|  |
| --- |
| ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL  **CONSTRUCCIÓN VÍA REMEDIOS – ALTO DE DOLORES**  **DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA** |
| **CAPÍTULO 2. GENERALIDADES** |
| **CONCESIÓN AUTOPISTA RÍO MAGDALENA S.A.S** |
| **Bogotá D.C., Junio de 2016** |

TABLA DE CONTENIDO

[2.1. Antecedentes 7](#_Toc444112486)

[**2.1.1.** **Estudios previos** 9](#_Toc444112487)

[**2.1.2.** **Certificaciones de Entidades** 10](#_Toc444112488)

[**2.1.3.** **Ubicación de otros proyectos en al área de influencia** 13](#_Toc444112489)

[**2.1.4.** **Potenciales implicaciones del proyecto en políticas, planes programas y proyectos de la zona** 13](#_Toc444112490)

[**2.1.5** **Permisos de recolección de especies** 14](#_Toc444112491)

[2.2. Alcances 14](#_Toc444112492)

[2.3. Limitaciones y/o restricciones del EIA 16](#_Toc444112493)

[2.4. Metodología 18](#_Toc444112494)

[**2.4.1.** **Actividades Preliminares** 19](#_Toc444112495)

[**2.4.2.** **Definición del área de influencia del Proyecto** 23](#_Toc444112496)

[**2.4.3.** **Caracterización del área de influencia** 24](#_Toc444112497)

[**2.4.4.** **Zonificación ambiental** 163](#_Toc444112498)

[**2.4.5.** **Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales** 166](#_Toc444112499)

[**2.4.6.** **Evaluación ambiental** 167](#_Toc444112500)

[**2.4.7.** **Evaluación económica ambiental** 177](#_Toc444112501)

[**2.4.8.** **Planes y programas** 178](#_Toc444112502)

[**2.4.9.** **Elaboración de cartografía** 179](#_Toc444112503)

[2.5 Equipo de Trabajo 179](#_Toc444112504)

ÍNDICE DE TABLAS

[Tabla 2.1 Unidades Funcionales (UF 1- UF2) 9](#_Toc453240476)

[Tabla 2.2 Consulta a entidades para pronunciamiento sobre la sensibilidad de las comunidades y las áreas donde se localiza el Proyecto 11](#_Toc453240477)

[Tabla 2.3 Relación de los datos recolectados durante la fase de campo 26](#_Toc453240478)

[Tabla 2.4 Clasificación de suelos según el paisaje 34](#_Toc453240479)

[Tabla 2.5 Clasificación de suelos según los atributos del paisaje 34](#_Toc453240480)

[Tabla 2.6 Clasificación de suelos según relieve 35](#_Toc453240481)

[Tabla 2.7 Clasificación de suelos según relieve 36](#_Toc453240482)

[Tabla 2.8 Clasificación de suelos grado de erosión superficial 36](#_Toc453240483)

[Tabla 2.9 Relación de estaciones hidrométricas 38](#_Toc453240484)

[Tabla 2.10. Identificación de los puntos monitoreados 40](#_Toc453240485)

[Tabla 2.11. Métodos de análisis utilizados por el laboratorio SGS y límite de detección de la técnica utilizada 42](#_Toc453240486)

[Tabla 2.12 Información secundaria consultada 45](#_Toc453240487)

[Tabla 2.13 Aplicación del método DRASTIC 48](#_Toc453240488)

[Tabla 2.14 Unidades de análisis por componente para obtención de la geotecnia del proyecto 60](#_Toc453240489)

[Tabla 2.15 Estaciones meteorológicas utilizadas 66](#_Toc453240490)

[Tabla 2.16 Identificación de fuentes de emisión durante el monitoreo 67](#_Toc453240491)

[Tabla 2.17 Fecha de monitoreo 68](#_Toc453240492)

[Tabla 2.18 Equipos de monitoreo, registro fotográfico y ubicación de las estaciones 69](#_Toc453240493)

[Tabla 2.19 Configuración principal de sonómetros 76](#_Toc453240494)

[Tabla 2.20 Horarios establecidos por la Resolución 627 de 2006 77](#_Toc453240495)

[Tabla 2.21 Colores recomendados para los Mapas de Ruido 79](#_Toc453240496)

[Tabla 2.22 Incertidumbre de Medición 81](#_Toc453240497)

[Tabla 2.23 Categorías de abundancia de epífitas no vasculares (por especie) con base en la cobertura estimada 97](#_Toc453240498)

[Tabla 2.24 Coberturas según Auto 1664, página 13. 112](#_Toc453240499)

[Tabla 2.25. Coordenadas de ubicación de redes de niebla para captura de mamíferos. 121](#_Toc453240500)

[Tabla 2.26. Coordenadas de ubicación de Trampas Sherman en el área de influencia del proyecto (MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ). 124](#_Toc453240501)

[Tabla 2.27. Coordenadas de ubicación de Trampas Tomahawk en el área de influencia del proyecto (MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ). 129](#_Toc453240502)

[Tabla 2.28.Coordenadas de ubicación de cámaras trampa dentro del área de influencia. (MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ) 131](#_Toc453240503)

[Tabla 2.29 Coordenadas de ubicación de los puntos inicial y final de los recorridos realizados para la observación de Avifauna (MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ). 134](#_Toc453240504)

[Tabla 2.30 Coordenadas de ubicación de las redes de niebla en los muestreos realizados para la Avifauna (MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ). 136](#_Toc453240505)

[Tabla 2.31 Coordenadas de puntos de muestreo herpetofauna 140](#_Toc453240506)

[Tabla 2.32 Variables Hidrobiológicas 149](#_Toc453240507)

[Tabla 2.33 Estaciones de muestreo. Monitoreo Hidrobiológico de aguas superficiales. 149](#_Toc453240508)

[Tabla 2.34 Zonificación Ambiental 165](#_Toc453240509)

[Tabla 2.35 Valoración de Intensidad 168](#_Toc453240510)

[Tabla 2.36 Valor de la Extensión 169](#_Toc453240511)

[Tabla 2.37 Valores de momento 170](#_Toc453240512)

[Tabla 2.38 Valores de persistencia 170](#_Toc453240513)

[Tabla 2.39 Valores de Reversibilidad 171](#_Toc453240514)

[Tabla 2.40 Valores de Sinergia 172](#_Toc453240515)

[Tabla 2.41 Valores de Acumulación 172](#_Toc453240516)

[Tabla 2.42 Valores Efecto 173](#_Toc453240517)

[Tabla 2.43 Valores de periodicidad 174](#_Toc453240518)

[Tabla 2.44 Valores de recuperabilidad 174](#_Toc453240519)

[Tabla 2.45 Calificación y valoración de los impactos 175](#_Toc453240520)

[Tabla 2.46 Perfiles de profesionales involucrados en la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental 180](#_Toc453240521)

ÍNDICE DE FIGURAS

[Figura 2.1 Concesiones Autopistas para la Prosperidad, de la cual hace parte el proyecto Autopista al Río Magdalena 8](#_Toc453240537)

[Figura 2.2 Circulación del agua 49](#_Toc453240538)

[Figura 2.3 Método GOD para la evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos. 52](#_Toc453240539)

[Figura 2.4 Descarga específica 54](#_Toc453240540)

[Figura 2.5 Muestreadores Hi-Vol de PM10 71](#_Toc453240541)

[Figura 2.6 Equipamiento que conforma el kit de calibración 72](#_Toc453240542)

[Figura 2.7 Muestreador de Gases tipo RAC 73](#_Toc453240543)

[Figura 2.8 Montaje del calibrador de burbuja Gilibrator 2 74](#_Toc453240544)

[Figura 2.9 Estación meteorológica Vantage Vue – Davis Instruments 75](#_Toc453240545)

[Figura 2.10 Ubicación del micrófono para medir ruido ambiental 77](#_Toc453240546)

[Figura 2.11 Clasificación de zonas de vida por el Dr. L. R. Holdridge. 83](#_Toc453240547)

[Figura 2.12 Clasificación de zonas de vida por el Dr. L. R. Holdridge 1988. 83](#_Toc453240548)

[Figura 2.13. Esquema de muestreo de especies forestales por parcelas 85](#_Toc453240549)

[Figura 2.14 Esquema metodológico para muestreo de epífitas vasculares y no vasculares 94](#_Toc453240550)

[Figura 2.15 Distribución de unidades Ecológicas según Johanson (1974) 98](#_Toc453240551)

[Figura 2.16 Primera unidad Ecológica (1) según Johanson (1974) 99](#_Toc453240552)

[Figura 2.17 Segunda unidad Ecológica (2) según Johanson (1974) 99](#_Toc453240553)

[Figura 2.18 Tercera unidad Ecológica (3) según Johanson (1974) 99](#_Toc453240554)

[Figura 2.19 Cuarta unidad Ecológica (4) según Johanson (1974) 100](#_Toc453240555)

[Figura 2.20 Quinta unidad Ecológica (5) según Johanson (1974) 100](#_Toc453240556)

[Figura 2.21 Toma de muestra de acuerdo con la altura 103](#_Toc453240557)

[Figura 2.22 Formato etiqueta para recolección de epífitas 106](#_Toc453240558)

[Figura 2.23 Metodologías de Valoración 178](#_Toc453240559)

**ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS**

[Fotografía 2.1 Vista de un perfil en calicata de 1,2 x1,8 x 2,0 m 31](#_Toc444112574)

[Fotografía 2.2 Identificación de nombres comunes con apoyo de habitante de la región 87](#_Toc444112575)

[Fotografía 2.3 Colección de muestra botánica de individuos forestales. 88](#_Toc444112576)

[Fotografía 2.4 Medición de DAP para especies forestales 89](#_Toc444112577)

[Fotografía 2.5 Latizales y Brinzales, cobertura de vegetación secundaria 92](#_Toc444112578)

[Fotografía 2.6 Inventario de epífitas vasculares sobre forófito de especies de la familia Bromeliaceae y Orchidaceae (*Cattleya trianae* Linden & Rchb. f.) en la cobertura Pastos Arbolados 95](#_Toc444112579)

[Fotografía 2.7 Marcación de forófitos evaluados para el inventario de epífitas 96](#_Toc444112580)

[Fotografía 2.8 Inventario de epífitas no vasculares sobre forófito. Líquenes del genero Usnea y Teloschistes en la cobertura Pastos Arbolados 97](#_Toc444112581)

[Fotografía 2.9 Colecta de epífitas no vasculares para su identificación en herbario 104](#_Toc444112582)

[Fotografía 2.10 Punto de muestreo uno 113](#_Toc444112583)

[Fotografía 2.11 Punto de muestreo dos 113](#_Toc444112584)

[Fotografía 2.12 Punto de muestreo dos, extracción de madera 114](#_Toc444112585)

[Fotografía 2.13 Punto de muestreo tres 115](#_Toc444112586)

[Fotografía 2.14 Punto de muestreo cuatro 115](#_Toc444112587)

[Fotografía 2.15 Punto de muestreo cinco 116](#_Toc444112588)

[Fotografía 2.16 Punto de muestreo seis 117](#_Toc444112589)

[Fotografía 2.17 Punto de muestreo seis, extracción minera por socavón 117](#_Toc444112590)

[Fotografía 2.18 Encuesta de fauna. Escuela John F. Kennedy 118](#_Toc444112591)

[Fotografía 2.19 Encuesta de fauna C.E.R San Juan. Vereda San juan 118](#_Toc444112592)

[Fotografía 2.20 Comercio de nidos de gulungo (*Psarocolius decumanus*) 119](#_Toc444112593)

[Fotografía 2.21 Guacamaya (*Ara arauana)* utilizada como mascota. Vereda San juan 119](#_Toc444112594)

[Fotografía 2.22 Captura de quirópteros por medio de redes de niebla, muestreo nocturno 120](#_Toc444112595)

[Fotografía 2.23 Registro fotográfico de *Platyrrhinus helleri,* captura en red de niebla 121](#_Toc444112596)

[Fotografía 2.24 Trampas Sherman para captura de pequeños mamíferos 123](#_Toc444112597)

[Fotografía 2.25. Pequeño roedor capturado en trampa Sherman 123](#_Toc444112598)

[Fotografía 2.26 Trampas Tomahawk para captura de pequeños y medianos mamíferos 128](#_Toc444112599)

[Fotografía 2.27. Individuo de *Rattus norvegicus* capturado en trampa Tomahawk 128](#_Toc444112600)

[Fotografía 2.28 Medidas morfométricas tomadas a roedor capturado en trampa Sherman 130](#_Toc444112601)

[Fotografía 2.29. *Leopardus pardalis.* Capturado por cámara trampa. 131](#_Toc444112602)

[Fotografía 2.30. *Saguinus leucopus* especie endémicaobservada durante recorridos libres. 132](#_Toc444112603)

[Fotografía 2.31. Huella registrada durante recorridos en el área de influencia del proyecto 133](#_Toc444112604)

[Fotografía 2.32 Observación de aves en transecto. El pino, vereda Guardasol. Maceo –Antioquia 921571- 1220966 134](#_Toc444112605)

[Fotografía 2.33 : Instalación de redes de niebla para muestreo de aves en la cobertura de vegetación secundaria. Manzanares. Yalí – Antioquia (920151,67-1233960,23) 136](#_Toc444112606)

[Fotografía 2.34 Toche pico de plata (*Ramphocelus dimidiatus*) en red de niebla. Cobertura de vegetación secundaria, Manzanares. Yalí – Antioquia (920151,67-1233960,23) 138](#_Toc444112607)

[Fotografía 2.35 Relevamientos por encuentros visuales (REV) o VES (*Survey Visual Encounter*) 139](#_Toc444112608)

[Fotografía 2.36 Manipulación de reptiles 143](#_Toc444112609)

[Fotografía 2.37 Muestreo comunidad Planctónica 151](#_Toc444112610)

[Fotografía 2.38 Muestreo comunidad Perifítica 151](#_Toc444112611)

[Fotografía 2.39 Muestreo comunidad de Macroinvertebrados Bentónicos 152](#_Toc444112612)

[Fotografía 2.40 Muestreo comunidad Macrófitas 153](#_Toc444112613)

[Fotografía 2.41 Muestreo fauna íctica 153](#_Toc444112614)

[Fotografía 2.42 Diligenciamiento de ficha veredal con docentes del municipio de Maceo 157](#_Toc444112615)

[Fotografía 2.43 Diligenciamiento de ficha veredal con presidente JAC de “San Juan” en el municipio de Vegachí 158](#_Toc444112616)

# GENERALIDADES

## Antecedentes

El Programa de Cuarta Generación de Concesiones Viales (4G) es iniciativa del Gobierno Nacional a cargo del Ministerio de Transporte y la Agencia Nacional de Infraestructura - ANI. El objetivo de este programa es promover la construcción de vías prioritarias que permitan mejorar y consolidar la red vial nacional, a través de la conectividad continua y eficiente entre los centros de producción y de consumo, con las principales zonas portuarias y de frontera del país (CONPES 3760 de 2013).

Para el desarrollo del Programa la ANI conformó grupos de proyectos en función de las necesidades de conectividad identificadas en el país.

Hace parte de estos grupos el proyecto Autopistas para la Prosperidad, conformado por varias concesiones viales dentro de las cuales se encuentra la Concesión Autopista al Río Magdalena 2 (Ver Figura 2.1).

Esta concesión vial tiene el propósito de conectar el sur-occidente y centro-occidente del país con el nordeste de Antioquia norte del país a través de la conexión Puerto Berrio a Ruta del Sol, proyectado como uno de los corredores más importantes y estratégicos para el país.

|  |
| --- |
| Autopista para la prosperidad |

Figura 2.1 Concesiones Autopistas para la Prosperidad, de la cual hace parte el proyecto Autopista al Río Magdalena

Fuente: (ANI, 2015)

La Concesión Autopista al Río Magdalena 2 tiene una longitud total estimada de 143,9 kilómetros y recorre en su mayor parte por el departamento de Antioquía atravesando los municipios de Remedios, Vegachí, Yalí, Yolombó, Maceo, Puerto Berrio, y en menor parte por el municipio de Cimitarra en el departamento de Santander. La Concesión está conformada por 4 Unidades Funcionales (UF)

El proyecto “Construcción de la vía Remedios – Alto de Dolores” comprende la construcción de una nueva calzada sencilla entre las unidades funcionales UF1 y UF2, con únala longitud total de 69,9 km. la Tabla 2.1 muestra la descripción general para esta unidad funcional.

Tabla 2.1 Unidades Funcionales (UF 1- UF2)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| UF | **Sector** | **Origen** | **Destino** | Longitud aproximada (Km) | **Intervención prevista** |
| UF1 | Remedios-Vegachí | Vegachí  PK34+600 | Remedios  PK70+739 | 36,14 | Construcción de calzada nueva |
| UF2 | Vegachí-Alto de Dolores | Intercambiador Alto Dolores - Lazo 1, PK0+000 | Vegachí  PK33+736 | 33,76 | Construcción de calzada nueva |

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Por tratarse de la construcción de una calzada nueva en UF1 y UF2 este proyecto requiere para su ejecución la obtención de Licencia Ambiental por parte de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), en cumplimiento de lo establecido en el Decreto 2041 de 2014 (Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales), y compilado en el Decreto 1076 de 2015 expedido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

### **Estudios previos**

Para las Unidades Funcionales 1 y 2 que son objeto del presente estudio la ANLA emitió Concepto Técnico N° 2337 del 28 de noviembre de 2012 indicando a la ANI la necesidad de realizar el Diagnóstico Ambiental de Alternativas - DAA.

Este estudio de DAA fue elaborado por Interconexión Eléctrica - ISA para la ANI y presentado a la ANLA en enero 28 de 2014 mediante radicado N° 4120-E1-3528 y como parte integral del expediente NDA 0822.

El 07 de mayo de 2014 la ANLA emite el Auto N° 1664 por medio del cual se elige la Alternativa Uno (1), como la más viable desde el punto de vista ambiental para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto denominado "Construcción de la Vía San José de Nus - Zaragoza" localizado en el departamento de Antioquia (Anexo 2.2 Auto 1664 de 2014), dentro del cual se encuentra el sector que va desde Remedios hasta Alto de Dolores.

El presente **ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA VÍA REMEDIOS – ALTO DE DOLORES EN EL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA** se ejecuta dentro del marco del contrato de concesión bajo el esquema de APP No. 008 del 10 de diciembre de 2014 celebrado entre la Agencia Nacional de Infraestructura – ANI y la Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S. Este proyecto comprende la construcción de una vía nueva en calzada sencilla (calzada derecha en sentido Remedios – Alto de Dolores).

### **Certificaciones de Entidades**

En cumplimiento de la normatividad ambiental vigente que aplica a proyectos que requieren de Licencia Ambiental, se realizaron consultas ante diferentes entidades del estado y privadas con el fin de verificar la presencia de comunidades étnicas, áreas de reserva, sitios especiales de interés arqueológico, histórico y cultural, concesiones mineras, zonas de protección ambiental (nacional, regional, local, de carácter público o privado), entre otras, con el fin de establecer las medidas de prevención y/o manejo necesarias para desarrollar una gestión sostenible, evitando generar mayor afectación sobre los recursos naturales, patrimonio, comunidades y actividades socioeconómicas en el área.

En la Tabla 2.2 se relacionan y describen las certificaciones solicitadas ante las entidades competentes, con el respectivo número de radicación de cada una. (Ver Anexo 2.1 Certificaciones de Entidades).

Tabla 2.2 Consulta a entidades para pronunciamiento sobre la sensibilidad de las comunidades y las áreas donde se localiza el Proyecto

| **Entidad** | **No. De Radicado** | **Información solicitada** | **Respuesta** |
| --- | --- | --- | --- |
| Ministerio del Interior | EXTMI15-0018776 | Certificación de presencia o no de comunidades étnicas | Mediante certificación 614 del 7 de mayo de 2015 emitida por el Ministerio del Interior Certifica “**Que no se registra presencia** **de comunidades Indígenas, Minorías y Rom, en el área del proyecto**: proyecto autopistas de la prosperidad- autopista río Magdalena 2: remedios (Otú)- alto de dolores - Puerto Berrio -variante Puerto Berrío", trazado comprendido entre unidad funcional 1 (Remedios Vegachí) y unidad funcional 2: (Vegachí- alto de dolores)" localizado en jurisdicción de los municipios de Maceo, Remedios, Vegachí, Yalí y Yolombó, en el departamento de Antioquia. |
| Ministerio de Cultura | CE-107-2015 de 09 Junio de 2015 | Existencia o no y localización de sitios de reconocido interés histórico y cultural | El Ministerio de cultura mediante su comunicado MC-010025-EE-2015 certifica que para el área de influencia del proyecto que comprende el sector ubicado entre Remedios (Otú) – Alto de Dolores **no se registra Bienes del interés cultural del ámbito nacional.** |
| Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible | 18777 – 9 Jun 2015 | Existencia o no y localización de áreas de reservas naturales y/o áreas sensibles | El MADS mediante comunicado de respuesta No. 8210-E2-18777 conceptuó que para el área de estudio del proyecto Autopista al Rio Magdalena 2: construcción de la calzada comprendida entre el municipio de Remedios (Otú) hasta Alto de Dolores en el municipio de Maceo, en el departamento de Antioquia **NO se intersectan** con la capa de paramos a escala 1:100.000, bosque seco tropical, Reservas de la biosfera, sitios Ramsar, AICAS, zonas de reserva ley 2da de 1959 o áreas forestales protectoras.  Adicionalmente en el mismo concepto se menciona el cruce del proyecto con el río San Bartolomé de la capa de humedales a escala 1:500.000 (2007).  Aunque dicha área de humedales asociada al río San Bartolomé no está asociada a sitios Ramsar, para efectos de ejecución del proyecto se tramitará la respectiva ocupación de cauce y se establecerán las medidas de manejo, las cuales estarían incluidas en la Licencia Ambiental a solicitar mediante el presente estudio |
| INCODER | CE-104-2015 de 10 de junio de 2015 | Existencia o no de territorios de comunidades Indígenas y/o Afrocolombianas o Negras | Mediante comunicado INCODER No. 20152156797, esta entidad determino que las coordenadas correspondientes al área de influencia del proyecto, no se cruzan, intersectan o traslapan con territorios legalmente titulados. |
| Parques Nacionales Naturales (PNN) | 2015-460-004067-2 | Existencia o no y localización de áreas protegidas del SINAP | Mediante comunicado No. 20152400030351 del 22 de junio de 2015 emitido por PNN, se informó que el área de estudio del proyecto Autopista al Rio Magdalena 2: construcción de la calzada comprendida entre el municipio de Remedios (Otú) hasta Alto de Dolores en el municipio de Maceo **NO se encuentra** **traslapada** con la información cartográfica incorporada a la fecha por las diferentes autoridades ambientales en el registro único nacional de áreas protegidas (RUNAP), establecido en el decreto 2372 del año 2010. |
| Agencia Nacional de Minera | 2015-5510188642 | Existencia o no y localización de títulos mineros vigentes o en proceso de adjudicación sobre el área de intervención del proyecto | Mediante radicado ANM No 20152200218051 la Agencia Nacional de Minería Hace llegar reporte grafico ANM-RG-1581-15, correspondiente al área de interes solicitada |
| RESNATUR | CE-113-2015 de 9 de junio de 2015 | Existencia o no de Reservas Naturales de la Sociedad Civil | Mediante oficio emitido el 11 de junio de 2015 RESNATUR certifica que en los municipios mencionados no existen Reservas Naturales de la sociedad civil afiliadas a su entidad. |
| Corporación Autónoma Regional del centro de Antioquia (CORANTIOQUIA) | CE-115-2015 de 9 de junio de 2015 | Existencial o no de Reservas Forestales, Reservas Naturales, DMI o áreas protegidas. | Mediante oficio emitido por CORANTIOQUIA del 4 de septiembre de 2015 la entidad certifica: “Este tramo no cruza por áreas protegidas ni el distrito de manejo integrado declarados en la Región.” |
| ICANH | ICANH 2566  12 de junio de 2015 | Solicitud de autorización de intervención Arqueológica | Autorización de intervención arqueológica No. 5021 |

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Para efectos de compra, uso y/o aprovechamiento de fuentes de materiales se tienen en cuenta las disposiciones contempladas en el Decreto 1374 de 2013 *"Por el cual se establecen parámetros para el señalamiento de unas reservas de recursos naturales de manera temporal y se dictan otras disposiciones"* y la Resolución 705 de 2013 modificada por la Resolución 1150 de 2014 *“Por medio de la cual se establecen unas reservas de recursos naturales de manera temporal como zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables o del ambiente y se dictan otras disposiciones”.*

### **Ubicación de otros proyectos en al área de influencia**

En el marco del proyecto “Autopistas para la Prosperidad”, a cargo de la Concesión Autopista al Río Magdalena (Ver Figura 2.1) constituye el proyecto de infraestructura vial de interés nacional con mayor influencia sobre los municipios de Remedios, Vegachí, Yalí, Yolombó y Maceo.

Se destaca a nivel departamental el proyecto “Pavimentación Antioquia para Todos” de la Gobernación de Antioquia que tiene el objetivo de lograr un acceso adecuado a las cabeceras municipales a través de la red de carreteras, que permita avanzar en la conformación de sistemas de centros urbanos. Dentro de este Proyecto se prevé el mejoramiento y mantenimiento del troncal Nordeste tramo Vegachí- Remedios (código 62AN21), Accesos Yolombó–Yalí–Vegachí.

Por otra parte, en los planes de desarrollo y en los planes de ordenamiento territorial no se registran ni señalan otros proyectos de incidencia nacional o regional.

### **Potenciales implicaciones del proyecto en políticas, planes programas y proyectos de la zona**

Como se mencionó anteriormente el proyecto hace parte del Programa de Concesiones 4G a través del cual el Gobierno Nacional pretende impulsar el desarrollo productivo de los municipios que se conectan a través de los grupos de proyectos. En este sentido, la construcción y puesta en funcionamiento del proyecto conllevará a implicaciones socio-espaciales, económicas e institucionales, que pueden contribuir a reconfigurar el sistema urbano-regional del país y a mejorar la calidad de vida de la población.

Este resultado esperado se puede deducir del reciente “Análisis de las Implicaciones Sociales y Económicas de las Autopistas para la Prosperidad en el departamento de Antioquia” realizado por la Gobernación de Antioquia en convenio con la Universidad de Antioquia y la Universidad Pontificia Bolivariana (Gobernación de Antioquia, 2015), en el cual se incorporó una línea base de 45 indicadores, relacionados con el crecimiento económico, empleo, consumo, fortalecimiento de la gobernanza local, aumento del potencial del mercado, exportaciones, entre otros.

En este estudio se estima que con la construcción de las Autopistas para la Prosperidad se generarán más de 190.000 nuevos puestos de trabajo en Antioquia, y una disminución de la tasa de desempleo que podrá ubicarse en 5%. Los municipios localizados en el corredor de la vía a construir serán los de mayor posibilidad de verse favorecidos y fortalecidos por los beneficios específicos que recibirían de la Concesión.

Otra de las implicaciones por la construcción de la vía es el mejoramiento del acceso a los territorios rurales, articulación de los ejes de desarrollo, ampliación y consolidación de las áreas de mercado regional.

### **2.1.5 Permisos de recolección de especies**

Para la elaboración del EIA y desarrollar las actividades de colecta y captura requeridos se contó con el Permiso de Estudio para la Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica otorgado mediante la Resolución 1023 de agosto de 2015 para un periodo de dos años a la empresa a Géminis Consultores S.A.S, encargada de realizar la recolección de datos primarios los cuales son entregados a la Empresa ECOGERENCIA, consultora encargada de realizar el estudio (Ver Anexo 2.9).

## Alcances

El Estudio de Impacto Ambiental para el proyecto “*Construcción de la vía Remedios – Alto de Dolores en el departamento de Antioquia*” tiene como alcance brindar a la ANLA la información necesaria para la obtención de la Licencia Ambiental para la construcción de los 69,9 km de calzada nueva que involucra el proyecto, a partir de los términos de referencia vigentes establecidos por la Resolución 0751 de marzo de 2015 y de los lineamientos establecidos en el auto 1664 del 7 de mayo de 2014 “Por el cual se elige la alternativa Uno (1), como la más viable desde el punto de vista ambiental para la Construcción del proyecto denominado Construcción de la Vía San José de Nus-Zaragoza, localizado en el departamento de Antioquia" para el sector comprendido entre Remedios - Alto de Dolores.

Según lo establecido por el Decreto 2041 de 2014 (compilado en el decreto 1076 de 2015), “*La licencia ambiental, es la autorización que otorga la autoridad ambiental competente para la ejecución de un proyecto, obra o actividad*, *que de acuerdo con la ley y los reglamentos, pueda producir deterioro grave a los recursos naturales renovables/o al medio ambiente, o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje*.”. Por lo tanto, el presente estudio describe en detalle los elementos relacionados con los recursos naturales y aspectos socio-económicos asociados al proyecto que permitan identificar los posibles impactos, así como las medidas de manejo adecuadas.

En este sentido el presente documento:

* Describe las características técnicas del proyecto en las diferentes fases y actividades, de acuerdo con los respectivos diseños del mismo a nivel de factibilidad, cuyo alcance es el establecido por el Manual de diseño geométrico de INVIAS (2008).
* Caracteriza el medio físico, biótico, socioeconómico del área de influencia donde se desarrollará el proyecto, constituyéndose en la base para la toma de decisiones durante el desarrollo del proyecto. La caracterización a realizar se basa en información secundaria existente, en la verificación de la misma en campo y obtención de información primaria de los diferentes componentes.
* Establece la demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de los recursos naturales que se van a requerir para el desarrollo del proyecto en sus etapas de construcción y operación. Esta información será la base para solicitar los permisos y autorizaciones ambientales que deberán quedar implícitos en la licencia ambiental.
* Identifica, describe y evalúa los impactos ambientales significativos que se pueden generar por las actividades de construcción y operación del proyecto, mediante la aplicación de la metodología de Vicente Conesa Fernández (1997), en la cual se contempla el carácter negativo o positivo, intensidad, extensión, momento, persistencia, reversibilidad, Sinergia, acumulación, efecto, periodicidad, recuperabilidad, así como la importancia del impacto la cual está determinada por los criterios de calificación mencionados anteriormente.
* Zonifica ambientalmente el área donde se insertará el proyecto, a partir de la sensibilidad ambiental del área, en su condición sin proyecto, partiendo del análisis de las cualidades del medio que expresan su susceptibilidad ante fenómenos naturales y antrópicos
* Realiza la evaluación económica ambiental mediante la estimación del valor económico de los beneficios y costos ambientales que potencialmente generará la ejecución del proyecto, con el fin contribuir en la determinación de la viabilidad del mismo.
* Formula los programas de manejo ambiental tendientes a prevenir, mitigar o compensar los efectos ambientales determinados sobre los medios abiótico, biótico, y socioeconómico de los impactos negativos y positivos que pueda generar el proyecto en sus diferentes etapas.
* Establece el programa de monitoreo y seguimiento para la implementación de los programas de manejo ambiental formulados con el fin de evaluar la eficiencia y eficacia de los mismos que permita identificar nuevos impactos, la toma de medidas correctivas y monitorear la calidad ambiental del entorno.
* Identifica los riesgos y las amenazas endógenas y exógenas del proyecto para formular el plan de gestión del riesgo que contribuyan a la seguridad y bienestar de las personas durante el desarrollo del proyecto.
* Formula el plan de inversión del 1 %, con las acciones de prevención, conservación y o recuperación de las cuencas de aguas objeto de captación para uso doméstico y/o industrial.
* Formula el plan de compensación por pérdida de biodiversidad teniendo en cuenta lo establecido en el Manual para la Asignación de Compensaciones por Pérdida de Biodiversidad expedido mediante Resolución 1517 de agosto de 2012.

## Limitaciones y/o restricciones del EIA

Durante la etapa de campo no se llevaron a cabo las socializaciones de resultados del EIA previstas en las veredas San Cristóbal, Camelias y El Retiro, del municipio de Remedios debido a las manifestaciones por el paro minero que ocurrieron entre los meses de octubre y noviembre de 2015, que impidieron el acceso oportuno y seguro a la zona. Por esta razón el componente social no presenta resultados de las socializaciones en las veredas mencionadas.

Por esta misma razón, durante este mismo periodo no se logró autorización de acceso a los predios por parte de los propietarios para el desarrollo del inventario forestal al 100%, y se tuvieron que suspender actividades de campo en esta zona, con el fin de garantizar la seguridad física del equipo especializado.

En consecuencia, no se realizó el inventario forestal entre las abscisas K49+00 y K54+00 con una longitud de 5 km en las veredas Paso Real y San Cristóbal del municipio de Remedios, y entre las Abscisas K37+500 y K39+500 con una longitud de 2 Km en la vereda Bélgica del municipio de Vegachí. En estos tramos se estimó el volumen total y comercial con base en el volumen obtenido del inventario forestal al 100% realizado a lo largo de todo el trazado, para cada unidad de cobertura vegetal, llevándolo a un volumen total promedio por hectárea y tipo de cobertura; para realizar el cálculo con respecto a las áreas por cobertura no inventariadas.

Sin embargo, dando cumplimiento a lo establecido en la solicitud de Información Adicional en el Requerimiento No 11 donde solicita “*Ajustar el censo forestal para los árboles con DAP ≥ 10 cm, en el área de intervención del proyecto”* se realizó el censo forestal para los árboles con DAP ≥ 10 cm en el área de intervención del proyecto, entre las abscisas k37+500 y k39+500; por otro lado entre las abscisas K49+00 y K54+00 con una longitud de 5 km en las veredas Paso Real y San Cristóbal del municipio de Remedios, no se pudo ingresar por problemas de orden público.

Así mismo, teniendo en cuenta que durante la visita de campo se identificaron individuos arbóreos que no fueron inventariados en ciertas zonas del trazado y de algunas áreas de ZODME, (Zodme 1D-UF1, Zodme 19-UF1, Glorieta UF2 PK0+000, Finca Santa Ana UF2 Rio San Bartolo, Zodme 1-UF2), se realizó inventario al 100% en cada uno de los sitios mencionados, realizando a su vez la inclusión de individuos con DAP ≥ 10 cm en el área de intervención del proyecto.

Por otra parte, con el fin de realizar la verificación de datos correspondientes a las mediciones de individuos inventariados, según lo señalado en las planillas de campo digitalizadas que se presentaron en el estudio y con las cuales se desarrollaron los cálculos de Volumen Comercial y Volumen Total, se realizaron las siguientes actividades:

1. Se calculó la unidad mínima de muestreo significativa estadísticamente.
2. Se realizó una salida de campo en la cual se verifico el diámetro a 1900 individuos.
3. Con la información obtenida en campo se realizó una comparación con los datos del primer muestreo, donde se determinó la diferencia del DAP entre los dos muestreos y se concluyó que el cambio entre estos es insignificante, ya que es menor al 1%y por lo tanto solo se modificaron los pocos diámetros que estaban por fuera del promedio.

## Metodología

En este acápite se describe la metodología utilizada para la caracterización de los diferentes medios (abiótico, biótico y socioeconómico) que componen el Estudio de Impacto Ambiental

Adicionalmente para el levantamiento de información y elaboración del documento se atendieron los parámetros establecidos en los siguientes documentos:

* Metodología General de Estudios Ambientales (2010) adoptado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) mediante resolución 1503 del 4 de agosto de 2010 y compilado en el decreto 1076 de Mayo de 2015 (MADS).
* Términos de referencia para la construcción de túneles y carreteras adoptados por el MADS mediante Resolución 0751 del 26 de marzo de 2015
* Auto 1664 del 07 de mayo de 2014 emitido por la ANLA mediante el cual se selecciona la alternativa uno (1) como la más viable desde el punto de vista ambiental para la construcción de la vía San José del Nus – Zaragoza, localizado en el departamento de Antioquia
* Resolución 1415 del 17 de agosto de 2012, en la que se actualiza y modifica el "Modelo de Almacenamiento Geográfico (Geodatabase)".
* Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015, “por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”

Para cumplir con el contenido, estructura y alcance propuesto en el presente estudio, se definieron con anterioridad las metodologías más adecuadas para reunir y analizar la información primaria y secundaria que permitiera establecer lineamientos de manejo y control de los temas socio-ambientales constitutivos del medio en el cual se desarrolla el proyecto. A continuación, se describen en detalle las metodologías utilizadas en las diferentes fases del estudio.

Las memorias de cálculo sobre el análisis de información del estudio se presentan como anexos en los capítulos siguientes según corresponda su contenido.

La información para el desarrollo del presente EIA se obtuvo durante el periodo comprendido entre mayo y noviembre de 2015.

### **Actividades Preliminares**

Siguiendo los términos de referencia establecidos por la resolución 751 de 2015 se evaluaron y definieron las necesidades de información requerida para dar cumplimiento a estos términos. Esto como resultado de la revisión de fuentes de información secundaria actualizadas y debidamente acreditadas. Esta revisión se abordó de la siguiente manera:

#### Revisión de información secundaria

* Recolección y revisión de información solicitada en las alcaldías de los municipios por donde cruza el proyecto (Esquemas de ordenamiento territorial, Planes de desarrollo, Planes de Saneamiento ambiental y calidad del recurso hídrico, estudios locales recientes, entre otros)
* Recolección de información de estudios de diseños del proyecto a nivel de factibilidad (trazado del corredor vial, áreas de ZODME, vías industriales, áreas y diseños de fuentes de materiales, áreas y diseños campamentos, plantas de concretos, demás instalaciones de apoyo del proyecto). Dicha información fue elaborada por parte del área de ingeniería del concesionario encargado de ejecutar el proyecto.
* Previo al inicio de la elaboración del EIA del proyecto Autopista al Río Magdalena 2: construcción de la calzada comprendida entre el municipio de Remedios (Otú) hasta Alto de Dolores en el municipio de Maceo, en el departamento de Antioquia, se gestionaron diversas solicitudes de certificaciones ante las entidades del estado para verificar la presencia o no de áreas de manejo especial, áreas de preservación y conservación del orden nacional, regional y/o municipal (Ver Anexos 2.1 Certificaciones de Entidades) de la siguiente manera:
* Oficio dirigido al INCODER para solicitar certificación de existencia o no de territorios de comunidades Indígenas y Afrocolombianas o Negras, que se encuentren en el área del proyecto.
* Diligenciar Formato de solicitud de certificación de presencia o no de grupos étnicos en el Área de Influencia de un proyecto, obra o actividad, dirigido al MINISTERIO DEL INTERIOR.
* Oficio dirigido al ICANH, para solicitar Autorización de Intervención del Patrimonio Arqueológico certificación de existencia y localización de yacimientos arqueológicos o bienes de interés, de los que tenga conocimiento la entidad en el área del proyecto.
* Oficio dirigido al MINISTERIO DE CULTURA, para solicitar certificación de existencia y localización de bienes de interés histórico y cultural, en los municipios en los que tiene incidencia el proyecto.
* Oficio dirigido a CORANTIOQUIA para certificación de áreas de preservación, protección y/o conservación del orden regional, existencia de veda regional.
* Oficios dirigidos a Alcaldías municipales para certificación de áreas de preservación, protección y/o conservación del orden local.
* Oficio dirigido a Parques Nacionales Naturales (PNN) para certificación de áreas de protección, preservación y/o conservación del orden nacional.
* Oficio dirigido a la Asociación Red Colombiana de Reservas Naturales de la Sociedad Civil (RESNATUR) para certificado de áreas de reserva de la sociedad civil.
* Oficio dirigido a la agencia Nacional de Minería para certificado de la existencia o no y la localización de títulos mineros vigentes o en procesos de adjudicación que se encuentren dentro del área de intervención del proyecto.

