

**PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA RÍO HONDO
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**



CONTIENE	
CAPITULO 2	GENERALIDADES

TABLA DE CONTENIDO

2. GENERALIDADES	8
2.1 Antecedentes	8
2.2 Alcances	10
2.3 Metodología.....	12
2.3.1 Área de influencia.....	12
2.3.2 Medio Abiótico	13
2.3.2.1 Geología y geomorfología	13
2.3.2.2 Paisaje.....	14
2.3.2.3 Suelos	14
2.3.2.6 Uso del agua	15
2.3.2.7 Hidrogeología	16
2.3.2.8 Geotecnia	18
2.3.2.8 Atmósfera	18
2.3.3 Medio Biótico	20
2.3.3.1 Ecosistemas terrestres	20
2.3.3.2 Flora	21
2.3.3.3 Epifitas.....	24
2.3.3.3.1 Fase de pre-campo	24
2.3.3.3.2 Fase de campo.....	24
2.3.3.3.3 Fase post-campo.....	25
2.3.3.4 Fauna	25
2.3.3.5 Ecosistemas acuáticos	30
2.3.4 Medio socioeconómico	33
2.3.4.1 Prospección arqueológica	34
2.4. Zonificación ambiental.....	34

2.4.1 Selección de Variables	35
2.4.2 Zonificación del medio físico	35
2.4.2.1 Estabilidad geotécnica.....	35
2.4.2.2 Susceptibilidad a la erosión.....	36
2.4.2.3 Hidrogeología superficial	37
2.4.2.5 Régimen hídrico	38
2.4.2.6 Mapa de sensibilización abiótica	40
2.4.3 Zonificación del medio biótico	40
2.4.4 Zonificación del medio socioeconómico	42
2.4.4.1 Actividad económica.....	43
2.4.4.2 Calidad de vida.....	43
2.4.4.3 Organización comunitaria y ámbitos de participación	44
2.4.4.4 Distribución de la tierra.....	45
2.4.4.5 Potencial arqueológico y cultural	45
2.4.4.6 Mapa de sensibilidad socioeconómica cultural.....	46
2.4.4.7 Superposición y homologación de la sectorización obtenida según criterios y variables físicas, bióticas, sociales y culturales en la definición de la sensibilidad ambiental de las áreas	47
2.4.4.8 Calificación de áreas o elementos con sensibilidad dominante o especial.	47
2.5 Evaluación ambiental	48
2.5.1.1 Identificación de acciones impactantes	49
2.5.1.2 Identificación de componentes ambientales susceptibles a recibir cambios o impactos.....	49
2.5.1.3 Cualificación y cuantificación de los impactos.....	49
2.5.2 Análisis de impactos y sus efectos	53
2.5.2.1 Análisis de los impactos	53
2.5.3 Valoración Económica Ambiental.....	53
2.3.3.1 Priorización de impactos ambientales según metodología ANLA (2017)..	54

2.6 Zonificación del manejo ambiental	57
2.7 Planes y programas	58
2.7.1 Estrategias de manejo ambiental	58
2.7.2 Estrategias de monitoreo y seguimiento.....	61
2.7.3 Plan de gestión del riesgo	63
2.7.4 Plan de desmantelamiento y abandono	63
2.7.5 Plan de compensación para el componente biótico	63

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Montaje de las muestras y preparación del material vegetal.	22
Ilustración 2. Métodos indirectos, observación y detección auditiva. Fuente: Gensa, 2015.	26
Ilustración 3. Actividades diurnas y nocturnas para la búsqueda de anfibios y reptiles en los diferentes microhábitats. Fuente: Gensa, 2015.	27
Ilustración 4. Trampas de captura viva tipo Sherman® y Tomahawk®, esta última con un ejemplar capturado de la chucha común <i>Didelphis marsupialis</i> . Fuente: Gensa, 2015.	28
Ilustración 5. Ilustración 4. Red de niebla para la captura de murciélagos. Fuente: Gensa, 2015.....	29
Ilustración 6. Registro de rastros, osadero de armadillo de nueve bandas (<i>Dasyus novemcinctus</i>). Fuente: Gensa, 2015.	30
Ilustración 7. Proceso para la Selección de Impactos Ambientales a Valorar. Fuente: ANLA, 2017.	55
Ilustración 8. Identificación de los Métodos de Valoración según Dimensión Afectada. Fuente: ANLA (2017).....	57

