes de Niebla.</b></p>	

Entrevista a Pobladores Locales

Se realizaron encuestas a los habitantes de la zona empleando un formulario de preguntas enfocadas al uso y conocimiento de fauna silvestre local, en el cual se utilizaron láminas con imágenes de la fauna característica de la región (Hilty & Brown 1986; McMullan *et al.* 2010). A partir de las entrevistas se corroboró la presencia de las especies silvestres en el área de estudio, así como se obtuvo información sobre nombre local, uso y/o explotación (Fotografía 1-11).



**Fotografía 1-11 Entrevista a pobladores locales.**

### Información de las especies

Para realizar el análisis de las especies de aves registradas de manera directa, se tuvo en cuenta información sobre su distribución en el país de acuerdo a la región natural y provincias biogeográficas donde se ha registrado, rango altitudinal, el tipo de cobertura donde fue observada, su categoría ecológica, grupo de dieta y vulnerabilidad.

Partiendo de la necesidad de contar con criterios ecológicos claros en el análisis e interpretación de los datos, se desarrollo, a partir de los datos de frecuencia de observación y de los hábitats en que se detectaron las especies, un sistema de “categorías ecológicas”, para clasificar las especies en términos de sus asociaciones con los hábitats presentes en el área de estudio (modificado de Stiles & Bohórquez, 2000):

- I. Especies de bosque secundario (bosque protector de cauce). Detectadas principal o exclusivamente en el interior de estos bosques, con frecuencia más bajas en los bordes o en formaciones vegetales adyacentes.
- II. Especies de bordes de bosque, rastrojo o amplia tolerancia. Registradas con mayor frecuencia en los Ecotonos y en rastrojos altos, así como en potreros arbolados y cercas vivas; su requisito principal es la presencia de árboles; pueden detectarse al interior de los bosques.
- III. Especies de áreas abiertas. Encontradas principalmente en áreas con poco o ninguna cobertura arbórea como potreros, cultivos y/o rastrojos bajos; en potreros o matorrales arbolados se asocian con la vegetación más baja que con los árboles; pueden detectarse en los bordes de bosque.
- IV. Especies acuáticas.
  - a. Especies asociadas a cuerpos de agua sombreados o con vegetación densa de borde: quebradas y/o áreas pantanosas en bosques secundarios, rastrojos altos.
  - b. Especies asociadas a cuerpos de agua sin sombra, orillas abiertas.
- V. Especies aéreas.
  - a. Especies que requieren por lo menos parches de bosque.
  - b. Especies que prefieren áreas más abiertas.

Para los diferentes grupos de dieta identificados para la avifauna, se reconocieron ocho (8) tipos generales de alimento: insectos e invertebrados pequeños (IP), insectos, invertebrados grandes y vertebrados pequeños (IV), vertebrados más grandes (V), carroña (C), follaje (J), frutos (F), semillas (S) y néctar (N).

En relación a la vulnerabilidad se tuvieron en cuenta las categorías de amenaza consideradas por la UICN, la Resolución 0383 del 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el libro rojo de aves de Colombia y la convención CITES.

La información sobre distribución por regiones naturales, provincias biogeográficas, rango altitudinal, grupo de dieta y vulnerabilidad se obtuvo de Hilty & Brow (2001), McMullan (2010), Stiles (1998) Hernández-Camacho *et. al.* (1992), UICN (2010) y CITES (2010).

Clase Mammalia

Se obtuvo información de campo sobre las especies de mamíferos voladores (murciélagos) y sobre mamíferos medianos y grandes. Para la captura de los murciélagos, se utilizaron redes de niebla. En el caso de los mamíferos medianos y grandes se obtuvo información a partir de recorridos diurnos y nocturnos donde se hizo una búsqueda de rastros y se realizaron observaciones directas en la medida de lo posible. Así mismo, se llevaron a cabo entrevistas con los habitantes de la región acerca de los mamíferos que observan con frecuencia y se hicieron observaciones de los animales encontrados atropellados en la carretera.