#### Revisión de información primaria

Teniendo establecida las ubicación y características del proyecto se realiza una recolección de información primaria para cada uno de los componentes, teniendo en cuenta los diseños establecidos por ingeniería para la ejecución del proyecto “Construcción de la vía Remedios - Alto de Dolores, en el departamento de Antioquia”, donde se verifican:

* Trazado y Características geométricas de la vía diseñada a construir
* Características de la infraestructura existente a intervenir por el trazado y diseño del proyecto
* Teniendo en cuenta las características técnicas del proyecto se definen las fases y actividades del proyecto
* Características técnicas del proyecto teniendo en cuenta la Ley Nacional de Infraestructura y el manual de diseño geométrico de carreteras (INVIAS), manual de drenajes para carreteras (INVIAS), entre otras
* Infraestructura de transporte del proyecto (Túneles, puentes, viaductos, intersecciones a desnivel o a nivel, retornos viales, obras en los cascos urbanos, cruces con otras obras lineales, entre otros)
* Infraestructura de drenaje (drenaje, subdrenaje, cruces de corriente con corrientes superficiales)
* Infraestructura asociada al proyecto como: características de campamentos permanentes y transitorios, fuentes de material, plantas de procesos, entre otros.
* Infraestructura y servicios interceptados por el diseño y ejecución del proyecto
* Insumos necesarios para el desarrollo del proyecto
* Ubicación, diseño y obras para el manejo de las Zonas de manejo de escombros y materias de excavación (ZODME) necesarias para el desarrollo del proyecto.
* Cronograma y costo del proyecto
* Entre otra información base para el desarrollo del proyecto

Esta información es necesaria para definir el área de influencia e intervención del proyecto, la cual será caracterizada teniendo en cuenta la metodología descrita a continuación para cada componente.

Teniendo en cuenta los requerimientos solicitados por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA, los cuales se relacionan a continuación:

* Requerimiento No 1: Ajustar la localización del proyecto, confirmando el punto de inicio de la unidad funcional UF2.
* Requerimiento No 2: Ajustar la descripción del proyecto reflejando consistencia con los diseños presentados
* Requerimiento No 3: Presentar el informe técnico de análisis de estabilidad para cada ZODME
* Requerimiento No 4: Presentar el modelamiento de las ZODME en condiciones estáticas y seudoestáticas para determinar los factores de seguridad geotécnicos.
* Requerimiento No 5: Presentar los planos de las ZODME del proyecto con la cartografía ajustada a nivel general
* Requerimiento No 6: Incluir en planos los accesos que utilizaran los vehículos para disponer el material sobrante de excavación en las ZODME y presentar los diseños en planta y perfil.
* Requerimiento No 7: Presentar el modelamiento para determinar la cota máxima de inundación del río Volcán y la quebrada los Monos con un periodo de retorno de 100 años, con respecto a la ubicación de las ZODME 22 – UF1, 25 y 27 – UF2, cuyos diseños deberán respetar la ronda hídrica del Decreto Ley 2811 del 1974

Se desarrolla cada uno de los requerimientos teniendo en cuenta los diseños de la vía a construir y sus necesidades a suplir, de esta manera en el capítulo 3 y anexos se desarrolla cada uno de los requerimientos solicitados por la autoridad.

### **Definición del área de influencia del Proyecto**

Para la definición del área de influencia de proyecto se tuvieron en cuenta los términos de referencia M-M-INA-02 Versión No. 2, adoptados mediante resolución 751 del 26 de marzo de 2015; y lo contemplado en la Metodología para la Presentación de Estudios Ambientales (MAVDT, 2010) en donde se indica que la delimitación del área de influencia para los medios debe ser planteada en función de (i) las unidades de análisis tales como: cuencas hidrográficas, ecosistemas, unidades territoriales, y (ii) la manifestación de los impactos ambientales significativos que genere el proyecto.

Para el caso del presente estudio se definieron áreas de influencia para medio fisco- biótico y socioeconómico, teniendo en cuenta las características propias de cada uno en el área de intervención del proyecto y estimando su extensión con base en el análisis de límite de manifestación los impactos ambientales significativos generados por las actividades de construcción y operación del proyecto y de su infraestructura asociada.

También se define el área de intervención, la cual corresponde al área entre chaflanes, el cual es el área directa a intervenir por el proyecto.

Del análisis elaborado se generaron polígonos irregulares, los cuales delimitan el área de influencia como se relaciona a continuación:

* Medio Biótico. El proyecto se encuentra ubicado en el ecosistema Orobioma Bajo de los Andes. Este ecosistema no conserva su estructura natural debido a la alta intervención antrópica en la zona en la cual se desarrolla el proyecto. Por esta razón la delimitación del área de influencia directa del proyecto se realizó con base en las coberturas vegetales identificadas en el ecosistema que se prevén intervenir directa/indirectamente por las obras/actividades del proyecto.
* Medio Abiótico. Para este medio se integraron funcionalmente los componentes que lo conforman y de este modo se definió el área de influencia como se relaciona a continuación:
* Se agruparon los componentes geología, geomorfología, suelos y geotecnia. Los criterios para definir el área de influencia se describen en el capítulo 4 del presente estudio.
* Para el componente de hidrología el área de influencia se delimitó teniendo en cuenta criterios como microcuenca hidrográfica.
* Para el componente hidrogeológico se definió a partir del estudio hidrogeológico elaborado en el área de interés, para delimitar esta área se tuvo en cuenta el comportamiento litológico e hídrico para cada una de las unidades cartografiadas en el área de estudio, con el sustento de dos componentes en superficie (geología y variación topográfica del terreno en función de la distribución de drenajes).
* Se definió también el área de influencia físico-biótica, teniendo en cuenta el área de influencia en cada uno de los componentes y su mínima unidad de análisis para así realizar la caracterización del medio y definir una única área de influencia para este componente

Teniendo en cuenta el área de influencia, se describe también el área de intervención, la cual corresponde al chaflán de diseño y las áreas anexas (áreas de plantas, área de ZODME´s, áreas de campamentos, áreas de peajes, entre otras).

* Medio Socioeconómico. Los impactos generados en el medio social se encuentran definidos por las condiciones de organización de las comunidades presentes el área intervención del proyecto, por lo tanto, tendrá una delimitación diferente a las áreas definidas para el medio biótico y abiótico. En este sentido el área de influencia se circunscribe a las unidades territoriales mayores, comprendiendo estas como la extensión municipal y unidades territoriales menores, en las que se comprenden corregimientos, veredas y sectores, que percibirán directa e indirectamente la fase constructiva y la fase operativa del proyecto.

En el capítulo 4 se desarrolla en detalle los criterios que se utilizaron para definir el área de influencia.

### **Caracterización del área de influencia**

#### *Medio Abiótico*

El medio abiótico está conformado por geología, geomorfología, paisaje, suelos y uso de la tierra, hidrología, calidad del agua, hidrogeología, geotecnia y atmosfera, de acuerdo con los requerimientos de los términos de referencia adoptados mediante resolución 751 de 2015.

La información correspondiente a los componentes de geología, geomorfología, hidrología, hidrogeología y geotecnia, son estudios a nivel de factibilidad los cuales fueron suministrados por La Concesión Autopista Río Magdalena, encargado de ejecutar el proyecto. En el capítulo 5 se describen las metodologías empleadas para la caracterización de estos componentes.

##### **Geología**

La metodología utilizada para el desarrollo y descripción de la Geología para Ingeniería realizado en las Unidad Funcional UF1 y UF2, comprende las siguientes etapas:

###### Revisión bibliográfica

Esta fase se llevó a cabo durante una semana, tiempo en el cual se adquirió y realizó una revisión bibliográfica de toda la información geológica disponible sobre el área de estudio con bases en datos del servicio geológico colombiano y universidades del país. Esta información se constituyó, principalmente, de mapas topográficos a escala 1:25.000 y 1:10.000 y mapas y memorias geológicas, escala 1:100.000, de las planchas 117-Amalfi, 132-Yolombó y 133-Puerto Berrio. Igualmente, antes de la salida a campo, se realizó una delimitación y reconocimiento topográfico del área de estudio mediante imágenes satelitales de Google Earth y S.A.S. Planet, con el propósito de reconocer rasgos morfológicos que a su vez puedan responder a características geológicas de la zona. Por último, estas imágenes satelitales también sirvieron para planear transectas de trabajo, correspondientes a carreteras, carreteables, trochas y cauces fluviales, en donde la geología pudiera aflorar.

###### Fase de campo

Esta fase se desarrolló en una sola comisión, durante 16 días de campo, empezando el 16 de julio y finalizando el 31 de julio de 2015. Durante el trabajo se recorrieron la mayoría de transectas planeadas en la etapa previa de oficina, al igual que se diseñaron y recorrieron nuevos trayectos que permitiera el mejor control litológico y estructural del área. Estas transectas se realizaron en su mayoría, a lo largo de la carretera principal y algunas perpendiculares, mediante trayectos diarios, abarcando la mayoría de área y procurando atravesar la totalidad de unidades geológicas reportadas en las planchas del Servicio Geológico Colombiano.

La información recolectada durante la campaña, se hizo mediante estaciones cada 200 – 250 metros (metraje representativo de una buena resolución para un trabajo escala 1:10.000), geo-referenciadas mediante puntos GPS de alta precisión y describiendo, si es posible, tipo de roca, apariencia y estado, composición, dato estructural, fallas y fracturas. Para cada estación, se toma un registro fotográfico orientado y una muestra del afloramiento si se cree pertinente y representativa. En aquellos puntos en donde la vegetación o el suelo no permiten que la roca aflore, se realizan puntos de control describiendo características del punto que permitan dar pistas acerca de la unidad geológica en la que se encuentra. Es importante aclarar que todos los datos recolectados en campo, se consignan en una libreta de campo, siguiendo parámetros técnicos de alta calidad, que permita que la información sea lo más fiable y de fácil entendimiento posible. La Información recolectada se relaciona en la siguiente Tabla 2.3

Tabla 2.3 Relación de los datos recolectados durante la fase de campo

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| N° total de estaciones de campo | N° de estaciones con registro litológico | N° de estaciones de “Punto de Control” | N° de datos estructurales | N° de datos de fracturas y fallas | N° de muestras recolectadas |
| 305 | 104 | 201 | 85 | 51 | 8 |

Fuente: Autopista Río Magdalena, 2015

###### Fase final de oficina

Esta fase se llevó a cabo durante las 5 semanas posteriores al trabajo en campo y corresponde a la última etapa del trabajo. Se encuentra conformada por la organización, procesamiento y análisis de los datos geológicos recolectados en campo, para la elaboración, digitalización, edición y entrega final del mapa geológico escala 1:10.000 del área estudiada, el cual es el objetivo principal del trabajo. Al mismo tiempo, durante esta fase, se elabora el informe final geológico, el cual contiene la localización del área de estudio, algunas generalidades de la misma y los aspectos estratigráficos y estructurales de la zona.

Geológicamente el área se encuentra cubierta por rocas metamórficas instruidas por rocas ígneas del Paleozoico, instruidas por rocas ígneas cretácicas del Batolito Antioqueño.

###### Teniendo en cuenta el requerimiento solicitado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA, en la auditoria de información adicional, donde la autoridad solicita: *“Requerimiento No 8 Presentar los perfiles geológicos ilustrativos donde se identifiquen los alineamientos proyectados y las condiciones geológicas a lo largo del proyecto”* , con el fin de dar repuesta se incluye en la descripción geológica del are de influencia, la información geológica del área a intervenir.

##### **Geomorfología**

Para la descripción de las unidades geomorfológicas se inició con la búsqueda de información relacionada con las estructuras y los depósitos minerales de las diferentes unidades geológicas buscando el estudio sistemático del origen y desarrollo de todas las formas del relieve de la tierra así como de los agentes, procesos y estados de desarrollo de esas geoformas; se buscó identificar el ambiente edafogenético homogéneo, es decir la superficie terrestre en la cual se identifican alta similitud de los factores formadores de los suelos tales como clima, material parental, tiempo, organismos y relieve, lo cual se traduce igualmente en una potencial similitud de los suelos existentes. También se hizo la revisión de cartografía básica y fotografías aéreas que son útiles para conocer la infraestructura de la zona, particularmente la que tiene que ver con las vías de acceso.

Esta información se complementó con una fase de campo en la cual se realizaron transectos determinados mediante el sistema de mapeo libre con una densidad tal que permitiera establecer los límites entre las unidades y la variación de las mismas. Las observaciones se realizaron en sitios estratégicos de las geoformas (cima, ladera, falda, valle, entre otros) o en los cambios de pendientes, determinando así las unidades geomorfológicas teniendo en cuenta los límites establecidos por fotointerpretación.

##### **Paisaje**

Para la descripción de las unidades de paisaje se empezó con la búsqueda de información relacionada con las estructuras geológicas y los depósitos minerales de las diferentes unidades geológicas buscando el estudio sistemático del origen y desarrollo de todas las formas del relieve de la tierra así como de los agentes, procesos y estados de desarrollo de esas geoformas; se buscó identificar el ambiente edafogenético homogéneo, es decir la superficie terrestre en la cual se identifican alta similitud de los factores formadores de los suelos tales como; clima, material parental, tiempo, organismos y relieve, lo cual se traduce igualmente en una potencial similitud de los suelos existentes y de los paisajes fisiográficos. También se hizo la revisión de cartografía básica y fotografías aéreas.

Para complementar y corroborar la información obtenida se realizó una fase de observación en campo mediante transectos determinados por el sistema de mapeo libre que permitió identificar las formas de la superficie terrestre, reconociendo la acción de fuerzas endógenas o exógenas que permiten el modelamiento del entorno, esto con el objetivo de generar un análisis del paisaje y sus componentes, la identificación de las coberturas y los usos del suelo, el tamaño de los predios y los síntomas de deterioro o erosión del área debido a que estos elementos ayudan a lograr una primera visión de los ambientes edafogenéticos en los cuales se describen y delimitan los suelos en el terreno.

##### **Suelos y uso de la tierra**

El procedimiento para la elaboración de levantamientos de suelos es realizó siguiendo el Manual de Métodos y Especificaciones para los Estudios de Suelos del IGAC. Se realizó un levantamiento general a nivel de generalización taxonómica del subgrupo, con sus respectivas fases cartográficas. Las unidades cartográficas empleadas son las asociaciones, consociaciones, grupos indiferenciados y complejos. La caracterización pedológica se realizó mediante observaciones de campo en áreas representativas de las unidades geomorfológicas por medio de observaciones generales, detalladas (calicatas) y de comprobación (barreno); estas fueron complementadas con la descripción de perfiles modales en calicatas, lo cual se explicará más adelante.

La memoria técnica del levantamiento de este estudio de suelos, consta de una parte descriptiva, que corresponde a la descripción agrológica de los suelos y de las unidades cartográficas que los conforman y de otra interpretativa, que traduce los datos obtenidos en campo, de los suelos observados, en las unidades cartográficas, tales como la información de tipo morfológico, físico-químico, mineralógico y biológico, para ser aplicados hacia la determinación de la capacidad de uso, manejo de los suelos y la zonificación agroecológica.

A continuación, se describe las etapas desarrolladas en el levantamiento general de suelos:

###### Preparación del trabajo

En esta etapa se compila el material existente tanto bibliográfico, como cartográfico, referido entre otros, a los aspectos climáticos, de vegetación, hidrológicos, geológicos, geomorfológicos, edafológicos (estudios anteriores), en general, cualquier documento técnico que suministre datos de interés para el área de estudio.

Para realizar esta fase del proyecto, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

* Delimitación del área a estudiar en cartografía referenciada y aerofotografías o fotografías satelitales
* Recopilación de información secundaria como por ejemplo Esquemas de Ordenamiento Territorial, Estudios Ambientales previos, etc.

La delimitación del área a estudiar se logra mediante la revisión de Estudios y mapas geológicos, geomorfológicos, de erosión, de suelos, cobertura, uso, forestal, socioeconómicos, registros climáticos y, en general, documentos técnicos, suministrados, como el EOT de los municipios. Además de datos climáticos correspondientes a los ajustados y reportados por el IDEAM, en las estaciones ubicadas las zonas en estudio, de esto se analiza la precipitación, temperatura, humedad relativa, vientos, brillo solar, entre otras. Lo que conlleva a una zonificación climática desarrollada con el propósito establecer unidades homogéneas en condiciones climáticas y su respectiva interacción.

###### Fotointerpretación y elaboración de la leyenda preliminar

Durante la etapa de fotointerpretación se realizaron los siguientes pasos:

Elaboración inicial de un montaje de todo el juego de imágenes satelitales, donde se comprobó el cubrimiento, posteriormente se delimito el área útil en cada una de imágenes satelitales y se identificaron los principales poblados y ríos; luego se realizó la fotointerpretación mediante el análisis geomorfológico, hasta el nivel de tipo de relieve con su litología/sedimentos correspondientes, de acuerdo con el sistema geomorfológico propuesto.

Luego, se seleccionaron las áreas piloto y/o transectos y se elaboró un plan de trabajo. En dichas áreas deben quedar representados la mayoría de los tipos de relieve con su correspondiente litología. Cada unidad delimitada se debe identificar con un símbolo alfanumérico que indica el clima ambiental, el tipo de paisaje, el tipo de relieve, la litología y los atributos de la geoforma como pendiente y erosión.

Paralelamente a la etapa de revisión se elaboró una leyenda preliminar, que incluyo aspectos relacionados con el clima ambiental, la geomorfología (paisaje, tipo de relieve, litología), las características morfográficas y morfométricas del tipo de relieve y los símbolos que identifican cada unidad delimitada.

###### Reconocimiento de campo

Hecho lo anterior, y después de analizar la información existente, se inició la etapa de campo, siguiendo las especificaciones técnicas consignadas en el Manual de Métodos y Especificaciones para los Estudios de Suelos (IGAC & CORPOICA, 2008)

El trabajo de campo empezó con el reconocimiento preliminar del estudio, el cual permitió familiarizarse con el paisaje y las vías, comprobar algunas delineaciones realizadas por fotointerpretación y evaluar la funcionalidad de las áreas piloto y de los transectos proyectados.

Como consecuencia de esta etapa se realizaron observaciones generales sobre suelos, clima, geología, vegetación, geomorfología, paisaje, uso y manejo de los suelos, infraestructura y demás datos que apoyen la identificación y así verificar los datos de la etapa anterior y las unidades para levantamiento en campo.

El levantamiento de suelos utilizado en las áreas piloto, tiene como objetivo entender las relaciones suelo-paisaje y conocer el patrón de distribución, así como la proporción de los suelos en las unidades cartográficas resultantes; también sirve para clasificar los suelos al nivel categórico determinado de subgrupo, así como para establecer las unidades taxonómicas que identifican y definen el contenido pedológico de las unidades de mapeo.

Para el Levantamiento se utilizó un sistema de mapeo libre con una densidad de observaciones, que permitió establecer la distribución de los suelos en la unidad geomorfoclimática considerada, la proporción de cada uno de ellos, el rango de características y la clase de unidades cartográficas.

Se hicieron descripciones de perfiles de suelos mediante el uso de calicatas (ver Fotografía 2.1), según las unidades identificadas, se tomaron muestras de cada uno de sus horizontes, para análisis físicos, químicos, biológicos con el fin de determinar las propiedades físicas, químicas, biológicas y mineralógicas de estos perfiles y así poder corroborar la clasificación taxonómica.

Con el fin de confirmar que las unidades fueron bien planificadas e identificadas, se realizaron observaciones de identificación (detalladas) y de comprobación (con barreno) de acuerdo con lo estipulado en las especificaciones contempladas para los levantamientos de suelos de tipo general.

|  |
| --- |
|  |

Fotografía 2.1 Vista de un perfil en calicata de 1,2 x1,8 x 2,0 m

Fuente: Autopista Río Magdalena, 2016

Los registros de la información obtenida en campo fueron diligenciados en el formato F77 – Descripción de perfiles de suelo. (Ver Anexo 2.8 Formatos de Muestreo Suelo)

###### Taxonomía de Suelos

La clasificación taxonómica de cada uno de los suelos identificados en el levantamiento, se hizo de acuerdo con el Sistema Americano (USDA, 2010). La estructura funcional del Sistema Taxonómico está integrada por las categorías: orden, suborden, gran grupo, subgrupo, familia y serie. En el caso del presente estudio, el nivel de clasificación de los suelos fue el subgrupo.

###### Elaboración del informe

El informe se elaboró siguiendo las normas y especificaciones establecidas por la Subdirección de Agrología del IGAC; consta principalmente de dos partes: una descriptiva en donde se presentaron las características de la región, las unidades cartográficas y las características de cada uno de los suelos encontrados; otra es interpretativa, está relacionada con el uso de la información en función de la clasificación de tierras por su capacidad de uso y de la zonificación de tierras, en la que se evalúan las características físicas, químicas, biológicas y mineralógicas y se obtienen conclusiones que ayudan al mejor conocimiento de los suelos y a la planificación del uso y manejo de los mismos.

El informe estuvo acompañado de la cartografía, donde aparecen los límites de las unidades cartográficas de suelos, de las unidades por capacidad de uso y la zonificación de tierras a escala acorde a los requerimientos del estudio.

##### **Clasificación de tierras por su capacidad de uso**

Esta etapa constituyo la fase interpretativa del estudio dado que, con la evaluación de los datos tomados en la verificación de campo, permitió estimar las condiciones según los grupos de capacidad de uso mediante la interpretación de las características morfológicas, físicas, químicas y mineralógicas de los suelos, el examen de las características externas como relieve, pendientes, erosión, inundaciones, pedregosidad y el clima. Una vez interpretadas las características de los componentes edáficos de las unidades cartográficas y analizadas las condiciones climáticas, de relieves y pendientes se procedió a agruparlas en clases, subclases y grupos de capacidad por clima.

La capacidad de uso y manejo se evalúo por medio de los siguientes pasos:

* Selección de los perfiles modales de los componentes taxonómicos en cada una de las unidades cartográficas de suelos.
* Elaboración de una tabla con las siguientes características de evaluación: erosión, grado de pendiente, textura, profundidad efectiva, pedregosidad superficial y dentro del suelo, rocosidad, inundabilidad, fertilidad, acidez y alcalinidad, drenaje y clima de cada uno de los diferentes perfiles modales que componen las unidades cartográficas.
* Confrontación y calificación de las características seleccionadas en cada perfil modal con las tablas de clasificación y determinación de las clases de capacidad de uso de acuerdo con el grado de las limitaciones generales dominantes teniendo en cuenta las recomendaciones de IGAC.
* Establecimiento de las subclases según el o los grados de severidad y el número de limitaciones.
* Determinación del grupo de capacidad de acuerdo con el clima ambiental en que se encuentre la subclase.
* Elaboración de una tabla de correlación de las unidades de suelos con los grupos de capacidad.
* Elaboración de la leyenda de Clasificación de las Tierras por su Capacidad de Uso, que contiene información relacionada con los símbolos de la clase, subclase y los grupos de capacidad, los símbolos de las unidades cartográficas de suelos que forman los grupos de manejo, características de las tierras, factores limitantes, usos potenciales y recomendaciones generales de manejo.
* Elaboración del mapa de subclases y grupos climáticos con base en el Levantamiento de Suelos.
* Descripción, en el capítulo respectivo, de la memoria explicativa de las diferentes clases, subclases y grupos de capacidad.

Las unidades de capacidad de uso de las tierras se representaron por símbolos formados de números arábigos y letras minúsculas. El primer número indica la clase por capacidad, las letras minúsculas representan la subclase y el número arábigo que continúa, separado por un guion, está relacionado con el grupo climático.

##### **Zonificación de tierras**

Luego de la etapa de clasificación de tierras por su capacidad de uso se obtuvo el insumo requerido para la realización de la zonificación, que permitió recomendar la utilización óptima de las tierras, esto consistió en asignar a cada unidad el tipo de uso apropiado, así como las prácticas específicas que le correspondan, con el propósito de obtener el máximo beneficio económico, social y ambiental.

Esta utilización racional y económica de los recursos, se basa en principios y normas de aprovechamiento, explotación y conservación con el objetivo de elevar el nivel de vida de la comunidad, ambos en forma sostenible y permanente.

La determinación de la Capacidad de Uso de las Tierras y la Zonificación de Tierras, constituyen la base para definir cualquier ordenamiento físico del territorio, ya que integran la información geológica, geomorfológica, edáfica, climática y otras que generan criterios útiles para la explotación racional y sostenible de cada unidad de tierra.

La zonificación se basó en la interpretación del Estudio de Suelos, así como en los planteamientos sobre la Capacidad de Uso de las Tierras; su delimitación en el mapa es esencialmente física y tiene como finalidad agrupar unidades de tierra con limitaciones y vocaciones similares, de tal manera que su uso sea el óptimo de acuerdo con las características intrínsecas de los suelos y con el desarrollo socioeconómico de la región.

Los criterios empleados hasta este nivel suministran indicadores que, al combinarlos, proporcionaron índices del estado de las tierras; es decir, se tipificaron cómo están conformadas y cuáles son sus calidades. También se obtuvieron los índices de impacto con los cuales se pudo medir el grado de deterioro que presenta cada una de las unidades de tierra.

El empleo de estos indicadores e índices brindo unidades homogéneas de tierra cuyas cualidades se confrontan con los requerimientos de uso a diferente nivel de detalle, lo cual produce otros indicadores e índices del estado de las tierras, relacionados con las potencialidades que estas poseen para el desarrollo de diferentes actividades económicas; es decir, permitió determinar la vocación de uso de una unidad de tierra en particular.

Con base en lo anteriormente indicado, se generó la cartografía temática cuyas cualidades conforman los requerimientos de cada uno de los tipos principales de uso. El mapa de Zonificación de Tierras consta de unidades de tierra que han sido identificadas con símbolos, cada uno de los cuales está representado por tres letras mayúsculas; También se presenta una generalización de las unidades a una escala de tipo regional (IGAC & CORPOICA, Zonificación de los conflictos de uso de las tierras en Colombia, 2002)

###### Tablas parámetros para clasificación de los suelos

Tabla 2.4 Clasificación de suelos según el paisaje

| **Clase** | **Símbolo** |
| --- | --- |
| Altiplanicie, altillanura | A |
| Lomerío | L |
| Montaña | M |
| Superficie de aplanamiento | S |
| Piedemonte | P |
| Planicie, Llanura | R |
| Valle | V |

Fuente: (IGAC, 2001)

Tabla 2.5 Clasificación de suelos según los atributos del paisaje

| **Clase** | **Clase** |
| --- | --- |
| Aluvial | Fluvio.glacial |
| Glaci – Estructural | Erosional Estructural |
| Coluvial | Plegado |
| Diluvial | Fluvio - volcánica |
| Eólica | Residual |
| Falla o dislocada | Estructural - Erosional |
| Glaciárida | Volcano Erosional |
| Fluvio gravitacional | Aluvio - Diluvial |
| Hidro - Volcánica | Volcánica |
| Coluvio - Diluvial | Glacio - Volcánica |
| Disolucional | Coluvio - Aluvial |
| Lacustre | Fluvio - Marina |
| Marina | Fluvio - Lacustre |

Fuente: (IGAC, 2001)

Tabla 2.6 Clasificación de suelos según relieve

| **Paisaje** | **Tipos de Relieve** |
| --- | --- |
| Altiplanicie, altillanura | Colinas  Lomas  Mesas, mesetas  Cañones  Vallecitos |
| Lomerío | Lomas y colinas  Vallecitos  Mesas  Cuestas y espinazos  Glacis de acumulación  Filas y Vigas  Depresiones cársticas |
| Montaña | Filas y Vigas  Lomas  Vallecitos  Espinazos , crestas  Crestones, cuestas  Depresiones cársticas  Coladas de lava  Conos  Glacis de acumulación |
| Superficie de aplanamiento | Cerros residuales  Colinas y lomas  Montes-isla  Vallecitos  Aplanamientos |
| Piedemonte | Abanicos  Colinas  Lomas  Abanicos-terrazas  Glacis de acumulación  Glacis de erosión  Vallecitos coluvio aluviales |
| Planicie, Llanura | Plano de inundación  Terrazas  Campos de arenas  Vallecitos  Plano deltaico |
| Valle | Plano de inundación  Terrazas |

Fuente: (IGAC, 2001)

Tabla 2.7 Clasificación de suelos según relieve

| **Clase** | **% Pendiente** | **Símbolo** |
| --- | --- | --- |
| A nivel, ligeramente plana a ligeramente ondulada. | 0-3  3-7 | a  b |
| Moderadamente ondulada a fuertemente ondulada o Ligeramente quebrada a moderadamente quebrada | 7-12  12-25 | c  d |
| Fuertemente quebrada o ligeramente escarpada | 25-50 | e |
| Moderadamente escarpada a fuertemente escarpada | ˃ 50 | f y g |

Fuente: (IGAC, 2001)

Tabla 2.8 Clasificación de suelos grado de erosión superficial

| **Grado** | **% Pendiente** | **Símbolo** |
| --- | --- | --- |
| 0,1,6 | No hay, ligera y no apreciable | n |
| 2 | Moderada | 2 |
| 3 | Severa | 3 |
| 4 | Muy severa | 4 |

Fuente: (IGAC, 2001)

##### **Hidrología**

Éste numeral presenta la descripción hidrológica del área de influencia del proyecto “Construcción de la Vía Remedios – Alto de Dolores” en las unidades funcionales UF 1 y UF2, en la cual se incluyó la caracterización hidrológica del área de influencia.

La caracterización del área de influencia, consideró realizar el análisis de los sistemas lénticos y lóticos, los patrones de drenaje a nivel regional; además del régimen hidrológico y de caudales característicos de las principales corrientes. También contempla el análisis del tipo y distribución de las redes de drenaje, los sistemas lénticos, permanentes e intermitentes, descripción y localización de la red hidrográfica e identificación de la dinámica fluvial; además del régimen hidrológico y de caudales característicos de las corrientes a intervenir.

Dichas caracterizaciones fueron desarrolladas con base en información hidrológica del área, disponible en el IDEAM, cartografía IGAC escalas 1:100.000 y 1:25.000, imagen de Satélite (Tipo RAPIDEYE 2014), además del reconocimiento y trabajo en campo.

El análisis hidrológico se concentra en:

* Identificar y describir la red de drenaje característica de la zona de estudio.
* Establecer aspectos morfológicos y dinámicos de las subcuencas de interés.
* Identificar fuentes de captación y vertimiento para el desarrollo de las actividades del proyecto.

##### Fuente de información

Como fuente de información se identificaron y consultaron las siguientes entidades:

- Universidad Nacional de Colombia – Instituto de Estudios Ambientales – IDEA

- Ministerio del Transporte – Subdirección de Infraestructura Fluvial

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC – Seccional Bogotá

- INGEOMINAS Seccional Bogotá

- Corporación Autónoma Regional del Río Nare - CORNARE

- Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia - CORANTIQOUIA

- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM.

##### Fuentes de información

Para la descripción hidrológica del área de estudio, se utilizó información hidrométrica actualizada suministrada por el IDEAM, entre los años de 1965 a 2014. Para efecto de realizar los respectivos estudios de regionalización se emplearon los registros de estaciones de corrientes principales en la zona de estudio, las cuales se presentan a continuación en la **Tabla 2.9**.

Tabla 2.9 Relación de estaciones hidrométricas

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Estación | Municipio | Corriente | Tipo | Codigo | Coordenadas | | Altura (m.s.n.m.) |
| **Latitud** | **Longitud** |
| Caramanta | Yolombó | Nus | LG | 2308716 | 6º30 | 74º51 | 842 |
| Puerto Berrío | Puerto Berrío | Magdalena | LG | 2309703 | 6º30 | 74º30 | 108 |
| Canteras | La Magdalena | Nare | LG | 2308721 | 6º16 | 74º40 | 127 |
| La Mascota | Yalí | San Bartolomé | LG | 2310703 | 6º38 | 74º52 | 108 |
| La Sierra | San Pablo | Cimitarra | LG | 2317705 | 7º28 | 73º56 | 64 |
| Puente Gabino | Yolombó | Porce | LG | 2701736 | 6º34 | 75º13 | 1.055 |
| Vegachí | Vegachí | Volcán | LG | 2310704 | 6º46 | 74º47 | 929 |

Fuente: IDEAM, LG: Limnigráfica. Presente Estudio

###### Sistemas Loticos

La descripción y localización de la red hidrográfica se realiza teniendo en cuenta la zona hidrográfica Magdalena Cauca, tiene un área total de 271.193 km2, y se localiza en los departamentos de Antioquia, Atlántico, Bolívar, Boyacá, Caldas, Cauca, Cesar, Córdoba, Cundinamarca, Guajira, Huila, Magdalena, Norte de Santander, Quindío, Risaralda, Santander, Sucre, Tolima, Valle del Cauca.

La jerarquización de la red hidrográfica del AI del proyecto “Construcción de la Vía Remedios – Alto de Dolores” en las unidades funcionales UF 1 y UF2, además de la codificación realizada por el IDEAM, según Decreto 1640 de 2012

La descripción de las cuencas en el área de influencia del proyecto se realiza mediante información primaria y secundaria recopilada en el area.

###### Sistema Lenticos

Los ecosistemas acuáticos de tipo léntico identificados en el área de influencia del proyecto ““Construcción de la Vía Remedios – Alto de Dolores” son sistemas Lénticos tipo Jagüey.

###### Patrones de drenaje

La descripción de las características del drenaje a nivel regional, se realizo teniendo en cuenta los aspectos fisiográficos y algunas consideraciones de tipo geológico que incluyen la tectónica de la región.

###### Regimen Hidrologico

Las variaciones de caudales o niveles en el tiempo definen el régimen hidrológico de una fuente de agua, presentándose principalmente en función de la temporada de lluvias.

En condiciones normales, la variación espacial del caudal de una fuente se da cuando este aumenta aguas abajo, a medida que se van recogiendo las aguas de los aportes de otras fuentes que se unen a la corriente principal como afluentes. Debido a esto, el caudal de una corriente suele ser más pequeño en la cabecera cerca de su nacimiento, y mucho mayor en las zonas bajas de la cuenca cerca de su desembocadura. Esta condición puede ser alterada por la incidencia del factor antrópico, pues es normal que en algunas fuentes o drenajes se presente una relación espacial inversa por sobre explotación del recurso.

Se realiza el análisis hidrológico para las cuencas del Río Magdalena, Río Ponce, Río Nus, Río Nare, Río Cimitarra y Río San Bartolome.

Para las cuencas no intrumentadas se realiza el análisis mediante el balance hídrico de largo plazo, siguiendo la metodología del balance hídrico de Thorntwaite, a nivel de discretización mensual (largo plazo), y teniendo en cuenta los valores de precipitación y los valores de evapostranspiración potencial, se calculó tanto la reserva de humedad del suelo como el déficit y el excedente de la misma humedad, teniendo en cuenta una capacidad de almacenamiento de humedad del suelo de 100 mm.

Thornthwaite propuso que el 50 % del excedente de agua de un mes específico se escurre hacia los ríos durante el mes de cuestión y el resto se infiltra hacia las capas profunda. De esta manera la escorrentía superficial en (mm) mes a mes se estima a partir de la siguiente expresión:



Donde:

Escorr(i): escorrentía del mes (i), mm

Escorr(-1i): escorrentía del mes (i-1), mm

Exc(i) : Es el agua que excede de la reserva máxima, mm.

##### **Componente calidad del agua**

El estudio de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las corrientes hídricas del área del proyecto, susceptible a intervención (concesión o cruce) se llevó a cabo en el mes de septiembre del año en curso por el laboratorio K2 Ingeniería S.A.S.

*Puntos de muestreo y localización*

Se realizaron monitoreos puntuales en los puntos establecidos en la Tabla 2.10, para los cuerpos de aguas superficiales suceptibles a intervención (captación o cruce). Para la selección de los puntos de medición se tuvo en cuenta la información base del trazado proyectado acorde con las especificaciones del cliente, la ubicación geográfica de los principales emplazamientos del proyecto y de los principales cuerpos de agua existentes en el área de influencia. Las coordenadas fueron georreferenciadas en el sistema Magna Sirgas Origen Bogotá.

Tabla 2.10. Identificación de los puntos monitoreados

| Punto de medición | Unidad funcional | Abreviatura del punto | Municipio | Tipo de corriente de agua | Coordenada Norte (m) | Coordenada W (m) |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Quebrada la Culebra aguas arriba captación municipal | UF1 | E01UF1 | Remedios-Antioquia | Quebrada | 1269627 | 929542 |
| Quebrada la Culebra | UF1 | E02UF1 | Remedios-Antioquia | Quebrada | 1268236 | 929400 |
| Quebrada Curuna | UF1 | E03UF1 | Remedios-Antioquia | Quebrada | 1265862 | 925562 |
| Río Ité | UF1 | E04UF1 | Remedios-Antioquia | Río | 1264421 | 926861 |
| Quebrada la honda | UF1 | E05UF1 | Vegachí-Antioquia | Quebrada | 1254843 | 923766 |
| Quebrada Pescadito | UF1 | E07UF1 | Vegachí-Antioquia | Quebrada | 1249005 | 920710 |
| Humedal finca Manzanares | UF2 | E08UF2 | Yalí-Antioquia | Humedal | 1233888 | 920067 |
| Quebrada NN Finca Manzanares | UF2 | E09UF2 | Yalí-Antioquia | Arroyo | 1234027 | 920096 |
| Río Volcán | UF2 | E10UF2 | Vegachí-Antioquia | Río | 1240175 | 921028 |
| Quebrada la Ramada, la Mirla | UF2 | E11UF2 | Maceo-Antioquia | Quebrada | 1224694 | 920336 |
| Río San Bartolomé | UF2 | E12UF2 | Yalí-Yolombó | Río | 1226681 | 920277 |
| Quebrada NN El Pino | UF2 | E13UF2 | Maceo-Antioquia | Arroyo | 1220097 | 921587 |
| Río Monos | UF2 | E14UF2 | Maceo-Antioquia | Quebrada | 1214880 | 919355 |

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S.2015

*Fase de campo*

Para la caracterización de la calidad de aguas de la zona de incidencia del proyecto de construcción de la vía Remedios – Alto de Dolores, se muestrearon un total de 14 estaciones durante los días 18 al 25 de septiembre de 2015, las estaciones y fechas de muestreo de cada una se muestran en la Tabla 2.10 donde se les da la denominación E##UF# para facilidad del manejo de las gráficas y tablas.

Para la realización del trabajo, las tareas propuestas se dividieron en las siguientes etapas:

* Elaboración del plan de muestreo

Una vez definidos los parámetros a analizar se elaboró el Plan de Muestreo, en el cual se incluyen los materiales y equipos necesarios que se deben llevar a campo para efectuar la toma de muestra correctamente, así como el tipo de preservación que se debe aplicar a cada muestra de acuerdo con lo establecido en el método de referencia para cada análisis.

* Preparación de materiales y equipos necesarios.

Se utilizaron recipientes nuevos, sometidos a un proceso de lavado dependiendo del tipo de análisis que se desarrollaría y según lo establecido en la tabla 5 de la Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas expedida por el IDEAM. Los equipos empleados para las determinaciones de pH, Temperatura y Conductividad fueron revisados y calibrados antes de salir a campo y fueron verificados en el sitio de la toma de muestra. Después de cada jornada fueron limpiados con el objetivo de evitar contaminaciones y deterioro. Las sondas fueron lavadas después de cada medición.

Los recipientes se marcan a medida que se recolectan las muestras incluyendo en la etiqueta la siguiente información: Fecha de la toma de muestra, número y nombre del punto, preservación realizada, nombre del muestreador y número de proyecto (Trazabilidad); paralelamente se realizan las observaciones directas en campo, las cuales se plasman en las planillas de campo al igual que los resultados de los análisis in situ. Finalmente se realiza la determinación de pH, y conductividad.

* Actividades de toma y preservación de muestras, medición de parámetros de campo, embalaje y transporte de muestras al laboratorio para su análisis.
* Realización de análisis en el laboratorio.

Los análisis de laboratorio fueron desarrollados en las instalaciones del laboratorio SGS con sede en la ciudad de Bogotá, entre el 3 y 10 de octubre de 2015. Este laboratorio cuenta con acreditación en la norma ISO 17025:2005 según Resolución del IDEAM 0899 junio de 2015, lo cual es un soporte de calidad en cada uno de los resultados emitidos. Las técnicas analíticas fueron realizadas siguiendo las metodologías establecidas en el *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA *et al*., 2012).

En la Tabla 2.11 se presenta los métodos analíticos utilizados por el laboratorio de SGS, con sus respectivos límites de detección para el análisis de parámetros en cada una de las 24 muestras.