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Puntos de monitoreo de ruido ambiental. Fuente: Elaboración propia, 2018.....	20
Tabla 2. A) Marcaje identificación de las parcelas rectangulares; B) Delimitación; C) Medición del diámetro a los individuos al interior de cada parcela. Fuente: Elaboración propia.....	23
Tabla 3. Trampas de captura viva tipo Sherman® y Tomahawk®, esta última con un ejemplar capturado de la chucha común <i>Didelphis marsupialis</i> . Fuente: Gensa, 2015.	28
Tabla 4. Calificación de las categorías para la variable Estabilidad geotécnica. Fuente: Félix Abraham Delgado Rivera, 2012	35
Tabla 5. Calificación de las categorías para la variable Susceptibilidad a la erosión. Fuente: Félix Abraham Delgado Rivera, 2012.....	36
Tabla 6. Calificación de las categorías para la variable de Interés en Hidrogeología superficial. Fuente: Félix Abraham Delgado Rivera, 2012.....	37
Tabla 7. Calificación de las categorías para la variable Grado de pendiente del terreno. Fuente: Félix Abraham Delgado Rivera, 2012.....	38
Tabla 8. Calificación de las categorías para la variable Calidad físico-química del agua. Fuente: Félix Abraham Delgado Rivera, 2012.....	39
Tabla 9. Niveles de precipitación media anual (mm) en las provincias de humedad. Fuente: Félix Abraham Delgado Rivera, 2012.....	39
Tabla 10. Fuente: Félix Abraham Delgado Rivera, 2012.....	40
Tabla 11. Niveles de sensibilidad abiótica. Fuente: Félix Abraham Delgado Rivera, 2012.....	40
Tabla -12. Calificación para la sensibilidad biótica asociada a los tipos de cobertura vegetal. Fuente: Félix Abraham Delgado Rivera, 2012, CORINE (2010)	41
Tabla 13. Niveles de sensibilidad Biótica. Fuente: Félix Abraham Delgado Rivera, 2012. 42	
Tabla -14. Calificación de las categorías para la variable Actividad económica. Fuente: Félix Abraham Delgado Rivera, 2012	43
Tabla 15. Calificación de las categorías para la variable Calidad de vida económica. Fuente: Félix Abraham Delgado Rivera, 2012.....	44
Tabla 16. Calificación de las categorías para la variable Organización comunitaria y ámbitos de participación. Fuente: Félix Abraham Delgado Rivera, 2012.	44
Tabla 17. Calificación de las categorías para la variable Distribución de la tierra. Fuente: Félix Abraham Delgado Rivera, 2012.	45

Tabla 18 . Calificación de las categorías para la variable Potencial arqueológico y cultural. Fuente: Félix Abraham Delgado Rivera, 2012.....	45
Tabla 19 . Niveles de sensibilidad Socioeconómica y cultural. Fuente: Félix Abraham Delgado Rivera, 2012.	46
Tabla 20 . Criterios de evaluación. Fuente: CONESA, (2010).	50
Tabla 21 . Rangos de calificación y valoración de la importancia ambiental. Fuente: Conesa, (2010)	53
Tabla 22 . Fichas para estrategias de manejo ambiental.	60
Tabla 23 . Ficha para los programas del Plan de Monitoreo y Seguimiento Ambiental.	61

2. GENERALIDADES

La implementación de pequeñas centrales hidroeléctricas se ha convertido en una de las propuestas más viables ambientalmente debido a que los impactos asociados son menores (IDAE, 2000), ya que las PCH son consideradas como una fuente de energía renovable que no presenta emisiones de ningún contaminante. No obstante, en Colombia la demanda energética se ha incrementado en los últimos años impulsada por el crecimiento económico y aumento de la población, además, la energía eléctrica se ha convertido en un bien esencial para el desarrollo de todas las actividades comerciales e industriales, así como para las actividades domésticas; por esta razón se debe prever la disponibilidad del recurso a través del tiempo y así garantizar el bienestar general de la población.