Redes de niebla

Las redes de niebla fueron abiertas en posibles sitios de tránsito de murciélagos como quebradas, senderos o cañadas. Se utilizaron cuatro (4) redes de niebla (6mx3m), las cuales fueron instaladas de 0 a 3 metros del suelo (Fotografía 1-12). Las redes fueron instaladas en tres (3) localidades de muestreo y en cada localidad se muestreó una noche. En total se muestrearon tres (3) noches durante la salida de campo. Las redes fueron revisadas constantemente desde el momento de ser abiertas entre las 18:30 horas hasta el cierre sobre las 22:00 horas. En uno de las localidades, las redes estuvieron abiertas menos tiempo debido a eventos de lluvia. El esfuerzo de muestreo fue estimado como  $m^2 \times hora \times red$ , y el éxito como el número de individuos capturados dividido por el esfuerzo de muestreo y multiplicado por 100 para expresarlo en porcentaje. En las tres (3) noches muestreadas se llevó a cabo un esfuerzo de muestreo de  $388.8 m^2 \times hora \times red$  y un éxito de muestreo de  $3.3 ind/ m^2 \times hora \times red$ .

	
<p><b>Red de niebla para captura de murciélagos instalada en un potrero abierto en Pelaya (Cesar).</b></p>	<p><b>Captura de murciélagos con redes de niebla en un bosque protector de cauce (Sabana de Torres, Santander)</b></p>

	
<p><b>Entrevistas realizadas a pobladores locales (Sabana de Torres, Santander)</b></p>	<p><b>Registro de atropellamientos encontrados en la vía.</b></p>
<p><b>Fotografía 1-12 Muestreo de mamíferos.</b></p>	

Los animales capturados fueron introducidos en bolsas de tela y se les tomaron dos de las medidas morfométricas convencionales para murciélagos como: longitud del antebrazo y peso. También se tomaron datos sobre sexo, edad y estado reproductivo. Los animales fueron identificados en campo con ayuda de guías especializadas (Emmons y Feer, 1999; Linares, 1998), se les tomó un registro fotográfico y fueron liberados en los mismos lugares de captura.

Recorridos diurnos y nocturnos

Se realizaron cerca a los sitios donde se instalaron las redes. Se usó el método de ancho variable, es decir, se tuvieron en cuenta todos los animales observados a cualquier distancia. Los recorridos fueron realizados tanto de día como de noche buscando coincidir con las diferentes horas de actividad de los animales. En el caso de los recorridos diurnos se llevaron a cabo entre las 7:00 a 9:00, se utilizaron binoculares para la observación directa de los animales y además se buscaron rastros como huellas, comederos, posaderos y refugios. Los recorridos nocturnos se hicieron con ayuda de linternas de cabeza para la observación directa de las animales que presentan actividad en ese momento y se realizaron entre las 19:00 a 22:00. En total se realizó un esfuerzo de muestreo durante los recorridos diurnos de 6 horas/persona y en los nocturnos de 6.25 horas/persona.

En el caso de las huellas en suelo se hicieron calcos en acetato. Con base en Aranda (1981), Emmons y Feer (1999) y Navarro y Muñoz (2000) se realizaron descripciones y esquemas con las medidas específicas de todos los rastros encontrados y se tomó registro fotográfico.

Entrevistas o encuestas a pobladores locales

Se realizaron encuestas a los habitantes de la zona empleando un formulario de preguntas enfocadas al uso y conocimiento de fauna silvestre local, en el cual se utilizaron láminas con imágenes de la fauna característica de la región (ilustraciones de Emmons

1999; Morales *et. al.* 2004; Navarro 2000) (FIGURA 13). A partir de las entrevistas se obtuvo información sobre la presencia de las especies silvestres en el área de estudio e información sobre su uso y explotación. Dichas entrevistas contemplaron adicionalmente, la visita a pobladores locales que posean mascotas de fauna local, con el fin de registrar reportes adicionales, así como obtener el registro fotográfico de especies de fauna silvestre local.

### Atropellamientos

Durante el recorrido a lo largo de la carretera se tomó información de los animales observados atropellados en la carretera. Se tomó información sobre nombre científico, sexo y estado reproductivo dependiendo del estado de los animales, registro fotográfico y georeferenciación del lugar donde se encontró cada individuo.