Tabla 2.11. Métodos de análisis utilizados por el laboratorio SGS y límite de detección de la técnica utilizada

| MÉTODO | TÉCNICA | LÍMITE DE DETECCIÓN |
| --- | --- | --- |
| turbidez | APHA-AWWA-WEF-SM 2130 B: Turbidity - Nephelometric Method. Turbidez 22nd Edition. 2012 | 0,626 |
| Alcalinidad | APHA-AWWA-WEF-SM 2320B: Alkalinity - Titration Method. 22nd Edition. 2012 | 1,2 |
| Acidez | APHA-AWWA-WEF-SM 2310B: Acidity - Titration Method. 22nd Edition. 2012 | 3 |
| color verdadero | APHA-AWWA-WEF-SM 2120 C: Color - Spectrophotometric - Single - Wavelength Method. 22nd Edition. 2012 | 3,8 |
| DBO5 | APHA-AWWA-WEF-SM 5210 B: Biochemichal Oxygen Demand - 5-Day BOD Test. 22nd Edition. 2012- EPA 360.3: Dissolve Oxygen by Membrane Electrode. Official Name: Oxygen, Dissolved (Membrane Electrode). 1971 | 2 |
| DQO | APHA-AWWA-WEF-SM 5220 D: Chemichal Oxygen Demand - Closed Reflux, Colorimetric Method. 22nd Edition. 2012 | 10 |
| Nitrógeno Total | APHA-AWWA-WEF-SM 4500-Norg B / SM 4500-NH3 B, C: Nitrogen (Ammonia) - Preliminary Distillation Step Titrimetric Method. 22nd Edition. 2012 | 5,16 |
| Dureza cálcica | APHA-AWWA-WEF-SM 3500-Ca B: Calcium - EDTA Titrimetric Method. 22nd Edition. 2012 | 2,1 |
| dureza total | APHA-AWWA-WEF-SM 2340 C: Hardness - EDTA Titrimetric Method. 22nd Edition. 2012 | 1,9 |
| Fosforo total | APHA-AWWA-WEF-SM 4500-P B,E: Phosphorus - Sample Preparation - Ascorbic Acid Method. 22nd Edition. 2012 | 0,05 |
| Fenoles totales | APHA-AWWA-WEF-SM 5530 B, C: Phenols - Cleanup Procedure - Fotometrico directo (Modificado). 22nd Edition. 2012 | 0,157 |
| Sólidos Suspendidos Totales | APHA-AWWA-WEF-SM 2540 D: Solids - Total Suspended Solids Dried at 103-105°C. 22nd Edition. 2012 | 2,8 |
| Sólidos Disueltos Totales | APHA-AWWA-WEF-SM 2540 C: Solids - Total Dissolved Solids Dried at 180°C. 22nd Edition. 2012 | 12,5 |
| metales totales por ICP-MS Ba | EPA 200.8: Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry. Rev. 5.4. 1994. | 0,09 |
| metales totales por ICP-MS Cd | EPA 200.8: Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry. Rev. 5.4. 1994. | 0,002 |
| metales totales por ICP-MS Cu | EPA 200.8: Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry. Rev. 5.4. 1994. | 0,01 |
| metales totales por ICP-MS Cr | EPA 200.8: Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry. Rev. 5.4. 1994. | 0,0026 |
| metales totales por ICP-MS Hg | EPA 200.8: Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry. Rev. 5.4. 1994. | 0,0003 |
| metales totales por ICP-MS Ni | EPA 200.8: Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry. Rev. 5.4. 1994. | 0,0022 |
| metales totales por ICP-MS Ag | EPA 200.8: Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry. Rev. 5.4. 1994. | 0,0004 |
| metales totales por ICP-MS Pb | EPA 200.8: Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry. Rev. 5.4. 1994. | 0,004 |
| metales totales por ICP-MS Se | EPA 200.8: Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry. Rev. 5.4. 1994. | 0,003 |
| metales totales por ICP-MS As | EPA 7062, SM 3114 C | 0,01 |
| Coliformes totales | APHA-AWWA-WEF-SM 9223 B: Enzyme Substrate Coliform Test - Enzyme Substrate Test. 22nd Edition. 2012 | 1 |
| E.coli | APHA-AWWA-WEF-SM 9223 B: Enzyme Substrate Coliform Test - Enzyme Substrate Test. 22nd Edition. 2012 | 1 |

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S.2015

* Reporte e interpretación de resultados y elaboración del informe final.

Todos los resultados fueron organizados en una tabla dinámica en Microsoft Excel® para facilitar su interpretación. Se incluyeron tablas para la mejor visualización de los datos y en caso de existir el valor límite de referencia para la variable según la legislación nacional fue adicionada, con el objetivo de evaluar la calidad de aguas con base en el Decreto 1594 de 1984 que reglamenta los usos del agua y residuos líquidos en Colombia. Sin embargo, es importante resaltar que dicho Decreto se utilizó solamente como punto de referencia, pues fue derogado por el Decreto Nacional 3930 de 2010 (con excepción de los artículos 20 y 21, donde se mencionan solamente los nombres de las sustancias de interés sanitario).

##### **Hidrogeología**

El componente hidrogeológico del Estudio de Impacto Ambiental ha sido elaborado basado en los alcances contenidos en la Resolución No. 751 de 2015 mediante la cual se expidieron los términos de referencia para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental a proyectos de construcción de carreteras y/o túneles con sus accesos, así como los alcances específicos que en la materia han sido requeridos por la ANLA mediante Auto 1664 mayo 7 de 2014 para estas unidades funcionales.

###### Fases de Análisis

Para la elaboración del estudio hidrogeológico se llevaron a cabo las siguientes fases de análisis:

1. revisión y análisis de la información secundaria en el área de influencia
2. construcción de modelo de elevación digital DEM
3. trabajo detallado de campo
4. caracterización geológica e hidrogeológica
5. análisis de vulnerabilidad y riesgo de contaminación de los acuíferos
6. construcción de los modelos conceptual y numérico hidrogeológico.

* Fase I - Revisión, análisis y evaluación de la información existente en el área de influencia

Se refiere al análisis de información de fuentes secundarias especializadas, planes regionales /locales, cartográfica existente del área e investigaciones existentes en materia hidrogeología, geología y geofísica disponibles (informes de prospección geofísica incluyendo la georreferenciación de los sondeos eléctricos verticales – SEV u otros métodos geofísicos realizados en el área, perfiles geoeléctricos y correlación de las unidades litológicas), hidroquímica. Este análisis permitió en particular identificar (i) el nivel de información básica y aplicada al conocimiento del recurso hidrogeológico en el área del proyecto y (ii) la contribución que puede hacerse desde el Concesionario a mejorar el grado de conocimiento “más y mejor información” para el análisis de impacto, la identificación de medidas de manejo y el monitoreo del recurso durante la fase de construcción y operación del proyecto.

La información secundaria recolectada y analizada para la realización del estudio incluyó: (i) Registro de estaciones climatológicas del IDEAM, (ii) Planchas hidrogeológicas del Servicio Geológico, (iii) Estudios de ingeniería especializada de la zona de estudio e (iv) Imagen Google Earth 2015.

Tabla 2.12 Información secundaria consultada

| Nombre | Escala | Año de Publicación |
| --- | --- | --- |
| Atlas de aguas subterráneas de Colombia | 1:500.000 | 2000 |
| Geología Plancha | 1:100.000 | 2008 |
| Estaciones Meteorológicas IDEAM |  |  |
| Estudios Previos |  |  |

Fuente: Ecogerencia S.A.S. 2015

* Fase II Modelo de Elevación Digital

La construcción de modelo de elevación digital DEM a escala 1:10.000 si hace con base en cartografía a escala 1:25.000 y utilización del método de interpolaciones.

* Fase III Trabajo Detallado de Campo

Con base en el análisis de la calidad de la información y cartografía básica, geológica y de usos de suelo disponible de diferentes fuentes de información (IGAC, ANI, ANLA, INGEOMINAS, ANM, Planes de Desarrollo (Departamentales/Municipales) y de Ordenamiento Territorial de los municipios de Remedios, Vegachí, Yalí, Yolombó y Maceo (en Antioquia) se realizó la complementación y ajuste mediante trabajo de campo para:

* Inventariar los puntos de agua subterránea existentes, y recolectar la data; inventario, geo-referenciación y nivelación de los puntos de agua subterránea (pozos, aljibes y manantiales). El inventario de puntos de agua en el área de influencia directa se basó en la información proporcionada por los administradores o propietarios de los predios o en su defecto por el baquiano que acompañaba al equipo técnico del estudio. El inventario de campo se presentó en el Formato Único Nacional para Inventario de Puntos de Agua subterránea (FUNIA) del IDEAM adoptado por ANLA, e incluyó usos del agua, usuarios, volúmenes de tanques de almacenamiento, albercas o canecas con que cuenta cada punto, con fechas de construcción y características hidráulicas de los pozos en puntos de agua, y geo-referenciación de los mismos.
* Determinar tabla de agua y profundidades de los puntos de agua a través de sondeos eléctricos verticales –SEV de acuerdo con la escala de trabajo y en particular con el tipo de intervención en el corredor. Adicionalmente, se realizaron perforaciones e instalación de piezómetros paro lo cual se utilizaron equipos de perforación tipo “petite” que permite perforar a 4” el método utilizado fue el de rotación con lodos bentónicos. La profundidad de perforación de los piezómetros osciló entre 15 y 20 m.

* Realizar el análisis de la oferta – demanda de agua considerando usos del agua subterránea, número de usuarios y disponibilidad a lo largo del año. Para este efecto se realizaron pruebas de bombeo para estimar los caudales de explotación y pruebas de infiltración en puntos previamente seleccionados para determinar el impacto potencial sobre la oferta (recarga) de agua en caso de su intervención.

Durante el desarrollo del trabajo se recorrieron la mayoría de transectas planeadas en la etapa previa de oficina, adicionalmente se diseñaron y recorrieron nuevos trayectos que permitiera el mejor control litológico y estructural del área. Estas transectas, fueron en su mayoría a lo largo del trazado vial y algunas perpendiculares mediante trayectos diarios abarcando la mayoría de área y procurando atravesar la totalidad de unidades geológicas reportadas en las planchas del Servicio Geológico Colombiano.

La información recolectada durante la campaña, se hizo mediante estaciones cada 200 – 250 metros (metraje representativo de una buena resolución para un trabajo escala 1:10.000), geo-referenciadas mediante puntos GPS de alta precisión y describiendo en los casos posibles el tipo de roca, apariencia y estado, composición, dato estructural, fallas y fracturas. Para cada estación, se tomó un registro fotográfico orientado y una muestra del afloramiento cuando se consideró pertinente y representativa.

Todos los datos recolectados en campo, se consignaron en una libreta siguiendo parámetros técnicos de alta calidad lo que permitió que la información fuera lo más fiable y de fácil entendimiento posible.

* Fase IV Caracterización Geológica e Hidrogeológica

Una vez finalizada la etapa de campo y el procesamiento de los datos geológicos levantados se procedió a la caracterización geológica requerida para la elaboración, digitalización, edición y entrega final del mapa geológico escala 1:10.000 del área estudiada, el cual es el objetivo principal del trabajo. Al mismo tiempo, durante esta fase, se elaboró el informe final geológico, el cual contiene la localización del área de estudio, algunas generalidades de la misma y los aspectos estratigráficos y estructurales de la zona.

Para la caracterización hidrogeológica a partir de dichas características geológicas, litológicas y estructurales de las unidades que conforman el área de estudio, se generó una clasificación regional dependiendo del potencial hídrico de las formaciones geológicas, condiciones de porosidad, permeabilidad, disposición de las rocas y fracturas o espaciamiento intergranular probable como reservorios de agua subterránea presentes.

* Fase V Análisis de Vulnerabilidad y Riesgo de Contaminación de los Acuíferos

La vulnerabilidad de los acuíferos frente a la contaminación es una propiedad intrínseca del medio que determina la sensibilidad a ser afectados negativamente por un contaminante externo (Foster, 1987). Es una propiedad relativa, no medible y adimensional y su evaluación se realiza admitiendo que es un proceso dinámico (cambiante con la actividad realizada) e iterativo (cambiante en función de las medidas protectoras). La vulnerabilidad puede ser intrínseca (condicionada por las características hidrogeológicas del terreno) y específica (cuando se consideran factores externos como la climatología o el propio contaminante).

El grado de vulnerabilidad puede expresarse mediante un índice. Los índices utilizados fueron DRASTIC. y GOD que consideran las características físicas propias del marco hidrogeológico que afectan a la potencial contaminación del agua. Si se establece como hipótesis de partida que el riesgo de los acuíferos frente a un determinado contaminante es equivalente a la vulnerabilidad de los mismos, estos índices se podrán utilizar para evaluar el riesgo, en este caso riesgo y vulnerabilidad están estrechamente relacionados.

Una limitación de estos métodos es la subjetividad al valorar los parámetros, por ello para minimizar este grado de subjetividad, deben utilizarse criterios homogéneos. En el caso del método DRASTIC la valoración de los parámetros permite acotar los intervalos de vulnerabilidad a la contaminación y delimitar áreas de mayor riesgo frente a un contaminante potencial a lo largo del trazado. El proceso de aplicación de este método a una superficie empieza por la distribución de ésta en celdas homogéneas de dimensiones fijadas, distribuidas a ambos lados del trazado en una franja que cubre como mínimo el dominio hidrogeológico.

* Aplicación del método DRASTIC

Mediante el trabajo de campo realizado para el inventario de los puntos de agua subterránea y su data, se determinará el marco hidrogeológico regional que será la base para determinar mediante la metodología DRASTIC el grado de vulnerabilidad intrínseca (expresado en índices de clasificación numérica) para evaluar la contaminación potencial del agua subterránea según la formación hidrogeológica en el área de influencia del proyecto (Ver Figura 2.2 y Tabla 2.13.)

Tabla 2.13 Aplicación del método DRASTIC

| UNIDAD/SUBUNIDAD  FORMACIÓN HIDROGEOLÓGICA | | | Condiciones de Flujo | Recarga / Descarga | Índice de Vulnerabilidad  Intrínseca DRASTIC |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ACUÍFEROS | ACUITARDOS | ACUIFUGOS |
| **Sedimentos y Rocas con flujo intergranular** Contiene agua en cantidad apreciable y permite su circulación con facilidad a través de ella.  Alta permeabilidad | **Rocas con flujo a través de fracturas**  Contiene agua en cantidad apreciable y circula con dificultad a través de ella. Baja permeabilidad | **Sedimentos y rocas con limitado recurso de aguas subterráneas.**  No contiene agua porque no permite su circulación a través de ella. Porosidad y permeabilidad nula o muy baja. | Dirección y velocidad de la línea de flujo – Ley de Darcy | Área de recarga: el flujo subterráneo presenta una componente vertical descendente,  Área de descarga: el flujo subterráneo presenta una componente ascendente. | Riesgo de que las aguas subterráneas se contaminen con sustancias generadas en los sitios donde se prevea almacenar o manipular fuentes de contaminación (combustibles, materiales residuales y sustancias tóxicas, etc.); en concentraciones por encima de norma para diversos usos (consumo humano, en particular) |

Fuente: Ecogerencia S.A.S., 2015

|  |
| --- |
|  |

Figura 2.2 Circulación del agua

Fuente: WWW.umc.esw

La metodología DRASTIC tiene como base el manejo de siete (7) variables hidrogeológicas:

D = profundidad al agua subterránea,

R = recarga neta,

A = medio acuífero,

S = tipo de suelo,

T = topografía,

I = impacto a la zona no saturada,

C = conductividad hidráulica del acuífero

El índice DRASTIC es resultante de la sumatoria de cada una de las variables estandarizadas (r), multiplicada por la puntuación de peso. Las constantes constituyen pesos que ponderan la importancia del factor y todos los parámetros son estandarizados entre 1-10, así:

Índice DRASTIC = 5\*Dr + 4\*Rr + 3\*Ar + 2\*Sr + Tr + 5\*Ir + 3\*Cr (1)

En donde:

Dr = Tasa asignada a la profundidad al nivel freático

Rr = Tasa asignada para los rangos de la recarga del acuífero

Ar = Tasa asignada al medio acuífero

Sr = Tasa asignada para el tipo de suelo

Tr = Tasa asignada a la pendiente topográfica

Ir = Tasa asignada a la zona no saturada

Cr = Tasa asignada para los rangos de conductividad hidráulica

Como resultado de esta metodología se presentan los mapas que señalan las áreas con mayor o menor sensibilidad a la contaminación en acuíferos superiores o freáticos. Estos niveles de sensibilidad permiten valorar la vulnerabilidad relativa entre las diferentes Unidades Funcionales de la Concesión Autopista Rio Magdalena 2. Para este efecto se utilizaron herramientas geoespaciales con criterios geoestadísticos para consultar, manipular y aplicar los datos de cartografía digital y bases de datos con referencia espacial, provenientes del trabajo de campo, de manera simultánea y automatizada.

* Aplicación del método GOD

El método GOD (por sus iniciales en inglés: Groundwater hydraulic confinement, Overlaying Strata, Deph to groundwater table; para la evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos ha sido ampliamente probado en América Latina y el Caribe durante la década de los 90 (Foster, Hirata, Gomes, D'Elia, y Paris, 2002)

Este método caracteriza la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos en función de los siguientes parámetros (generalmente disponibles o fácilmente determinables):

* Grado de confinamiento hidráulico del acuífero en consideración
* Ocurrencia del sustrato suprayacente (zona no saturada o capas confinantes) en términos de características litológicas y grado de consolidación, que determinan su capacidad de atenuación de contaminantes
* Distancia al agua determinada como: la profundidad al nivel del agua en acuíferos no confinados o la profundidad al techo de acuíferos confinados.

La estimación del índice de vulnerabilidad GOD involucró las siguientes etapas:

1. Identificación del grado de confinamiento hidráulico del acuífero y asignarle un índice a este parámetro en una escala de 0,0 a 1,0
2. Especificación de las características del sustrato suprayacente a la zona saturada del acuífero en términos de: (a) grado de consolidación (teniendo en cuenta la probable presencia o ausencia de permeabilidad por fisuras) y (b) tipo de litología (considerando indirectamente porosidad efectiva, permeabilidad de la matriz y contenido de humedad en la zona no saturada o retención específica) y, asignar un índice a este parámetro en una escala de 0,4 a 1,0
3. Estimación de la distancia o profundidad al nivel del agua (en acuíferos no confinados) o profundidad al techo del primer acuífero confinado, con la consiguiente asignación de un índice en una escala de 0,6 a 1,0

El índice final integrado de vulnerabilidad de acuíferos GOD es el producto de los índices obtenidos para cada uno de estos parámetros. Es importante tener en cuenta que la metodología presentada en la Figura 2.3 contiene ligeras modificaciones respecto de la versión original (Foster e Hirata, 1988) que consideran las experiencias obtenidas por su aplicación en los años '90. Estas modificaciones incluyen:

* una pequeña reducción en los índices del parámetro de “distancia al agua"
* una simplificación en la caracterización geológica del sustrato suprayacente, para las “rocas potencialmente fracturadas de vulnerabilidad intrínseca intermedia"
* una aclaración para el índice de “confinamiento del acuífero" en acuíferos semiconfinados

En los casos que se presentaron secuencias de depósitos diferentes, se seleccionó la litología predominante o limitante para caracterizar al sustrato suprayacente. De acuerdo con MADS (2010) El valor índice se obtiene de multiplicar los valores asignados a cada parámetro, así:

GOD = G • O • D ≈ 0 - 1

Estos tres parámetros (G O D) se multiplican para obtener una valoración de la vulnerabilidad de 0 (despreciable) a 1 (extrema).

|  |
| --- |
|  |

Figura 2.3 Método GOD para la evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos.

Fuente: Modificado de Foster *et al*, 2002

* Fase VI Construcción de los Modelos Conceptual y Numérico Hidrogeológico.

El modelo conceptual es una representación gráfica del movimiento del agua subterránea para el área específica, se utiliza el término acuífero para definir a la formación geológica que tiene la capacidad de almacenar y transmitir agua y acuifugo para referirnos a una formación geológica que no almacena ni transmite agua.

La ecuación que gobierna el flujo de agua subterránea proviene de la combinación de la ecuación de momentum (Ecuación de Darcy) y la ecuación de balance de masa.

La ecuación básica para representar el flujo de agua subterránea, es la ecuación de Darcy, la cual se basa en la ley semi-empírica del mismo nombre y que expone que el flujo (caudal) en un medio poroso es directamente (linealmente) proporcional a la diferencia de cabeza hidráulica, al área transversal al flujo e inversamente proporcional a la longitud de recorrido del flujo. Para el sistema tridimensional, se considera un tensor de conductividad hidráulica, que incluye la conductividad en cada uno de los ejes direccionales (x,y,z).

Escribiendo la ecuación de Darcy en forma diferencial, para cada una de las direcciones (x, y, z):



En donde:

h = Cabeza hidráulica en cada dirección (L)

Kxx, Kyy, Kzz = Componentes del tensor de conductividad hidráulica (L/t)

*qx, qy, qz* = Componentes de la descarga específica. (L/t)

El balance de masa se obtiene considerando el cambio de masa de un pequeño volumen de control durante un pequeño intervalo de tiempo. Este balance de masa se expresa matemáticamente utilizando un volumen de control infinitesimal caracterizado por ser lo suficientemente grande para representar las propiedades del medio poroso y a la vez lo suficientemente pequeño para que no exista, dentro del elemento, un cambio apreciable en la cabeza hidráulica.

El flujo de agua que pasa a través del elemento de volumen se expresa por medio de la descarga específica (q) la cual se expresa a su vez en términos de sus tres componentes, y los vectores unitarios a lo largo de los ejes direccionales (x, y, z), esto es:

|  |
| --- |
|  |

Figura 2.4 Descarga específica

Fuente: Ecogerencia S.A.S. 2015



La ecuación de balance de masa se expresa como:



Donde

*Ss* = Almacenamiento específico

R = Fuentes de agua (positivo) o sumideros (negativo).

En este sentido, el agua se considera como un líquido incompresible que al compararse con la compresibilidad del medio poroso en el que se mueve, se pueden despreciar los cambios en la densidad de la misma.

1. Ecuación de flujo de agua subterránea

****

en donde,

*Kxx, Kyy y Kzz* = Conductividad hidráulica a lo largo de las direcciones x, y, z

Cambio de la cabeza piezómetrica a lo largo de los ejes x, y, z

*R* = Flujo volumétrico por unidad de volumen y representa fuentes y/o salidas de agua

*Ss*= Almacenamiento específico del material poroso (L-1)

*t* = Tiempo

Esta ecuación describe el flujo de agua subterránea en un medio anisotrópico y heterogéneo, bajo condiciones de estado transitorio. Una solución analítica (h(x,y,z,t)), para una expresión de este tipo, es aquella cuyas derivadas con respecto al espacio y al tiempo satisfacen tanto la ecuación como sus condiciones de borde. La solución directa y analítica para casos complejos de esta ecuación no existe, razón por la cual es necesario aplicar algunos métodos numéricos que permitan aproximar una solución a la ecuación que a la vez cumpla las condiciones iniciales y de frontera.

Uno de los métodos de solución de la ecuación de flujo de agua subterránea, es el método de las diferencias finitas. En este método, el sistema de flujo de la ecuación anterior se discretiza (se divide el área de flujo en un gran número de pequeñas celdas o elementos) mediante puntos o bloques en el espacio y en el tiempo.

Las derivadas parciales de la ecuación se reemplazan por valores discretos, los cuales se calculan a partir de la diferencia (discreta) de cabezas piezométricas en los puntos discretizados y en los intervalos discretos de tiempo definidos.

En el método de las diferencias finitas (MDF) la discretización del medio poroso se realiza mediante la construcción de una malla, que divide la región a estudiar en filas (i), columnas (j) y capas (k). La intersección entre cada fila y columna se conoce como celda y su vértice como nodo (punto) y representa, conceptualmente, una pequeña parte de material poroso dentro del cual, las propiedades hidráulicas son constantes para un tiempo determinado.

La solución de este grupo de ecuaciones se realiza mediante métodos iterativos en los cuales, a partir de una solución inicial se calculan los valores de las cabezas hidráulicas; para un intervalo de tiempo t, dichos valores se utilizan como soluciones intermedias para calcular nuevamente las cabezas en intervalos t+1. Cada solución es una “iteración” repitiéndose, el proceso hasta obtener una diferencia de cabezas entre la solución del tiempo t-1 y la del tiempo t aceptable o dentro de un rango preestablecido (por ejemplo < 0,01%).

Para el Estudio Hidrogeológico de la **vía Remedios-Alto de Dolores** se utilizó el software de elementos finitos FEFLOW ®.Entre estas herramientas computacionales se tiene el software de elementos finitos FEFLOW ® V 6.2 (p11), el cual se ha empleado para simular flujo y transporte en aguas subterráneas y evaluar el impacto en el medio ambiente hidrogeológico. Este software permite que por medio de modelos bidimensionales (2D) o tridimensionales (3D), se pueda representar los desafíos de la representación de la geometría de estos modelos, el modelado de zonas no saturadas y la determinación de los parámetros más importantes que influyen en los resultados [[Goldschneider and Amantini, 2009](#_ENREF_2)]). Para esto, es de vital importancia que la información suministrada en estos modelos, tales como geología, mapeo de puntos de agua, valores de precipitación, evaporación, recarga y parámetros hidráulicos, claves en las formaciones geológicas, deben ser acordes con la realidad. Una mala caracterización de estos parámetros tendrá como efecto, estimaciones erróneas o subjetivas y una mala concepción del modelo conceptual de la zona de estudio.

Para esta etapa y a partir del modelo conceptual, acorde con el actual estudio geológico, se definieron zonas homogéneas e isótropas en función del tipo de roca y formación geológica (Formación mesa y depósitos aluviales). Seguido a esto, se empleó el software comercial FEFLOW ® V. 6.2 para crear un modelo 3D, el cual puede representar las condiciones topográficas, las zonas de recarga, descarga y comportamiento del agua subterránea de la zona de estudio. Lo anterior, apoyado con las Condiciones de Borde (Boundary Conditions) establecidas para la situación actual en que se encuentra la zona de influencia. Cabe resaltar que no se empleó un software que tiene como base el cálculo numérico por diferencias finitas, dadas las limitancias citadas anteriormente, la complejidad numérica que tiene el acople del problema de flujo y transporte en el acuífero libre de la zona de influencia. A continuación, se detallan algunas de las bondades de Feflow:

**Modelación de superficies y transporte de contaminantes:**

1. Modela flujo a superficie libre y confinada, como así mismo, transporte a través de las unidades hidroestratigráficas variables saturadas y no saturadas.
2. Simula transporte de masa y transporte reactivo a través de dominios del modelo de flujo de aguas subterráneas en 2D y 3D.
3. Simulación de transporte de contaminantes de origen de fuentes puntuales y no puntuales, a través de dominios 2D y 3D, incluyendo el transporte de nitrato a través de los acuíferos kársticos y el transporte a través CVOC extremadamente heterogéneos.
4. Exporta los resultados de transporte de masa por tiempo de paso empleado a través de EarthVision ™
5. Para visualizar el comportamiento de la masa en 3D el transporte de masa en relación con las estructuras subterráneas y estimar que resulta volúmenes de tierra afectadas.

**Características de elementos discretos (DEF):**

1. Desarrolla modelos de doble permeabilidad utilizando el paquete de elementos discretos para simular un conducto y flujo en una matriz de un acuífero kárstico
2. Define conductos kársticos como elementos en dos dimensiones (vertical y horizontal) a través de elementos lineales asignados a lo largo de las extremidades de los elementos de la malla.
3. Los conductos definidos entre swallets conocidos (nodos) de infiltración y manantiales (nodos de descarga) y hasta gradiente de manantiales en la matriz.
4. El flujo a través de conductos definidos utilizando la ecuación de Manning-Strickler.
5. Utiliza una sección de conexión entre nodos de DFN para definir la capacidad de transporte del conducto.
6. Utiliza un factor de rugosidad para controlar la velocidad del flujo de agua (grado en que la característica representa un solo conducto o de la zona de conductos).
7. Define las ubicaciones y dimensiones de los conductos a través de la calibración de los niveles de aguas subterráneas, vertidos y las velocidades de las aguas subterráneas a través de trazadores definidos.

**Diseño de enmallados complejos:**

1. Integra la construcción del enmallado con ArcGIS para facilitar el diseño de mallas complejas y su refinamiento.
2. Desarrollo de mallas complejas para simular geometrías laterales y verticales de las estructuras naturales y artificiales complejas del flujo del agua subterránea, incluyendo conductos cársticos que convergen a manantiales y ríos.
3. Las características simuladas incluyen: capas o lentes delgados, discontinuos de diferentes propiedades de materiales, grandes bóvedas y diques; arroyos, ríos, manantiales, lagos, etc.
4. Tiene incluido un plug-in de revisión de los criterios mínimos de ángulo internos de los elementos para promover la convergencia y reducir al mínimo los errores de modelo.

Así mismo entre estas herramientas computacionales se tiene el software de diferencias finitas Model Muse - Modflow, el cual se ha empleado para la simulación. ModelMuse es una interfaz gráfica de usuario (GUI) para MODFLOW-2005 (Harbaugh, 2005) y PHAST (Parkhurst y otros, 2004). MODFLOW-2005 es un modelo de agua subterránea de diferencias finitas en tres dimensiones. Se simula flujo constante y no constante en un sistema de flujo de forma irregular en la que las capas de acuíferos pueden limitarse como, no confinada, o una combinación de confinado y no confinado. PHAST simula multi-componente, el transporte de solutos reactivos en los sistemas de flujo de agua subterránea saturados tridimensionales.

ModelMuse se basa en GoPhast (Winston, 2006). ModelMuse permite al usuario definir la entrada espacial para los modelos dibujando puntos, líneas o polígonos en la parte superior, frontal y vistas laterales del dominio del modelo. Estos objetos pueden tener hasta dos fórmulas asociadas que definen su extensión perpendicular al plano de visión, permitiendo que los objetos a ser tridimensionales. Las fórmulas también se utilizan para especificar los valores de los datos espaciales (conjuntos de datos), tanto a nivel mundial y de los objetos individuales. Los objetos pueden ser utilizados para especificar los valores de los conjuntos de datos independientes de la discretización espacial y temporal de la modelo.

Para esta etapa y a partir del modelo conceptual, acorde con el actual estudio geológico, se definieron zonas homogéneas e isótropas en función del tipo de roca y formación geológica. Seguido a esto, se empleó el software ModelMuse – Modflow para crear un modelo en 3D, el cual puede representar las condiciones topográficas, las zonas de recarga, descarga y comportamiento del agua subterránea de la zona de estudio. Lo anterior, apoyado con las Condiciones de Borde (Boundary Conditions).

**Modelación de superficies:**

1. Modela flujo a superficie libre y confinada, como así mismo, transporte a través de las unidades hidroestratigráficas variables saturadas y no saturadas.
2. Simula transporte de masa a través de dominios del modelo de flujo de aguas subterráneas en 2D y 3D.
3. Simulación de transporte de contaminantes de origen de fuentes puntuales y no puntuales, a través de dominios 2D y 3D.

**Área de Interés para la Modelación**

La geometría del acuífero queda definida por la topografía superficial y por la descripción de los perfiles geológicos disponibles para la zona. La topografía superficial se obtuvo a partir de un Modelo de Elevación Digital (DEM, por sus siglas en inglés) de 30 m.

A partir de lo anterior, se empleó una malla de celdas la cual describe la geometría del modelo 3D, apoyada con un enmallado automático de elementos finitos (tipo cuadrado), los cuales son la base de la simulación numérica a emplear.

Para las fronteras hidráulicas, una vez definido el modelo tridimensional, se emplearon condiciones de frontera (Boundary Conditions), en donde se hace activación de los paquetes “Specified Flux >> RCH: Recharge Package”, "Head-dependend flux >> DR: Drain Package, EVT: Evapotranspiration package”.

Con esta información se realizó la implementación computacional de la discretización areal y temporal y la primera simulación orientada a: calibrar el modelo, tener una apreciación general del flujo de agua subterránea en las Unidades Funcionales, y obtener un escenario de cabezas piezométricas iniciales para para estimar las condiciones iniciales promedio antes que se comiencen las obras y con base en el balance regional de agua identificar potenciales impactos de las obras del proyecto sobre los acuíferos.

* Fase VII: Respuesta requerimiento No 9 solicitado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales

Con el fin de dar respuesta al Requerimiento No 9 donde se solicita “*Incluir en la cartografía temática a escala 1:10.000, las direcciones de flujo de aguas subterráneas, las zonas de recarga y descarga y los perfiles del área de influencia del componente hidrogeológico con un bloque que representa el modelo conceptual*”, se realiza esta inclusión dentro de la cartografía teniendo en cuenta los datos obtenido en el modelo conceptual.

##### **Geotecnia**

Para realizar la zonificación y cartografía geotécnica para el proyecto de construcción de la vía Remedios – Alto de Dolores, se trabajó con base en la información geológica, edafológica, geomorfológica, hidrogeológica, hidrológica, meteorológica y de amenaza sísmica generada para la zona del proyecto. Las unidades que se tuvieron en cuenta de cada componente se describen en la siguiente tabla:

Tabla 2.14 Unidades de análisis por componente para obtención de la geotecnia del proyecto

| COMPONENTE | Unidades de análisis |
| --- | --- |
| **Geología** | Unidad Geológica, |
| **Edafología** | Suelo, Pendiente |
| **Geomorfología** | Unidad Geomorfológica |
| **Meteorología** | Zonificación Climática |
| **Amenaza sísmica** | Amenaza |

Fuente: Autopista Río Magdalena, 2016

Para el respectivo procedimiento de clasificación se asignaron valores de 1 a 5, en donde 1 es muy buena aptitud y 5 es muy mala aptitud frente a la estabilidad del terreno.

La clasificación de cada unidad para obtener la zonificación geotécnica se realizó para cada componente atendiendo a las descripciones que se presentan en las siguientes tablas.

**Geología:** Se estableció la estabilidad geotecnia de la zona mediante la información suministrada por la formación o unidad geológica, de la siguiente manera:

| Unidad  Geológica | Descripción | Grado de Estabilidad | Clasificación de Estabilidad |
| --- | --- | --- | --- |
| Volcánico de La Malena | Flujos volcánicos riolíticos a riodacíticos, brechas volcánicas y tobas hacia la parte superior del conjunto, diques basálticos y pórfidos andesíticos. | 3,0 | Medio |
| Formación Mesa (Ngm) | Bancos muy gruesos de areniscas, con niveles conglomeráticos de guijos y guijarros, localmente cantos e intercalaciones esporádicas de capas muy gruesas de arcillolitas. | 3,0 | Bajo |
| Depósitos Cuaternarios (Qal) | Gravas, arenas y materiales finos de origen aluvial y lacustre que conforman terrazas, llanuras de inundación, bajos y complejos cenagosos. Los aluviones a lo largo del río Magdalena son depósitos de poca elevación compuestos por material meteorizado, poco estratificado y mal seleccionado o con unos pocos horizontes bien seleccionados. | 4,0 | Muy Bajo |

Fuente: Ecogerencia, 2015

**Edafología:** Para el análisis de geotecnia se utilizaron los resultados obtenidos de las diversas actividades de prospección geotécnica, con clasificación de materiales basados en los sistemas USC y AASHTO. El material encontrado en el área de interés se puede clasificar como SM y SC.

| *Grupo de Suelos* | *Facilidad de tratamiento en obra* | *Permeabilidad* | *Resistencia al corte* | *Compresibilidad* | *Aptitud según uso* |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SM (arena limosa) | Moderada | Deficiente | Muy alta | Alta | Cimentación con flujo y  presas homogéneas |
| SC (arena arcillosa) | Muy alta | Baja | Alta | Alta | Revestimiento de canales, capas de pavimento |

Fuente: (SAP, 2015)

**Erosión del Suelo**: Se estableció el nivel de erosión del suelo mediante el feature Suelos de la GDB.

| *Erosión del Suelo* | *Descripción* | *Grado de Estabilidad* | *Aptitud Frente a la Estabilidad* |
| --- | --- | --- | --- |
| Sin erosión | No se identifican procesos erosivos ni de sedimentación. Son zonas estables que presentan una condición aceptable. Por la tendencia regional a la deforestación se recomienda implementar medidas de protección ambiental para aguas y suelos. | 2,0 | Alta |
| Severa | Ausencia avanzada de cobertura vegetal y deterioro extremo de suelos por erosión natural clima seco y/o actividades antrópicas. Perdida > 75 % del horizonte A. Estas zonas no son aptas para ser intervenidas. Grado de erosión muy alto. | 5,0 | Muy Baja |
|
| Sedimentación activa | No hay procesos erosivos Grado de erosión media. | 3,0 | Media |

Fuente: Autopista Río Magdalena, 2016

**Pendiente:** Se estableció el valor de inclinación del terreno mediante un DEM (Modelo digital del terreno) asociado al *feature* suelos de la GDB.

| *Pendiente del Suelo* | *Descripción* | *Grado Estabilidad* | *Aptitud Frente a la Estabilidad* |
| --- | --- | --- | --- |
| Pendiente de 0 a 8° | Terreno plano ha ligeramente inclinado, los procesos morfodinámicos son principalmente agradacionales. | 1,0 | Muy Alta |
| Pendiente de 8 ° a 15° | Terreno inclinado. | 2,0 | Alta |
| Pendiente de 15° a 25° | Terreno fuertemente inclinado susceptible a fenómenos de remoción en masa. | 3,0 | Media |
| Pendiente de 25 a 45° | Terreno escarpado altamente susceptible a fenómenos de remoción en masa. | 4,0 | Baja |
| Pendiente > 45° | Terrenos no aptos para construcción de infraestructura. | 5,0 | Muy Baja |

Fuente: IGAC, 2012

**Geomorfología:** Se estableció mediante el relieve de la zona.

| *Relieve* | *Descripción* | *Grado de*  *Estabilidad* | *Aptitud Frente*  *a la Estabilidad* |
| --- | --- | --- | --- |
| Colinas | Un Cerro o Colina es una eminencia del terreno que, en general, no supera los 100 metros desde la base hasta la cima. | 3,0 | Medio |
| Lomas | Una loma u otero es una elevación del terreno de poca altura, normalmente de forma redondeada, que viene a ser el primer grado después de la llanura. | 3,0 | Medio |
| Terraza | Relleno horizontal situado a lo largo de un valle por encima del curso de agua y q representa el resto de un antiguo curso en el q ha profundizado el curso de agua. | 2,0 | Alta |
| Vallecito | Es una llanura entre montañas o alturas. Se trata de una depresión de la superficie terrestre entre 2 vertientes, con forma inclinada y alargada. | 2,0 | Alta |

Fuente: Autopista Río Magdalena, 2016

**Densidad de Fallas:** se estableció mediante los procesos morfodinámicos

| *Fallas* | *Descripción* | *Grado de*  *estabilidad* | *Aptitud Frente a*  *la Estabilidad* |
| --- | --- | --- | --- |
| Densidad de fallas con Buffer de 500 m | Alta probabilidad de afectación de la vía por movimiento de la falla. Por ende, la aptitud de este terreno es mala. | 5,0 | Muy Baja |
| Densidad de fallasen Áreas fuera del buffer | Baja probabilidad de afectación de la vía por movimiento de la falla. Por ende, la aptitud de este terreno es buena. | 2,0 | Alta |

Fuente: Autopista Río Magdalena, 2016.