Considerando la necesidad energética mencionada y la disponibilidad hídrica en el departamento de Caldas, dado que cuenta con una red superficial aproximada de 22.373 drenajes (CORPOCALDAS, 2016), y que gran parte de la riqueza hídrica se distribuye para el municipio de Samaná, GENSA S.A. E.S.P pretende evaluar la aptitud para realizar el proyecto de generación energética Pequeña Central Hidroeléctrica Río Hondo (PCH Río Hondo), con el fin de aumentar la capacidad de generación eléctrica en el país y por ende contribuir al crecimiento económico de la región y al mejoramiento de la calidad de vida de los territorios.

Para tal efecto se realizó el presente documento, en donde se compiló algunos de los estudios previos a la elaboración de EIA, analizando el grado de afectación en los diferentes medios (abiótico, biótico y socioeconómico), derivados de las actividades del proceso en sus diferentes etapas, con el fin de adoptar las medidas de manejo ambiental de acuerdo con las actividades realizadas.

2.1 Antecedentes

El presente estudio se ha realizado conforme a los lineamientos presentados en los términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental (EIA) en proyectos de construcción y operación de centrales generadoras de energía eléctrica, la cual se rige por la Resolución 1519 de 2017, donde se exponen los aspectos más relevantes del proyecto en cada uno de sus aspectos: técnicos, ambientales y financieros. Igualmente, el documento se rige por el Decreto 1076 de 2015 y la Metodología para la Presentación de Estudios Ambientales del año 2010.

La metodología llevada a cabo para el presente documento, se indagó inicialmente en estudios localizados en el área de influencia y en entidades gubernamentales, básicamente de diferentes entidades se investigó con información secundaria relevante para la PCH Río Hondo en el ámbito técnico y ambiental, además para verificar la información y realizar un complemento se visitó la zona por parte de profesionales especializados en las diferentes áreas.

En el año 2014 GENSA S.A E.S.P, dio inició a la etapa de reconocimiento sobre el Río Hondo, afluente del río Samaná Sur, identificando un posible aprovechamiento hídrico para el desarrollo de una Pequeña Central Hidroeléctrica a filo de agua. Posteriormente, se procedió a solicitar ante CORPOCALDAS permiso de estudio del recurso hídrico con el propósito de evaluar el potencial hidroeléctrico en un sector de la subcuenca del río Hondo en jurisdicción del municipio de Samaná en el departamento de Caldas, el cual fue otorgado a GENSA S.A E.S.P, mediante resolución número 563 del 11 de noviembre de 2015 (Ver Anexo 2.1. Oficios), para el año 2017 se entregó el informe final para dar por concluido los estudios ejecutados para determinar la viabilidad del proyecto e iniciar fase de estudios de factibilidad, igualmente este oficio se adjunta en el Anexo 2.1. Adicionalmente, es importante recalcar que el polígono de estudio no se superpone con áreas de reserva forestal central ni con el área perteneciente al Parque Nacional Natural Selva de Florencia, por lo tanto, no se hace necesario la presentación de solicitudes adicionales.

De igual forma se realizó el trámite de solicitud ante el Ministerio del Interior sobre la presencia o no de comunidades étnicas en la zona del proyecto, para lo cual el ministerio emitió la certificación No. 0037 del 31 de enero de 2017 (Anexo 2.1. Oficios), en el cual se certifica que no se registra presencia de comunidades Indígenas, Minorías, comunidades negras, Afrocolombianas Raizales y Palenqueras.

1. Solicitud de pronunciamiento ante la Corporación

En Julio de 2016, se presentó a la Corporación Autónoma regional de Caldas (CORPOCALDAS), por parte de GENSA S.A E.S.P, Empresa de Servicios Públicos Mixta, conformada según las disposiciones de ley 142 de 1994, con domicilio principal en Manizales, la solicitud para determinar si con base en las características generales del proyecto que fueron descritas, se requería o no de la elaboración y presentación de Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA), como parte para dar inicio al Licenciamiento del Proyecto de Generación Hidroeléctrica Río Hondo,

Localizado en el Departamento de Caldas sobre la subcuenca del Río Hondo, entre las cotas 575 y 793 m.s.n.m.