### Información de las especies

Para realizar el análisis de las especies de mamíferos registradas de manera directa se tuvo en cuenta información sobre su distribución en el país de acuerdo a la región y provincias biogeográfica donde se ha registrado, rango altitudinal, el tipo de cobertura donde fue observada, su categoría ecológica, organización social, grupo de dieta y vulnerabilidad.

Se establecieron siete tipos de cobertura: rastrojos bajos (Bn2a), rastrojos altos (Bn2i), bosque protector de cauce (Bn2w), potrero abierto (Pn1g), potrero arbolado (Pn2g), ríos, quebradas y/o caños y sus bordes (Wc1r) y lagos, lagunas, ciénagas y sus bordes (We1h).

En cuanto a la categoría ecológica se establecieron cinco categorías: I: Especies de bosque secundario (bosque protectoras de cauce). Detectadas principal o exclusivamente en el interior de estos bosques, con frecuencia más bajas en los bordes o en formaciones vegetales adyacentes, II: Especies de bordes de bosque, rastrojo o amplia tolerancia. Registradas con mayor frecuencia en los Ecotonos y en rastrojos altos, así como en potreros arbolados; su requisito principal es la presencia de árboles; pueden detectarse al interior de los bosques, III: Especies de áreas abiertas. Encontradas principalmente en áreas con poco o ninguna cobertura arbórea como rastrojos bajos y/o cultivos; en matorrales o potreros arbolados se asocian más con la vegetación baja que con los árboles; pueden encontrarse en los bordes de bosque, IVa: Especies acuáticas asociadas a cuerpos de agua sombreados o con vegetación densa de borde: quebradas y/o áreas pantanosas en bosques secundarios, rastrojos altos, IVb: Especies acuáticas asociadas a cuerpos de agua sin sombra, orillas abiertas.

La organización social de las especies de mamíferos fue considerada como el tipo de agregaciones o agrupaciones que exhiben las especies. En este caso se consideraron cuatro tipos de organización social: solitario, gregario, solitario/gregario y colonial. En cuanto al grupo de dieta se tuvieron en cuenta nueve categorías: omnívoro, herbívoro, insectívoro, frugívoro, hematofágo, carnívoro, piscívoro, granívoro y folívoro. En cuanto a la vulnerabilidad se tuvieron en cuenta las categorías de amenaza e información considerada por la UICN, Resolución 0383 del 2010, libros rojos para el país y CITES.

La información sobre distribución regional, provincias biogeográficas, rango altitudinal, categoría ecológica, organización social, grupo de dieta y vulnerabilidad se obtuvo de

Alberico *et. al.* (2000), Morales-Jiménez *et. al.* (2004), Defler (2003), Emmons y Feer (1999), Hernández-Camacho *et. al.* (1992), Linares (1996), Cuartas-Calle y Muñoz (2003), Rodríguez-M *et. al.* (2006), UICN (2010) y CITES (2010).

- **Componente Social**

Para la definición y desarrollo del componente socioeconómico y cultural se tuvieron en cuenta los Términos de Referencia MAVDT, El Censo DANE 2005, Planes de ordenamiento territorial de los Municipios de Puerto Salgar, Puerto Boyacá, San Alberto, San Martín, Aguachica, La Gloria, el sistema de información RETADAM, las bases de datos de sistema municipal de información del SISBEN.

Así mismo se enmarcó dentro de los requerimientos la ley 99 de 1993, ley 388 de 1997 de ordenamiento territorial, la ley 134 de 1994 sobre los mecanismo de participación Ciudadana.

Para la información primaria se adelantó un censo socioeconómico y de bienes el cual se realizó en cada uno de los centros poblados del área de influencia directa mediante levantamiento de fichas socioeconómicas, entrevista con los líderes comunitarios y representantes Institucionales en cada unidad territorial, mediante la observación y recorridos en las zonas de intervención, se identificó la cotidianidad de los residentes y equipamiento social.

Para el componente socioeconómico la definición el área de influencia directa (AID) se determinó a partir de los corregimientos y veredas de los Municipios por los cuales atravesará el proyecto en los Departamento de Cundinamarca, Boyacá y Cesar.