**Meteorología**: Se estableció mediante el piso altitudinal o térmico de la zona climática.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Piso Térmico* | *Descripción* | *Grado de*  *Estabilidad* | *Aptitud Frente*  *a la Estabilidad* |
| Cálido | El clima cálido presenta elevadas temperaturas anuales, sin grandes variaciones estacionales. Predominio de bosques tropicales, selvas y sabanas. Posee una variabilidad en el piso altitudinal de la zona climática entre 60 y 300 msnm. Una temperatura entre los 24 a 30 Grados centígrados, con una precipitación promedio de 2.600 mm/año de la zona climática. | 3,0 | Media |

Fuente: Autopista Río Magdalena, 2016

**Amenaza sísmica:** Se estableció por medio de Tipo de Amenaza, del *feature* amenaza de la GDB.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Amenaza* | *Descripción* | *Grado de*  *Estabilidad* | *Aptitud Frente a la Estabilidad* |
| Amenaza por sismo Media | El área se encuentra en una zona de amenaza sísmica intermedia, con aceleraciones de la onda entre 200 y 250. Sin embargo, no se reportan eventos telúricos desde 1993. | 3,0 | Media |
| Amenaza por remoción en masa | El área se encuentra en una zona de amenaza baja donde los movimientos de material son de carácter puntual y equivalen a caída de rocas y deslizamientos. | 2,0 | Alta |

Fuente: Autopista Río Magdalena, 2016

**Hidrología**: Se estableció mediante el feature class de Amenaza, específicamente en el campo T\_AMENAZA3.

| *Hidrología* | *Descripción* | *Grado de*  *Estabilidad* | *Aptitud Frente*  *a la Estabilidad* |
| --- | --- | --- | --- |
| Buffer de 500 m | Zonas inundadas durante el periodo invernal 2010 -2011. | 5 | Muy Baja |
| Áreas fuera del buffer | Zonas no inundadas durante el periodo invernal 2010 -2011. | 2 | Alta |

Fuente: Autopista Río Magdalena, 2016

Susceptibilidad

| *Rango susceptibilidad* | *Descripción* | *Estabilidad del terreno* | *Medidas correctivas o preventivas* |
| --- | --- | --- | --- |
| Muy Alta | La probabilidad de colapso del terreno y ocurrencia de movimientos de material es muy alta debido a sus características físicas | Totalmente inestable | Zonas no aptas para construcción de infraestructura. |
| Alta | La probabilidad de colapso del terreno y ocurrencia de movimientos de material es alta debido a sus características físicas. | Parcialmente inestable | Estabilización de taludes mediante terracéo, manejo adecuado de drenajes y reforestación de los mismos. Esto previene la erosión y reduce la capacidad de socavación del agua. Ocasionalmente se pueden construir gaviones o jarillones para contener el movimiento del material. |
| Media | El colapso del terreno y ocurrencia de movimientos de material es ocasional y puntual. | Estable con medidas correctivas | Las medidas correctivas deben ir enfocadas a la reforestación de taludes, mantenimiento de los canales de desagüe y disminución de la velocidad del agua de escorrentía. |
| Baja | Se presentan movimientos de material aislados. | Estable | En este caso deben tomarse preventivas como evitar la deforestación, formación de surcos que faciliten la disección del suelo y la desviación de cauces. |
| Muy Baja | La probabilidad de colapso del terreno y ocurrencia de movimientos de material es muy alta debido a sus características físicas | Totalmente estable | Ninguno. Se deben tomar medidas preventivas como en el caso anterior. |

Fuente: Autopista Río Magdalena, 2016

Los resultados del análisis de geotecnia se pueden consultar en el capítulo 5. Caracterización del área de influencia medio abiótico.

##### **Componente Atmosférico**

La atmósfera para el área de influencia del proyecto fue caracterizada a partir de los aspectos meteorológicos, fuentes de emisiones y la calidad de aire y ruido a nivel local.

###### Meteorología

La caracterización climática del área de estudio se estableció teniendo como base la información meteorológica existente en el IDEAM de estaciones localizadas en los municipios de Maceo, Vegachí y Remedios. Se seleccionaron 4 estaciones de análisis, las cuales dan cubrimiento al área de estudio y se encuentran referenciadas en la siguiente tabla:

Tabla 2.15 Estaciones meteorológicas utilizadas

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Estación** | | | **Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá** | | **Altitud (msnm)** | **Municipio** | **Departamento** |
| **Código** | **Nombre** | **Tipo** | **Este** | **Norte** |
| 23085080 | EL NUS GJA EXP | CP | 916.026 | 1.209.027 | 835 | San Roque | Antioquia |
| 23105030 | Vegachí | CO | 920.506 | 1.240.904 | 1107 | Vegachí |
| 23175020 | Apto Otú | SS | 929.419 | 1.267.167 | 718 | Remedios |
| 23100030 | El Tigre | PM | 921.724 | 1.248.241 | 944 | Vegachí |

Fuente: IDEAM, 2015

*PM= Pluviométrica; SS= Sinóptica Secundaria; CP= Climatológica Principal; CO= Climatológica Ordinaria*

Los parámetros climáticos analizados fueron:

* Temperatura superficial promedio, temperatura máxima diaria registrada, temperatura mínima diaria registrada.
* Presión atmosférica promedio mensual (mb).
* Precipitación: media diaria, mensual y anual; y su distribución en el espacio.
* Humedad relativa: media, máxima y mínima mensual.
* Viento: dirección, velocidad y frecuencias en que se presentan. Rosa de los vientos.
* Radiación solar.
* Nubosidad.
* Evaporación.

###### Fuente de emisiones

El inventario de fuentes de emisión fue realizado por K2 Ingeniería S.A.S, los cuales se presentan en la siguiente tabla. Las principales fuentes identificadas corresponden a aquellas existentes en el entorno de cada estación de monitoreo y obtenido de las observaciones en campo del técnico y el registro fotográfico realizadas durante la campaña de monitoreo.

Tabla 2.16 Identificación de fuentes de emisión durante el monitoreo

|  |  |
| --- | --- |
| ESTACIÓN | FUENTES DE EMISIÓN IDENTIFICADAS |
| Estación 1 El Castillo | Flujo Vehicular por dos vías en la zona evaluada. La destapada que da accesos a los predios vecinos y la vía pavimentada que une Remedios con el Tigre (Troncal del Nordeste).  Actividades propias de la finca |
| Estación 2 El Tigre | Actividades de la finca  Flujo vehicular por vía destapada cercana |
| Estación 3 Vegachí | Actividades de la finca  Flujo vehicular por vía destapada cercana |
| Estación 4 El Pino | Actividades de la finca  Flujo Vehicular por vía sin pavimentar Maceo –Vegachí. Vía terciaria destapada cerca de la estación |
| Estación 5 San Benigno | Actividades Agropecuarias  Tránsito de vehículos por vía de acceso a la finca Flujo Vehicular por vía pavimentada Maceo – Alto Dolores. |

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S.2015

###### Calidad del aire

En cumplimiento de la normatividad vigente que dicta el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible - MADS mediante el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, se instalaron cinco estaciones de monitoreo de material particulado y gases, para estudiar las condiciones actuales de calidad del aire en el en la zona de influencia del proyecto. Los parámetros monitoreados son:

* PM10 - Partículas con diámetro aerodinámico menor a 10 µm
* SO2 – Dióxidos de Azufre.
* NO2 – Dióxidos de Nitrógeno.

Los monitoreos e informe fueron realizados por K2 Ingeniería S.A.S. (N.I.T. 804.007.055-3), la cual está acreditada ante el IDEAM para la realización de monitoreos de calidad del aire, ruido ambiental e isocinéticos mediante Resolución 0031 del 21 de enero de 2013.

Las actividades de campo se desarrollaron entre el 5 y el 24 de septiembre de 2015, con una frecuencia 18 días continuos por cada estación. La identificación de las estaciones de monitoreo y las fechas de medición son presentadas en la tabla a continuación. El Número de las estaciones corresponde al consecutivo de Norte a Sur para todo el Proyecto y que el nombre obedece al nombre del predio (Finca o Hacienda donde se ubicó).

Tabla 2.17 Fecha de monitoreo

| ESTACIÓN | FECHA INICIO | FECHA FINAL |
| --- | --- | --- |
| Estación 1 El Castillo | 2015-09-05 | 2015-09-24 |
| Estación 2 El Tigre | 2015-09-05 | 2015-09-24 |
| Estación 3 Vegachí | 2015-09-05 | 2015-09-24 |
| Estación 4 El pino | 2015-09-05 | 2015-09-24 |
| Estación 5 San Benigno | 2015-09-05 | 2015-09-24 |

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S.2015

En el Anexo 5.1.10.3. Calidad de aire (Capítulo 5), se reportan los formatos de campo donde se especifica la fecha de inicio y fecha final así como la hora inicial y final de cada una de las mediciones diarias; los formatos FOM403-07 muestran las mediciones de Material Particulado PM10 y los formatos FOM404 V: 03 muestran las mediciones de Dióxido de Nitrógeno (NO2) y Dióxido de Azufre (SO2) con RAC de 3 Gases y se detallan las características del entorno de los sitios de ubicación en los formatos FOM403-18 y la ficha técnica de cada estación en los formatos FM403-30.

En la siguiente tabla se presenta un resumen general de cada punto de muestreo, las coordenadas de georreferenciación obtenidas con GPS en el sistema WGS84, equipos y una descripción de la ubicación de las estaciones.

Tabla 2.18 Equipos de monitoreo, registro fotográfico y ubicación de las estaciones

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ESTACIÓN 1 EL CASTILLO** | **Coordenadas Magna Sigma Origen Bogotá** | | |
| **Este 929731** | | **Norte 1267438** |
|  | **Altitud** | 656 msnm | |
| **Tecnología** | Activa | |
| **Equipos** | Hi-Vol VFC PM10 Y RAC 3 Gases | |
| **Contaminantes** | Material Particulado PM10, GASES NO2 y SO2 | |
| **Descripción** | Estación ubicada en la finca El Castillo en jurisdicción de la vereda Otú, Cerca de la vía sin pavimentar que da acceso al predio y a un costado de la vía pavimentada que comunica Remedios con el Tigre. | |
| **ESTACIÓN 2 EL TIGRE** | **Coordenadas Magna Sigma Origen Bogotá** | | |
| **Este 920317** | | **Norte 1250881** |
|  | **Altitud** | 1098 msnm | |
| **Tecnología** | Activa | |
| **Equipos** | Hi-Vol VFC PM10, RAC 3  Gases | |
| **Contaminantes** | Material Particulado PM10, GASES NO2 y SO2 | |
| **Descripción** | Estación ubicada en la vereda El Tigre, a 50 m de vía destapada y a un costado de la vía que comunica el corregimiento del Tigre con la Troncal del Nordeste. | |
| **ESTACIÓN 3 VEGACHÍ** | **Coordenadas Magna Sigma Origen Bogotá** | | |
| **ESTE 920505** | | **NORTE 1240898** |
|  | **Altitud** | 989 msnm | |
| **Tecnología** | Activa | |
| **Equipos** | Hi-Vol VFC PM10 Y RAC 3  Gases | |
| **Contaminantes** | Material Particulado PM10, GASES NO2 y SO2, estación meteorológica Vantage PRO2 DAVIS | |
| **Descripción** | Estación ubicada en la vereda Vegachí, en zona de pastizales y abundante vegetación cerca de vía sin pavimentar | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ESTACIÓN 4 EL PINO** | **Coordenadas Magna Sigma Origen Bogotá** | | |
| **ESTE 921209** | | **NORTE 1219827** |
|  | **Altitud** | 1109 msnm | |
| **Tecnología** | Activa | |
| **Equipos** | Hi-Vol VFC PM10, RAC 3  Gases | |
| **Contaminantes** | Material Particulado PM10, GASES NO2, SO2 | |
| **Descripción** | Estación ubicada en la finca El Pino, cerca de la vía que comunica Maceo - Vegachí | |
| **ESTACIÓN 5 SAN BENIGNO** | **Coordenadas Magna Sigma Origen Bogotá** | | |
| **ESTE 919853** | | **NORTE 1214623** |
|  | **Altitud** | 129 msnm | |
| **Tecnología** | Activa | |
| **Equipos** | Hi-Vol VFC PM10, RAC 3  Gases | |
| **Contaminantes** | Material Particulado PM10, GASES  NO2, SO2. Estación meteorológica  Vantage Vue Davis | |
| **Descripción** | Estación ubicada en la finca San Benigno, cerca de la vía destapada que da acceso al predio y a un costado de la vía actual pavimentada entre Maceo y Alto de dolores. | |

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S.2015

* *Material particulado*

Muestreadores de alto volumen para Material Particulado

El muestreo de material particulado se realizó mediante un equipo denominado muestreador de alto volumen (Hi-Vol), el cual consta básicamente de un motor de succión, una porta filtros, un registrador de flujo (o indicador de flujo) y un programador de tiempo de muestreo, todo esto se halla cubierto con una coraza de protección. El diseño físico del equipo se basa en principios aerodinámicos que permitan la recolección de determinado tamaño de partículas PST o PM10.

El diseño del equipo de PM10 permite que las partículas de diámetro menor o igual a 10 μm sigan las líneas de la corriente de flujo de aire dirigiéndose a los tubos inyectores, mientras las partículas de mayor tamaño, con suficiente inercia, se salen de las líneas de flujo impactándose contra el plato. Para operar correctamente, este equipo debe hacer pasar aire ambiente por el filtro a una rata de flujo que oscila entre 1,02 a 1,24 m3/min (1.13 m3/min ± 10%).

Al estar operando en éste rango de flujo, las muestras se colectaron por periodos de 24 horas. La concentración de la masa de las partículas suspendidas se calculó por medio de la diferencia en pesos del filtro antes y después del muestreo y del total del flujo de aire muestreado.

|  |
| --- |
|  |

Figura 2.5 Muestreadores Hi-Vol de PM10

Fuente: Base de datos K2 Ingeniería S.A.S.

Equipos de verificación

La verificación del equipo se realizó con un kit de calibración, este consta una resistencia de flujo variable, la cual es un tubo metálico con un par de discos que permiten obtener varias aberturas al girar uno de los discos; este kit de calibración posee la respectiva ecuación de calibración con su respectiva curva.

|  |
| --- |
|  |

Figura 2.6 Equipamiento que conforma el kit de calibración

Fuente: Base de datos K2 Ingeniería S.A.S.

* Gases NO2 y SO2

Muestreador de gases para medición de NO2 y SO2

El equipo muestreador de gases tipo RAC, consta de una caja metálica con tapa móvil y dos compartimentos. El primer compartimiento tiene una bomba de vacío cuyas características cumplen las especificaciones recomendadas por la U.S. EPA 40 CFR App A[[1]](#footnote-1) (motor de 1700 rpm, 0.5 HP de fuerza, presión máxima de 20 psi, 110-115 voltios y 23 pulgadas de mercurio de capacidad de vacío a nivel del mar). En el segundo compartimiento se encuentra el tren de muestreo, que va conectado a la bomba de vacío y consta de un tubo distribuidor conectado en serie a tres colectores de vidrio de borosilicato (burbujeadores) que contienen la solución absorbente para NO2, SO2y O3 que hace las veces de trampa (burbujeador trampa). El flujo de aire que pasa a través del sistema es controlado por orificios críticos, el cual es calibrado antes y después de la colección de la muestra (24 horas). El sistema es protegido por un filtro de membrana de 8 µm colocado entre la entrada de la muestra y el primer burbujeador y por una trampa de humedad (sílice gel) colocada entre el burbujeador trampa y la bomba de vacío.

|  |
| --- |
|  |

Figura 2.7 Muestreador de Gases tipo RAC[[2]](#footnote-2)

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S. 2015

Adicionalmente, el colector de SO2 va empotrado en una pequeña nevera refrigerada con hielo seco o hielo y una salmuera para mantener el sistema a una baja temperatura. Los gases, dióxido de azufre y el dióxido de nitrógeno, fueron monitoreados mediante este equipo muestreador RAC, el cual es un instrumento que utiliza un sistema de absorción de gases con químicos húmedos.

Verificación RAC

La verificación se efectúo empleando una unidad tipo burbuja Gilibrator 2 o tubo cilíndrico graduado, siguiendo los pasos que se describe a continuación:

* Ensamblar el equipo como muestra la Figura 2.8
* Llenar los tubos de muestreo con 50 ml de agua destilada.
* Revisar las conexiones.
* Encender la bomba de vacío y verifique la presión manométrica.
* Verificar el funcionamiento de los burbujeadores en el tren de muestreo.
* Forme una burbuja, mida y registre el tiempo de viaje entre las marcas de volumen conocido en el calibrador de burbuja, repita esta operación como mínimo tres veces; hasta que los tiempos de recorrido no difieran entre sí en más del 5%. Registre la información en el formato para calibración de orificios críticos.
* Promediar el tiempo de viaje para 10 corridas.
* Corregir el volumen desplazado a condiciones de referencia (760 mmHg y 25 °C)
* Dividir el volumen corregido por el tiempo promedio para determinar la tasa de flujo
* La tasa de flujo para cada orificio de flujo crítico debe localizarse entre 180 y 220 ml/min, si no se cumple esta condición debe desecharse el orificio.

|  |
| --- |
|  |

Figura 2.8 Montaje del calibrador de burbuja Gilibrator 2[[3]](#footnote-3)

Fuente: Base de datos K2 Ingeniería S.A.S.

* Estación meteorológica

Para la obtención de la información meteorológica, durante la campaña de monitoreo se empleó una estación meteorológica Vantage Vue, marca Davis Instruments. El equipo cuenta con sensores de dirección y velocidad del viento, registra datos de temperatura ambiente, presión barométrica, porcentaje de humedad relativa, precipitación, entre otras. Este tipo de equipos también presenta la predicción del estado del tiempo, es decir, si las próximas horas corresponderán a tiempos soleados, parcialmente cubiertos, cubiertos y con lluvias.

En la Figura 2.9 puede observarse la consola y la estación meteorológica.

|  |
| --- |
|  |

Figura 2.9 Estación meteorológica Vantage Vue – Davis Instruments

Fuente: Base de datos K2 Ingeniería S.A.S

* Procedimiento de medición

En los monitoreos se utilizaron los métodos de muestreo y de cálculo recomendados por la Agencia de Protección Ambiental (US EPA) de los Estados Unidos de América y avalados en la legislación colombiana, tanto las soluciones para el muestreo como las muestras en sí, permanecen en una cadena de frío y estas últimas son trasportadas bajo cadena de custodia que permiten mantener la trazabilidad y calidad de los resultados obtenidos. Los métodos utilizados en el monitoreo son los siguientes:

Los métodos empleados para la toma de muestra fueron:

* Toma de muestras para la determinación de material Particulado como PM10 en la Atmósfera, Método EPA e-CFR Título 40, Parte 50, Apéndice J: PM10.
* Toma de muestras para determinación de SO2, Método EPA e-CFR Titulo 40, Parte 50, Apéndice A: Pararrosalinina y Toma de muestras para determinación de NOx, Método N° EQN-1277-026: Arsenito de sodio.

###### Ruido

Para la realización del monitoreo se siguieron las siguientes etapas:

* Identificación y selección de los puntos a evaluar

De acuerdo con la información suministrada por el contratante se procedió a identificar los puntos de monitoreo, la ubicación geográfica y el tiempo de cada muestra, identificando las fuentes sonoras predominantes. Los puntos fueron ubicados en la zona de influencia acorde con las especificaciones del cliente.

* Medición de las condiciones actuales

Se verificaron las condiciones meteorológicas del lugar, en especial la velocidad del viento, por medio de un anemómetro portátil ultrasónico, cerciorándose que las mediciones se hicieran siempre cuando la velocidad del viento era menor a los 3 m/s y en ausencia de precipitación, alejado de pavimentos mojados por las lluvias (Res. 627 de 2006). Se realizó la calibración en campo del instrumento de medición (sonómetro) antes y después del muestreo por medio de un pistófono. Además, se instaló una estación meteorológica en un punto estratégico cuya información abarcara la meteorología representativa de la zona evaluada.

Las lecturas se tomaron con el filtro de ponderación de frecuencia A y respuesta lenta (Tabla 2.19), a fin de cuantificar los niveles equivalentes de presión sonora y realizar la comparación de éstos con la normatividad ambiental vigente, Resolución 0627 de 2006.

Tabla 2.19 Configuración principal de sonómetros

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Medidor No. | Medidor 1 | Medidor 2 |
| Filtro de ponderación frecuencial | A | A |
| Filtro de ponderación temporal | Slow | Impulse |
| Filtro con resolución | 1/3 de octava | N/A |

Fuente: Resolución 627 de 2006

Medición y evaluación previa de las condiciones de contaminación sonora prevalentes en las diferentes áreas, tomando características y factores externos al punto seleccionado que puedan afectar las mediciones.

El operador del equipo se ubicó de tal forma que no “apantallara” el equipo y pudiese interferir con los registros, el sonómetro fue instalado a una altura de cuatro (4) metros medidos a partir del suelo. Por otro lado, el micrófono del equipo se protegió mediante un protector de viento o pantalla antiviento, el cual evita las distorsiones originadas por el viento. En el Anexo 5.1.10.4, se especifica con mayor detalle, el procedimiento llevado a cabo para la medición y procesamiento de datos de ruido ambiental conforme lo indica el instructivo de medición de ruido ambiental ITM403-31 desarrollado por K2 Ingeniería S.A.S. el cual cumple con las directrices dadas en la Resolución 627 de 2007 emitida por el MAVDT. Por otra parte, los datos de campo se registraron en el formato de campo FOM403-37 los cuales son presentados en el Anexo 5.1.10.4.

|  |
| --- |
|  |

Figura 2.10 Ubicación del micrófono para medir ruido ambiental

Fuente: Protocolo de ruido, Medellín 2009

Para efecto de la aplicación de la normatividad, en ella se establece los siguientes horarios para ruido ambiental:

Tabla 2.20 Horarios establecidos por la Resolución 627 de 2006

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Tipo de horario | Hora de inicio | Hora final |
| **Diurno** | 7:01 a.m. | 21:00 p.m. |
| **Nocturno** | 21:01 p.m. | 7:00 a.m. |

Fuente: Articulo 2. Horarios. Resolución 627 de 2006

* Comparación de las condiciones actuales con normas

El Artículo 17 de la Resolución 627 de 2006 del MAVDT, establece los estándares máximos permisibles de niveles de Ruido Ambiental, expresados en decibeles ponderados A. Con base en estos, se realiza una comparación entre los resultados encontrados y los de norma nacional según el uso de suelo predominante y se calcula con la siguiente expresión:

LAeq = 10 log ((1/5) (10 (LN)/10 + 10 (LO)/10 + 10 (LS)/10 + 10 (LE)/10 + 10 (LV)/10))

Dónde:

LAeq: Nivel equivalente resultante de la medición.

LN: Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido Norte.

LO: Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido Oeste.

LS: Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido Sur.

LE: Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido Este.

LV: Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido Vertical.

Todas las mediciones se tomaron en tercios de octavas, con ponderaciones frecuenciales A y ponderaciones temporales S (Slow); el tiempo de cada medición unitaria de ruido ambiental que debe ser comparada con la normatividad.

En lo que respecta a los ajustes, las mediciones se corrigieron por tono (KT) y por impulso (KI). Se debe resaltar que los niveles corregidos de presión sonora, son los que se compararon con los estándares máximos permisibles de ruido ambiental y emisión de ruido como se establece en el artículo 6 “ajustes” **15**parágrafo segundo de la Resolución 627 de 2006.

Se selecciona el mayor valor de K entre KI, KT, KS, y KR:

LR A(X),T= LA(X),T + (KI, KT, KS, KR)

Dónde:

KI es un ajuste por impulsos (dB(A))

KT es un ajuste por tono y contenido de información (dB(A)) KR es un ajuste por la hora del día (dB(A))

KS es un ajuste (positivo o negativo) para ciertas fuentes y situaciones, por ejemplo, bajas frecuencias (dB(A))

(X) corresponde a LAeq resultante de la medición para este estudio

El nivel de presión sonora continúo equivalente ponderado A, solo se corrige por un solo factor K, el de mayor valor en dB(A).

* Elaboración de curvas Isoruido

De acuerdo con los resultados de las mediciones, se procede a elaborar las representaciones gráficas de los indicadores de ruido ambiental, las denominadas curvas isoruido, a una altura de cuatro (4) metros respecto al nivel del piso por cada horario de medición siguiendo la metodología y colores recomendados en la Resolución 627 de 2006 del MAVDT, como se presentan en la Tabla 2.21. Para la elaboración de las isófonas o mapas de ruido se aplicó el software Surfer 12, en el cual el método de grillado utilizado es Kriging. La base de los cálculos en los planos, corresponde a una simple atenuación geométrica. No se consideran las atenuaciones aportadas por el aire. Inicialmente se realizan las mediciones *in situ* de ruido ambiental que posteriormente, al aplicar técnicas de interpolación, que se basan en la auto-correlación espacial de los puntos para la predicción y generación de superficies continuas, se estiman valores desconocidos a partir de los registros realizados.

Tabla 2.21 Colores recomendados para los Mapas de Ruido

| **Zona de ruido dB(A)** | **Color** | **Sombreado** |
| --- | --- | --- |
| Menor de 35 | Verde claro | Puntos pequeños, baja densidad |
| 35 a 40 | Verde | Puntos medianos, media densidad |
| 40 a 45 | Verde oscuro | Puntos grandes, alta densidad |
| 45 a 50 | Amarillo | Líneas verticales, baja densidad |
| 50 a 55 | Ocre | Líneas verticales, media densidad |
| 55 a 60 | Naranja | Líneas verticales, alta densidad |
| 60 a 65 | Cinabrio | Sombreado cruzado, baja densidad |
| 65 a 70 | Carmín | Sombreado cruzado, media densidad |
| 70 a 75 | Rojo lila | Sombreado cruzado, alta densidad |
| 75 a 80 | Azul | Franjas verticales anchas |
| 80 a 85 | Azul oscuro | Completamente negro |

Fuente: Tabla 1, Resolución 627 del 7 de abril de 2006 del MAVDT

En general el propósito del método de Kriging, es estimar el valor desconocido de una variable en un punto con coordenadas específicas usando, en la mayoría de los casos, un estimador lineal de n valores conocidos de la variable a interpolar, minimizando la varianza del error cuadrático medio del campo espacial interpolado. Se busca representar los valores que puede tomar la variable dentro del área de estudio mediante una función aleatoria. Este estimador involucra una matriz de pesos, la cual es construida a partir de cada uno de los datos y su relación con los demás en función de su separación. El valor estimado por esta metodología es aquel que minimiza la varianza del error de la estimación y debe ser un estimador insesgado. Este método tiene en cuenta tanto el espaciamiento de los puntos en los cuales se tiene información, como su distribución en el dominio a interpolar.

* Incertidumbre de la medición

La incertidumbre se define como el parámetro que tiene la función de caracterizar la dispersión de los valores encontrados tras la realización de una medición. Va asociada a los factores que influyen en el proceso de medición, y puede ser evaluada mediante dos métodos:

Tipo A.: Evaluación de dispersión mediante un análisis estadístico.

Tipo B Evaluación de dispersión mediante la observación y el cálculo de una incertidumbre conocida, como:

* + Certificados de calibración
  + Especificaciones y manuales

En el presente estudio, los implementos que atravesaron la captura de la señal de audio, la variabilidad encontrada en los datos, los cambios meteorológicos y demás factores influyeron en el nivel de confianza que se le puede asociar a los resultados.

Para estimar la incertidumbre correspondiente a las mediciones realizadas durante los monitoreos de ruido, se siguieron los lineamientos establecidos en ISO/EIC Guide 98-3:2008 Uncertainty of measurement – Part 3: Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement, para el cálculo de la incertidumbre tipo A se emplean las siguientes ecuaciones:





Dónde:



*:* Promedio aritmético.

k-ésimo valor leído.

: Numero de datos, leídos por el instrumento.

* + - Contador de datos.

*S2 :* Varianza.

*S :* Desviación estándar.

 : Desviación estándar de la media, incertidumbre estándar tipo A.

Por otro lado la incertidumbre estándar tipo B, se basa en distribuciones supuestas a priori o es obtenida de una especificación del fabricante (certificado de calibración).

Para el cálculo de la incertidumbre estándar combinada se emplea la siguiente ecuación, que consiste en la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las incertidumbres tipo A y B:



Dónde:



* + - Incertidumbre estándar combinada
* Incertidumbre estándar tipo A
  + Incertidumbre estándar tipo B



En el presente estudio, para la incertidumbre tipo A se evaluó la credibilidad de las mediciones primeramente por jornada; mientras que para la incertidumbre tipo B se evaluó teniendo en cuenta los datos encontrados en los certificados de certificación. Al finalizar dicho análisis se entrega un valor de incertidumbre asociado a todo el estudio (Tabla 2.22)

Tabla 2.22 Incertidumbre de Medición

| Incertidumbre expandida | | | Incertidumbre coordinada para Jornada Ordinaria (dB) | Incertidumbre coordinada para Jornada Dominical (dB) |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Mediciones en Jornada Ordinaria (dB) | Mediciones en Jornada Dominical (dB) | Incertidumbre tipo B- Pistófono (dB) |
|
|
| 1,36 | 0,89 | 0,015 | 2,7 | 1,78 |

Fuente: K2 Ingeniería S.A.

Por último cabe resaltar que en lo que respecta a la fidelidad de los equipos utilizados en estas mediciones, cada una de las muestras de ruido fue tomada con equipos que se encuentran debidamente certificados en sus calibraciones. Las incertidumbres entregadas en las calibraciones otorgan datos tales como: incertidumbre por ponderación frecuencial, incertidumbre por linealidad, incertidumbre por filtros (octava y 1/3 octava) e incluso incertidumbre del micrófono según las distancias de excursión de su membrana. Dichas incertidumbres no exceden los +- 0,6dB para la etapa de procesamiento digital (Sonómetro- Integración).

#### *Medio Biótico*

La caracterización del área biótica se realizó a partir del área de influencia identificada para el proyecto, la cual se describe en detalle en el Capítulo 4 *Área de influencia* del presente estudio. A continuación se describen las metodologías utilizadas para cada componente del medio biótico.

##### Ecosistemas Terrestres

Para la identificación de los ecosistemas se trabajó a partir de información cartográfica a escala 1:500.000 previamente desarrollada para el territorio nacional, la cual se encuentra disponible en el documento “Ecosistemas continentales, costeros, y marinos de Colombia” realizado por IDEAM *et al.* (2007). Una vez identificados los ecosistemas a escala 1:500.000 se realizó una asignación de ecosistemas a una escala 1:25.000 a partir de las coberturas vegetales presentes en el territorio. La descripción de cada tipo y estado de los ecosistemas se realizó con base en los conceptos ecosistemas planteados por el IDEAM *et al* (2007) y por Rodríguez *et al.* (2006), así como recorridos de campo que permitieron identificar las características relevantes y componentes dominantes de cada unidad.

Por otro lado, para la identificación de las zonas de vida o formaciones vegetales que hacen parte del área de influencia del proyecto, se realizó la revisión de las planchas del mapa ecológico de Colombia, según la clasificación del Dr. L. R. Holdridge representada en las siguientes figuras. Escala 1:500.000 (IGAC 1977).

|  |
| --- |
|  |

Figura 2.11 Clasificación de zonas de vida por el Dr. L. R. Holdridge.

Fuente: Formaciones vegetales de Colombia, Espinal y Montenegro 1997

|  |
| --- |
|  |

Figura 2.12 Clasificación de zonas de vida por el Dr. L. R. Holdridge 1988.

Departamento de Antioquia.

Fuente: antioquia.gov.co/Agricultura/Mapas/LIBRO.../Zonas\_de\_Vida.pd*.*

##### Ecosistemas Estratégicos y/o sensibles

Inicialmente se realizó una verificación preliminar con la herramienta Tremarctos - Colombia, 2015; con el fin de identificar alertas tempranas de la vulnerabilidad que genera el proyecto sobre el ambiente. Los resultados del reporte Tremarctos se presentan en el capítulo 5 del presente estudio.

Con el fin de validad la información se realizó las correspondientes certificaciones sobre la presencia de ecosistemas estratégicos o sensibles, en el marco de áreas protegidas en el MADS, Parques Nacionales Naturales (PNN) y en la autoridad ambiental (CORANTIOQUIA). Las respuestas emitidas por estas entidades se pueden consultar en el Anexo 2.1 Certificaciones de Entidades

##### Coberturas de la tierra

Las coberturas se definieron para las áreas de influencia del proyecto, para lo cual se generó cartografía a una escala de presentación 1:10.000 y 1:25.000 con las unidades descritas por la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia (IDEAM, 2010). La digitalización de las unidades de cobertura para cada área se realizó a partir de imágenes Raster y Rapideye. Las unidades de coberturas identificadas cartográficamente fueron verificadas a partir de recorridos de campo y ajustadas para el desarrollo de muestreos de flora y fauna.

La descripción conceptual de las coberturas se realizó a partir de los criterios definidos por el IDEAM (2010), los cuales se basan en la metodología Corine Land Cover. La identificación del estado general y características particulares de las unidades de cobertura para el área de Influencia se realizó a partir de recorridos de campo.

##### Muestreos de flora

La caracterización del componente flora fue abordado a parir de un inventario de especies forestales y epífitas en las coberturas representativas del Área de Influencia del proyecto.

###### Inventario de especies forestales para caracterización del área de influencia biótica

Para dar cumplimiento o lo requerido en los términos de referencia Resolución 0751 de Marzo 26 del 2015, generado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS, se realizó el inventario forestal por cada unidad de cobertura y ecosistemas terrestres a través de la metodología de parcelas o metodología de inventario rápido con base en los criterios establecidos por Gentry (1995). Para este muestreo se tomará como base la información cartográfica generada en la fase inicial sobre Coberturas (establecidas con los criterios CORINE Land Cover).

Las parcelas de muestreo fueron establecidas según los estratos de vegetación. Para especies de estrato fustal (DAP mayor o igual a 10 cm) se utilizaron parcelas de 1000 m2 (100 x 10 metros), para especies de estrato latizal (DAP 9,9 a 2,5 cm) se utilizaron parcelas de 10 x 10 metros y para especies de estrato brinzal (DAP menor a 2,5 cm) se utilizaron parcelas de 5 x 5 metros. La siguiente figura presenta la forma propuesta para el establecimiento de parcelas.

|  |
| --- |
| 10 m  5 m  **ESTRATO FUSTAL**  (DAP mayor o igual a 10cm):  **ESTRATO LATIZAL**  (Altura mayor a 1,5 metros y DAP menor a 9,9 cm):  **ESTRATO BRINZAL** (Alturas entre 0,3 y 1,5m) |

Figura 2.13. Esquema de muestreo de especies forestales por parcelas

Fuente: Autopista Río Magdalena, 2016

###### Levantamiento de información

La información necesaria para la caracterización del componente forestal fue registrada en los siguientes formatos (Anexo 2.3 Formatos Muestreo de Flora):

* F50 – Inventario Forestal por Parcelas: Levantamiento de información de las especies arbóreas de estrato fustal
* F51 - Inventario Forestal B-L V2: Levantamiento de información de especies forestales en estado brinzal y latizal.
* F52-. Inventario Forestal veda: Levantamiento de información adicional para especies en Veda o con algún grado de amenaza

Para cada unidad de cobertura se registró información general del sitio, esta información corresponde a la sugerida por Álvarez *et al* (2006)*:*

* Cobertura vegetal
* Departamento, Municipio y vereda
* Altitud
* Fecha de registro
* Baquiano
* Responsable
* Nombre del predio

En cada parcela de muestreo se registraron las siguientes variables de cada individuo inventariado:

###### Nombre común y nombre científico.

Las actividades de campo se llevaron a cabo con el apoyo de un auxiliar de campo (baquiano), conocedor de la zona, quien además ayudo en la identificación de los individuos con el nombre común de las especies para el área de interés. El nombre científico fue determinado por parte del profesional especialista que lideró actividades de muestreo. En los casos en los cuales se dificultó la identificación de las especies en campo, se realizó colecta del material vegetal a partir de la metodología de la Universidad Distrital, la cual se describe seguidamente.

|  |
| --- |
|  |

Fotografía 2.2 Identificación de nombres comunes con apoyo de habitante de la región

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

###### Recolección de muestras

En los casos en los cuales no fue posible identificar las especies forestales directamente en campo, se colecto una muestra y se identifico por medio de un especialista en dendrología. El número de muestras colectadas por especie fue de máximo tres ejemplares (3) y para su gestión se registró información básica de colecta mediante el formato F-83 Inventario Forestal (Ver Anexo 2.3 Formatos Muestreo de Flora).

* La colección del material vegetal:

La metodología a implementar para la colecta de especies, se hizo con la Guía para la recolección y preservación de muestras botánicas en campo, del herbario de la Universidad Distrital.

* En la planilla se registrará el número del individuo colectado
* Registro de las coordenadas donde se colectará la especie
* La altura sobre el nivel del mar
* El hábito del individuo
* El estado de crecimiento
* El CAP: perímetro del individuo a la altura del pecho
* Tipo de exudado
* Olor: el característico que emana el individuo
* Color de las flores, frutos y semillas.
* Información ecológica, los usos y la fecha de colección.

La muestra botánica consistió en la porción terminal de una rama de aproximadamente 30 a 35 cm de longitud (ver Fotografía 2.3), la preferiblemente tenia varias hojas.

|  |
| --- |
|  |

Fotografía 2.3 Colección de muestra botánica de individuos forestales.

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Los individuos se colectaron en bolsas plásticas transparentes de 30x40 cm con el registro de su respectivo código de colecta. Una vez concluidas las actividades de campo se prensaron y alcoholizaron en el menor tiempo posible, esto con el fin de garantizar su calidad para su respectiva identificación. (Votano *et al,* 2006).

* Diámetro a la Altura del Pecho (DAP)

Esta variable se determinó con cinta métrica, para lo cual se registró el tamaño de la Circunferencia a la Altura del Pecho (CAP) (Ver Fotografía 2.4) y para el análisis de la información se realizó la transformación de los valores obtenidos a la variable diámetro dividiendo el valor de la circunferencia entre el valor de pi (3,1416).

|  |
| --- |
|  |

Fotografía 2.4 Medición de DAP para especies forestales

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

* Altura

El parámetro altura es determinante para definir la estructura vertical y el aprovechamiento del ecosistema a partir de sus componentes forestales. Para ello se registró la altura total y comercial de los individuos de la categoría fustal. Esta fue determinada a partir de observación directa en campo utilizando una medida de referencia (con la igualación de triángulos semejantes con un lápiz). También se realizó la medición de la altura comercial, la cual consiste en la altura medida desde el suelo hasta la primera bifurcación que registra cada individuo con DAP mayor a 10 cm.

* Estado físico y fitosanitario

Los individuos muestreados en el área del proyecto con alguna deficiencia fitosanitaria o física, se hizo en la planilla en el espacio de observación y resaltando aspectos relevantes sobre sus condiciones físicas (Troco torcido, ramas quebradas) y fitosanitarias (ataque de insectos, hongos). Este registro se realizó con mayor detalle para los individuos con algún grado de amenaza y/o en veda.

* Análisis de la información

La información levantada en campo fue transcrita en una base de datos digital en el programa Excel, en el cual calcularon los parámetros generales para la identificación de la estructura y composición de los ecosistemas evaluados. Para realizar el análisis de la información obtuvieron los siguientes datos:

Número de individuos: Corresponde al total de los individuos de cada estrato inventariados de manera general y por parcela.

Número de especies y familias. Se determinó el número total de especies identificadas en el sitio de estudio, así como las familias taxonómicas en las cuales se agrupan.

* Estructura horizontal

Abundancia: se define como el número de individuos por cada especie identificada en la zona de estudio.

Abundancia absoluta: se refiere al número total de individuos por especie contabilizados en el inventario.

Aa = Número de individuos por especie

Abundancia relativa: es la relación porcentual en que participa cada especie frente al número total de árboles. Para el cálculo se empleó la siguiente ecuación:

Ar = Ai/At \* 100

Dónde:

Ai = Número de individuos por especie

At = Número total de individuos en el área muestreada

Dominancia: también denominada grado de cobertura de las especies o expansión horizontal, es la expresión del espacio ocupado por los individuos, la dominancia puede ser absoluta y relativa.

Dominancia absoluta: es definida la suma de las áreas basales individuales, expresada en metros cuadrados.

Dominancia relativa: está dada por la relación entre el área basal de una especie y la sumatoria total de las dominancias absolutas de todas las especies registradas en el inventario. Se calcula con la siguiente fórmula:

Dr = Gi/Gt

Dónde:

Gt = Área basal total del muestreo, en metros cuadrados

Densidad: Se determinará por cobertura el número de individuos registrados por hectárea.