Mediante el comunicado con radicado 2017-IE-00028129 del 07 de noviembre de 2017 se entregó la respuesta a la empresa Gensa S.A. E.S.P donde se remiten los términos de referencia para la Elaboración de Estudio de Impacto Ambiental (EIA) adoptados por la Resolución 1519 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

2. Permiso de Estudio para la Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con fines de Elaboración de Estudios Ambientales

Para los diversos estudios en el componente biótico se han utilizado los permisos otorgados a las firmas contratadas. En el año 2015, la Fundación Biodiversa fue quien realizó los estudios de fauna y flora terrestres en la zona de estudio del proyecto, contando con la Resolución 566 de 2015 de Corpocaldas y para los estudios de comunidades hidrobiológicas a cargo de Bioasesores de Colombia S.A.S con la Resolución 0783 de 2015 (Ver Anexo 2.2. Permiso de recolección, donde se adjunta el acuerdo con la empresa M&L CONSULTORES AMBIENTALES propietaria del permiso). En el año 2017 para la ejecución de nuevamente los estudios de las comunidades hidrobiológicas, la empresa Bioasesores de Colombia S.A.S la cual tuvo convenio con AG CONSULTORES AMBIENTALES S.A.S, realizó las actividades de muestreo con autorización del permiso con Resolución 893 de 2016 la cual se adjunta igualmente en el Anexo 2.2 del presente documento. Finalmente, para los estudios de fauna y vegetación terrestre e hidrobiológicos del año 2018 para la PCH Río Hondo, se contó con el permiso con Resolución 3608 de 2017 de la empresa Proicom S.A.S encargada de los estudios en mención (Anexo 2.2. Permisos de recolección).

2.2 Alcances

El principal alcance de estos estudios es generar un documento estratégico que atienda los lineamientos establecidos en la Resolución 1519 de 2017, por la cual se dictan los términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental (EIA) en proyectos de construcción y operación de centrales generadoras de energía eléctrica. Dentro del documento se incluye la información primaria

obtenida para el área del proyecto, como también fuentes secundarias de entidades a nivel regional para complementar la información.

Se presentan a nivel de prediseño, las principales características de los diferentes programas, obras o actividades del proyecto, tales como: la localización, vías de acceso, zedmes, obras principales y complementarias; igualmente, se describen los posibles impactos ambientales y socioeconómicos que puedan ser generados por el proyecto, evaluándolos cualitativamente y cuantitativamente para establecer el grado de afectación y vulnerabilidad, incluyendo los lineamientos participativos para la identificación de impactos con la comunidad.

Adicionalmente, se proponen las medidas de manejo para todos y cada uno de los impactos identificados en los medios abiótico, biótico y socioeconómico; se establece el conjunto de estrategias, programas y/o proyectos estructurados en un Plan de Manejo Ambiental (PMA), incluyendo la justificación, impacto tratado, etapa de aplicación, objetivos, metas, actividades, lugar de aplicación, población beneficiada, indicadores de eficiencia y efectividad, responsables, tecnologías a utilizar, resultados a lograr, costos y cronogramas de inversión y ejecución.

Con esta metodología se busca minimizar el uso de los recursos naturales renovables y los recursos culturales, para la prevención, mitigación, corrección y compensación de los riesgos e impactos ambientales negativos, que pueda ocasionar la operación del futuro proyecto y potenciando los impactos positivos. Además, se describen los mecanismos, espacios y procedimientos empleados para propiciar la participación de las comunidades afectadas, explicando los procesos participativos, de información y consulta de los impactos generados por el proyecto y las medidas propuestas.

Dentro del medio socioeconómico, se identifican los actores sociales del área de influencia (organizaciones comunitarias, entidades territoriales, grupos e instituciones, agencias ambientales, ONG, etc.) incluyendo todos los grupos potencialmente afectados por los posibles impactos ambientales significativos que puedan recaer sobre las comunidades cercanas al proyecto. Se identifican todos los programas y proyectos públicos y privados de carácter ambiental, social, económico, cultural y de infraestructura que se están desarrollando en el área de influencia del Proyecto, ya sean de orden Nacional, Departamental y/o Municipal, para evaluar la compatibilidad y buscar estrategias de armonización, articulación y coordinación interinstitucional cuando proceda.

Finalmente, se realiza la evaluación económica de los impactos ambientales relevantes que se puedan presentar en el área de influencia del proyecto, para lo cual se lleva a cabo la identificación y en lo posible cuantificación física y monetaria de los beneficios y costos relevantes derivados de cambios en los bienes y servicios ambientales producidos por los recursos naturales renovables y el medio ambiente.