Se analizó los efectos generados por el proyecto en el entorno social, económico y cultural del área de influencia directa en su fase de construcción y operación permitiendo identificar, interpretar, prevenir y valorar la importancia de los impactos que se generan, determinando: impactos negativos de carácter transitorio durante la etapa de construcción, que posteriormente se generan en positivos en la fase de operación y de carácter permanente.

Frente a los efectos negativos sobre la población asentada en el área de influencia directa se analizó la alteración de relaciones sociales, económicas, ingreso y empleo que tradicionalmente ha posibilitado el arraigo y sobrevivencia de los habitantes, para lo cual se establecieron mediadas preventivas, de mitigación, compensación que permite, minimizar los efectos sociales derivados de la construcción y operación del proyecto, la participación de las comunidades, no solo en la oportunidad de empleo e ingresos, sino en la propia seguridad, eficiencia en tiempos de desplazamiento del transporte de carácter público y privado y con ello aumento en productividad por la comercialización de productos , bienes y servicios.

La participación de la comunidad se realizó a partir de reuniones de presentación del proyecto y resultados del Estudio de Impacto Ambiental en las cuales se recogieron inquietudes y sugerencias de la comunidad, que retroalimentó la evaluación de impactos y plan de manejo.

### 1.5.3 Evaluación Ambiental de Impactos.

La metodología propuesta corresponde a la de Vicente Conessa en su libro "Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental" de Ediciones Mundi año 2003. Para la identificación, predicción y evaluación de los impactos se partió de la línea base, la cual se constituye en el marco de análisis sobre cómo el proyecto puede modificar el entorno o ambiente relacionado, incluida la población, la infraestructura y sus actividades.

Así mismo, se utilizó la información sobre el proyecto relacionada con diseños, especificaciones y demás aspectos para compararla con las características del área de influencia directa del corredor vial y la infraestructura complementaria, estableciendo así las implicaciones que tendría su implementación.

La evaluación ambiental incluyó procedimientos cualitativos y cuantitativos cuyos resultados fueron analizados para validarlos contemplando los siguientes escenarios:

- Escenario Sin proyecto
- Escenario Con proyecto

El Escenario Sin Proyecto se evaluó a través de la información contenida en la línea base, la estructura y dinámica actual ambiental de la zona de estudio sin considerar las obras del proyecto mientras que en los escenarios Con Proyecto se consideraron las principales incidencias de las obras tanto en la etapa de construcción como en la de operación con medidas de manejo ambiental.

#### Evaluación de Impactos con Proyecto

Una vez realizado el análisis del proyecto, se llevará a cabo la previsión de los efectos que generará sobre el medio, este análisis permitió la elaboración de la Zonificación Ambiental, que es una primera aproximación a los impactos que presentará. A continuación se elaborará la Matriz de Impacto Ambiental de acuerdo a la siguiente metodología (Vicente Conesa Fernández, 2003):

1. Identificación de las acciones del proyecto potencialmente impactantes.
2. Identificación de los factores del medio potencialmente impactados.
3. Identificación de relaciones causa – efecto entre acciones del proyecto y factores del medio.

Calificación de cada relación de acuerdo a la matriz de importancia y valoración cualitativa del impacto (Impacto Relativo). Para esto se aplicaron los siguientes rangos.

Signo. El signo del impacto hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados.

Intensidad (I). Este término se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa.

Extensión (EX). Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto.

**Momento (MO).** El plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio considerado.

**Persistencia (PE).** Se refiere al tiempo que, supuestamente, permanecería el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales, o mediante la introducción de medidas correctoras.

**Probabilidad (PO).** Como no se tiene certeza absoluta de la ocurrencia de un impacto, la probabilidad califica la posibilidad de que el impacto se presente.

**Sinergia (SI).** Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría esperarse de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente y no simultánea.

**Acumulación (AC).** Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera.

**Efecto (EF).** Este atributo se refiere a la relación causa – efecto, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción.

**Recuperabilidad.** Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez aquella deja de actuar sobre el medio.

**Periodicidad (PR).** La periodicidad se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular), o constante en el tiempo (efecto continuo).

**Importancia del impacto (IA).** Ya se ha apuntado que la importancia del impacto, o sea, la importancia del efecto de la acción sobre un factor ambiental, no debe confundirse con la importancia del factor ambiental afectado.