* Riqueza y diversidad de especies

El cálculo de la biodiversidad se puede hacer por medio de varios índices los cuales permiten comparar la biodiversidad de varios ecosistemas. Estos son de gran utilidad porque permiten dar una visión parcial acerca de la colocación espacial de las diferentes especies. En este estudio se utilizaron los siguientes índices:

Índice de Menhinick: Dmn= S/ √N

Índice de Margalef: Dmg= S-1/ Ln N

Dónde:

S= Número de especies

N= Número de individuos

Índice de Shannon - Weaver: H= - ∑Pi log2 Pi

Dónde:

Pi = Proporción o probabilidad de la especie i respecto al total de individuos ni / N. La unidad de medida es el bit, siendo este la resolución de una alternativa de probabilidad.

Índice de Simpson:

D= ∑Pi 2 o D= ((∑〖ni (ni-1))/(N(N -1)))

El índice de Simpson se utiliza para cuantificar la diversidad de especies dependiendo de la dominancia de estas dentro del área inventariada, en cuanto menos dominancia tenga la distribución será más equitativa.

* Estado sucesional

Para el estado sucesional en las categorías latizal y brinzal de las coberturas vegetales, se realizó determinando el parámetro de abundancia absoluta (A) Utilizando el número total de individuos pertenecientes a una determinada especie y a la participación de cada especie en porcentaje del número total de individuos en la muestra. De igual manera, determinando la composición florística y cantidades de individuos a remover para el área de interés del proyecto vial.

|  |
| --- |
|  |

Fotografía 2.5 Latizales y Brinzales, cobertura de vegetación secundaria

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

* Identificación de usos dados a las especies de mayor importancia

La identificación de los usos dados a cada una de las especies, se realizó con el aporte de los auxiliares de campo (baquianos), quienes son los conocedores directos del uso dado a las especies por parte de la comunidad (importancia ecológica y económica de las especies registras en el área de interés para el EIA).

* Respuesta requerimiento ANLA

Con el fin de dar respuesta al Requerimiento No 11, donde la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA., solicita “Ajustar el censo forestal para los arboles con DAP ≥ 10 cm, en el área de intervención del proyecto” se realizó: un cálculo estadístico para estimar la unidad de muestreo, con la cual se verifico el DAP de los individuos inventariados, todo esto a partir de la siguiente formula que se basa en una población finita:

Población finita

NZ2Pq/a2(N-1) +Z2Pq

N=población

Z= Nivel de confianza (2,58)

P= Proporción espacial = 0,5

Q= Para el caso 1-P.

a= precisión para el caso es 0,03 = 3%.

UNIDAD DE MUESTREO= 18495\*2,5820.5\*0.5/0.032\*18494+2,5820.5\*0.5.

U M= 1685 Arboles

###### Incorporación de individuos y Verificación de diámetros en campo.

Para realizar la verificación de la variable DAP se tomaron 1900 árboles que se calcularon como unidad de muestreo, estos individuos se inventariaron en las diferentes coberturas vegetales de la zona de intervención.

Los individuos incorporados al censo se realizaron en las siguientes zonas y abscisas: Zodmes 1D-UF1, Zodme 19-UF1, Glorieta UF2 PK0+000, Finca Santa Ana UF2 Rio San Bartolo, Zodme 1-UF2 y la abscisa k37+500 y k39+500; en cada una de estos lugares se describió en la cobertura vegetal, además cada individuo se marcó con un código único.

En el caso de la verificación de DAP se analizaron por medio de una comparación entre el censo 1 y el censo 2, tomando los 1900 árboles como unidad de muestreo, donde se determinó si la diferencia era significativa o no; para este caso la diferencia no fue significativa, debido a que los resultados nos arrojaron que la diferencia entre las dos mediadas es menor al 1%y por lo tanto se confirmó que los DAP tomados en el censo de toda la línea son correctos; sin embargo hay algunos casos que se salen de este promedio, para estos los datos fueron corregidos.

* Identificación de especies en estado de amenaza o veda

La determinación del estado de amenaza o veda de los individuos inventariados se realizó a partir de su correcta identificación taxonómica. Se realizó la comparación del listado de especies encontradas en el área de influencia biótica con los listados de las especies en veda, endémicas o en peligro crítico con base en las categorías establecidas por la UICN, en los libros rojos, el CITES y la Resolución 0192 del 10 de febrero de 2014 del MAVDT.

###### Inventario de Epífitas

Para el muestreo de epífitas vasculares y no vasculares se realizó el inventario principalmente sobre hospederos de tipo forestal los cuales se seleccionaron dentro de las principales coberturas de la zona de estudio siguiendo la metodología representada en la Figura 2.14.

|  |
| --- |
|  |

Figura 2.14 Esquema metodológico para muestreo de epífitas vasculares y no vasculares

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

El esfuerzo de muestreo para las epífitas vasculares fue de 5 parcelas de 100 x 4 m establecidas en cada cobertura representativa del sitio de estudio. Dentro de cada parcela se evaluaron como unidad de muestro 6 forófitos, esto con base en lo sugerido por Zotz *et al* (2011), quien encontró que el muestreo de 6 forófitos es suficientes para obtener una descripción representativa de una comunidad de epífitas. Los forófitos seleccionados estaban separados entre sí por una distancia mínima de 15 metros. En algunos casos se incluyeron epifitas sobre rocas, para estos casos se procuró que estas se encontraran distanciadas de los forófitos inventariados. (Fotografía 2.6)

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Fotografía 2.6 Inventario de epífitas vasculares sobre forófito de especies de la familia Bromeliaceae y Orchidaceae (*Cattleya trianae* Linden & Rchb. f.) en la cobertura Pastos Arbolados

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

En el caso de las epífitas vasculares la abundancia de las epífitas se expresa como el número de individuos de este tipo que crecen sobre el árbol hospedero (Wolf *et al*. 2009). Por lo tanto, durante el inventario de epifitas vasculares se realizó el conteo de todos los individuos por especie (epifita) encontrados en cada uno de los 6 forófito identificados y marcados en cada una de las parcelas por cobertura representativa. (Ver Fotografía 2.7)

|  |
| --- |
|  |

Fotografía 2.7 Marcación de forófitos evaluados para el inventario de epífitas

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Para los estratos altos entendiéndose mayores a 1,80m, al no poder acceder a ellos directamente se usaron binoculares, monoculares de 100X y cámaras fotográficas con zoom ópticos de 50x y 60x para identificar las especies (Epifitas).

Para las epífitas no vasculares la unidad de muestreo fue un cuadrante de 30 x 20 cm establecido sobre un acetato, el cual se evaluó entre 1 y máximo 30 veces según la cobertura de epífitas y tamaño del hospedero por cada forófito. La intensidad de muestreo fue de 6 forófitos ubicados en cada una de las 5 parcelas de 100 x 4 metros por cada cobertura representativa de la zona.

En comunidades de epífitas no vasculares la abundancia de una especie es el área de la superficie proyectada (Merwin *et al.* 2003), la cual es estimada usando la escala de cobertura-abundancia Braun-Blanquet (Wikum y Shanholtzer, 1978), con la cual se pudo estimar el porcentaje de proyección de las especies enraizadas sobre el forófito (Mueller-Dombois y Ellerberg 1974). La definición del tamaño de grilla para obtener una muestra representativa de un área es importante, sin embargo no existe un parámetro estricto para definirlo (Wikum y Shanholtzer, 1978), por lo cual las dimensiones propuestas para la presente metodología son 30 x 20 cm, el uso de dicha grilla fue reforzado con el uso de calibrador digital de tres decimales, (Ver Fotografía 2.8) el cual da como resultado coberturas más exactas para cada una de las especies de epifitas no vasculares observadas; muestreando la fase de transición de los estratos I-II (hasta los 1,8 m de altura).

El uso del cuadrante de 30 X 20 cm en conjunto con el calibrador digital, además permite evaluar la diversidad de especies no vasculares, las cuales se desarrollan en agregados poblacionales que actúan como capa de desarrollo (sustrato de semillas) de otros individuos como angiospermas, ejerciendo una acción estabilizadora al favorecer la instalación de otras especies en un evento de sucesión. (Barreno y Ortega, 2003).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Fotografía 2.8 Inventario de epífitas no vasculares sobre forófito. Líquenes del genero Usnea y Teloschistes en la cobertura Pastos Arbolados

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Las estimaciones de la cobertura para cada especie (epifita) no vasculares, realizadas ya sea por el cuadrante de acetato o la técnica de observaciones directas y mediante el uso del calibrador digital fueron evaluadas con la metodología de Iwatzuki (1960), mostrada en la siguiente tabla:

Tabla 2.23 Categorías de abundancia de epífitas no vasculares (por especie) con base en la cobertura estimada

| **Cobertura** | **Abundancia** |
| --- | --- |
| 0-20% | Raro |
| 21-40% | Escaso |
| 41-60% | Poco abundante |
| 61-80% | Abundante |
| 81-100% | Muy abundante |

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Los forófitos fueron seleccionados bajo los criterios descritos por Wolf *et al* (2009) los cuales consisten en las siguientes características:

* Árboles adultos, con sus coronas alcanzando el nivel medio de la altura de coronas (del Dosel)
* De especies comunes en el bosque
* Sin corteza escamosa, muy dura, muy suave o muy gruesa
* No deben estar localizados cerca del borde del bosque, cerca de arroyos, en terreno muy escarpado, en un filo o en un barranco
* Los individuos muestreados deben estar separados entre sí.

La diversidad de epífitas fue registrada con base en la distribución por unidades ecológicas sugerida por Johannson (1974). Esta clasificación se representa en las siguientes figuras.

|  |
| --- |
| **1: Base**  **2: Tronco**  **3: Corona Interna**  **4: Corona Media**  **5: Corona Externa** |

Figura 2.15 Distribución de unidades Ecológicas según Johanson (1974)

Fuente: López –Ríos (2003) adaptado por Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

*Estrato 1 - Base del Tronco:* esta unidad ecológica incluye desde las raíces hasta 60 centímetros la altura del tronco.

|  |
| --- |
|  |

Figura 2.16 Primera unidad Ecológica (1) según Johanson (1974)

**Fuente: Johannson 1974, Gradstein *et al*, 2003 Adaptado por** Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

*Estrato 2 - Tronco:* la segunda unidad ecológicase toma a partir de los 60 cm del anterior estrato hasta donde se inicia la primera ramificación del tronco.

|  |
| --- |
|  |

Figura 2.17 Segunda unidad Ecológica (2) según Johanson (1974)

**Fuente: Johannson 1974, Gradstein *et al*, 2003 Adaptado por** Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

*Estrato 3 - Corona Interna:* comprende A partir de la primera ramificación incluyendo todo el dosel de ramas bajas

|  |
| --- |
|  |

Figura 2.18 Tercera unidad Ecológica (3) según Johanson (1974)

**Fuente: Johannson 1974, Gradstein *et al*, 2003 Adaptado por** Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

*Estrato 4 - Corona Media:* Refiere todo el conjunto del dosel de las ramas medias

|  |
| --- |
|  |

Figura 2.19 Cuarta unidad Ecológica (4) según Johanson (1974)

**Fuente: Johannson 1974, Gradstein *et al*, 2003 Adaptado por** Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

*Estrato 5 - Corona Externa:* Refiere todo el conjunto de ramas altas o externas

|  |
| --- |
|  |

Figura 2.20 Quinta unidad Ecológica (5) según Johanson (1974)

**Fuente: Johannson 1974, Gradstein *et al*, 2003 Adaptado por** Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

La estratificación mencionada es importante para la decisión de la metodología utilizada para la identificación y recolección de epifitas vasculares y no vasculares, debido a que la distribución vertical de las epífitas, y su desarrollo puede darse a diferentes alturas en un mismo árbol, y se debe a variables críticas para su desarrollo (Benzing 1995), siendo el resultado de la variación microclimática desde la parte alta del dosel hasta el interior del bosque, estos factores son:

* La estructura y altura del dosel regula la intensidad lumínica y dirección de la luz recibida, afecta la altura donde se encuentra la epífita y el largo de sus tallos para acceder a esta intensidad.
* Epífitas distribuidas en cercanía a la copa del árbol enfrentan mayores presiones por desecación al estar más expuestas al sol y al viento, situación donde sólo epífitas con adaptaciones para captar y retener gran cantidad de agua atmosférica pueden sobrevivir. Entre dichas adaptaciones se encuentra, por ejemplo, poseer una capa cerosa en su superficie externa, o las adaptaciones de musgos y líquenes epífitos que se encogen y dejan de crecer cuando escasea el agua, y que al presentarse las lluvias, son capaces de absorber rápidamente el líquido para continuar su crecimiento (Penagos y Palacino, 2011).
* La ausencia de sustrato por su ubicación sobre otras plantas, enfrenta a las epífitas a carencia de nutrientes, impidiendo captación de la materia orgánica directa del suelo, teniendo que captarla de aquellas plantas más altas o de los detritus disueltos del agua lluvia (Penagos y Palacino, 2011).
* La colonización y establecimiento de las epífitas cuenta como otro factor determinante en la distribución de epífitas, ya que estas especies están forzadas a producir un mayor número de descendientes que sus parientes propios del suelo debido a que gran cantidad de sus esporas y semillas no logran ubicarse en un lugar conveniente para su desarrollo (Granados *et al,* 2003), por eso árboles con cortezas resquebrajadas o arrugadas o cubiertas de líquenes y musgos parece que ofrecen un buen lugar para el establecimiento de las semillas y esporas de las diferentes epífitas.
* Levantamiento de Información

Para cada parcela de muestreo de epífitas se levantó la información general de la zona, con el fin de facilitar el análisis desde la perspectiva de ecosistema, esta información corresponde a los siguientes datos:

* Número de parcela
* Localidad
* Coordenadas geográficas
* Altitud
* Cobertura de la zona
* Grado de intervención
* Notas adicionales (Pendiente, la presencia o no de cuerpos de agua y otros)

Una vez colectada la información general del sitio de muestreo, para cada parcela se registró la siguiente información, incluida en el formato F63- Muestreo de epífitas vasculares y F64- Muestreo de epífitas no vasculares - Cuadricula (Ver Anexo 2.4 Formatos muestreo de Epifitas).

* Datos del Forófito
  + Coordenadas de localización
  + Nombre común
  + Nombre científico
* Datos de epífitas vasculares
  + Nombre común o consecutivo de colecta
  + Nombre científico
  + Número de individuos
  + Unidad ecológica en el forófito
* Datos de epífitas no vasculares
  + Nombre común o consecutivo de colecta
  + Nombre científico
  + Unidad ecológica en el forófito
  + Forma de vida
  + Tipo de crecimiento
* Colecta de epífitas

Para la adecuada identificación taxonómica de las epífitas vasculares y no vasculares se realizó la observación detallada con lupa y registro fotográfico de las especies encontradas. Sin embargo, para algunos casos fue necesario realizar la colecta de muestras de los especímenes con el fin de hacer su identificación a partir de una observación detallada de las estructuras. En los casos en los que se colectaron individuos de epífitas se realizó el procedimiento que se describe a continuación.

* Método de colecta de epifitas vasculares

La colecta de ejemplares con estas características debe realizarse con las indicaciones de Hadlow (2004), donde se menciona que cada ejemplar debe incluir idealmente flores, frutos y partes vegetativas, estos ejemplares deben ser representativos, saludables y con al menos algunas hojas completamente expandidas. Las especies de epifitas vasculares que se encuentren en estratos altos y no logren identificarse con cámaras fotográficas con zoom apticos de 50x y 60x.

Por lo anterior se estableció que para la toma de muestras de epifitas vasculares se podrá realizar su recolección de la siguiente manera:

* *Manualmente***:** Se realizó recolección de las epifitas hasta una altura de 1,80 m.
* *Mecánicamente:* Se realizó recolección de las epifitas con una desjarretadora hasta una altura máxima de 5 m por encima del 1,80. (Ver   
  Figura 2.21)

|  |
| --- |
|  |

Figura 2.21 Toma de muestra de acuerdo con la altura

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

* Preservación

Los individuos de epífitas vasculares del grupo de bromelias que fueron colectados y tratados bajo los parámetros de colecta de muestras botánicas descritas en el aparte de Inventario Forestal, sin embargo, la sección de tejido vegetal colectada fue de dos hojas del exterior y dos hojas del interior de la bromelia. Los órganos florales fueron colectados en los casos en los que estos presentaron un tamaño entre mediano y pequeño, para bromelias con flores de gran tamaño se tomó registro fotográfico detallado.

* Método de colecta Epifitas No Vasculares

Para los individuos de epífitas no vasculares se colectó una sección del área de corteza ocupada por cada especie. Para ello se usó una navaja y se extrajo 2 a 3 muestras de 25 cm2 por morfoespecie (5 x 5 cm o menos). Cada muestra fue guardada en bolsas de papel kraft rotuladas con un consecutivo, selladas con cinta de enmascarar dejando una cantidad moderada de aire en su interior. (Ver Fotografía 2.9)

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Fotografía 2.9 Colecta de epífitas no vasculares para su identificación en herbario

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Por lo anterior se estableció que para la toma de muestras de epifitas no vasculares se realizó su recolección de la siguiente manera:

* Manualmente: Se realizó recolección de las epifitas hasta una altura de 1,80 m utilizando un bisturí, navaja, machete y/o tijeras de jardinería. (Fotografía 2.9)
* Método de preservación para epifitas No vasculares:

Los ejemplares colectados se preservaron según las recomendaciones de Bowles, 2004, donde se índica colectar los ejemplares en bolsas (líquenes) o envolturas de papel kraft (Briófitos, hepáticas y antocerotales), pues mantienen una mejor calidad cuando se secan en las bolsas o envolturas donde se van a almacenar. El secado es crucial; sin él los ejemplares pueden pudrirse o volverse quebradizos, si no se secan adecuadamente.

Los ejemplares de epifitas no vasculares recolectados en campo que no se pudieron identificar fueron movilizados al laboratorio bajo los anteriores parámetros, son utilizados únicamente para identificación taxonómica, y no son recolectados para colecciones en herbarios y/o museos.

Aspectos que se tuvieron en cuenta para la Colecta, Preservación y Movilización de epífitas vasculares y no vasculares:

* Para el proceso de colecta en general se tuvo en cuenta extraer la epífita con un trozo de hospedero, para no dañar sus estructuras vegetativas que pueden ser de importancia para la posterior determinación taxonómica en un laboratorio.
* En el proceso de colecta ya sea de individuos no vascular o vascular se determinó la ubicación que ocupan los ejemplares sobre el forófito según las recomendaciones de Johansson, D., 1974; ya que es un parámetro ecológico de importancia para el desarrollo de las epífitas.
* Para cualquiera de los dos tipos de epífitas preservados se registraron los siguientes datos en etiquetas (Villareal *et al*, 2004), (Figura 2.22) que deben estar en la misma bolsa o periódico en el cual se preserve la muestra, los datos son los siguientes:

*Localidad:*Procedencia geográfica del registro. Contiene información de topónimos locales, y regionales geográficamente relacionados, división político administrativa (país, departamento, municipio, corregimiento, inspección de policía y vereda), a la orografía y a la hidrografía, así como aquellos pertenecientes a aspectos socio-culturales (parque nacional natural, parque municipal, resguardo indígena, reserva forestal, reserva privada, entre otros).

*Coordenadas geográficas:*latitud y longitud del registro.

*Altitud:*Altura sobre el nivel del mar en donde se hizo el registro

*Fecha:*Debe incluir día, mes, y año

*Número de colección:*número consecutivo asignado con base en las colecciones del colector principal

*Familia y género:*determinación taxonómica si es posible

*Hábito:*Porte o aspecto de una planta

*Determinador:*nombre de la persona que realizó la determinación del ejemplar hasta especie.

*Nota descriptiva:*consignar todas aquellas características de los ejemplares colectados que se pierden durante su colecta y secado que no son detectables en el ejemplar del herbario, por ejemplo: formas, colores, olores, sabores, presencia de exudados, descripción de la corteza, altura del individuo.

*Tipo de procesamiento:*describe el procedimiento de cómo se herborizó la muestra, principalmente si fue sometida a alcohol.

*Número de duplicados:*apunte el número de ejemplares prensados de cada número de colección, esto agiliza el proceso de elaboración de etiquetas y es una información útil

*Nombre vernáculo:*escriba el nombre de la planta utilizado por los pobladores de la zona de colección (opcional).

|  |
| --- |
|  |

Figura 2.22 Formato etiqueta para recolección de epífitas

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

###### Análisis de la información

La información obtenida en campo para el muestreo de epífitas fue digitalizada en el programa Excel, en el cual se realizó el análisis de datos para determinar los principales parámetros que definan el estado ecológico de epífitas en el área de estudio, los cuales se basan en los evaluados por Alzate *et al* (2000)*.*

Para la comunidad de epífitas se calculó el Índice de Valor de Importancia (IVI) a partir de los siguientes parámetros:

IVI=FRE+FRT+Ar

Dónde:

FrE= (No. de unidades ecológicas donde se encontró la especie/número total de estratos)\*100

FrP= (No. de parcelas donde se encontró la especie/No. total de parcelas)\*100

Ar= (No. de individuos de la especie/ No. de individuos totales)\*100

Para las unidades ecológicas se calculó la abundancia relativa (Ar) para cada estrato y para las parcelas se calculó la frecuencia relativa por parcela (FrP). Para la descripción cualitativa de la diversidad de epífitas se generaron gráficas sobre resultados porcentuales de la composición. En las gráficas se refleja la abundancia de especies general, por parcela y por cobertura.

Con el fin de generar un análisis de resultados detallado que se constituya en una base firme y contundente para la caracterización de las epífitas vasculares y no vasculares, se llevaron a cabo las siguientes relaciones:

* *Especies de epifitas vs cobertura vegetal*: Se determinaron las especies que se encuentran en cada una de las diferentes coberturas objeto de estudio, observando la relación que se presenta entre las epifitas y las coberturas en las que se encuentran. Esta relación nos permite obtener información de gran importancia sobre las principales especies que se pueden encuentran en cada una de las coberturas presente en el área de influencia del estudio.
* *Especies de epifitas vs hospederos (forófitos):* Se analizó particularmente la relación que se da exclusivamente entre las especies de epifitas vasculares y no vasculares frente a los hospederos en los que se encuentran creciendo. Se adjunta y entregan los correspondientes listados donde se evidencia la relación de las especies epifitas con sus correspondientes forófitos hospederos. Esta relación, permitió ver las afinidades de las epífitas con sus hospederos de tal manera que en los futuros procesos de rescate y reubicación se ahonden esfuerzos por reubicar las epífitas sobre las especies forestales con las que presenten mejor afinidad.
* *Especies de epifitas vs estratificación en los forófitos:* esta relación se da específicamente entre las epifitas y su hospedero, donde se entiende que, a lo largo de cada forófito, las condiciones ambientales (humedad, intensidad lumínica y sombra) no son las misma a medida que se asciende sobre el tronco, estas varían en cada uno de los 5 estratos (Base, Tronco, Corona Interna, Corona Media y Corona Externa). Por ende, los resultados arrojados al observar esta relación, brindaron un buen acercamiento para comprender la estratificación vertical de las especies de epifitas encontradas en el estudio.
* *Especies de epifitas vs especies en alguna categoría de amenaza según la Resolución 0192 del 2014.* Esta relación hace énfasis en las especies que se encuentran en alguna categoría de amenaza a nivel nacional, para así establecer medidas de manejo a estas especies que se encuentren en algún grado de amenaza de extinción.

La elección del tipo de muestreo para el componente epifito es representativa para la identificación de especies en el área del proyecto, también se realiza la curva de acumulación de especies, logrando establecer el número y tipo de especies en el área a intervenir, estableciendo las medidas de manejo y compensación para especies en veda (Resolución 0213 de 1977 del INDERENA).

Índices de diversidad

Á continuación se mencionan los parámetros específicos que fueron evaluados para la caracterización de las epifitas vasculares y no vasculares, con el fin de poder realizar un correcto análisis de la información y la relación que se da entre este tipo de vegetación (epifitas) con el entorno en el cual se encuentran.

* *Diversidad:* es expresada como la riqueza o el número de especies diferentes que están presentes en determinado ecosistema, región o país; es importante para poder diseñar estrategias de conservación y llevar a cabo acciones concretas.
* *Medición de la riqueza específica:* la riqueza específica es una de las formas más sencillas de medir la biodiversidad, debido a que esta se basa específicamente en el número de especies presentes, sin tener en cuenta el valor de importancia de las mismas.
* *Índice de diversidad de Margalef:* este índice transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos S=k√N donde k es constante (Magurran, 1998). Valores inferiores a 2,0 son considerados como relacionados con zonas de baja diversidad (en general resultado de efectos antropogénicos) y valores superiores a 5,0 son considerados como indicativos de alta biodiversidad (Margaleff. R, 1995) Se expresa como:

|  |
| --- |
| Descripción: E2.png |

Dónde:

S = número de especies

N = número total de individuos

###### Estructura

Índice de abundancia Proporcional: con este índice se enfatizará ya sea el grado de dominancia o la equidad de la comunidad.

Índice de Dominancia: Se tomará en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies.

Índice de Simpson: Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988; Peet, 1974). Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como 1 – λ (Lande, 1996). Se expresa como:

|  |
| --- |
|  |

Dónde:

Pi = abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

* Índice de Equidad: Este término refiere a qué tan uniformemente están distribuidos los individuos entre las especies (Newman, 2003).
* Índice de Shannon-Wiener: Indica la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra; mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenece un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988; Peet, 1974; Baev y Penev, 1995); y asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988). Se expresa como:

|  |
| --- |
|  |

El valor siempre se presenta con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 1 y 5. Excepcionalmente puede haber ecosistemas con valores mayores (bosques tropicales, arrecifes de coral) o menores (algunas zonas desérticas). Para su interpretación, el índice de Shannon tiene como valor de referencia a 1 para baja diversidad y 5 para alta diversidad

###### Identificación de especies en estado de amenaza o veda

Se realizó una búsqueda de información secundaria para establecer las características paisajísticas, ecológicas y ambientales del área de interés, así como la posible composición de especies de epífitas vasculares y no vasculares que habitan en el área de influencia establecida para el *Proyecto* a través de una búsqueda bibliográfica en literatura especializada y bases de datos web; el resultado de la consulta incluye información acerca del grado de amenaza al que se encuentran estas especies. Este grado de amenaza fue determinado por los listados a nivel internacional como la UICN y el CITES y a nivel nacional con la Resolución 192 del 2014 del MADS.

Cabe resaltar que para Colombia a través de la Resolución 0213 de 1977 del INDERENA, se declaró en veda para el aprovechamiento, el transporte y la comercialización, aquellas plantas epífitas entendidas como: “*musgos, líquenes, lamas, parásitas, quiches y orquídeas, así como lama, capote y broza y demás especies y productos herbáceos o leñosos como arbolitos, cortezas y ramajes que constituyen parte de los hábitats de tales especies*”. Por lo que se entiende que todas las especies epifitas encontradas en el presente Estudio de Impacto Ambiental –EIA para el presente proyecto vial, se encuentran protegidas a nivel nacional.

##### Muestreos de Fauna

Para la caracterización de la fauna se realizaron muestreos de los grupos faunísticos más representativos, así como de sus hábitats según cada tipo de cobertura presente en los sitios de desarrollo del proyecto. Estos grupos corresponden mamíferos, aves, reptiles y anfibios. Los muestreos se realizaron en función de las principales coberturas o ecosistemas presentes en el Área de Influencia del proyecto. A continuación, se describen los detalles de cada fase implementada en campo:

###### Generalidades para el levantamiento de información

Se realizó una revisión bibliográfica de los grupos correspondientes a: mamíferos, aves, Reptiles y Anfibios con el fin de recopilar información de las especies reportadas para la región Andina, con énfasis en el departamento de Antioquia y teniendo en cuenta los registros bajo un rango altitudinal entre los 600 y 1.100 m. La recopilación de información secundaria se llevó a cabo por medio de la revisión de literatura científica encontrada en las bases de datos de revistas arbitradas tales como ISI KNOWLEDGE, PROQUEST (Biology Journals) y SciELO, entre otras. Se realizaron consultas de las publicaciones de los museos naturales en el país y de los catálogos en línea de las universidades en Colombia con programas en biología y ecología. Además, se realizó la consulta en línea de la colección científica del Instituto de Ciencias Naturales – ICN de la Universidad Nacional de Colombia, se consultó la página web de la Corporación Autónoma Regional.

Así mismo, se obtuvo información de las categorías de amenaza para cada una de las especies de fauna potenciales, registradas en la zona según criterios de la Convención Internacional del Comercio de Especies en Peligro de Extinción (CITES), la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) con base en sus listas rojas actuales, la resolución 0192 del 2014 dada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible para criterios nacionales y las listas regionales dictadas por las Corporaciones Autónomas Regionales.

###### Fase pre-campo

Esta etapa fue realizada en una visita a la zona de estudio donde se seleccionaron puntos de control y se realizaron Transectos en el área de estudio. En todos los puntos de control y Transectos y/o recorridos, se aplicaron los lineamientos metodológicos pertinentes para cada grupo de fauna, con el fin de obtener información suficiente con respecto al número e identidad de las especies presentes en la zona. Se siguieron las técnicas recomendadas en la guía “Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales” (MAVDT. , 2010), y el “Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad” del Instituto Humboldt (2006).

Para la caracterización de la fauna se realizaron muestreos de los grupos faunísticos más representativos, teniendo en cuenta cada tipo de cobertura presente en los sitios de desarrollo del proyecto. Estos grupos corresponden a Mamíferos, Aves, Reptiles y Anfibios. Los muestreos se realizaron en función de las principales coberturas o ecosistemas presentes en el Área de Influencia del proyecto.

###### Etapa de campo

Esta etapa fue realizada en una visita a la zona de estudio durante la cual se aplicaron diferentes metodologías de acuerdo con el grupo faunístico de interés.

Para el caso de la fauna silvestre y teniendo en cuenta la alta representatividad de las coberturas descritas por la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia (IDEAM;, 2010) identificadas en el estudio florístico, se realizó la caracterización de fauna en coberturas vegetales representativas, en el capítulo 5 se detalla el proceso.

Dadas las exigencias ecológicas (alimentación, nidificación y refugio) de los grupos faunísticos a evaluar, los puntos de muestreo estuvieron conformados en su gran mayoría por zonas con algún tipo de estructura vertical y horizontal de la vegetación. En el área de influencia del proyecto se identificaron hábitats a los cuales pueden asociarse las especies de fauna silvestre, determinados por los diferentes tipos de cobertura vegetal y la oferta de recursos hídricos en la zona.

* Sitios de muestreo

La selección de los sitios de muestreo se realizó con base en la densidad de las coberturas vegetales (corine land cover) que se encuentran dentro del área de influencia del proyecto Autopista Río Magdalena 2, unidad funcional uno y dos. Las cuales según el auto 1664 generado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales el 07 de mayo 2014 para la zona están representadas cinco coberturas (Tabla 2.24). Con el mapa de coberturas se procedió a hacer una verificación en campo donde se seleccionaron los puntos de muestreo.

Tabla 2.24 Coberturas según Auto 1664, página 13.

| Cobertura Corine Land Cover | Porcentaje (%) |
| --- | --- |
| Bosque denso alto de tierra firme | 35,34 |
| Bosque fragmentado con vegetación secundaria | 56,86 |
| Bosque de galería y ripario | 10,61 |
| Vegetación secundaria alta | 10,81 |
| Vegetación secundaria baja | 41,16 |

Fuente: Auto 1664 07 de mayo 2014

* Punto uno:

Ubicado cerca al predio Manzanares en el municipio de Yalí; en esta localidad domina la vegetación secundaria alta y baja junto a pastos limpios, las coordenadas asignadas para este sitio son: X = 920078.83, Y = 1233904.05, altitud: 1014. Es de resaltar que cerca de la zona trabajada se observan procesos de tala y quema de bosque con fines desconocidos durante el desarrollo del muestreo, además es de destacar que cerca de este sitio existió minería de oro con maquinaria pesada (Fotografía 2.10).

|  |
| --- |
|  |

Fotografía 2.10 Punto de muestreo uno

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

* Punto dos:

Ubicado en la vereda Bélgica, predio Santa Ana del municipio de Yolombó; esta localidad incluye Vegetación fragmentada con bosque secundario bajo, bosque de galería y pastos limpios, las coordenadas asignadas para este sitio son: X = 920064.71, Y = 1226087.217, altitud: 1003. Cerca de esta localidad también se observaron procesos de tala, quema de bosque y extracción de madera con fines desconocidos durante el desarrollo del muestreo, (Fotografía 2.11) (Fotografía 2.12).

|  |
| --- |
|  |

**Fotografía 2.11 Punto de muestreo dos**

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

|  |
| --- |
|  |

**Fotografía 2.12 Punto de muestreo dos, extracción de madera**

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

* Punto tres:

Ubicado en la vereda San Cristóbal del municipio de Remedios; este punto incluye en su mayoría bosque denso con fragmentos de vegetación secundaria baja y pastos enmalezados, las coordenadas asignadas para este sitio son: X = 923810.75, Y = 1255035.82, altitud: 906. Esta localidad se encuentra en proceso de recuperación en sus coberturas al igual que se evidencia minería, por barequeo en cercanías a un sistema lotico (Fotografía 2.13).

|  |
| --- |
|  |

**Fotografía 2.13 Punto de muestreo tres**

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

* Punto cuatro:

Ubicado en la finca Bagamiento, vereda Bélgica del municipio de Vegachí; este punto incluye pastos arbolados y limpios principalmente junto a un fragmento de bosque de galería, las coordenadas asignadas para este sitio son: X = 921824.17, Y = 1247490.38, altitud: 936. La principal actividad económica cerca de esta localidad es la ganadería de leche (Fotografía 2.14).

|  |
| --- |
|  |

**Fotografía 2.14 Punto de muestreo cuatro**

Fuente Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

* Punto cinco:

Ubicado en la vereda San Cipriano, alto de Dolores del municipio de Maceo; este punto incluye fragmentos de bosque ripario o de galería junto con pastos limpios, las coordenadas asignadas para este sitio son: X = 919454.26, Y = 1214241.31, altitud: 901. Esta localidad se caracteriza por tener en mayor proporción pastos limpios para ganadería (Fotografía 2.15).

|  |
| --- |
|  |

**Fotografía 2.15 Punto de muestreo cinco**

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

* Punto seis:

Ubicado en la vereda Guadasol, predio el pino del municipio de Maceo; este punto incluye bosque denso, vegetación secundaria alta y baja, bosque de galería, junto con pastos enmalezados, las coordenadas asignadas para este sitio son: X = 921508.66, Y = 1220211.625, altitud: 1003. En esta localidad se evidenciaron quemas con fines agrícolas y minería de socavón (Fotografía 2.16) (Fotografía 2.17).

|  |
| --- |
|  |

**Fotografía 2.16 Punto de muestreo seis**

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

|  |
| --- |
|  |

**Fotografía 2.17 Punto de muestreo seis, extracción minera por socavón**

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

* Desarrollo de encuestas

Para el diagnóstico general de la fauna presente en el Área de influencia del proyecto se realizó una encuesta por cada grupo biológico a los habitantes de la zona (Fotografía 2.18, Fotografía 2.19). Para el desarrollo de las encuestas se utilizó los formatos F-78 Encuesta Avifauna, F-79 Encuesta Herpetofauna y F-81 Encuesta Mastofauna (Ver Anexo 2.5 Formatos Muestreo de Fauna) en el cual se incluyeron registros fotográficos obtenidos a partir de información secundaria de registros de fauna en la zona.

Para la toma de esta información, se seleccionarán habitantes mayores de edad pertenecientes a la comunidad aledaña a la zona donde se encuentra la vía proyectada. Se procedió a indagar sobre la fauna que se observa habitualmente; la encuesta se realizó mediante la ayuda de un catálogo de identificación en el que aparecen fotografías de especies de los diferentes grupos de fauna con distribución en los departamentos de Antioquia y Santander. En caso de que alguna de las especies sea identificada por el encuestado, se registrará en formatos de campo los siguientes datos: nombre vernáculo para la zona, hábitat, época del año, abundancia relativa con la que ha sido observada y uso dado por la comunidad.

|  |
| --- |
|  |

Fotografía 2.18 Encuesta de fauna. Escuela John F. Kennedy

Vereda El tigre. Vegachí- Antioquia 920383-1250788

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

|  |
| --- |
|  |

Fotografía 2.19 Encuesta de fauna C.E.R San Juan. Vereda San juan

Vegachí-Antioquia. 924671-1210596

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Se establecieron los usos más comunes dados a la fauna tanto de la región como especies exóticas, adicionalmente esta información fue complementada con observaciones realizadas durante los muestreos en campo en las casas o centros poblados aledaños. Se implementaron veintidós (22) encuestas, donde los usos establecidos por la comunidad se clasificaron en: mascotas, alimento y uso ornamental (Fotografía 2.20) (Fotografía 2.21). Las encuetas fueron implementadas en las veredas de Bélgica, La cristalina, El Tigre, San Cristóbal, Tres Piedras, Alto de dolores, San Juan, El Ingenio, La clarita, La playa y Corrales la cuchilla; pertenecientes a los municipios de Remedios, Vegachí y Maceo.

|  |
| --- |
|  |

Fotografía 2.20 Comercio de nidos de gulungo (*Psarocolius decumanus*)

Vereda La mona. Vegachí-Antioquia. 923444-1254014

Fuente Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

|  |
| --- |
|  |

Fotografía 2.21 Guacamaya (*Ara arauana)* utilizada como mascota. Vereda San juan

Vegachí-Antioquia. 924671-1210596

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Las encuestas se realizan con el fin de obtener información de las especies de fauna con hábitos estacionales o migratorios, las cuales no son evidentes durante todo el año y posiblemente no pueden ser observados en el momento de realizar la fase de campo del estudio.

Así mismo, permiten obtener información relacionada con la riqueza de los grupos de vertebrados e indicios sobre los estados poblacionales, nombres comunes empleados localmente y la importancia de estas especies a nivel comercial y/o cultural.

Adicionalmente esta información fue complementada con observaciones realizadas durante los muestreos en campo en las casas o centros poblados aledaños.

* Muestreo de mamíferos

Para el caso de las especies de mamíferos, se llevaron a cabo varios tipos de metodologías de muestreo tanto de tipo directo como indirecto. Los métodos directos hacen referencia a un contacto activo con la especie (a nivel visual o auditivo, por ejemplo) evidenciando la presencia del mismo en el área. Por su parte los métodos indirectos relacionan señales o rastros de las especies como el registro de huellas, presencia de excrementos, entre otros (Painter L. D., 1999).

Para el presente estudio se implementaron algunas metodologías que implican captura de los individuos, como el uso de redes de niebla evaluada para mamíferos voladores. También se emplearon métodos de captura por medio de trampas Sherman y Tomahawk, para mamíferos pequeños (masa inferior a 150 g) como por ejemplo del orden Rodentia o Didelphiomorphia (zarigüeyas) y mamíferos medianos (masa corporal entre 150g y 5 kg) como por ejemplo del orden Lagomorpha (liebres).

* Mamíferos voladores (Quirópteros), Redes de niebla:

La utilización de esta técnica es propicia para captura de murciélagos. Esta metodología se basó en la instalación de redes de niebla de 12m de largo x 2,5 metros de alto y ojo de malla de 20mm, las cuales se ubicaron en áreas representativas de paso de estas especies como arroyos, sobre quebradas, bordes de bosque, filos de montaña, entre otros.

|  |
| --- |
|  |

Fotografía 2.22 Captura de quirópteros por medio de redes de niebla, muestreo nocturno

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Los ejemplares que cayeron en las redes fueron retirados cuidadosamente. Para ello se observó por cual lado los murciélagos cayeron en la red. Esto se consiguió levantando la red por encima del espécimen y observando si se encontraba libre de la misma. Una vez definido el lugar de entrada del murciélago se procedió a desenredar el mismo de la red, una vez liberado de la red se procedió a tomar las respectivas medidas morfométricas realizar el registro fotográfico y dejar al individuo en libertad.

|  |
| --- |
|  |

**Fotografía 2.23 Registro fotográfico de *Platyrrhinus helleri,* captura en red de niebla**

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

La operación de las redes de niebla estuvo sujeta a la condición ambiental del sitio de muestreo, pues en eventos de lluvia o viento fuerte, las redes no fueron operadas para garantizar el bienestar de los individuos capturados. Además, no se realizó la colecta de ningún ejemplar.