2.2.1 Limitaciones y/o restricciones del estudio

Se describen las limitaciones que se presentan al momento de la elaboración del estudio, de acuerdo con los requerimientos de los términos de referencia específicos para este proyecto, expedidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), en la Resolución 1519 del 26 de Julio de 2017. Se resalta que el tipo de obras estimadas para el desarrollo del proyecto son de diseño superficial y, por lo tanto, no se llevarán a cabo los estudios específicos para la intervención de recursos subterráneos debido a que no se hará uso y/o afectación de estos. Además, hay que resaltar que los diseños del proyecto estiman una Pequeña Central Hidroeléctrica a filo de agua, sin construcción de embalse o represa, es así, como este documento tampoco elabora los estudios relacionados con este tipo de obras debido al que el diseño del proyecto no lo requiere.

Uno de los limitantes encontrados a la hora de realizar los estudios que fueron el insumo para el levantamiento de la línea base, fue el difícil acceso a la zona de estudio, debido a las altas pendientes encontradas en las cuales establecer parcelas de estudio se dificultó, pues presentaba riesgos para la integridad de los profesionales. Adicionalmente, en la caracterización socioeconómica, se encontró como restricción el difícil acceso hacia las unidades familiares ubicadas en zonas alejadas, lo que dificultó además la comunicación con los líderes de la comunidad y la baja asistencia a las socializaciones y talleres de las veredas más lejanas. Es importante resaltar que la zona se encuentra con el fenómeno de retorno de la población desplazada en años anteriores por orden público, en lo cual se identificó la alta modificación de los usos del suelo, con cambios significativos y frecuentes en las coberturas boscosas a zona de cultivos y pastos limpios para aprovechamientos productivos de la comunidad.

2.3 Metodología

2.3.1 Área de influencia

La definición del área de influencia del proyecto para los medios abiótico, biótico y socioeconómico se realizó mediante los lineamientos establecidos en la Resolución

1519 del 26 de Julio de 2017 para proyectos de generación de energía hidroeléctrica. Se realizó una identificación preliminar de los impactos ambientales y socioeconómicos positivos y negativos que podrían ser producidos por las actividades del proyecto en cada una de sus etapas y analizando la trascendencia de estos sobre los diferentes componentes de los medios; posteriormente, se establecieron los criterios de delimitación del área para cada impacto identificado en cada uno de los componentes y los resultados de estos se especializaron en mapas temáticos. El anterior proceso fue llevado a cabo para establecer áreas de influencia preliminares para obtener las zonas de interés y llevar a cabo así, los estudios e investigaciones para el proyecto, finalmente al ejecutar la evaluación de impactos ambientales de manera completa y con la participación de las comunidades, las áreas de influencia fueron ajustadas y así se obtuvo un polígono para el área de influencia directa definitiva. Los criterios técnicos para esta definición y delimitación se describen más precisamente en el Capítulo 4 del presente documento.

2.3.2 Medio Abiótico

A continuación, se describe la metodología empleada para la caracterización del medio abiótico, de la oferta ambiental de cada uno de los componentes y factores que se identificaron en el área objeto de estudio y podrían ser afectados por el proyecto.

2.3.2.1 Geología y geomorfología

Los estudios para los componentes fueron efectuados por el Geólogo Gustavo Adolfo González Cardona, entre octubre de 2014 y octubre de 2015, realizados con base en la información geológica existente para los departamentos de Antioquia y Caldas, publicados por el Servicio Geológico Colombiano (INGEOMINAS) y análisis interpretativos de sensores remotos de la cuenca, en el estudio se presenta una síntesis de las características geológicas de la cuenca del río Samaná, límite departamental y objeto de este estudio, así como la definición de las unidades geomorfológicas resultado de los procesos modeladores desarrollados en la cuenca y que son el fundamento para determinar las condiciones geotécnicas del estudio.

Adicionalmente, se realizaron dos (2) campañas de campo con el propósito de reconocer las unidades geológicas y geomorfológicas presentes en la zona de influencia del proyecto y la recolección de muestras de rocas para análisis petrográficos, en cinco (5) estaciones georreferenciadas, donde se realizó el

diligenciamiento de formatos los cuales contienen toda la información relevante de cada sitio y la toma de fotografías. A cuatro (4) de las muestras se les hizo una sección delgada y se analizaron en un microscopio petrográfico de luz polarizada.