El valor de cada una de las variables será calificado de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla 1-10 Valoración cualitativa del impacto**

NATURALEZA (N)		INTENSIDAD ( I )	
		(Grado de destrucción)	
Impacto Beneficioso	+ (B)	Baja	1
Impacto Perjudicial	- (P)	Media	2
		Alta	4
		Muy Alta	8
		Total	12
EXTENSIÓN ( EX )		MOMENTO (MO)	
(Área de influencia)		(Plazo de Manifestación)	
Puntual	1	Largo Plazo	1



NATURALEZA (N)		INTENSIDAD (I)	
		(Grado de destrucción)	
Parcial	2	Mediano Plazo	2
Extenso	4	Inmediato	4
Total	8		
PERSISTENCIA (PE)		PROBABILIDAD (PO)	
(Permanencia del efecto)		(Probabilidad de Ocurrencia)	
Fugaz	1	Improbable	1
Temporal	2	Probable	2
Permanente	4	Cierta	4
SINERGIA (SI)		ACUMULACIÓN (AC)	
Sin sinergismo	1	Simple	1
Sinérgico	2	Acumulado	4
Muy sinérgico	4		
EFECTO (EF)		PERIODICIDAD (PR)	
(Relación Causa-efecto)		(Regularidad de la manifestación)	
Indirecto	1	Irregular-discontinuo	1
Directo	4	Periódico	2
		Continuo	4
RECUPERABILIDAD (MC)		IMPORTANCIA (IA)	
(Con acciones humanas)			
Recuperable inmediatamente	1	$IA = (3I + 2EX + MO + PE + PO + SI + AC + EF + PR + MC)$	
Recuperable a mediano plazo	2		
Mitigable	4		
Irrecuperable	8		

**Importancia del impacto.** La importancia del impacto viene representada por un valor que puede obtenerse mediante el modelo siguiente:

$$I A = +/- [3I + 2EX + MO + PE + PO + SI + AC + EF + PR + MC]$$

**Valoración cualitativa.**

- Los impactos con valores de importancia inferiores a 25 son irrelevantes o compatibles (**I**).
  - Los impactos **moderados (M)** presentan una importancia entre 25 y 50.
  - Los impactos serán **severos o altos (S)** cuando la importancia se encuentre entre 50 y 75.
  - Los impactos se calificarán como **Críticos (C)** cuando el valor sea superior a 75.
1. Valoración cuantitativa del Impacto ambiental, incluyendo valores conmensurables de calidad ambiental Unidades de Importancia Ambiental –UIP y suma ponderada de ellos para obtener el impacto total. (Impacto Absoluto)
  2. Análisis de resultado obtenidos en la Matriz de Valoración de Impactos.

### 1.5.4 Zonificación Ambiental.

La metodología utilizada para llegar a la zonificación ambiental fue la siguiente:

1. Definición y Priorización de criterios para la identificación de atributos por elemento ambiental.
2. Calificación independiente de las unidades establecidas en cada uno de los componentes ambientales (físico, biótico y social) y obtención de mapas de zonificación intermedios.
3. Agrupación y georeferenciación de atributos, entendiéndose por atributos las unidades o elementos definidos en los tres componentes ambientales, mediante la utilización de SIG para la obtención de mapas primarios
4. Superposición de mapas de zonificación intermedios para la obtención de la zonificación ambiental final, donde se determina el grado de sensibilidad de cada lugar o sitio comprendido dentro del área de estudio. La sensibilidad está referida a la factibilidad de realización del proyecto.

Para elaborar el mapa de zonificación, se toma como base la sensibilidad de aspectos físicos, bióticos y sociales, la cual se definirá con la superposición de las diferentes unidades analizadas y agrupadas según los criterios y categorías anteriormente expuestas.