**Unidad y esfuerzo de muestreo:** En la Tabla 2.25 se muestran las coordenadas utilizadas para los muestreos con redes de niebla, donde en cada uno de los puntos monitoreados (17 puntos monitoreados) se ubicó un grupo de cuatro (4) redes de niebla con dimensiones de 12m de largo x 2,5 metros de alto cada una, las cuales fueron abiertas en horario de 6:00 pm a 9:00 pm cada una, teniendo un total de 4 horas/red por noche, durante 5 noches consecutivas en cada punto, completando asi un esfuerzo de muestreo 1360 horas/red.

Tabla 2.25. Coordenadas de ubicación de redes de niebla para captura de mamíferos.

| Puntos de muestreo | Coordenadas Magna Sirga Origen Bogota | | Altura (m) |
| --- | --- | --- | --- |
| NORTE | ESTE |
| PUNTO 1 | 1233877,03 | 920027,49 | 1043,53 |
| 1233904,05 | 920078,83 | 1014,41 |
| 1233960,24 | 920151,67 | 1019,65 |
| PUNTO 2 | 1226111,79 | 920129,00 | 1031 |
| 1226078,50 | 920051,65 | 1007 |
| 1226041,51 | 920006,81 | 984 |
| PUNTO 3 | 1255005,09 | 923797,89 | 897 |
| 1254994,50 | 923785,16 | 893 |
| 1255035,82 | 923810,75 | 906 |
| PUNTO 4 | 1247684,25 | 921752,16 | 953,76 |
| 1247433,53 | 921820,55 | 939,33 |
| 1247490,38 | 921824,17 | 936,15 |
| PUNTO 5 | 1214230,95 | 919354,80 | 920 |
| 1214241,31 | 919454,26 | 901 |
| 1214186,62 | 919494,44 | 912 |
| PUNTO 6 | 1220268,18 | 921484,52 | 1011,81 |
| 1220240,26 | 921440,46 | 1025,16 |

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

* Mamíferos terrestres pequeños y medianos

Trampas Sherman

Se realizó teniendo en cuenta la metodología planteada por (VOSS, 1996) y (MAVDT. , 2010) para el muestreo de este grupo de fauna que incluye entre otros, roedores y marsupiales. Se utilizaron 50 trampas Sherman por punto(ver Fotografía 2.24 y Fotografía 2.25), en los lugares que se consideraron más propicios, como senderos de tránsito, en la base de los arboles con fruto en el suelo, cerca de las madrigueras, entre otros, los cuales se dispusieron en transectos o grillas, separados entre 5 y 10 metros dependiendo el tipo de hábitat a lo largo y ancho de la cobertura vegetal de estudio, por un tiempo máximo de 5 días.

|  |
| --- |
|  |

Fotografía 2.24 Trampas Sherman para captura de pequeños mamíferos

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

|  |
| --- |
|  |

Fotografía 2.25. Pequeño roedor capturado en trampa Sherman

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Para el establecimiento de las trampas se cebaron utilizando avena, mango y yuca molido en el tiempo de instalación de las mismas, además de esencia de vainilla. Las trampas fueron revisadas diariamente en las horas de la mañana, para verificar factores como captura de individuos, sistemas de activación de la trampa, cambio de cebo, toma de registro fotográfico, mediciones morfométricas y liberación de individuos. Para la determinación en campo se utilizaron guías especializadas.

**Unidad y esfuerzo de muestreo:** Fueron instaladas +/- 50 trampas Sherman por punto para una totalidad de 204 trampas Sherman (Ver Tabla 2.26) en el área de influencia biótica del proyecto, las cuales se dejaban activas durante 5 días consecutivos y se recebaban cada mañana, en cada sitio de muestreo el número de trampas instaladas vario debido a las condiciones del terreno y disponibilidad de lugares adecuados para la instalación, para obtener un esfuerzo de muestreo total de 24480 horas/trampa.

Tabla 2.26. Coordenadas de ubicación de Trampas Sherman en el área de influencia del proyecto (MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ).

| Nº de Trampa | PUNTO 1 | | | PUNTO 2 | | | PUNTO 3 | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Altura (m) | Este | Norte | Altura (m) | Este | Norte | Altura (m) | Este | Norte |
| 1 | 1024 | 920066,38 | 1233930,06 | 971 | 920132,22 | 1226419,80 | 910 | 923802,68 | 1255034,06 |
| 2 | 1029 | 920054,86 | 1233916,58 | 971 | 920139,96 | 1226424,98 | 912 | 923809,87 | 1255038,92 |
| 3 | 1038 | 920032,26 | 1233890,07 | 975 | 920155,70 | 1226444,32 | 918 | 923809,34 | 1255057,06 |
| 4 | 1050 | 920004,97 | 1233829,18 | 973 | 920165,08 | 1226437,22 | 917 | 923806,14 | 1255058,06 |
| 5 | 1052 | 919983,27 | 1233807,64 | 972 | 920168,78 | 1226472,17 | 922 | 923806,82 | 1255066,02 |
| 6 | 1049 | 919977,61 | 1233794,71 | 974 | 920185,48 | 1226467,39 | 922 | 923811,46 | 1255068,23 |
| 7 | 1043 | 919957,59 | 1233790,65 | 972 | 920204,13 | 1226443,47 | 927 | 923819,90 | 1255095,20 |
| 8 | 1041 | 919952,39 | 1233788,99 | 977 | 920201,79 | 1226432,30 | 927 | 923821,89 | 1255093,21 |
| 9 | 1039 | 919953,36 | 1233768,20 | 980 | 920209,07 | 1226421,23 | 931 | 923834,50 | 1255104,14 |
| 10 | 1036 | 919953,14 | 1233768,86 | 979 | 920218,79 | 1226412,04 | 930 | 923836,60 | 1255102,92 |
| 11 | 1035 | 920056,52 | 1233842,59 | 987 | 920139,05 | 1226026,06 | 935 | 923834,63 | 1255114,64 |
| 12 | 1036 | 920054,50 | 1233824,90 | 987 | 920147,47 | 1226039,65 | 935 | 923846,01 | 1255116,29 |
| 13 | 1034 | 920050,61 | 1233809,64 | 987 | 920157,41 | 1226027,91 | 941 | 923861,73 | 1255130,20 |
| 14 | 1033 | 920055,12 | 1233793,93 | 987 | 920161,76 | 1226052,35 | 946 | 923862,63 | 1255141,48 |
| 15 | 1033 | 920039,61 | 1233775,93 | 993 | 920162,95 | 1226034,54 | 951 | 923885,45 | 1255180,82 |
| 16 | 1033 | 920044,79 | 1233761,98 | 995 | 920182,64 | 1226039,16 | 953 | 923892,44 | 1255193,75 |
| 17 | 1034 | 920032,97 | 1233770,63 | 995 | 920180,87 | 1226040,93 | 952 | 923926,65 | 1255234,18 |
| 18 | 1037 | 920047,85 | 1233736,54 | 999 | 920205,43 | 1226041,78 | 953 | 923944,12 | 1255243,78 |
| 19 | 1032 | 920000,64 | 1233665,72 | 1013 | 920217,59 | 1226038,77 | 958 | 923973,22 | 1255266,19 |
| 20 | 1033 | 919993,13 | 1233671,37 | 1019 | 920234,64 | 1226052,57 | 960 | 923987,49 | 1255268,16 |
| 21 | 1046 | 919998,12 | 1233682,53 | 1021 | 920252,67 | 1226055,09 | 958 | 923991,35 | 1255266,60 |
| 22 | 1049 | 920008,21 | 1233701,65 | 1025 | 920273,90 | 1226056,39 | 963 | 923988,39 | 1255281,09 |
| 23 | 1051 | 920004,58 | 1233715,15 | 1031 | 920284,63 | 1226055,49 | 964 | 923997,68 | 1255286,28 |
| 24 | 1044 | 920003,99 | 1233761,49 | 1031 | 920283,40 | 1226050,95 | 964 | 923977,34 | 1255287,19 |
| 25 | 1064 | 919988,45 | 1233873,44 | 982 | 920186,75 | 1226434,10 | 968 | 923998,46 | 1255294,02 |
| 26 | 1063 | 919981,83 | 1233883,18 | 1047 | 920163,76 | 1226283,83 | 964 | 924025,42 | 1255287,90 |
| 27 | 1027 | 920089,92 | 1233920,74 | 1053 | 920175,13 | 1226275,63 | 967 | 923999,81 | 1255303,86 |
| 28 | 1016 | 920051,98 | 1233837,95 | 1059 | 920189,83 | 1226269,19 | 955 | 923986,49 | 1255264,73 |
| 29 | 1030 | 920007,72 | 1233669,58 | 1059 | 920203,76 | 1226266,63 | 955 | 923987,48 | 1255264,28 |
| 30 | 1037 | 919984,82 | 1233661,43 | 1058 | 920204,96 | 1226252,80 | 950 | 923991,88 | 1255253,00 |
| 31 | 1050 | 919988,63 | 1233693,05 | 1061 | 920218,11 | 1226249,57 | 944 | 923986,58 | 1255251,79 |
| 32 | 1049 | 920000,01 | 1233766,36 | 1065 | 920226,40 | 1226246,68 | 943 | 923992,43 | 1255247,91 |
| 33 | 1041 | 919949,94 | 1233778,60 | 1066 | 920228,84 | 1226247,68 | 950 | 923839,68 | 1254863,69 |
| 34 | 1064 | 919981,08 | 1233824,23 | 1071 | 920234,59 | 1226250,32 | 949 | 924225,08 | 1255087,21 |
| 35 |  |  |  | 1074 | 920232,18 | 1226264,37 | 953 | 924119,84 | 1255074,53 |
| 36 |  |  |  | 1069 | 920221,12 | 1226265,27 | 953 | 924118,29 | 1255073,31 |
| 37 |  |  |  | 1069 | 920213,94 | 1226265,95 | 955 | 924112,67 | 1255083,72 |
| 38 |  |  |  | 1065 | 920200,56 | 1226271,94 | 955 | 924103,85 | 1255102,97 |
| 39 |  |  |  | 1062 | 920193,38 | 1226276,59 | 956 | 924088,06 | 1255109,08 |
| 40 |  |  |  |  |  |  | 955 | 924086,62 | 1255109,41 |
| 41 |  |  |  |  |  |  | 953 | 924065,94 | 1255103,69 |
| 42 |  |  |  |  |  |  | 959 | 924088,85 | 1255122,35 |
| 43 |  |  |  |  |  |  | 958 | 924089,06 | 1255116,38 |
| 44 |  |  |  |  |  |  | 954 | 924084,22 | 1255134,19 |

| Nº de Trampa | PUNTO 4 | | | PUNTO 5 | | | PUNTO 6 | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Altura (m) | Este | Norte | Altura (m) | Este | Norte | Altura (m) | Este | Norte |
| 1 | 942,36 | 921562,82 | 1247315,79 | 903 | 919413,71 | 1214042,40 | 1006 | 921521,60 | 1220286,81 |
| 2 | 948,97 | 921582,84 | 1247327,82 | 904 | 919414,59 | 1214044,39 | 1006 | 921525,03 | 1220286,26 |
| 3 | 940,81 | 921595,63 | 1247306,12 | 904 | 919410,13 | 1214092,84 | 1008 | 921511,40 | 1220272,56 |
| 4 | 937,04 | 921620,99 | 1247336,06 | 905 | 919406,83 | 1214107,78 | 1007 | 921513,95 | 1220273,66 |
| 5 | 937,09 | 921635,59 | 1247342,34 | 918 | 919391,71 | 1214126,38 | 1009 | 921506,96 | 1220258,30 |
| 6 | 935,72 | 921666,77 | 1247348,60 | 924 | 919405,21 | 1214129,79 | 1009 | 921503,32 | 1220262,18 |
| 7 | 935,89 | 921673,75 | 1247354,67 | 924 | 919394,50 | 1214145,73 | 1009 | 921500,19 | 1220244,71 |
| 8 | 935,66 | 921681,38 | 1247359,08 | 924 | 919388,65 | 1214154,14 | 1012 | 921480,51 | 1220245,84 |
| 9 | 945,66 | 921703,52 | 1247451,40 | 925 | 919412,44 | 1214157,65 | 1008 | 921491,11 | 1220234,77 |
| 10 | 939,08 | 921704,16 | 1247364,91 | 926 | 919416,20 | 1214156,76 | 1011 | 921466,89 | 1220232,48 |
| 11 | 953,94 | 921709,34 | 1247506,36 | 924 | 919423,39 | 1214157,52 | 1011 | 921469,32 | 1220229,16 |
| 12 | 945,49 | 921711,02 | 1247667,61 | 923 | 919411,16 | 1214191,05 | 1010 | 921447,41 | 1220221,89 |
| 13 | 950,11 | 921711,63 | 1247484,68 | 923 | 919400,21 | 1214193,72 | 1010 | 921447,40 | 1220217,46 |
| 14 | 942,79 | 921714,32 | 1247430,48 | 921 | 919346,73 | 1214229,63 | 1009 | 921433,47 | 1220222,90 |
| 15 | 941,34 | 921725,14 | 1247424,94 | 912 | 919457,45 | 1214309,99 | 1010 | 921432,04 | 1220225,12 |
| 16 | 946,95 | 921729,46 | 1247651,88 | 909 | 919433,73 | 1214347,51 | 1014 | 921414,36 | 1220234,32 |
| 17 | 950,01 | 921736,22 | 1247663,37 | 909 | 919429,52 | 1214347,30 | 1015 | 921405,84 | 1220234,44 |
| 18 | 940,75 | 921738,47 | 1247389,08 | 908 | 919427,56 | 1214368,20 | 1007 | 921319,38 | 1220252,93 |
| 19 | 956,27 | 921747,76 | 1247693,33 | 907 | 919442,94 | 1214370,83 | 1007 | 921321,36 | 1220245,18 |
| 20 | 954,23 | 921747,82 | 1247661,14 | 909 | 919465,96 | 1214377,77 | 1008 | 921292,17 | 1220253,52 |
| 21 | 957,35 | 921756,45 | 1247666,33 | 908 | 919491,84 | 1214380,61 | 1009 | 921290,62 | 1220249,87 |
| 22 |  |  |  | 909 | 919483,77 | 1214379,07 | 1002 | 921390,78 | 1220222,74 |
| 23 |  |  |  |  |  |  | 1002 | 921389,67 | 1220217,21 |
| 24 |  |  |  |  |  |  | 1004 | 921421,60 | 1220195,49 |
| 25 |  |  |  |  |  |  | 1005 | 921417,95 | 1220197,60 |
| 26 |  |  |  |  |  |  | 1006 | 921433,86 | 1220186,29 |
| 27 |  |  |  |  |  |  | 1006 | 921437,41 | 1220188,61 |
| 28 |  |  |  |  |  |  | 1007 | 921455,87 | 1220182,83 |
| 29 |  |  |  |  |  |  | 1007 | 921451,33 | 1220180,63 |
| 30 |  |  |  |  |  |  | 1006 | 921479,67 | 1220200,39 |
| 31 |  |  |  |  |  |  | 1006 | 921480,11 | 1220200,39 |
| 32 |  |  |  |  |  |  | 1003 | 921496,52 | 1220226,02 |
| 33 |  |  |  |  |  |  | 1003 | 921496,51 | 1220222,70 |
| 34 |  |  |  |  |  |  | 1016 | 921776,12 | 1220151,74 |
| 35 |  |  |  |  |  |  | 1046 | 921782,20 | 1220151,07 |
| 36 |  |  |  |  |  |  | 1051 | 921789,16 | 1220147,86 |
| 37 |  |  |  |  |  |  | 1048 | 921799,47 | 1220163,77 |
| 38 |  |  |  |  |  |  | 1046 | 921813,99 | 1220185,98 |
| 39 |  |  |  |  |  |  | 1045 | 921813,33 | 1220189,63 |
| 40 |  |  |  |  |  |  | 1037 | 921854,48 | 1220197,64 |
| 41 |  |  |  |  |  |  | 1037 | 921853,26 | 1220195,32 |
| 42 |  |  |  |  |  |  | 1034 | 921875,83 | 1220201,37 |
| 43 |  |  |  |  |  |  | 1033 | 921877,38 | 1220202,14 |
| 44 |  |  |  |  |  |  | 1029 | 921887,21 | 1220187,20 |

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Trampas Tomahawk

Esta metodología es adecuada para la captura de mamíferos medianos, ya que son de difícil observación, teniendo en cuenta que se perturban con facilidad ante la presencia humana, algunos son arborícolas y de actividad crepuscular (Naranjo E. J., 2000).

Al respecto se utilizó como método de captura, trampas Tomahawk (Ver Fotografía 2.26 y Fotografía 2.27) las cuales son útiles para evaluaciones de diversidad y confirmación de la presencia de especies en hábitats específicos. Las trampas utilizadas se ubicaron en sendas, caminos cursos de agua y zonas potenciales para las especies estudiadas.

|  |
| --- |
|  |

Fotografía 2.26 Trampas Tomahawk para captura de pequeños y medianos mamíferos

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

|  |
| --- |
|  |

Fotografía 2.27. Individuo de *Rattus norvegicus* capturado en trampa Tomahawk

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Para el establecimiento de las trampas se cebaron utilizando sardinas, hueso carnudo, mango, yuca y plátano, cambiando el cebo después de cada revisión. Así mismo en la revisión de cada trampa se verificó la captura de individuos, sistemas de activación, toma de registro fotográfico, mediciones morfo métricas y liberación de individuos. Para la determinación en campo se utilizaron guías especializadas.

**Unidad y esfuerzo de muestreo:** Para el área de estudio se instalaron +/- 10 trampas Tomahawk por punto para un total 45 trampas. Las cuales se dejaban activas durante cinco días consecutivos recebando en cada mañana para un esfuerzo de muestreo total de 5400 horas trampa (Ver Tabla 2.28).

Tabla 2.27. Coordenadas de ubicación de Trampas Tomahawk en el área de influencia del proyecto (MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ).

| Puntos de muestreo | Altura (m) | Este | Norte |
| --- | --- | --- | --- |
| Punto 1 | 1037,97 | 919957,90 | 1233773,50 |
| 1038,06 | 920054,23 | 1233862,83 |
| 1029,83 | 920133,99 | 1233964,36 |
| 1032,71 | 920038,30 | 1233710,23 |
| 1029,56 | 920026,75 | 1233678,18 |
| 1064,98 | 919979,21 | 1233903,20 |
| Punto 2 | 972,64 | 920157,66 | 1226425,18 |
| 972,96 | 920196,17 | 1226441,49 |
| 980,02 | 920217,90 | 1226405,07 |
| 972,36 | 920128,44 | 1226406,97 |
| 962,10 | 920213,76 | 1226447,44 |
| 1045,81 | 920163,10 | 1226289,47 |
| 1055,84 | 920179,89 | 1226273,52 |
| 1054,89 | 920201,53 | 1226249,60 |
| 1065,81 | 920223,75 | 1226247,91 |
| 1071,71 | 920235,93 | 1226254,52 |
| Punto 3 | 897,91 | 923801,36 | 1255036,61 |
| 949,28 | 923893,99 | 1255195,18 |
| 949,35 | 923910,36 | 1255208,76 |
| 951,04 | 923943,34 | 1255236,70 |
| 959,08 | 923975,76 | 1255263,20 |
| 968,26 | 924002,78 | 1255294,12 |
| 937,03 | 924009,42 | 1255150,67 |
| 962,74 | 924057,53 | 1255248,26 |
| 957,40 | 924067,72 | 1255108,78 |
| 962,27 | 924084,95 | 1255104,22 |
| Punto 4 | 969,64 | 921661,02 | 1247269,53 |
| 980,78 | 921702,07 | 1247292,47 |
| 980,56 | 921674,96 | 1247278,91 |
| 972,93 | 921674,85 | 1247279,46 |
| 973,73 | 921696,20 | 1247290,71 |
| Punto 5 | 903,19 | 919415,56 | 1214101,24 |
| 924,42 | 919397,26 | 1214139,53 |
| 921,57 | 919349,81 | 1214220,45 |
| 906,95 | 919436,75 | 1214371,84 |
| Punto 6 | 1013,08 | 921490,40 | 1220279,67 |
| 1008,03 | 921489,67 | 1220234,44 |
| 1014,99 | 921419,44 | 1220232,21 |
| 1009,07 | 921290,61 | 1220244,78 |
| 1006,43 | 921465,06 | 1220192,44 |
| 1049,22 | 921783,45 | 1220177,95 |
| 1041,83 | 921824,07 | 1220195,47 |
| 1038,93 | 921840,88 | 1220196,44 |
| 1031,48 | 921888,32 | 1220192,84 |
| 1025,92 | 921944,77 | 1220150,18 |

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

|  |
| --- |
|  |

Fotografía 2.28 Medidas morfométricas tomadas a roedor capturado en trampa Sherman

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Cámaras trampa

Se instalaron cámaras trampa las cuales son activadas por el movimiento, con el objetivo de registrar mamíferos nocturnos o de comportamientos más esquivos que no son fácilmente detectados durante recorridos y que por su tamaño no pueden ser capturados en las trampas Sherman o Tomahawk, en frente de cada cámara trampa se dejaron cebaderos con mango y yuca para atraer a los animales y propiciar que atravesaran frente a la cámara.

|  |
| --- |
|  |

Fotografía 2.29. *Leopardus pardalis.* Capturado por cámara trampa.

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

**Unidad y esfuerzo de muestreo:** Se ubicaron en total 9 cámaras trampas a lo largo de todo el proyecto (Tabla a continua las cuales se dejaban activas las 24 horas durante 5 días consecutivos en cada punto de muestreo, para un esfuerzo de muestreo de 216 horas cámara.

Tabla 2.28.Coordenadas de ubicación de cámaras trampa dentro del área de influencia. (MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ)

| Norte | Este | Altura (m) |
| --- | --- | --- |
| 1226253,97 | 920235,925 | 1071,71668 |
| 1226080,9 | 920455,076 | 1125,64417 |
| 1255040,95 | 924241,147 | 934,187012 |
| 1255124,64 | 924036,131 | 934,738953 |
| 1247320,46 | 921700,338 | 962,45813 |
| 1214372,05 | 919443,717 | 907,256836 |
| 1225974,5 | 918796,892 | 981,008728 |
| 1226075,49 | 920446,664 | 1126,47937 |
| 1226075,33 | 920446,436 | 1126,5673 |

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Recorridos libres

Se llevaron a cabo registros de mamíferos durante recorridos libres en cada una de las coberturas registradas en el área de influencia del proyecto, registrando a presencia de mamíferos por observación directa o por detección auditiva (Ver Fotografía 2.30).

|  |
| --- |
|  |

Fotografía 2.30. *Saguinus leucopus* especie endémicaobservada durante recorridos libres.

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Registro de indicios

Durante los recorridos, instalación de redes, instalación de trampas y cámaras, también se llevó un registro de los indicios que puedan mostrar la presencia de mamíferos en el área de estudio, tales como huellas, excretas, marcas en árboles, nidos o cuevas (Ver Fotografía 2.31).

|  |
| --- |
|  |

Fotografía 2.31. Huella registrada durante recorridos en el área de influencia del proyecto

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

* Muestreo de aves

La caracterización de la avifauna fue realizada siguiendo los términos establecidos en la Metodología General para la presentación de Estudios ambientales (MAVDT, 2010a), Términos de referencia para Estudios de Impacto Ambiental (MADS, 2015) y el Manual de Métodos para el desarrollo de Inventarios de Biodiversidad del Instituto de Investigación de recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (Villarreal, Álvarez, & Escobar, 2004),con la información obtenida se elaboraron matrices de datos basados en las especies encontradas; cada una de estas se clasificó según parámetros biológico-ecológicos (Hábitat, hábito, organización social y dieta) y parámetros de interés público (Vulnerabilidad, Migración y especies de importancia ecológica y cultural). Para la evaluación directa de la avifauna se emplearon transectos de ancho fijo y redes de niebla.

Etapa de Campo

Muestreo en transectos de ancho fijo: este método consiste en registrar la avifauna recorriendo un transecto o sendero en las unidades de muestreo establecidas. Para este fin, se observaron y fotografiaron individuos, rastros y nidos de aves presentes en veintisiete transectos (veintisiete unidades de muestreo) de longitud y ancho variable (ver Fotografía 2.32 y Tabla 2.29).

Se llevaron a cabo transectos de observación diarios de un kilómetro para un total de 5 km por cobertura realizando puntos de observación 5 minutos cada 50 metros en las unidades de muestreo establecidas (Villarreal, Álvarez, & Escobar, 2004). Los recorridos se realizaron en las horas de mayor actividad de las aves: en la mañana de 6:00 - 10:00 horas y en la tarde de 15:00 - 18:00 horas. Se realizaron registros fotográficos (cuando fue posible) con ayuda de una cámara de buen alcance Canon SX 50 permitiendo el registro de detalles morfológicos y de actividad de los individuos.

|  |
| --- |
|  |

Fotografía 2.32 Observación de aves en transecto. El pino, vereda Guardasol. Maceo –Antioquia 921571- 1220966

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

**Unidades de muestreo:** se refiere a las unidades básicas de las cuales se obtienen muestras, para este caso se establecieron veintisiete transectos en las coberturas vegetales definidas para el área de estudio para las unidades funcionales 1 y 2, las coordenadas se muestran en la (Tabla 2.29).

**Esfuerzo de muestreo:** el esfuerzo de muestreo en transectos se mide en distancia por tiempo empleado en el recorrido. Para las coberturas vegetales definidas la unidad de medida fue de 1000 m (promedio) x 7 horas x 1 día, por veintisiete unidades de muestreo.

Tabla 2.29 Coordenadas de ubicación de los puntos inicial y final de los recorridos realizados para la observación de Avifauna (MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ).

| COBERTURA | PUNTO | TRANSECTO No | COORDENADA MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTA | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| INICIAL | | FINAL | |
| ESTE | NORTE | ESTE | NORTE |
| Vegetación secundaria | Manzanares. Municipio de  Yalí – Antioquia | 1 | 920262 | 1233851 | 920389 | 1233566 |
| 2 | 919973 | 1233825 | 919742 | 1233676 |
| 3 | 920088 | 1233981 | 919828 | 1234189 |
| 4 | 920009 | 1233846 | 919963 | 1233790 |
| 5 | 920043 | 1233696 | 919879 | 1233570 |
| 6 | 920463 | 1233265 | 920259 | 1233118 |
| 7 | 920010 | 1233828 | 920177 | 1233956 |
| Bosque fragmentado | Doña Ana. Vereda Bélgica Yolombó- Antioquia | 8 | 920279 | 1226055 | 920100 | 1225939 |
| 9 | 920004 | 1225996 | 920112 | 1225789 |
| 10 | 920025 | 1225942 | 920255 | 1225671 |
| 11 | 920050 | 1226079 | 920196 | 1226332 |
| 12 | 919943 | 1225791 | 919742 | 1225993 |
| Bosque denso | Vereda San Cristóbal Remedios -Antioquia | 13 | 923824 | 1255096 | 923987 | 1255330 |
| 14 | 923866 | 1255155 | 923661 | 1255425 |
| 15 | 923759 | 1255308 | 924052 | 1255472 |
| 16 | 923595 | 1254806 | 923694 | 1254657 |
| El pino, vereda Guardasol Maceo –Antioquia | 23 | 921202 | 1219804 | 921571 | 1220966 |
| 24 | 921607 | 1220475 | 921234 | 1220274 |
| 25 | 921445 | 1220233 | 921280 | 1220272 |
| 26 | 921667 | 1220269 | 921670 | 1220502 |
| 27 | 921760 | 1220315 | 922028 | 1220291 |
| Pastos arbolados | Finca bagamiento- Vereda Bélgica. Vegachí- Antioquia | 17 | 921738 | 1247691 | 921787 | 1247702 |
| 18 | 921752 | 1247684 | 921759 | 1247407 |
| 19 | 921863 | 1247388 | 921738 | 1247691 |
| Bosque ripario | Vereda San Cipriano Maceo- Antioquia | 20 | 919377 | 1214245 | 919385 | 1214383 |
| 21 | 919388 | 1214086 | 919480 | 1214569 |
| 22 | 919482 | 1214215 | 919514 | 1213795 |

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

**Captura de individuos con Redes de Niebla**: los muestreos realizados con redes de niebla consisten en la instalación de 10 redes de niebla de 12 metros de largo por 2,5 de alto (Fotografía 2.33), ubicadas en cada cobertura vegetal representativa por un total de cinco días consecutivos, las redes de niebla se instalaron tomando en cuenta la presencia de puntos estratégicos para la avifauna tales como quebradas, los filos de las montañas, en la transición de los hábitats contiguos a estos y al interior de los mismos. Se montaron 6 estaciones de muestreo en las coberturas establecidas, para un total de 27 días de muestreo; las coordenadas se muestran en la (Tabla 2.30).

|  |
| --- |
|  |

Fotografía 2.33 : Instalación de redes de niebla para muestreo de aves en la cobertura de vegetación secundaria. Manzanares. Yalí – Antioquia (920151,67-1233960,23)

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

**Unidades de muestreo:** se montaron redes de niebla en tres estaciones de muestreo, las coordenadas se muestran en la (Tabla 2.30).

**Esfuerzo de muestreo:** El esfuerzo de muestreo con redes de niebla se mide en horas red, donde una hora red equivale a una red de 12x2 m abierta durante una hora. Las redes se abrieron de 6:00 am a 10:00 am y de las 15:00 a las 18:00 horas horarias, correspondientes al mayor pico de actividad de las aves; obteniendo así un total de 7 horas día. El muestreo se realizó durante 5 días en 17 puntos, utilizando un total de 3 redes por cobertura, logrando así un tiempo de esfuerzo de muestreo de 1890 horas red.

Tabla 2.30 Coordenadas de ubicación de las redes de niebla en los muestreos realizados para la Avifauna (MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ).

| COBERTURA | PUNTO | No DE RED | Coordenada | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Este | Norte |
| Vegetación secundaria | Manzanares. Municipio de Yalí – Antioquia | Red 1 -1 | 920151,67 | 1233960,24 |
| Red 1 -2 | 920078,83 | 1233904,05 |
| Red 1 -3 | 920027,48 | 1233877,03 |
| Bosque fragmentado | Doña Ana. Vereda Bélgica Yolombó- Antioquia | Red 2 -1 | 920064,71 | 1226087,21 |
| Red 2 -2 | 919998,98 | 1226055,57 |
| Red 2 -3 | 919989,19 | 1226014,00 |
| Bosque denso | Vereda San Cristóbal Remedios -Antioquia | Red 3 -1 | 923803,58 | 1255045,34 |
| Red 3 -2 | 923800,54 | 1255007,30 |
| Red 3 -3 | 923783,60 | 254988,41 |
| El pino, vereda Guardasol Maceo –Antioquia | Red 6 -1 | 921484,52 | 1220268,18 |
| Red 6 -2 | 921548,43 | 1220261,56 |
| Pastos arbolados | Finca bagamiento- Vereda Bélgica. Vegachí- Antioquia | Red 4 -1 | 921820,55 | 1247433,53 |
| Red 4 -2 | 921824,17 | 1247490,37 |
| Red 4 -3 | 921752,16 | 1247684,24 |
| Bosque ripario | Vereda San Cipriano Maceo- Antioquia | Red 5 -1 | 919377,49 | 1214245,40 |
| Red 5 -2 | 1214249,48 | 919457,92 |
| Red 5 -3 | 919482,43 | 1214215,61 |

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Las redes fueron revisadas en intervalos de tiempo de 15 a 30 minutos aproximadamente y los individuos capturados fueron retirados cuidadosamente de las redes, de manera tal que se minimice la posibilidad de lesión o estrés de los ejemplares capturados. En los casos en los cuales las aves fueron de difícil extracción en la red, se utilizó una navaja para cortar la red. Posterior a su retiro, cada ejemplar fue introducido en bolsas de tela y se transportaron a un área segura para el animal y en la cual pudieran ser manipulados con mayor facilidad. Se les tomaron características reproductivas o de muda y se realizó el registro fotográfico de tal forma que se alcance el máximo nivel de identificación taxonómico (Fotografía 2.34).

|  |
| --- |
|  |

Fotografía 2.34 Toche pico de plata (*Ramphocelus dimidiatus*) en red de niebla. Cobertura de vegetación secundaria, Manzanares. Yalí – Antioquia (920151,67-1233960,23)

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Etapa de Oficina: Para la identificación de las aves registradas se utilizó literatura especializada: Guías de campo de las aves de Colombia (McMullan & Donegan, 2011), A guide to the birds of Colombia (Hilty, 1986) ; Libro rojo de aves de Colombia (Renjifo, l. M., A. M. Franco-Maya, J. D. Amaya-Esp, 2002. ) The Birds of Northern South America: an identification guide (Restall & Lentino, 2006), y Field Guide to the birds of Colombia (McMullan & Donegan, 2014). Adicionalmente, se siguió la clasificación taxonómica de (Remsen et al, 2015) y Con la información obtenida se elaboraron matrices de datos basados en las especies encontradas; a partir de la información obtenida en campo y los documentos disponibles se desarrollaron cada uno de los ítems de información solicitados por los términos de referencia.

* Muestreo de Herpetofauna

Los registros de algunas bases de datos como el Sistema de Información de la Biodiversidad Colombiana (Rodríguez – Mahecha J V, M Alberico, F Trujillo &, 2006), Instituto de Ciencias Naturales de Universidad Nacional de Colombia (ICN, 2015) y el Instituto Alexander von Humboldt (SIB, 2015) fueron consultados con el fin de conocer la distribución de algunas especies con potencial ocurrencia en la zona de estudio, de igual forma se obtuvo información de artículos científicos de la zona y datos registrados en la Jurisdicción de CORANTIOQUIA. Por último, se realizaron verificaciones de distribución de las especies registradas en campo.

Los nombres de las especies, obtenidos mediante las entrevistas fueron verificados a través de trabajos o artículos científicos realizados en la zona.

En cuanto a algunas especies que no fue posible su determinación en campo, se llevó a cabo la revisión de los datos y fotografías de los individuos. Con el fin de establecer su identidad taxonómica con las descripciones diagnósticas tomadas, se obtuvo la identificación hasta el nivel de especie. Para tal fin se emplearon distintas bases de datos como Amphibian Species of the World versión 5.5 (Frost, 2015) y The Reptile Database (Uetz y Hošek, 2015).

Relevamientos por encuentros visuales (REV) o VES (*Survey Visual Encounter*)

Para proceder a la captura y observación de anfibios, se realizaron recorridos utilizando el método VES (*Survey Visual Encounter*) **(Fotografía 2.35)** el cual consiste en la búsqueda de individuos en un área delimitada y durante un tiempo previamente definido ( HEYER et al, 1994) (ANGULO, A. et ál., 2006. ). Este método fue apoyado con transectos de bandas auditivas, el cual permite contar los machos adultos que cantan o emiten vocalizaciones a lo largo de un transecto de una longitud predeterminada; estos recorridos se realizaron a pie y en vehículo, con el fin de aumentar la eficiencia del estudio y de cubrir la mayor parte del área y sus principales coberturas (Heyer et al, 1994) . Se realizaron recorridos entre las 9:00 y las 12:00 horas para las especies diurnas y las 18:00 y 23:00 horas para las especies nocturnas dado que la mayoría de anfibios presentan su pico de actividad en las horas de la noche. Durante los recorridos se evaluaron cuerpos de agua como charcas, lagunas, bajos (pastos inundables) y bosques de galería.

|  |
| --- |
|  |

Fotografía 2.35 Relevamientos por encuentros visuales (REV) o VES (*Survey Visual Encounter*)

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Para los reptiles, la evaluación se realizó mediante recorridos diurnos en los puntos seleccionados, efectuando inspecciones visuales; así mismo, se procedió a realizar remoción de microhábitats preferenciales (troncos y piedras), hojarasca o material en descomposición, observación de huecos de troncos, vegetación arbustiva y potenciales refugios.

En cuanto a los reptiles acuáticos, como tortugas, los cuales se agrupan principalmente al interior o cercanías de los cuerpos de agua, se utilizó el método de conteo nocturno (Rueda- Almoacid et ál., 2007.), el cual es un método eficiente para determinar la distribución espacial de los individuos, la demografía, la abundancia y el uso del hábitat. Para su ejecución, se procedió a observar detenidamente y desplazándose a una velocidad constante, durante las horas de mayor actividad de los cocodrilianos (18:00 a 22:00 horas), alumbrando la superficie y ribera de los cuerpos de agua con luz blanca potente enfocada hacia los ojos.

Durante el trabajo de campo se escogieron diferentes unidades de muestreo teniendo en cuenta cada uno de los hábitats definidos para el área de influencia y finalmente partir de las observaciones directas de la herpetofauna se obtuvieron las coordenadas de cada una de las especies registradas en campo. En la Tabla 2.31 se presentan las coordenadas donde fueron realizados dichos registros.

**Unidades de muestreo:** Se establecieron cinco unidades de muestreo: Vereda Manzanares (Yalí- Antioquia), Vereda Doña Ana (Yolombó- Antioquia), Vereda San Cristóbal (Remedios), Vereda Bélgica (Vegachí), Vereda San Cipriano (Alto de Dolores-Maceo) en las coberturas vegetales definidas para el área de estudio.

**Esfuerzo de muestreo:** El esfuerzo de muestreo en registros directos se mide en horas de muestreo/Persona, para un total 40 horas efectivas de campo en cada unidad de muestreo vegetal, para un total de 200 horas evaluadas por dos investigadores.