En el año 2018, y para cumplir los requerimientos de los términos de referencia TdR 014, se realizaron nuevamente visitas de campo por parte de especialistas, recopilando la información ejecutada en años anteriores e información de fuentes secundarias para la zona, además se recolectaron muestras petrográficas de rocas metamórficas y se realizó la descripción mineralógica. Se describe la geología y geotecnia de las zonas donde se encuentran diseñadas las obras del proyecto, los tratamientos e identificación de los tramos en las vías nueva a construir. Las visitas se ejecutaron durante el primer semestre del año 2018 y sus resultados se amplían en el Capítulo 5 del presente Estudio de Impacto Ambiental.

2.3.2.2 Paisaje

Inicialmente se realiza la identificación de las unidades de paisaje local y su interacción con el proyecto, generando un mapa temático en una escala de al menos 1:10.000. Posteriormente se describió el proyecto dentro del componente paisajístico de la zona y se analizó la visibilidad y calidad paisajística. Se identificaron puntos de interés paisajístico, se logró identificar la percepción y valoración del paisaje, grupos de interés y uso sobre este.

En el mes de febrero se realizó la caracterización del componente paisajístico, orientado hacia la identificación de las unidades de paisaje, los sitios de interés paisajístico, así como el análisis de calidad paisajística, visibilidad y fragmentación; se visitaron puntos estratégicos como captación, casa de máquinas y puntos intermedios.

2.3.2.3 Suelos

La información de suelo para la zona de estudio se extrajo del Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras – Departamento de Antioquia y Departamento de Caldas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC (IGAC, 2007). En dicho informe se presentan las separaciones homogéneas de los suelos en el departamento de Antioquia y Caldas; resultados obtenidos a partir de la fotointerpretación, chequeos de campo y usando un sistema taxonómico apropiado.

Entre los alcances del estudio de suelo, fue determinar las características y propiedades de los diferentes tipos de suelo existentes, asignar su clasificación

agrológica, identificar el uso actual de los suelos y sus posibles conflictos de uso, en el área de proyecto, con el fin de establecer su potencialidad frente a las funciones que debe desempeñar desde los puntos de vista tanto ecológico como socio económico, su vulnerabilidad frente a los procesos tanto naturales como antrópicos, así como las medidas necesarias para su manejo y conservación. Los resultados se evidencian y describen en el capítulo 5 del presente documento.

2.3.2.4 Hidrología

Este componente fue evaluado por la empresa GOTTA, Ingeniería, Agua, Ambiente; estudio que fue realizado entre noviembre de 2014 y noviembre de 2016, titulado “Estudio hidrológico para el Proyecto hidroeléctrico sobre el Río Hondo”.

Para los estudios, inicialmente se realizó una identificación de la zona de estudio y una posterior verificación en campo, posteriormente se realizaron los diferentes cálculos con la debida rigurosidad y los análisis correspondientes. El desarrollo de metodología se describe en el capítulo 5 del presente Estudio de Impacto Ambiental.

2.3.2.5 Calidad de agua

En el año 2014 con la firma Gotta se llevaron a cabo las primeras mediciones de calidad de agua en la cuenca de estudio. Para finales del año 2017, se ejecutó nuevamente una campaña para la medición y análisis de la calidad de agua en el área de influencia. La metodología a seguir fue la establecida, tomando cinco (5) puntos óptimos de medición que permiten el entendimiento de la dinámica del cuerpo de agua. Para la toma de las muestras en campo se siguieron los protocolos y manuales para el seguimiento y monitoreo del recurso hídrico establecido por el IDEAM y las normas NTC. Cada punto fue georreferenciado y se justificó su importancia y representatividad.

Para el año 2018, se realizó la última campaña cumpliendo con los términos de referencias TdR 014 adoptados por la Resolución 1519 de 2017 para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental para las Centrales Hidroeléctricas, donde se monitorearon nuevamente los cinco puntos seleccionados en campañas anteriores.