Para efectos de visualización del Mapa de Zonificación Ambiental, los grados de sensibilidad estarán definidos por los siguientes rangos:

**Tabla 1-11 Escala gráfica de sensibilidad ambiental para la elaboración del mapa de zonificación ambiental**

MUY ALTA	ALTA	MODERADA	BAJA	MUY BAJA

### 1.5.5 Elaboración del Plan de Manejo Ambiental.

Los programas del Plan de Manejo Ambiental, se realizan con el propósito de prevenir, mitigar, controlar y/o compensar los impactos identificados para las etapas de construcción y operación del proyecto se establecieron durante esta actividad. Cumpliendo con los términos de referencia y teniendo en cuenta los resultados de la evaluación ambiental se plantearon los siguientes programas de gestión ambiental, sin embargo estos fueron revisados y ajustados con la descripción del proyecto, de su proceso constructivo y la caracterización ambiental del área en la cual se enmarca:

#### Medio abiótico

- Programas de manejo del recurso suelo
  - Manejo y disposición de materiales sobrantes de excavación
  - Manejo de taludes.
  - Manejo de fuentes de materiales.
  - Manejo de plantas de trituración, concreto y asfalto.

- Manejo de patios de almacenamiento y talleres de mantenimiento.
  - Manejo de materiales y equipos de construcción.
  - Manejo de residuos líquidos.
  - Manejo de escorrentía.
  - Manejo de residuos sólidos domésticos, industriales y especiales.
  - Manejo morfológico y paisajístico.
- Programas de manejo del recurso hídrico
    - Manejo de residuos líquidos.
    - Manejo de residuos sólidos.
    - Manejo de cruces de cuerpos de agua.
    - Manejo de la captación.
  - Programa de manejo del recurso aire
    - Manejo de fuentes de emisiones y ruido
  - Programa de compensación para el medio abiótico
    - Por la afectación del suelo
    - Por la afectación del recurso hídrico

### **Medio biótico**

- Programas de manejo del suelo
  - Manejo de remoción de cobertura vegetal y descapote.
  - Manejo de flora
  - Manejo de fauna
  - Manejo del aprovechamiento forestal.
- Programa de protección y conservación de hábitats.
- Programa de revegetalización y/o reforestación.
- Programa de conservación de especies vegetales y faunística en peligro crítico en veda o aquellas que no se encuentren registradas dentro del inventario nacional o que se cataloguen como posibles especies no identificadas.
- Programa de compensación para el medio biótico.
  - Por aprovechamiento de la cobertura vegetal:
  - Por fauna y flora

### **Medio socioeconómico**

- Programa de educación y capacitación ambiental al personal vinculado al proyecto y a la comunidad.
- Programa de información y participación comunitaria.

- Programa de gestión predial para la población afectada y afectación a infraestructura social y de servicios públicos.
- Programa de seguridad vial.
- Programa de contratación de mano de obra local.
- Acompañamiento integral para la creación de grupos sociales
- Acompañamiento para la gestión institucional.
- Programa de arqueología preventiva

Adicionalmente, se realizó el Plan de Monitoreo y el plan de Seguimiento que deberá ser aplicado durante la ejecución del proyecto.

### **1.5.6 Plan de Contingencia.**

Se realizó el análisis de riesgos con el fin de definir pautas de diseño al Plan de Contingencia; se contemplaron aspectos tales como localización temporal y espacial de los elementos del proyecto que generen amenaza potencial y la vulnerabilidad de los diferentes componentes ambientales frente a los elementos generadores de amenazas.

El análisis de riesgos contempló las posibles amenazas naturales, tecnológicas y sociales que pueden presentarse con la construcción y operación del proyecto vial, con el fin de plantear las medidas necesarias de prevención y atención, y así asegurar la integridad de los trabajadores, la comunidad y del medio ambiente cumpliendo con la normatividad vigente.

Con base en los resultados obtenidos en el Análisis de Riesgos, posteriormente en el plan de contingencia, se formularon las medidas tendientes a prevenir o a reducir el efecto producido ante la ocurrencia de los riesgos identificados.

En concordancia con el Análisis de Riesgos, se plantearon medidas generales de manejo para aquellos riesgos localizados en las zonas amarilla de la matriz gravedad vs probabilidad, mientras que para los efectos localizados en la zona roja de la misma matriz, se plantean medidas de prevención y atención a tener en cuenta.

Finalmente se determinó la conformación de un Grupo de Atención, con responsabilidades específicas para cada uno de los cargos allí definidos.