Tabla 2.31 Coordenadas de puntos de muestreo herpetofauna

| **PUNTO** | **ALTURA (msnm)** | **Coordenadas Magna Sigma Origen Bogota** | |
| --- | --- | --- | --- |
| **ESTE** | **NORTE** |
| 1 | 1056 | 920004,982 | 1233836,03 |
| 2 | 1019 | 920114,219 | 1233906,21 |
| 3 | 1018 | 920065,163 | 1233856,4 |
| 4 | 1025 | 920072,297 | 1233820,34 |
| 5 | 1035 | 920072,284 | 1233736,39 |
| 6 | 1023 | 920093,473 | 1233933,89 |
| 7 | 1054 | 920424,245 | 1234348,26 |
| 8 | 1050 | 920484,954 | 1234276,83 |
| 9 | 997 | 920245,61 | 1238124,68 |
| 10 | 980 | 920089,608 | 1226018,72 |
| 11 | 982 | 920162,521 | 1226044,05 |
| 12 | 965 | 920018,647 | 1226346,08 |
| 13 | 972 | 919363,845 | 1226256,91 |
| 14 | 975 | 920022,831 | 1226030,65 |
| 15 | 973 | 919992,324 | 1226192,28 |
| 16 | 970 | 920026,326 | 1225925,25 |
| 17 | 983 | 920110,729 | 1225715,1 |
| 18 | 969 | 919979,798 | 1226247,71 |
| 19 | 932 | 923981,132 | 1255154,25 |
| 20 | 959 | 924073,176 | 1255137,53 |
| 21 | 961 | 924088,181 | 1255119,37 |
| 22 | 882 | 923833,156 | 1254861,16 |
| 23 | 982 | 923938,573 | 1255149,78 |
| 24 | 942 | 921731,629 | 1247550,79 |
| 25 | 944 | 921606,302 | 1247269,83 |
| 26 | 953 | 921477,989 | 1247213,39 |
| 27 | 946 | 921700,609 | 1247655,24 |
| 28 | 941 | 921690,174 | 1247625,28 |
| 29 | 941 | 921722,815 | 1247571,04 |
| 30 | 938 | 921735,95 | 1247407,67 |
| 31 | 941 | 921599,937 | 1247601,52 |
| 32 | 921 | 921592,561 | 1247622,11 |
| 33 | 914 | 919377,272 | 1214240,87 |
| 34 | 914 | 919352,823 | 1214238,58 |
| 35 | 898 | 919316,33 | 1214167,52 |
| 36 | 910 | 919472,888 | 1214197,93 |
| 37 | 912 | 919506,414 | 1214205,95 |
| 38 | 934 | 919560,941 | 1214203,22 |
| 39 | 950 | 919540,713 | 1214212,43 |
| 40 | 907 | 919489,627 | 1214223,56 |
| 41 | 1028 | 919420,896 | 1214194,91 |
| 42 | 992 | 921645,853 | 1220791,18 |
| 43 | 982 | 921376,263 | 1220201,42 |
| 44 | 990 | 921439,669 | 1220224,77 |
| 45 | 974 | 921605,958 | 1220111,84 |
| 46 | 1034 | 921858,083 | 1220162,36 |
| 47 | 1077 | 921728,181 | 1220275,9 |
| 48 | 697 | 925596,48 | 1265964,91 |
| 49 | 690 | 926841,46 | 1265218,93 |
| 50 | 939 | 924023,41 | 1255119,79 |
| 51 | 1107 | 921201,95 | 1219808,93 |
| 52 | 981 | 918796,89 | 1225974,5 |
| 53 | 1025,9 | 919873,523 | 1234291,12 |
| 54 | 974,64 | 920211,111 | 1226452,97 |
| 55 | 975,633179 | 919971,885 | 1226054,62 |
| 56 | 970,929199 | 920046,309 | 1225902,1 |
| 57 | 987,298096 | 920008,955 | 1226070,38 |
| 58 | 964,366211 | 919990,448 | 1226195,16 |
| 59 | 983,190247 | 919418,135 | 1226251,41 |
| 60 | 981,021667 | 919419,353 | 1226252,62 |
| 61 | 984,959473 | 920342,903 | 1240438,92 |
| 62 | 979,669861 | 923981,662 | 1255292,27 |
| 63 | 893,31189 | 923639,761 | 1255565,73 |
| 64 | 964,633484 | 921817,739 | 1247700,19 |

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Manipulación y determinación de especies

Con el fin de obtener los registros fotográficos y datos requeridos para la determinación final de las especies presentes en el área de influencia los individuos fueron capturados de manera temporal y manualmente (Fotografía 2.36) o con ayuda de instrumentos herpetológicos como la pinza para el caso de serpientes**;**  la mayor parte de las especies registradas fueron determinadas en campo; los registros fotográficos fueron utilizados para corroborar la identidad taxonómica con el uso de libros y guías correspondientes (Acosta-Galvis, 2015) (Castaño , Cardenas , & Castro - Herrera, 2002) (Paez & Gutierrez , 2002) (Rueda -Almonacid, Lynch, & Amézquita, 2004).

|  |
| --- |
|  |

Fotografía 2.36 Manipulación de reptiles

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

* Etapa post-campo

Análisis de datos

Índices para el Análisis de la Fauna en el Área de estudio

Se midieron y analizaron los índices ecológicos sugeridos por el Manual de Métodos para el desarrollo de Inventarios de Biodiversidad (Villarreal, Álvarez, & Escobar, 2004)

Utilizando el programa Estimates 8.0 se calcularon las curvas de acumulación utilizando los estimadores Chao 1 y ACE (Colwell. R, 2009).

Con el programa PAST (Hammer & Harper, 2005), se estimaron los diferentes índices (Bray-Curtis, Jaccard,Shannon-Wiener y Simpson) para el análisis de los datos.

Índices para medir diversidad alfa

La diversidad alfa es la riqueza de especies de una comunidad determinada y que se considera homogénea, por lo tanto es a un nivel local. Para este caso se estimaron índices directos e índices de abundancia proporcional (Villarreal, Álvarez, & Escobar, 2004).

Índices de abundancia proporcional:

Índices de dominancia (Simpson):

Tiene en cuenta las especies que están mejor representadas (dominan) sin tener en cuenta las demás. El índice de Simpson (λ) muestra la probabilidad de que dos individuos sacados al azar de una muestra correspondan a la misa especie.

Donde

ρ*i* = abundancia proporcional de la especie *i*, lo cual implica obtener el número de individuos de la especie *i* dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Índice de Equidad (Shannon- Wiener):

Tiene en cuenta la abundancia de cada especie y qué tan uniformemente se encuentran distribuidas. El índice de Shannon- Wiener (*H´*) asume que todas las especies están representadas en las muestras y que todos los individuos fueron muestreados al azar; indica que tan uniformes están representadas las especies (en abundancia) teniendo en cuenta todas las especies muestreadas.

y

Donde

ρi= abundancia proporcional de la especie *i*, lo cual implica obtener el número de individuos de la especie *i* dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Puede adquirir valores entre cero (0) cuando hay una sola especie y el logaritmo de S cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos. Puede verse fuertemente influenciado por las especies más abundantes.

Índices para medir diversidad beta

El grado de recambio de especies (diversidad beta), ha sido evaluado principalmente teniendo en cuenta proporciones o diferencias. Las proporciones pueden evaluarse con ayuda de índices, así como el coeficiente que indica que tan similares/disímiles son dos comunidades o muestras (Villarreal, Álvarez, & Escobar, 2004).

Métodos cualitativos

Expresan la semejanza entre dos muestras considerando la composición de especies.

Índice de Jaccard (Ij)

Relaciona el número de especies compartidas con el número total de especies exclusivas.

Donde

a= número de especies en el sitio A

b= número de especies en el sitio B

c= número de especies presentes en ambos sitios A y B, es decir que están compartidas

El rango de éste índice va desde cero (0) cuando no hay especies compartidas, hasta uno (1) cuando los dos sitios comparten las mismas especies.

Índice de Bray-Curtis

Utilizada para cuantificar la disimilitud de composición entre dos sitios diferentes, basado en conteos en cada sitio.

 BC_ {ij} = 1 - \ frac {2C_ {ij}} {S_I + S_j}  

Donde

 C_ {ij}  ­= Suma de los valores menores sólo para aquellas especies en común entre ambos sitios.

 S_I Y  S_j = Número total de especímenes contados en ambos sitios.

2C / 2 = C donde la abundancia en cada sitio se expresa como un porcentaje.

El índice de Bray-Curtis está entre 0 y 1, donde 0 significa que los dos sitios tienen la misma composición (es decir que comparten todas las especies), y 1 significa que los dos sitios no comparten ninguna especie.

* Identificación de especies en estado de amenaza o veda

Para establecer la categoría de amenaza de las especies se tuvieron como base los apéndices de la convención sobre el Comercio Internacional de Especies de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2013) , la Resolución 0191 de 2010 del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MADS, 2010), El libro Rojo de Aves de Colombia (Renjifo, l. M., A. M. Franco-Maya, J. D. Amaya-Esp, 2002. ) y la Lista Roja de la UICN, por las cuales se declaran las especies silvestres que se encuentran amenazadas.

**Especies CITES:** las especies catalogadas en los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) son de gran interés teniendo en cuenta que la cacería y el comercio, principalmente para el mercado de mascotas, son la segunda causa de amenaza sobre la avifauna colombiana. La cacería afecta principalmente a las especies acuáticas, rapaces grandes y frugívoras grandes, mientras que el tráfico de aves vivas se centra principalmente en aquellas de atractivo ornamental (Renjifo, l. M., A. M. Franco-Maya, J. D. Amaya-Esp, 2002. ) Las categorías utilizadas se relacionan a continuación:

**Apéndice I:** Comercio Internacional de especímenes silvestres NO PERMITIDO. Se incluyen todas las especies en peligro de extinción que son o pueden ser afectadas por el comercio. El comercio de individuos de estas especies requiere PERMISO DE IMPORTACIÓN Y PERMISO DE EXPORTACIÓN

**Apéndice II:** Comercio Internacional de especímenes silvestres PERMITIDO. Se incluyen todas las especies que, si bien en la actualidad no se encuentran necesariamente en peligro de extinción, podrían llegar a esta situación a menos que el comercio de especímenes de dichas especies este sujeto a una reglamentación estricta a fin de evitar utilización incompatible con su supervivencia y, aquellas otras especies no afectadas por el comercio, que también deberán sujetarse a reglamentación con el fin de permitir un eficaz control del comercio en las especies a las que se refiere el subpárrafo precedente. Se requiere PERMISO DE EXPORTACIÓN.

**Apéndice III:** Comercio Internacional de especímenes silvestres PERMITIDO. Incluye todas las especies reglamentadas en jurisdicciones particulares, con el objeto de prevenir o restringir su explotación y que necesitan la cooperación de otras partes en el control de su comercio. Se requiere PERMISO DE EXPORTACIÓN O CERTIFICADO DE ORIGEN.

A su vez, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible publicó la Resolución número 192 (MADS, 2014), por la cual se declararon las especies silvestres que se encuentran amenazadas en el territorio nacional, en la que se entiende por especie amenazada, aquella que ha sido declarada como tal por tratados o convenios internacionales aprobados y ratificados por Colombia o haya sido declarada en alguna categoría de amenaza por el MADS. Esta información se complementó con la consulta del libro rojo de aves (Renjifo, l. M., A. M. Franco-Maya, J. D. Amaya-Esp, 2002. ) de Colombia.

Para determinar el estado de conservación de cada especie de aves en la zona se aplicaron las categorías de la UICN disponibles en la página oficial de la organización. Dentro de las categorías de amenaza sólo se tuvieron en cuenta las especies que están en estado vulnerable (VU), en peligro (EN) y en peligro crítico (CR), ya que estas son las categorías de amenaza. A continuación, se referencian las categorías y las definiciones de las listas rojas de la UICN utilizadas:

***En peligro Crítico* (CR)**: Cuando una especie enfrenta un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre en el futuro inmediato, presentando una rápida reducción en tamaño poblacional.

***En peligro* (EN):** Considerada cuando no estando son especies que enfrentan un alto riesgo de extinción o deterioro poblacional en estado silvestre en el futuro cercano.

***Vulnerable* (VU):** Un taxón está en la categoría de “Vulnerable” cuando la mejor evidencia disponible indica que enfrenta un moderado riesgo de extinción o deterioro poblacional a mediano plazo.

***Casi Amenazado* (NT):** Un taxón está en la categoría de “*Casi Amenazada*” cuando ha sido evaluado, pero, actualmente no satisface los criterios para En peligro Crítico, En peligro o Vulnerable, pero está próximo a calificar para una categoría de amenaza en el futuro próximo.

Durante el trabajo en campo se registraron estados reproductivos, presencia de nidos o zonas de cría y zonas de paso para las aves migratorias, con la información obtenida se determinaron las relaciones funcionales de las especies con el ambiente, así mismo se determinó el hábito alimenticio de cada una de las especies encontradas

Igualmente una vez verificadas las coberturas vegetales y el uso dado por las especies de aves registradas se procedió a identificar las zonas de importancia ecológica así como las posibles rutas de desplazamiento utilizadas por estos animales, teniendo un enfoque especial en las especies de importancia.

* Identificación de grupos funcionales y especies vulnerables: análisis de la estructura trófica

Para determinar las principales cadenas tróficas y fuentes naturales de alimentación de las especies de los grupos faunísticos caracterizados; se procedió a evaluar su estructura trófica, la cual hace referencia a las relaciones alimenticias de las especies de una comunidad que son determinadas por el flujo de materia y energía en los ecosistemas. Las especies de aves, mamíferos, reptiles y anfibios, fueron agrupadas en gremios (frugívoro, granívoro, nectarívoro, insectívoro, hematófago, carnívoro, omnívoro y carroñero) y niveles tróficos (consumidor primario, secundario y terciario) de acuerdo con el tipo de alimento que consumen; adicionalmente, se identificaron las principales fuentes de alimentación y roles ecológicos (control poblacional, dispersor de semillas, polinizador, reciclador de nutrientes) que cumplen las especies en el área de influencia del proyecto.

* Áreas adecuadas para cría, reproducción, alimentación, anidación y zonas de paso para especies migratorias

Las especies de cada grupo taxonómico fueron agrupadas de acuerdo con el tipo de uso de las unidades de vegetación definidas en el inventario florístico, empleando criterios de selección como sitio de refugio, alimentación, corredor de migración y concentración estacional. De igual forma, para las coberturas boscosas donde se presenta estructura vertical y horizontal, se determinó la distribución espacial, tanto horizontal (borde o interior) como vertical (estratos: sotobosque, medio o subdosel, dosel y emergente).

##### Ecosistemas Acuáticos

El presente estudio se caracterizó por la toma de muestras y análisis de las comunidades de fitoplancton, zooplancton, macroinvertebrados bentónico, perifiton, peces y macrófitas en diferentes cuerpos de agua lóticos y lénticos, desarrollado el 17 de septiembre de 2015 en el régimen climático correspondiente a la época de lluvias.

Las metodologías utilizadas para la realización del muestreo en campo, preservación y para el análisis de las muestras en laboratorio se basó en el manejo de la metodología descrita por el Standard Methods edición 22 y de algunas otras literaturas que describen procedimientos totalmente normalizados, validados y certificados para la correcta obtención de los datos hidrobiológicos.

El objetivo de conocer su estado de calidad ambiental por medio de la identificación de organismos biológicos, teniendo en cuenta esto la Tabla 2.32 muestra las variables evaluadas para el monitoreo hidrobiológico.

Tabla 2.32 Variables Hidrobiológicas

| Comunidad | Método usado | |
| --- | --- | --- |
| Muestreo | Análisis |
| Fitoplancton | 10200B SM | Semina 1978 **En:** UNESCO 1978 |
| Zooplancton | 10200B SM | Paggi y Paggi, 1995 **En:** Lopretto y Tell, 1995 |
| Bentos | 10500B SM | 10500C SM |
| Perifiton | Rivera y Zapata (2009) | 10300C, SM modificado |
| Macrófitas | 10400 C,D SM; Ramírez, (200 ) | 10400D, SM |
| Ictiofauna | EPA/600/R-92/111 | EPA/600/R-92/111 |

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

#### **Área de estudio**

Las estaciones sometidas a estudios fueron ubicadas en el área de influencia del proyecto como se relaciona en la siguiente tabla:

Tabla 2.33 Estaciones de muestreo. Monitoreo Hidrobiológico de aguas superficiales.

| Unidad  funcional | Estación | Coordenadas Magna Sigma Origen Bogota | |
| --- | --- | --- | --- |
| Norte | Este |
| UF1 | Quebrada La Culebra Aguas Arriba Captación Municipal | 1269627 | 929542 |
| Quebrada la Culebra | 1268236 | 929400 |
| Río Ité | 1264421 | 926861 |
| Quebrada Curuna | 1265862 | 925562 |
| Quebrada La Honda | 1254843 | 923766 |
| Quebrada Pescadito | 1249005 | 920710 |
| UF2 | Río El Volcán | 1240175 | 921028 |
| Quebrada NN Finca Manzanares | 1234027 | 920096 |
| Humedal Finca Manzanares | 1233888 | 920067 |
| Quebrada La Ramada - La Mirla | 1224694 | 920336 |
| Río San Bartolomé | 1227719 | 920972 |
| Quebrada NN - El Pino | 1220097 | 921587 |
| Río Monos | 1214880 | 919355 |

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S.2015

Una vez se llega a los puntos de muestreo previamente establecidos se deben registrar algunas de las características propias del medio como lo son el tipo de sistema, ancho y profundidad, color del agua, corriente, sustrato, vegetación circundante y todo tipo de posibles variables del medio. Durante la etapa de campo se tomaron las muestras de cada comunidad basados en el procedimiento ENVI-OPE-P-15. A continuación se describe cada una de las comunidades a monitorear.

##### **Plancton (fitoplancton y zooplancton)**

La comunidad planctónica fue muestreada utilizando una red cónica, la cual se encuentra conectada con una botella colectora en su extremo terminal. De esta red se debe tener en cuenta el tamaño del ojo de malla el cual es de 23 μm para fitoplancton. A través de esta red se hizo pasar un volumen de agua conocido para lograr obtener un dato significativo. Finalmente la muestra fue teñida con lugol, fijada con solución de Kew y rotulada para su identificación (Fotografía 2.37). El volumen filtrado fue de 80L dependiendo de la turbidez del agua y especialmente de la colmatación de la red.

|  |
| --- |
|  |

Fotografía 2.37 Muestreo comunidad Planctónica

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S.2015

##### **Perifitón**

Para esta comunidad y de acuerdo con su origen, se procedió a la selección de varios sustratos como lo fueron rocas, hojas y troncos. A partir de estos sustratos se realizó un raspado con un cepillo de dientes de la biopelicula que se encontraba adherida a los mismos, el área de raspado fue de 45 cm2. Posteriormente la muestra se almacenó en envases ámbar de 75 ml, en donde fue teñida con lugol y fijada con solución de Kew (Fotografía 2.38)

|  |
| --- |
|  |

Fotografía 2.38 Muestreo comunidad Perifítica

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S.2015

##### **Macroinvertebrados bentónicos**

La comunidad bentónica se muestreo con la ayuda de una red Surber de 250 µm de diámetro de poro y de un área de 0,09 m2, con la cual se tomaron cinco replicas, para un total de 0,45m2, con el objetivo de poder colectar una mayor información biológica con respecto a la comunidad. La red Surber fue ubicada en contra de la corriente y se remuevio el sustrato con la mano haciendo que los organismos salieran a flote, entre a la red por efecto de la corriente y queden atrapados en ella, para luego ser dispuestos en bolsas ziplock, a las que posteriormente se les adiciona solución de Kew para la preservación y finalmente son rotuladas para su identificación. En el punto quebrada la Malena UF4 se utilizó una draga tipo Ekman con área de 0,1 m2 para la colecta de macroinvertebrados bentónicos (Fotografía 2.39)

|  |
| --- |
|  |

Fotografía 2.39 Muestreo comunidad de Macroinvertebrados Bentónicos

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S.2015

##### **Macrófitas**

La toma de datos para la comunidad de macrófitas se realiza por medio de la utilización de una línea transecto de 10 m, la cual se extiende a lo largo de los parches de donde se observa la presencia de macrófitas. Luego se ubica un cuadrante de 1m2 en cada metro e intercalado a lo largo de la cuerda. Se anota el porcentaje de cobertura y la riqueza de cada especie por cuadrante para finalmente poder determinar una cobertura total de los organismos Ramírez, (2006). Una vez terminada la toma de los datos se colecta un organismos por especie procurando tomarlo por completo (raíz, tallo, hojas y flores si es posible) se extiende sobre papel periódico y es rociado con solución Transeau, para finalmente ser dispuesta en bolsas ziplock, prensada y rotuladas (Fotografía 2.40)

|  |
| --- |
|  |

Fotografía 2.40 Muestreo comunidad Macrófitas

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S.2015

##### **Ictiofauna**

Para el monitoreo de esta comunidad se utilizó como arte de pesca la atarraya con 2” ojo de malla y la red de mano (70x70 cm2) con tamaño de poro de 2 mm especial para capturar peces con un esfuerzo de pesca de 60 minutos (Figura 18) incluyendo varios microhabitats a los cuales pueden estar asociadas las macrófitas, zonas de sombra, aguas estancadas, entre otras (Fotografía 2.41)

|  |
| --- |
|  |

Fotografía 2.41 Muestreo fauna íctica

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

#### *Medio Socioeconómico*

La metodología es esencialmente investigativa y participativa, abordando información primaria y secundaria que suministra los elementos para la identificación de cada uno de los componentes del medio socioeconómico. La metodología responde a la necesidad de realizar un proceso participativo e incluyente, en donde los conocimientos que la comunidad tiene sobre el territorio, la cosmovisión, la cultura, la economía, las relaciones sociales, entre otros aspectos, sean incorporados en los elementos y análisis del estudio. El propósito es garantizar el diálogo entre el saber tradicional y el saber científico, lo que enriquecerá el trabajo, ajustándolo a la realidad; de forma que se privilegie el papel de las comunidades y autoridades locales en el conocimiento y reconocimiento de sus territorios como producto de su quehacer como sociedad y la interacción con su entorno.

##### Actividades previas e insumos para la consolidación de información

Previo a las actividades desarrolladas en el área, se hizo pertinente definir criterios, alcances y procedimientos para que las acciones realizadas en campo dieran respuesta a la información requerida en cada uno de los componentes del Medio socioeconómico. A continuación, se presentan las actividades correspondientes a la etapa pre-campo.

###### Revisión de información secundaria y solicitudes de información a entidades

Se realizó la recolección y análisis de los documentos oficiales y académicos escritos sobre la región, así como documentación disponible en internet, principalmente la información de las entidades municipales, departamentales y nacionales, de igual forma se solicitó pronunciamiento oficial e información relevante a entidades relacionadas con los aspectos sociales y culturales del territorio (Ver anexo Capitulo 2 / Carpeta 2.1.)

Entre la información secundaria consultada se encuentra:

* Antecedentes de estudios en el área.
* Planes de Desarrollo Municipal vigentes (2012 – 2015)
* Esquemas y Planes de Ordenamiento Territorial vigentes de los municipios.
* Estadísticas del DANE. Censo de población (2005)
* Páginas Web Oficiales de los municipios.
* Páginas web Oficiales de la Gobernación de los Departamentos (Antioquia y Santander).
* Anuario estadístico de Antioquia (2012)
* Página Web del Departamento Nacional de Planeación (DNP)
* Mapa Social del Departamento para la Prosperidad Social (DPS)

###### Identificación de territorios en el Área de Influencia del proyecto

De acuerdo con la ubicación de las actividades a desarrollar, la revisión de los Esquemas de Ordenamiento Territorial, las agendas ambientales, y varias reuniones con los equipos de trabajo, se identificaron los territorios (Departamentos, Municipios, corregimientos y veredas) sobre los que tiene incidencia el proyecto.

###### Identificación de actores sociales

A partir de la identificación preliminar del Área de Influencia y teniendo en cuenta la información de los DAA relacionados con el proyecto, se identificaron las comunidades, autoridades, líderes y organizaciones que habitan las áreas en las que se ubica el proyecto. Con ello, se adelantó una revisión, inicialmente documental, que permitió la construcción de un directorio de actores sociales que fue relevante para el proceso social realizado.

###### Preparación de instrumentos de recolección de Información

Consistió en el diseño y elaboración de diferentes herramientas de divulgación y recolección de información, que fueron aplicados en campo. (Ver Anexo 2.6.)

##### Actividades de campo orientadas a consolidar información de cada uno de los componentes del Medio socioeconómico

###### Participación y socialización con las comunidades

Para las reuniones de socialización con comunidades y autoridades, se establecieron dos momentos; Inicio del EIA y Resultados, estos dos momentos se llevaron a cabo tanto con autoridades departamentales y municipales (Unidades territoriales mayores) como con comunidades de los corregimientos y veredas (Unidades territoriales menores). Como aspecto preliminar, para el desarrollo de estas socializaciones se realizó una presentación en diapositivas para el primer momento y la presentación del segundo momento se realizó cuando ya se tenían los resultados del EIA. Como soporte de estas reuniones se llevaron actas y listados de asistencia en los formatos que aquí se adjuntan (Ver Anexo 2.6 / Carpetas 11 y 12).

* Autoridades departamentales y municipales

Primer momento de socialización: Con el objetivo de presentar las características generales del proyecto y alcances del EIA, se propuso una jornada que además de la presentación general del proyecto y del EIA, incluyo el resultado de los DAA que dieron origen al auto 1664, adicionalmente se abordó lo correspondiente a identificación de impactos con y sin proyecto, servicios ecosistémicos y paisaje.

Segundo momento de socialización: El segundo momento, se hizo con la finalidad de socializar los resultados del Estudio de Impacto Ambiental, en estas reuniones se presentaron los aspectos generales encontrados para el medio abiótico, biótico y socioeconómico, además se presentaron las medidas de manejo dispuestas para mitigar, corregir, prevenir y compensar impactos identificados, la zonificación ambiental, en que consiste el Plan de compensación del 1%, compensación por pérdida de biodiversidad y se presentaron los programas del Plan de Gestión Social. Al finalizar se brindó espacio para resolver inquietudes y comentarios.

* Comunidades de unidades territoriales menores

Primer momento de socialización: Con el objetivo de presentar las características generales del proyecto, resolver inquietudes y obtener información para el inicio de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental se propuso una jornada que incluyó: Presentación general del proyecto, exposición de la importancia y características del EIA, resultados de los DAA relacionados con el proyecto y respuestas a inquietudes o comentarios.

Como parte de esta jornada de socialización, se realizaron actividades participativas que permitieron la recolección de información acerca del territorio, entre estas actividades se realizó un ejercicio de cartografía social (mapa parlante) por medio del cual se buscó caracterizar la unidad territorial en términos de Infraestructura vial, viviendas, limites veredales y/o municipales, servicios sociales y públicos y otra información relevante para la caracterización.

Así mismo, se realizó con la comunidad una actividad de identificación de impactos sin y con proyecto, mediante esta se identificaron los posibles impactos que se podrían dar en el área a causa del proyecto, de esta identificación colectiva con la comunidad se realizó el registro en el formato respectivo. (Ver Anexo 2.6 / Carpeta 1)

Segundo momento de socialización: La segunda fase se hizo con la finalidad de socializar los resultados del Estudio de Impacto Ambiental a los representantes, asociaciones, líderes y comunidades en general. En ella se presentaron los aspectos generales encontrados para el medio abiótico, biótico y socioeconómico, además se presentaron los impactos identificados por las comunidades y autoridades, así como las medidas de manejo planteadas para mitigar, corregir, prevenir y compensar dichos impactos, se expuso la zonificación ambiental, en que consiste el Plan de compensación del 1%, compensación por pérdida de biodiversidad y se presentaron los programas del Plan de Gestión Social, al final se brindó el espacio para resolver inquietudes y comentarios.

###### Componente demográfico, económico y cultural

Para consolidar esta información se hizo una recolección primaria por medio del formato FICHA VEREDAL (Ver Anexo 2.6 / Ficha veredal) que contempla los aspectos requeridos para estos componentes a nivel de unidades territoriales menores. Adicionalmente la información se contrastó con cifras censales del DANE (2005) información poblacional del SISBEN de cada municipio, cifras derivadas de los Esquemas de ordenamiento, Planes de desarrollo vigentes y páginas web de los municipios y el departamento. (Ver Fotografía 2.42 y Fotografía 2.43)

|  |
| --- |
|  |

Fotografía 2.42 Diligenciamiento de ficha veredal con docentes del municipio de Maceo

Fuente Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

|  |
| --- |
|  |

Fotografía 2.43 Diligenciamiento de ficha veredal con presidente JAC de “San Juan” en el municipio de Vegachí

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

Para determinar si en el Área de Influencia del proyecto hay existencia o no de comunidades étnicas y/o afro descendientes, se hizo la respectiva consulta en el INCODER, así como ante el MINISTERIO DEL INTERIOR. (Ver anexo Capitulo 2 / Carpeta 2.1.)

###### Componente espacial

Se realizó un reconocimiento en campo que permitió la identificación y georreferenciación de los sitios de equipamiento social y cultural de especial importancia para las comunidades de las unidades territoriales por las que pasa el proyecto. Con información consignada en la FICHA VEREDAL y el apoyo de la comunidad se identificaron y visitaron los lugares más representativos de estas áreas, esta información fue complementada con fuentes secundarias y de este modo se realizó un análisis para determinar la incidencia del proyecto en cuanto al componente espacial

##### Componente arqueológico:

Metodológicamente el estudio de prospección arqueológica se abordó bajo los lineamientos que comprende el reconocimiento sistemático, cuyo objetivo es documentar los patrones de distribución de los sitios en un área determinada a partir de la identificación sistemática de las zonas en las que hay evidencias de ocupación antigua o prehispánica, como en las que no existe evidencia alguna. En este sentido, el estudio de reconocimiento sistemático además de permitir identificar un inventario más o menos exhaustivo de la presencia de depósitos de material arqueológico en un área, puede considerarse como el estudio del paisaje en una región particular (Drennan, 1985; Drennan *et al*, 2001:42-43).

Cada actividad arqueológica se georreferencio y se registró como un lote, entendido este como un conjunto de artefactos que representa cierta ubicación y extensión en el campo (Drennan *et al*, 2001:49). A cada conjunto de artefactos o lote, se le asignó un consecutivo numérico correspondiente a una ficha en la que se consignaron aspectos relativos a su localización en terreno, tipo de material que lo constituye (cerámica, lítico, restos óseos, semillas, entre otros) y forma mediante la cual se recuperó (prueba de pala, recolección superficial, etc.).

Cuando se detectaron áreas grandes en las que se efectúen más de una colección, los lotes espacialmente contiguos procedentes de una geoforma específica (como puede ser una colina, una terraza, etc.) se agruparon en unidades mayores denominadas sitios, entendidos como una agregación convencional de lotes (Drennan *et al*, 2001:49). Al igual que los lotes, cada sitio también se georreferenciación, y se catalogó con un código alfanumérico.

Al tenor de lo anteriormente mencionado, se empezó por hacer un recorrido a pie por el área de interés del proyecto, con el fin de realizar una Zonificación Preliminar del área del proyecto buscando efectuar una caracterización antrópica de los paisajes fisiográficos presentes, con la ayuda de la cartografía existente de la geomorfología del proyecto.

Posteriormente luego de haberse realizado la zonificación preliminar se comenzaron los trabajos de prospección arqueológica con el objeto de inspeccionar las áreas en búsqueda de materiales arqueológicos en superficie, expuestos en perfiles, cultivos o caminos, con la intención de establecer relaciones entre eventos de ocupación y procesos de formación del sitio.

Dentro de la implementación de las técnicas de muestreo, se tuvo en cuenta la observación de las unidades de paisaje; es decir se caracterizaron en dos grandes grupos; la primera definidas como zonas con potencial arqueológico medio y alto corresponden a terrazas encima de colina, descansos de ladera, lomos aterrazados, cimas de colina, terrazas a media ladera, algunas zonas planas y de pendiente suave. En estas unidades se efectuaron una prospección sistemática cada 25m, con pozos de sondeo de 50x50 cm y profundidades que oscilaran entre 80 y 100 cm o hasta hallar el horizonte estéril culturalmente. En caso de reportarse una concentración de material considerable, se intensifica el sondeo a 10 m, de con el fin de delimitar e identificar el tipo de yacimiento (montículos, aterrazamientos artificiales, basureros, campos de cultivo, tumbas, huellas de poste, plantas de vivienda, perfiles o taludes, sitios de enterramiento, entre otros) y contextualizar vestigios de la cultura material (cerámica, líticos, macro restos, restos óseos, etc.).

El segundo grupo corresponde a zonas que presentan alteraciones antrópicas modernas (construcciones actuales) y aquellas unidades de paisaje que presentan características geomorfológicas y naturales adversas pendientes altas, cañadas, humedales, lagunas, ríos, derrumbes y similares, definidas como zonas de bajo potencial arqueológico. En estas zonas se tomaron puntos de referencia (GPS) con el fin de delimitarlas, las características geomorfológicas y de vegetación de estas unidades de paisaje se detallaron en los diarios de campo y ficha de sitio, con su respectivo registro fotográfico.

Cada pozo de sondeo, se ubicó con la ayuda de GPS, se colocó su respectivo número consecutivo y se registró la estratigrafía de uno sus perfiles expuestos. El material arqueológico recuperado de cada una de las unidades mínimas de excavación (sondeos, perfiles, RS, donaciones, entre otros) fue empacado por separado en bolsas plásticas transparentes dependiente de su categoría, ya sea, cerámica, lítico, restos óseos entre otros. Cada bolsa plástica contendrá su respectivo rótulo, donde se consignará información relativa al proyecto en cuestión, sitio de muestreo, abscisa, número del pozo y tipo de material, fecha y tipo de actividad.

**Fase de Laboratorio:** En esta fase se analizaron y clasificaron los materiales arqueológicos recuperados en terreno, los resultados se consignaron en una base de datos que ayudo a sistematizar y evaluar la información recuperada.

###### Componente político-organizativo

Por medio de consulta de información secundaria, solicitud de datos en las alcaldías municipales, observación y recolección de datos en campo (Ficha veredal), fue posible consolidar un análisis frente al componente político-administrativo en los territorios en los que tiene incidencia el proyecto.

###### Tendencias del desarrollo

Por medio de trabajo en campo y solicitud de información a entes municipales y departamentales, se consolidó un análisis que consideró los procesos productivos, industriales y de desarrollo en cada unidad territorial, haciendo una interrelación de estos procesos con el proyecto y a su vez con los Esquemas de Ordenamiento y Planes de Desarrollo de los municipios del área de influencia.

###### Información sobre población a compensar

La construcción de este proyecto no requiere adelantar procesos de reasentamiento; no obstante, durante el trabajo de campo, se identificaron unidades sociales que pueden ser afectadas durante el proceso constructivo, para ello se consideraron las viviendas ubicadas concretamente en las áreas requeridas, cada una de estas viviendas fue georreferenciada y para conocer las características de quienes allí residen, se levantó información que permitió conocer factores económicos, demográficos y culturales. Ver FICHA PUNTUAL (Anexo 2.6 / Ficha puntual). Los datos obtenidos servirán de base para adelantar el respectivo proceso de compensación de conformidad con la Resolución 545 del entonces INCO.

#### *Servicios ecosistémicos*

Para identificar los servicios Ecosistémicos asociados al proyecto se realizó la identificación de los ecosistemas presentes en el área de influencia partir de la metodología previamente descrita (Aparte 2.3.4 Medio Biótico). Para la identificación se trabajaron dos fases correspondientes a la identificación se servicios con la comunidad y la identificación de servicios asociados al proyecto.

##### Identificación de servicios ecosistémicos con la comunidad

Se realizó la identificación de servicios Ecosistémicos con la comunidad y se realizó una valoración de los mismos para determinar el grado de dependencia que tiene la comunidad sobre cada servicio. Para esta fase se aplicó el Taller de ecosistemas el cual se encuentra descrito en el Anexo 2.7 Servicios ecosistémicos

A partir de los resultados obtenidos con la comunidad se realizó una clasificación de los servicios según su tipo (regulación, aprovisionamiento, soporte, culturales) y según la valoración obtenida se clasificaron bajo los siguientes criterios:

*Dependencia alta:* Los medios de subsistencia de la comunidad dependen directamente del servicio ecosistémico.

*Dependencia media:* La comunidad se beneficia del servicio ecosistémico pero su subsistencia no depende directamente del mismo.

*Dependencia baja:* La comunidad se beneficia del servicio ecosistémico pero su subsistencia no depende directa ni indirectamente del mismo; existen múltiples opciones alternativas para el aprovechamiento del servicio ecosistémico

##### Identificación de servicios Ecosistémicos asociados al proyecto

En esta fase se identificaron los impactos sobre los servicios ecosistémicos por las actividades del proyecto y la dependencia del proyecto de los servicios ecosistémicos. Para clasificar la dependencia del proyecto sobre los servicios ecosistémicos se utilizaron:

*Dependencia alta:* Las actividades que hacen parte integral y central del proyecto requieren directamente de este servicio ecosistémico.

*Dependencia media:* Algunas actividades secundarias asociadas al proyecto dependen directamente de este servicio ecosistémico pero podría ser reemplazado por un insumo alternativo.

*Dependencia baja:* Las actividades principales o secundarias no tienen dependencia de los servicios ecosistémicos

### **Zonificación ambiental**

La zonificación ambiental se realizó con base en la información de la caracterización y demanda de recursos, los cuales son los insumos para elaborar los mapas temáticos, tendientes a definir las áreas zonificadas. La evaluación elaborada comprende en general los siguientes pasos:

* Agrupación de atributos, entendiéndose por atributos las unidades definidas en las diferentes variables.
* Superposición de la información usando sistemas de información geográfica (SIG), donde se utiliza cruce y superposición de temas.
* Obtención de mapas de zonificación intermedios.
* Superposición de mapas intermedios para obtener la zonificación final.
* Las unidades zonificadas para toda el área de estudio se definirán de acuerdo con las siguientes categorías de sensibilidad ambiental:
  + Áreas de especial significado ambiental como áreas naturales protegidas, ecosistemas sensibles, rondas, corredores biológicos, presencia de zonas con especies endémicas, amenazadas o en peligro crítico, áreas de importancia para cría, reproducción, alimentación y anidación y, zonas de paso de especies migratorias.
  + Áreas de recuperación ambiental tales como áreas erosionadas, de conflicto por uso del suelo o contaminadas.
  + Áreas de riesgo y amenazas tales como áreas de deslizamientos e inundaciones.
  + Áreas de producción económica tales como ganaderas, agrícolas, mineras, entre otras.
  + Áreas de importancia social tales como asentamientos humanos, de infraestructura física y social y de importancia histórica y cultural.

A partir de la identificación de estas áreas se realizó la zonificación de manejo correspondiente, atendiendo la siguiente clasificación: (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010)

##### Áreas de exclusión

El criterio de exclusión está relacionado con la fragilidad, sensibilidad y funcionalidad socioambiental de la zona, de la capacidad de recuperación de los medios a ser afectados y del carácter de las áreas con régimen especial de protección.

En esta categoría, aplican las zonas protegidas expresamente por la legislación o por disposiciones del gobierno local y aquellas áreas que identifique el estudio, que por presentar un alto grado de vulnerabilidad o riesgo ambiental y social no deben ser intervenidas.

##### Áreas de intervención con restricción

Se trata de áreas donde se deben tener en cuenta manejos especiales y restricciones propias acordes con las actividades y etapas del proyecto y con la sensibilidad socioambiental de la zona. Se identificarán especificando el tipo de restricción y las acciones o tecnologías requeridas para su protección.

De acuerdo con las condiciones que se presenten a lo largo del proyecto se establecerán las siguientes áreas:

* Áreas de intervención con restricción Alta
* Áreas de intervención con restricción Media Alta
* Áreas de intervención con restricción Media
* Áreas de intervención con restricción Media Baja
* Áreas de intervención con restricción Baja

##### Áreas de libre Intervención

Son áreas donde se puede desarrollar el proyecto con manejo socio-ambiental, acorde con las actividades y etapas del mismo, debido a que no se presentan restricciones importantes desde el punto de vista abiótico, biótico y socioeconómico.

Tabla 2.34 Zonificación Ambiental

|  |
| --- |
| ZONIFICACIÓN |
| Áreas de libre intervención |
| Áreas de intervención con restricción baja |
| Áreas de intervención con restricción media baja |
| Áreas de intervención con restricción media |
| Áreas de intervención con restricción media alta |
| Áreas de intervención con restricción alta |
| Áreas de exclusión |

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2015

La zonificación de manejo busca evaluar la vulnerabilidad de las unidades ambientales (zonificación ambiental) ante la construcción y operación de un proyecto.

El análisis de cada una de las unidades de manejo debe realizarse de manera cualitativa y cuantitativa, utilizando sistemas de información geográfica. La evaluación debe definir las restricciones de tipo abiótico, biótico y socioeconómico.

Se deben agrupar estas unidades en las siguientes áreas de manejo:

* Áreas de exclusión.
* Áreas de intervención con restricciones.
* Áreas de intervención.

A partir de este nivel de sensibilidad de la oferta ambiental, es preciso determinar entonces el nivel de intervención en función de los requerimientos de las diferentes actividades proyectadas de tal manera que se garantice la sostenibilidad ambiental del área.

### **Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales**

Para definir los recursos naturales que serán utilizados o aprovechados en la construcción de la vía Remedios Alto de Dolores, se realizó una caracterización detallada de los mismos a partir de la información obtenida en la línea base del proyecto. Para definir los parámetros de uso de cada recurso se obtuvo los requerimientos para el proyecto según las fases y actividades que se describen en el capítulo 3 de este estudio.

Para el caso del recurso hídrico se abordan los aspectos relacionados con aguas superficiales, vertimientos y ocupaciones de cauce., donde se realiza el análisis hidrológico de cada cuerpo de agua a captar y se describen las medidas de manejo para captación y vertimiento. Para el proyecto no se realizará captación de aguas subterráneas por lo tanto no se aborda este componente.

Teniendo en cuenta que el aprovechamiento forestal del proyecto no corresponde al total del área de influencia biótica sino al área de intervención, se realizó un levantamiento de información diferenciado del descrito en el capítulo 5 de este estudio, en el cual se utilizó la metodología de parcelas para evaluar las diferentes coberturas del área de influencia biótica.

Para determinar el aprovechamiento forestal para el proyecto se utilizó la metodología de inventario forestal al 100%, sobre los individuos de estrato fustal presente en las áreas de intervención del proyecto. Adicionalmente para los dos sectores en los cuales no se pudo llevar a cabo el inventario al 100% debido a inconvenientes de orden público y prohibición del acceso a los predios (tramo uno entre las abscisas K49+00 y K54+00 que corresponde a una longitud de 5 km, y tramo 2 entre la Abscisa K37+500 y K39+500 con una longitud de 2 Km). Para estos tramos se estimó el volumen total y comercial, con base en el volumen obtenido del inventario forestal al 100% realizado a lo largo de todo el trazado, para cada unidad de cobertura vegetal, llevándolo a volumen total promedio por hectárea y realizando el cálculo con respecto a las áreas por cobertura no inventariadas.

Sin embargo, dando cumplimiento a lo establecido en la solicitud de Información Adicional en el Requerimiento No 11 donde solicita “*Ajustar el censo forestal para los árboles con DAP ≥ 10 cm, en el área de intervención del proyecto”* se realizó el censo forestal para los árboles con DAP ≥ 10 cm en el área de intervención del proyecto, entre las abscisas k37+500 y k39+500; por otro lado entre las abscisas K49+00 y K54+00 con una longitud de 5 km en las veredas Paso Real y San Cristóbal del municipio de Remedios, no se pudo ingresar por problemas de orden público.

Para evaluar las emisiones atmosféricas se tienen en cuenta las características técnicas de las plantas de concreto y asfalto y su ubicación dentro del área de influencia, la topografía del terreno, materia prima, y monitoreo de aire realizado en esta zonas, esto con el fin de realizar el modelo de dispersión de contaminantes, el cual reporta los resultados a futuro de la dispersión de contaminantes provenientes de la plantas, esto con el fin diseñar las medidas de control uy mitigación pertinentes para el área

Teniendo en cuenta que el proyecto “Construcción de la vía Remedios – Alto de Dolores” no tendrá extracción de material de construcción demandado por el proyecto, se definen las minas existentes en el área las cuales puedan suplir las necesidades del proyecto y se anexa su documentación, con el fin de ser evaluadas por parte de la Autoridad Ambiental.

El detalle sobre los aspectos de demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales se presentan en el capítulo 7 de este estudio.

### **Evaluación ambiental**

La evaluación ambiental se realizó una vez fueron caracterizados los componentes de los medios biótico, abiótico y socioeconómico del proyecto de construcción de la vía Remedios – Alto de Dolores. A partir de ello se realizó la identificación de los impactos que se generan en el área de influencia sin los efectos del proyecto y aquellos que puedan presentarse por la ejecución del mismo atendiendo a los términos de referencia para construcción de carreteras y/o túneles establecidos mediante Resolución 0751 de 2015 por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA.

Para identificar los impactos se realizó un análisis de las actividades del proyecto a partir de lo identificado en la línea base, así como una evaluación participativa aplicada a la comunidad que hace parte del área de influencia socioeconómica.

Para la evaluación de impactos se utilizó una matriz de doble entrada en donde se identificaron los potenciales impactos, así como su carácter positivo o negativo. Para la calificación de impactos, tanto en forma cualitativa como cuantitativa, se empleó la metodología propuesta por Vicente Conesa Fernández, la cual se describe a continuación:

#### Metodología de Vicente Conesa Fernández para la evaluación de impactos ambientales

Una vez identificadas las acciones y los factores (impactos) del medio, que se afectaran, se procede a valorar cualitativamente cada uno de los siguientes criterios, con el fin de determinar la importancia del impacto.

* **Carácter (CA)**

Se refiere a la modificación del elemento en términos de sus características iniciales. El carácter de un impacto es positivo si genera cambios favorables o benéficos sobre el elemento ambiental afectado y negativo si los cambios son perjudiciales.

* **Intensidad (IN)**

Se refiere al grado de incidencia de la actividad o acción sobre un factor determinado en el ámbito específico en el que actúa. La escala de valoración está comprendida entre 1 y 12, en donde 12 expresaría una destrucción total del factor en el área en que se produce el efecto, y 1 una afección mínima. Los valores comprendidos entre esos dos términos reflejarían situaciones intermedias (ver Tabla 2.35)

Tabla 2.35 Valoración de Intensidad

| Criterio | Rango de Calificación | Valor de calificación |
| --- | --- | --- |
| Intensidad (IN) | BAJA | 1 |
| MEDIA | 2 |
| ALTA | 4 |
| MUY ALTA | 8 |
| TOTAL | 12 |

Fuente: (Conesa Fernandez-Vítora, 1997)

* **Extensión (EX)**

Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto. (Ver Tabla 2.36)

* *Puntual*: se refiere a los impactos generados en el área directamente intervenida por el proyecto. En el componente físico-biótico corresponde al área intervenida directamente durante la, construcción, operación y desmantelamiento, mientras que para el componente social corresponde a los predios donde se llevarán a cabo dichas actividades.
* *Parcial*: se refiere a aquellos impactos que trascienden las áreas directamente intervenidas por el proyecto, sin llegar a abarcar la totalidad del área de estudio, que en el componente abiótico corresponde a las subcuencas, mientras que para el componente biótico corresponde a las unidades de coberturas presentes en el área. En el caso del componente social se incluyen aquellos impactos de cobertura veredal.
* *Extenso*: cuando el impacto social, físico o biótico abarca el área de estudio en la totalidad de su extensión y/o puede llegar a trascenderlo, hasta llegar al orden municipal en el aspecto social, o a nivel cuenca o ecosistema en referencia a los componentes abiótico y biótico respectivamente.
* *Total*: se refiere al caso en el que el efecto sea puntual, pero se produzca en un lugar critico

Tabla 2.36 Valor de la Extensión

| Criterio | Rango de Calificación | Valor de calificación |
| --- | --- | --- |
| Extensión (EX) | PUNTUAL | 1 |
| PARCIAL | 2 |
| EXTENSO | 4 |
| TOTAL | 8 |
| CRÍTICA | 12 |

Fuente: (Conesa Fernandez-Vítora, 1997)

* **Momento (MO)**

El plazo de Manifestación o Momento, expresa el tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el entorno o medio en consideración. Así mismo el momento puede ser: (Ver Tabla 2.37)

* *Largo plazo*: cuando el efecto tarda en manifestarse más de 5 años.
* *Medio plazo*: cuando el tiempo transcurrido entre el efecto causado por una acción es entre uno y 5 años.
* *Inmediato*: cuando el tiempo transcurrido es nulo y el tiempo es inferior a un año.
* *Crítico*: resulta cuando el efecto es inmediato y además ocurre en cercanías de poblaciones o elementos vulnerables (ruido cerca de una población o un hospital).

Tabla 2.37 Valores de momento

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Criterio | Rango de Calificación | Valor de calificación |
| Momento (MO) | LARGO PLAZO | 1 |
| MEDIO PLAZO | 2 |
| INMEDIATO | 4 |
| CRÍTICO | 8 |

Fuente: (Conesa Fernandez-Vítora, 1997)

* **Persistencia (PE)**

Se refiere al tiempo que teóricamente permanecerá la alteración de la variable socio-ambiental que se está valorando, desde su aparición, y a partir del cual comienza su proceso de recuperación, con o sin medidas de manejo. De acuerdo con este criterio, el impacto por su duración puede ser: (ver Tabla 2.38)

* *Fugaz*: si el impacto persiste por menos de un (1) año.
* *Temporal*: si el impacto persiste por 1 a 10 años.
* *Permanente*: si el impacto persiste por un tiempo indefinido o mayor a 10 años.

Tabla 2.38 Valores de persistencia

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Criterio | Rango de Calificación | Valor de calificación |
| Persistencia (PE) | FUGAZ | 1 |
| TEMPORAL | 2 |
| PERMANENTE | 4 |

Fuente: (Conesa Fernandez-Vítora, 1997)

* **Reversibilidad (RV)**

Se refiere a la capacidad del medio socio-ambiental para asimilar naturalmente un cambio o impacto generado por una o varias actividades del proyecto en evaluación, de forma que activa mecanismos de autodepuración o auto recuperación, sin la implementación de medidas de manejo, una vez desaparece la acción causante de la alteración.

Los criterios para definir la reversibilidad del medio socio-ambiental son: (ver Tabla 2.39)

* *Reversible a corto plazo*: la recuperación natural de la variable a su estado inicial, sin medidas de manejo, se puede producir en menos de 1 años.
* *Reversible a mediano plazo*: la recuperación natural de la variable a su estado inicial, sin medidas de manejo, se puede producir entre 1 y 10 años.
* *Irreversible:* la recuperación natural de la variable a su estado inicial, sin medidas de manejo, no es posible.

Tabla 2.39 Valores de Reversibilidad

| Criterio | Rango de Calificación | Valor de calificación |
| --- | --- | --- |
| Reversibilidad (RV) | CORTO PLAZO | 1 |
| MEDIO PLAZO | 2 |
| IRREVERSIBLE | 4 |

Fuente: (Conesa Fernandez-Vítora, 1997)

* **Sinergia (SI)**

Esta característica contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. El resultado total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a las que resultaría se esperara de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente no simultánea; hace parte del modo de acción del sinergismo, el hecho de generar nuevos efectos sobre el factor analizado.

El sinergismo de los efectos causados puede ser: (ver Tabla 2.40)

* *Simple:* cuando una acción actuando sobre un componente, no presenta sinergismo con otras acciones sobre el mismo factor o componente, este se denominará simple.
* *Sinérgico:* cuando una acción actuando sobre un componente, puede presentar sinergismo con otras acciones sobre el mismo factor o componente, este se denominará sinérgico.
* *Muy sinérgico*: cuando es evidente o de gran probabilidad que una acción actuando sobre un componente, presente sinergismo con otras acciones sobre el mismo factor o componente.

Tabla 2.40 Valores de Sinergia

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Criterio | Rango de Calificación | Valor de calificación |
| Sinergia (SI) | SIN SINERGISMO (SIMPLE) | 1 |
| SINÉRGICO | 2 |
| MUY SINÉRGICO | 4 |

Fuente: (Conesa Fernandez-Vítora, 1997)

* **Acumulación (AC)**

Da idea del incremento progresivo o no de la manifestación de la alteración sobre la o las variables socio-ambientales evaluadas, considerando la acción continuada y reiterada que lo genera en el área. De acuerdo con esto el impacto puede ser simple o acumulativo. (Ver Tabla 2.41)

* *Simple:* es el caso en que el efecto de la actividad o el impacto, no produce efectos acumulativos.
* *Acumulativo:* es el caso en que al prolongarse la acción generadora de un impacto sobre el tiempo, incrementa progresivamente su gravedad, ante la imposibilidad de que la variable afectada pueda recuperarse en la misma proporción que la acción se incrementa espacio-temporalmente.

Tabla 2.41 Valores de Acumulación

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Criterio | Rango de Calificación | Valor de calificación |
| Acumulación (AC) | SIMPLE | 1 |
| ACUMULATIVO | 4 |

Fuente: (Conesa Fernandez-Vítora, 1997)

* **Efecto (EF)**

Se refiere a la relación causa - efecto o la manifestación del efecto sobre una variable socio-ambiental como consecuencia de una actividad. (Ver Tabla 2.42)

* *Indirecto:* se da cuando el impacto que se genera sobre una variable socio-ambiental es consecuencia de la interacción con otra variable, a su vez afectada por la actividad que se está ejecutando.
* *Directo:* se da cuando el impacto que se está evaluando es consecuencia de la actividad o acción que se está desarrollando.

Tabla 2.42 Valores Efecto

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Criterio | Rango de Calificación | Valor de calificación |
| Efecto (EF) | INDIRECTO | 1 |
| DIRECTO | 4 |

Fuente: (Conesa Fernandez-Vítora, 1997)

* **Periodicidad (PR)**

Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente, de forma impredecible en el tiempo, o constante en el tiempo.

De acuerdo con esto, los impactos, según su periodicidad pueden ser: (ver Tabla 2.43)

* *Irregular y discontinuo*: son aquellos cuyo efecto o impacto, que a causa de una acción o actividad se manifiesta a través de alteraciones irregulares en su permanencia (Discontinuo) o aquellos cuyo efecto o impacto se manifiestan de forma imprevisible en el tiempo y cuyas alteraciones es necesario evaluarlas en función de la probabilidad de ocurrencia.
* *periódico:* es aquel efecto o impacto que a causa de una acción o actividad se manifiesta con un modo de acción intermitente y continúa en el tiempo.
* *Continuo:* es aquel efecto o impacto que a causa de una acción o actividad se manifiesta a través de alteraciones regulares en su permanencia

Tabla 2.43 Valores de periodicidad

| Criterio | Rango de Calificación | Valor de calificación |
| --- | --- | --- |
| Periodicidad (PR) | IRREGULAR Y DISCONTINUO | 1 |
| PERIÓDICO | 2 |
| CONTINUO | 4 |

Fuente: (Conesa Fernandez-Vítora, 1997)

* **Recuperabilidad (RE)**

Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado a consecuencia del proyecto obra o actividad, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, con implementación de medidas de manejo ambiental.

Los criterios para definir la recuperabilidad son: (ver Tabla 2.44)

* *Recuperable de manera inmediata*: si los efectos son recuperables por medio de medidas de manejo inmediatamente resulta la acción afectante.
* *Recuperable a medio plazo:* si la recuperación puede darse por medio de medidas de manejo después de ocurrido el hecho, y en un tiempo no menor a 1 año.
* *Mitigable:* si las acciones correctivas empleadas atenúan los efectos producidos.
* *Irrecuperable*: si las consecuencias producidas por las actividades no pueden recuperarse por medio de medidas de manejo ambientales.

De presentarse afectaciones Irrecuperables, pero existe la posibilidad de introducir medidas compensatorias, estas adoptaran un valor igual al de la característica Mitigable.

Tabla 2.44 Valores de recuperabilidad

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Criterio | Rango de Calificación | Valor de calificación |
| Recuperabilidad (RE) | DE MANERA INMEDIATA | 1 |
| A MEDIO PLAZO | 2 |
| MITIGABLE | 4 |
| IRRECUPERABLE | 8 |

Fuente: (Conesa Fernandez-Vítora, 1997)

* **Importancia (I)**

La importancia de un impacto está determinada por la combinación de los criterios de calificación anteriormente descritos. Dicha importancia depende de la extensión del impacto, su intensidad, su persistencia, el efecto, etc. Razón por la cual se define la importancia como el resultado de la suma de todos los criterios evaluados para cada impacto, excepto la intensidad que se multiplicaría por tres (3) y la extensión por dos (2); debido a que estos dos criterios, son relevantes en la determinación de la importancia de un impacto. La importancia del impacto, permite priorizar los impactos y así determinar las acciones de manejo ambiental requeridas. A continuación, se presenta la fórmula empleada para determinar la importancia de los impactos:

**IMPORTANCIA (I) = *±* CA (3IN+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+RP)**

* **Sistema de calificación**

En la Tabla 2.45 se presenta el resumen del sistema de calificación propuesto para la evaluación de los impactos. Dentro de cada criterio de calificación, existe una valoración que oscila entre 1 y 12, donde los valores se asignan según las características cuantitativas determinadas para cada uno de los impactos.

Tabla 2.45 Calificación y valoración de los impactos

| **CRITERIO** | **CALIFICACIÓN** | **VALOR** |
| --- | --- | --- |
| CARÁCTER (CA) | POSITIVO | (+) |
| NEGATIVO | (-) |
| INTENSIDAD (IN) | BAJA | 1 |
| MEDIA | 2 |
| ALTA | 4 |
| MUY ALTA | 8 |
| TOTAL | 12 |
| EXTENSIÓN (EX) | PUNTUAL | 1 |
| PARCIAL | 2 |
| EXTENSO | 4 |
| TOTAL | 8 |
| CRÍTICA | 12 |
| MOMENTO (MO) | LARGO PLAZO | 1 |
| MEDIO PLAZO | 2 |
| INMEDIATO | 4 |
| CRÍTICO | 8 |
| PERSISTENCIA (PE) | FUGAZ | 1 |
| TEMPORAL | 2 |
| PERMANENTE | 4 |
| REVERSIBILIDAD (RV) | CORTO PLAZO | 1 |
| MEDIO PLAZO | 2 |
| IRREVERSIBLE | 4 |
| SINERGIA (SI) | SIN SINERGISMO (SIMPLE) | 1 |
| SINÉRGICO | 2 |
| MUY SINÉRGICO | 4 |
| ACUMULACIÓN (AC) | SIMPLE | 1 |
| ACUMULATIVO | 4 |
| EFECTO (EF) | INDIRECTO | 1 |
| DIRECTO | 4 |
| PERIODICIDAD (PR) | IRREGULAR Y DISCONTINUO | 1 |
| PERIÓDICO | 2 |
| CONTINUO | 4 |
| RECUPERABILIDAD (RE) | DE MANERA INMEDIATA | 1 |
| A MEDIO PLAZO | 2 |
| MITIGABLE | 4 |
| IRRECUPERABLE | 8 |
| IMPORTANCIA (I)=  - CA (3IN+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+RP) | CARÁCTER NEGATIVO | |
| IRRELEVANTE | <-25 |
| MODERADO | -25 A <-50 |
| SEVERO | -50 A -75 |
| CRITICO | >-75 |
| IMPORTANCIA (I)=  + CA (3IN+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+RP) | CARÁCTER POSITIVO | |
| NO IMPORTANTE | <25 |
| IMPORTANTE | 25 A 50 |
| MUY IMPORTANTE | >50 |

Fuente: (Conesa Fernandez-Vítora, 1997)

Considerando los valores dados a cada rango dentro de cada criterio de evaluación y la fórmula presentada para el Valor de Importancia del Impacto, el menor valor posible es de 13, que corresponde a un impacto mínimo y el valor más alto sería de 100, que correspondería al máximo impacto.

De acuerdo con los rangos determinados por la metodología, los impactos críticos o inadmisibles no deben existir dentro de un proyecto y su presencia llevaría a evaluar, ya no el impacto en sí, sino la viabilidad social y/o ambiental del proyecto. Los impactos manejables o significativos exigen medidas de manejo especiales o estándar y los irrelevantes o no significativos, medidas de manejo generales.

A partir de la suma de la valoración total de los impactos se obtuvo para cada medio, componente e impacto los valores de la importancia absoluta, y con la relación porcentual se obtuvo el valor relativo del impacto. A partir de ello se obtuvo de manera gráfica la relevancia los elementos evaluados para el proyecto.

### **Evaluación económica ambiental**

La Metodología para la Presentación de Estudios Ambientales, adoptada en el ordenamiento jurídico a través de la Resolución No. 1503 del 04 de agosto de 2010, del hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS, incorporó la valoración económica de impactos ambientales como uno de los más valiosos instrumentos para la evaluación ambiental de megaproyectos en Colombia.

Dicha evaluación adquiere relevancia, en la medida que articula los impactos ambientales con el concepto económico que permite estimar y analizar los costos derivados de los efectos causados, discriminando aquellos que no logran ser internalizados mediante la incorporación de las medidas establecidas en el plan del manejo, de forma que se logre cuantificar desde una perspectiva que supere el concepto netamente financiero.

Teniendo en cuenta los Requerimientos solicitados por la autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA, relacionados a continuación:

* *Requerimiento No 12 “Valoración económica de impactos internalizables: Ajustar las valoraciones económicas presentadas en el sentido de garantizar una cuantificación biofísica y el desarrollo de un método de valoración económica, acordes tanto con la naturaleza del impacto, como con el flujo de servicios ecosistémicos involucrados. Adjuntar todos los soportes y memorias de cálculo”*.
* *Requerimiento No 13 “Ajustar el flujo de costos y beneficios: Ajustar el flujo de costos y beneficios de tal forma que se exprese claramente la monetización de los impactos ambientales valorados y su temporalidad”*
* *Requerimiento No 14 “Ajustar la evaluación económica ambiental junto con el cálculo de los criterios de decisión y el análisis de sensibilidad de acuerdo con los anteriores requerimientos y demás solicitudes realizadas por la Autoridad con relación a la descripción del proyecto, caracterización ambiental, demanda, uso y aprovechamiento de recursos y zonificación ambiental.”*

Se realiza la valoración económica teniendo en cuenta la siguiente metodología:

|  |
| --- |
|  |

Figura 2.23 Metodologías de Valoración

Fuente: MAVDT.CEDE – UNIANDES, 2010

### **Planes y programas**

Los planes y programas plateados para el estudio obedecen a los señalados por el término de referencia establecido mediante Resolución 0751 de 2015. Para su formulación se realizó un análisis integral de las características y requerimientos del proyecto, la caracterización del área de influencia del proyecto, la zonificación y los impactos identificados. De esta manera, un equipo de trabajo interdisciplinario estableció las medidas adecuadas para prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos, las estrategias para su seguimiento, las medidas para prevenir, atender y controlar una emergencia ambiental y las estrategias para el desmantelamiento y abandono de la información.

Con base en la demanda y aprovechamiento de los recursos hídricos y de biodiversidad del proyecto se formularon otros planes y programas correspondientes al plan de inversión del 1% y al plan de compensación por pérdida de biodiversidad. Para la formulación de estos documentos se tuvo en cuenta las características de los medios biótico, abiótico y socioeconómico del área de influencia, así como las políticas, planes y programas locales y regionales.

### **Elaboración de cartografía**

Para especializar correctamente toda la información geométrica (punto, línea y polígono) asociada y toda la cartografía básica y temática del proyecto, se dio cumplimiento a los siguientes requisitos:

* Se tomaron como Marco de referencia las coordenadas en MAGNA – SIRGAS, asociadas al elipsoide GRS80 (Global Reference System 1980, equivalente a WGS84 (World Geodetic System 1984).
* Los datos espaciales con el nombre de los campos y su estructura dentro de la base de datos, se elaboraron para cada componente, de acuerdo con la estructura definida en la resolución 1415 del 17 de agosto de 2012, por medio de la cual se modifica y actualiza el modelo de almacenamiento geográfico (Geodatabase) contenido en la metodología General para la presentación de estudios ambientales adoptada mediante resolución 1503 del 4 de agosto de 2010
* Toda la información cartográfica resultante fue estructurada en una Geodatabase, con objeto de facilitar su revisión y consulta. Esta geodatabase se alimentó con los metadatos de cada uno de los mapas temáticos realizados, de acuerdo con lo determinado en la Resolución N° 1415 del 17 de agosto de 2012, que modifica y actualiza el modelo de almacenamiento de datos (GDB).
* Esta Geodatabase se alimentó con los metadatos de cada uno de los planos temáticos realizados, de acuerdo con la estructura recomendada por la Metodología General Para la Presentación de Estudios Ambientales y la Resolución 1517 del 2012.
* Para generar la base cartográfica del proyecto y posteriormente la cartografía temática, se utilizaron planchas cartográficas IGAC, imágenes Rapideye e imágenes Lidar

## Equipo de Trabajo

El presente estudio está a cargo de la empresa ECOGERENCIA LTDA y Concesión Autopista Río Magdalena S.A.S. La recolección de información primaria se realizó mediante la empresa Géminis Consultores S.A.S, y los laboratorios E-QUAL Consultoría y estudios Ambientales, SGI Colombia LTDA y K2 Ingeniería.

Para el desarrollo del presente estudio ECOGERENCIA LTDA y Autopista Río Magdalena S.A.S, estableció un equipo técnico con profesionales idóneos para los componentes biótico, abiótico y social involucrados en el proyecto de construcción de la variante Puerto Berrío.

El equipo humano de ECOGERENCIA LTDA. se conforma por un equipo dedicado a prestar servicios de Consultoría en Estudios Ambientales, Geología, Minería e Ingeniería, a compañías privadas, publicas, ONG o personas lo requieran, promoviendo negocios Sostenibles dentro de un Marco de Responsabilidad Social.

Tabla 2.46 Perfiles de profesionales involucrados en la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental

| Nombre | Profesión | Cargo |
| --- | --- | --- |
| **CONCESIONARIO AUTOPISTA RÍO MAGDALENA** | | |
| Clara Eugenia Salazar | Comunicadora social – Esp. Evaluación del Impacto Ambiental de Proyectos | Jefe de Estudios Sociales y Ambientales |
| Juan Sebastián Urbina | Comunicador Social y Periodista – Esp. Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos - Estudiante. Maestría en Responsabilidad Social y Sostenibilidad | Especialista socioeconómico |
| Hernando Góngora | Ing. Civil – Esp. Ambiental | Especialista Ambiental |
| BATEMAN S.A | Ingeniería de diseño | Diseño civil |
| GPO INGENIERIA | Ingeniería de diseño | Diseño civil |
| **ECOGERENCIA LTDA** | | |
| Angel Esterly Lara | Ing. Agronomo- Especialista Ambiental | Director de estudios |
| Katherine Cortes | Ing. Ambiental y Sanita – Master en Gestión en la Industria de los Hidrocarburos | Coordinadora Componente Físico -Ing. Ambiental |
| Johana Bautista | Ingeniera Forestal – Especialista en Gerencia de Recursos Naturales | Coordinadora componente forestal |
| Maritza La Rotta La Rotta | Ing. Ambiental – Especialista en Gestión Ambiental | Ing. Ambiental |
| Katherine Novoa | Ing. Ambiental y Sanitaria | Profesional de apoyo |
| Anjuly Morillo Paz | Ing. Agroforestal – Est. Maestría en Uso, Manejo y Conservación del Bosque | Profesional de apoyo- Forestal |
| Dayana Fernanda Sierra | Ing. Ambiental y Sanitaria | Profesional de apoyo |
| Antonio Espíndola Parra | Ing. Forestal – Especialista en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible | Ing. Forestal |
| Luis Camilo Romero Montes | Ing. Ambiental y Sanitaria | Coordinador de Laboratorios |
| Fabián Cerón | Especialista En hidrología | Hidrólogo |
| Jairo Enrique Torres | Técnico Ambiental | Auxiliar Ambiental |
| Andrea Jara Sánchez | Ing. Topográfica | Profesional SIG |
| Sandra Milena Pérez | Ing. Topográfica | Profesional SIG |
| Edwin Fabián Gil | Ing. Topográfico | Profesional SIG |
| Nelson David Martínez Aguirre | Ing. Topográfica | Profesional SIG |
| Jorge Armando Lemus Sandoval | Ing. Topográfica | Profesional SIG |
| Rubén Felipe Castro Londoño | Ing. Topográfico | Profesional SIG |
| Cristhian Bernardo Rivera Prada | Ingeniero Forestal | Profesional Forestal |
| Luis Eduardo Mera Sanín | Ingeniero Forestal | Profesional Forestal |
| Herbert Alberto Mora Álvarez | Ingeniero Forestal | Profesional Forestal |
| Carolina Correa | Ingeniero Forestal | Profesional Forestal |
| Maicol Medina | Ingeniero Forestal | Profesional Forestal |
| Ana Mariany Gutiérrez Rodríguez | Bióloga | Profesional Biótico de apoyo |
| Wilmar Gustavo Barbosa Cadena | Biólogo | Profesional en Epífitas |
| Paul Peña | Biólogo | Profesional en Epífitas |
| Mónica Vanesa Zambrano López | Biólogo | Profesional Ornitóloga |
| Elkin Alberto Fonseca Rojas | Biólogo | Profesional en Epífitas |
| Ester Viviana Vallejo Santamaría | Bióloga | Profesional Ornitóloga |
| Andrea del Pilar Cifuentes | Bióloga | Profesional Ornitóloga |
| Mónica Vanesa Zambrano López | Biólogo | Profesional Mastozoólogo |
| John Fredy Torres Martínez | Biólogo | Profesional Mastozoólogo |
| Isabel Cristina Niño Pérez | Bióloga | Profesional Herpetóloga |
| Nohora Maribell Cerón Rozo | Bióloga | Profesional Herpetóloga |
| Ludy Paola | Ing. Agrónoma | Profesional en Suelos |
| Xiomara López Santamaría | Antropóloga | Profesional en Arqueología |
| Claudia Tatiana Silva Erazo | Antropóloga | Profesional en Arqueología |
| Samir Enríquez Patiño | Antropólogo | Profesional en Arqueología |
| Carlos Parrado Gamba | Trabajador social- Abogado- Especialista en Derecho Constitucional | Profesional Social |
| Adriana Reyes Gómez | Trabajadora Social – Estudiante. Especialización Gerencia Social | Profesional Social |
| Janeth Vanegas Carrión | Trabajadora Social | Profesional Social |
| Marcela Gómez Nieto | Trabajadora Social | Profesional Social |
| Clara Inés Guevara Baquero | Comunicadora social | Profesional Social |
| Luis Fernando Ortiz | Trabajador social | Profesional Social |

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2016- ECOGERENCIA LTDA 2016

# Bibliografía

HEYER et al. (1994). *Measuring and monitoring biological diversity: Standard methods for amphibians.* Washington, DC.: Smithsonian Institution Press,.

Acosta-Galvis, A. R. (2015). *http://www.batrachia.com*. Retrieved Septiembre 15, 2015, from http://www.batrachia.com

Alzate, G., & Cardona, N. (2000). Patrones de distribución de epífitas vasculares en" Robledales". *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 969-983.

ANGULO, A. et ál. (2006. ). *Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina.* Bogotá:299 p: Conservación Internacional.

Angulo., A. A. (2006). *Técnicas de Inventario y Monitoreo para los anfibios de la región Tropical Andina.* Bogotá: Colombia.

ANI. (2015, Junio 22). *Agencia Nacional de Infraestructura*. Retrieved from Agencia Nacional de Infraestructura: http://www.ani.gov.co/article/autopistas-para-la-prosperidad-completa-los-precalificados-para-cinco-de-sus-proyectos-6017

ANI, Agencia Nacional de Infraestructura. (10 de diciembre de 2014). *Contrato de concesión bajo el esquema de APP No 008 de.* Bogotá: ANI.

Briones, M. (2000). Lista anotada de los mamíferos de la Región de la Cañada, en el Valle de Tehuacán-Cuicatlan, Oaxaca, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana*, 83-103.

Castaño , O. V., Cardenas , G., & Castro - Herrera, F. (2002). *Reptiles en el Choco Biogeografico.* Bogotá: Conservación Internacional.

CITES. (2013). *Lista de especies. Una referencia a los Apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Secretaría de la CITES/PNUMA Centro de Monitoreo de la Conservación Mundial. Unwin Brother.* Unwin Brothers, Martins Printing Group, Old Woking, Surrey.

Colwell. R. ( 2009). *EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8.0. Online* . Retrieved from http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS.

COMPES, C. N. (2013). *Documento COMPES 3770, Cuarta generación de concesiones viales: Autopista para la Prosperidad.* Bogotá: Departamento nacional de planeación.

Conesa Fernandez-Vítora, V. (1997). *Instrumentos de la gestión ambiental en la empresa. .* MADRID - BARCELONA- MÉXICO. : MUNDI-PRENSA.

CONPES, Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2013). *Documento CONPES 3760, Proyectos viales bajo el esquema de Aociaciones Público Privadas: Cuarta Generación de concesiones viales.* Bogotá: Departamento Nacional de Planeación.

Conservancy, T. N. (1992). *Evaluacion Ecologica Rápida. Programa de Ciencias para América Latina.* Arlington, USA: 232.

Crump, M. S. (1994). Measuring and monitoring biological diversity, standard methods for amphibians. *Smithsonian Institution Press*, 354-352.

Cuentas, D. B. (2002). Anuros del departamento del Atlántico y norte de Bolívar.C.R.A. 23.

Foster, S. (1987). *Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy.* W. van Duijvanbooden and H.G. van Waegeningh Eds.

Frost, D. R. (2015). *Amphibian Species of the World 6.0*. Retrieved Agosto 1, 2015, from http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/index.php

Géminis Consultores S.A.S. (n.d.).

Gentry, A. (1995). Diversity and floristic composition of neotropical dry forest. *Tropical deciduous Forest Ecosystem*, 116-194.

Gobernación de Antioquia, U. d. (2015). *Análisis de las implicaciones sociales y económicas de las autopistas para la prosperidad en el departamento Antioquia.* Medellín.

GONZALES G, A. J., & Ing. Cilvil U.N , M. (1999). X Jornada Geotecnicas de la Ingenieria Colombiana. SCI-SCG.

Hammer & Harper. (2005). Paleontological Statistics Software Package.

Heyer et al. (1994). *Measuring and monitoring biological diversity: Standard methods for amphibians.* Washington, DC: 364 pp.: Smithsonian Institution Press.

Hilty, S. &. (1986). *A Guide to the Birds of Colombia.* New Jersey, EEUU: Princeton University Press.

ICN. (2015). *Institudo de Ciencias Naturales*. Retrieved Agosto 1, 2015, from BioVirtual: http://www.biovirtual.unal.edu.co/ICN/

IDEAM;. (2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodologia CORINE Land Cover, adaptada para Colombia Escala 1:100.000.* Bogotá D.C.: Instituto de Hidrología, Metereología y Estudios Ambientales.

IGAC. (2001). *Manual de códigos de atributos para levantamientos de suelos y tierras.* Bogotá D.C.: IGAC.

IGAC, I. G., & CORPOICA, C. C. (2002). *Zonificación de los conflictos de uso de las tierras en Colombia.* Bogotá D.C: Subdirección de Agrología y Subdirección de Investigación en Sistemas de Producción.

IGAC, I. G., & CORPOICA, C. C. (2008). *Metodologías para el levantamiento de suelos.* Bogotá, D.C: IGAC.

IGAC, IDEAM, INVEMAR, SINCHI, & IIAP. (2007). *Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia.* Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico Jhon von Neumann.

Johansson, D. (1974). Ecology of vascular epiphytes in West Africa forest. *Acta Phytogeogra. suec.*, 136.

MADS. (2010). *Resolución Número 383, 23 de Febrero de 2010 "Por la cual se declaran las especies silvestres que se encuentran amenazadas en el territorio nacional y se toman determinaciones".* Bogotá.

MADS. (2014). *RESOLUCIÓN 0192 DE 2014 (Febrero 10) Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana que se encuentran en el territorio nacional, y se dictan otras disposiciones. Ministerio de Ambiente y De.* Bogotá: MADS.

MADS. (2015). *Términos de referencia para el Estudio de Impacto Ambiental requerido para el trámite de la licencia ambiental de los proyectos de construcción de carreteras y/o de túneles con sus accesos y se toman otras determinaciones" en la resolución 0751 del 26 de .* Bogotá: MADS.

MADS, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; ANLA, Autoridad Nacional de Licencias Ambieltales. (2015). *Términos de Referencia para la elaboración del estudio de Impacto Ambiental - EIA en proyectos de construcción de carreteras y/o túneles .* Bogotá.

MAVDT. (2010). *Metodologia general para la presentación de Estudios Ambientales.* Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrllo Territorial.

MAVDT. (2010a). *Metodología general para la presentación de estudios ambientales. Zapata P., Diana M., Londoño B Carlos A et ál. (Eds.) González H Claudia V.; Idárraga A Jorge.; Poveda G Amanda.; et ál. (Textos). .* Bogotá, D.C.: Colombia.: MAVDT.

MAVDT, M. d. (2010). *Metodología general para la presentación de Estudios Ambientales.* Bogotá.

MAVDT, M. d. (2010). *Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales.* Bogotá: MAVDT.

MAVDT. . (2010). Metodología general para la presentación de estudios ambientales. Bogotá, D.C, Colombia: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

McMullan, M., & Donegan, T. y. (2011). *Guia de campo de las aves de Colombia.* Bogota: Fundacion Proaves.

McMullan, M., & Donegan, T. y. (2014). *Field Guide to the Birds of Colombia* (2nd Edition ed.). Bogotá: Fundacion ProAves.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Metodologia General para la Presentacion de Estudios Ambientales .* Bogota: Viceministeio de Ambiente.

Naranjo, E. J. (2000). Estimación de abundancia y densidad en poblaciones de fauna silvestre tropical. In E. M. Cabrera, *Manejo de fauna silvestre en Amazonia y Latinoamérica* (pp. 37-46). Paraguay: Fund. Moises.

Naranjo, E. J. (2000). *Estimación de abundancia y densidad en poblaciones de fauna silvestre tropical.* (F. M. CITES-, Ed.) Paraguay: Manejo de Fauna Silvestre en Amazonia y Latinoamérica (Cabrera, E., C. Mercolli, y R. Resquín, eds.).

Paez, V., & Gutierrez , P. (2002). *Guía de campo de algunas especies de anfibios y reptiles de Antioquia.* Medellin: Multimpresos Ltda.

Painter, L. (1999). Tecnicas de investigación para el manejo de fauna silvestre. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

Painter, L. D. (1999). Técnicas de investigación para el manejo de fauna silvestre. *Manual del III Congreso Internacional sobre Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonía, Documento técnico 82/1999, Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOR*, (p. 81p). Santa Cruz.

Peraza., C. C. (2004). Adiciones a la avifauna de un cafetal con sombrio en la mesa de los santos (santander Colombia). *Universitas Scientarum*, 19-32.

Remsen et al, J. V.-E. (2015). *A classification of the bird species of South America.* American Ornithologists' Union.

Renjifo, l. M., A. M. Franco-Maya, J. D. Amaya-Esp. (2002. ). *Libro rojo de aves de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humb.* Bogotá: IAvH.

Restall, R., & Lentino, R. C. (2006). *The Birds of Northern South America: An Identification Guide.* Londres: Yale University Press.

Rodríguez – Mahecha J V, M Alberico, F Trujillo &. (2006). *Libro rojo de los mamíferos de Colombia. Serie libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Conservación Internacional Colombia & Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo.* Bogotá: MAVD.

Rodríguez, N., Armenteras, D., Morales , M., & Romero, M. (2006). *Ecosistemas de los Andes Colombianos.* Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Rueda- Almoacid et ál. (2007.). *Las tortugas y los cocodrilianos de los países andinos del trópico. Conservación Internacional. Serie de Guías Tropicales de Campo No. 5.* Bogotá D.C. 537: Panamericana Formas e Impresos S.A.,.

Rueda -Almonacid, J. V., Lynch, J., & Amézquita, A. (2004). *Libro Rojo de los Anfibios de Colombia.* Bogotá: Conservación Internacional- Universidad Nacional.

SAP. (2015). *SAP*. Retrieved from Universidad de Chile: www.sap.uchile.cl/descargas/suelos/029Textura.pdf

*SIB*. (2015). Retrieved 10 1, 2015, from Sistema de Información de Biodiversidad: http://www.sibcolombia.net/web/sib/home

Uetz y Hošek. (2015, Agosto 12). *THE REPTILE DATABASE*. Retrieved Agosto 29, 1, from http://www.reptile-database.org/

USDA, U. S. (2010). *Keys to Soil Taxonomy. .* U.S.A.: Eleventh Edition.

Villareal H., M. Á. (2006). *Manual de métodos para el desarrllo de Inventarios de biodiversidad.Programa de Inventarios de Biodiversidad.* Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Villareal, H., Álvarez, S., Córdoba, F., Escobar, F., Fagua, G., Gast, H., & Mendoza, H. (2006). *Manual de métodos para el desarrllo de Inventarios de biodiversidad.Programa de Inventarios de Biodiversidad.* Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Villarreal, H., Álvarez, M., & Escobar, S. C. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad.* Bogotá: IAvH.

VOSS, R. &. (1996). *Mammalian diversity in neotropical lowland rainforests: a preliminary assessment.* (Vol. 230). New York: Bulletin of the American Museum of Natural History, .

Voss, R. E. (1996). Mammalian diversity in Neotropical lowland rainforests : a preliminary assessment. *Bulletin of the AMNH* , 1-115.

Wolf, J., Gradstein, S., & Nadkarni, N. (2009). A protocol for sampling vascular epiphyte richness and abundance. *Jurnal of Tropical Ecology*, 107-121.

Zots, G., & Bader, M. (2011). Sampling vascular epiphyte diversity - Species richness and community structure. *Ecotrópica*, 103-112.

1. US EPA CFR 40 Appendix A to Part 50—Reference Method for the Determination of Sulfur Dioxide in the Atmosphere (Pararosaniline Method) [*Federal Register:* Vol. 47, page 54899, 12/06/82 and Vol. 48, 17355, 04/22/83] [↑](#footnote-ref-1)
2. RAC tres gas sampler user’s guide (guía de uso muestreador RAC tres gases) [↑](#footnote-ref-2)
3. RAC tres gas sampler user’s guide (guía de uso muestreador RAC tres gases) [↑](#footnote-ref-3)