2.3.2.6 Uso del agua

El uso del agua se determinó a través del estudio realizado por la fundación profesional PROAGUAS finalizado en diciembre del 2015, cuyo objeto fue la *“Caracterización y cuantificación de la oferta y demanda hídrica superficial, la demanda subterránea, y vertimientos a través del inventario o censo de usuarios*

del recurso hídrico aguas abajo del punto de captación del proyecto Hidroeléctrico del río Hondo en el municipio de Samaná, departamento de Caldas ” en donde se buscó identificar las dinámicas sociales, técnicas y culturales que gobiernan el agua en la zona y su manejo. Es importante aclarar que este estudio se realizó abarcando un área mayor a la definida como Área de Influencia Socioeconómica, por tal motivo si se revisa en el anexo 10. *Caracterización socioeconómica*. Carpeta 11; se encontrará información adicional a la correspondiente al área de influencia socioeconómica. Adicionalmente, se realizó una descripción de las formas de aprovechamiento del agua, teniendo en cuenta las zonas de captación y vertimientos; así mismo, la identificación de las fuentes de contaminación, caracterización de usos y usuarios y la localización de usuarios, toda ésta información se encuentra en el capítulo 5 relacionado con la caracterización del área de influencia.

2.3.2.7 Hidrogeología

Este estudio estuvo a cargo de la empresa GOTTA INGENIERÍA S.A.S, y fue ejecutado entre noviembre de 2014 y abril de 2017, titulado “Caracterización hidrológica para el diagnóstico ambiental de alternativas Proyecto Hidroeléctrico Río Hondo”, el principal alcance fue desarrollar los trabajos de caracterización hidrogeológica para la fase preliminar del proyecto. Es importante aclarar que el proyecto no contempla la construcción de obras, ni aprovechamientos subterráneos en la alternativa definitiva. Debido a que el estudio de hidrogeología fue ejecutado en una fase posterior donde se estimaban intervenciones subterráneas, se llevó a cabo un análisis para obras de túnel, las cuales ya no aplican en el presente documento de estudios para el proceso de licenciamiento ambiental, por lo tanto, no se presenta a profundidad este componente.

Definición del área de estudio

El propósito fue determinar el área de estudio teniendo en cuenta la infraestructura y el área de influencia del proyecto, así como la caracterización previa de las condiciones que controlan el comportamiento del agua subterránea y su interacción con las corrientes superficiales.

La información principalmente incluye la cuenca del río Hondo hasta su entrega en el río Samaná con algunas áreas faltantes del total del área de la cuenca. Dado este inconveniente, en el trabajo antes mencionado se completó la información haciendo uso de herramientas de suavizado. Para poder procesar información dado el

volumen de esta, se hizo necesario realizar un remuestreo, para finalmente obtener el modelo mostrado en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** El dominio espacial mostrado en dicha figura fue el área de interés a considerar en el estudio hidrogeológico.

3. Recopilación y análisis de información secundaria

Se realizó una recopilación y análisis de información secundaria y de estudios previamente existentes. El objetivo fue establecer un marco geológico y estructural, que sirviera como base para los análisis posteriores. En general, se prestó especial atención a toda la información estructural reportada, en particular a las tendencias regionales de fallamiento y foliación de las rocas metamórficas existentes en la zona, ya que éstas condicionan el comportamiento hidrogeológico del macizo rocoso y su respuesta a las intervenciones planeadas en el proyecto.

4. Localización de nacimientos de corrientes y encuestas de uso

De acuerdo con los términos de referencia para el proceso de licenciamiento ambiental, debe realizarse un levantamiento de los puntos de agua subterránea. Esta actividad se afrontó revisando el levantamiento mediante de alto detalle LIDAR suministrado por GENSA y ejecutando la revisión detallada del informe *“Caracterización y cuantificación de la oferta y demanda hídrica superficial, la demanda subterránea y vertimientos a través del inventario o censo de usuarios del recurso hídrico aguas abajo del punto de captación del proyecto hidroeléctrico de río hondo en el municipio de Samaná, departamento de caldas (Gensa-Proagua, 2015) para localizar lo siguiente:*

La existencia de viviendas en la región.

Los posibles sitios de nacimiento con base en el análisis geomorfológico de la topografía detallada que dispone GENSA.

La determinación de los tipos geomorfológicos predominante en las corrientes de primer orden con base en el análisis del MDE.

El reporte de GENSA-PROAGUA (2015), entregado a GOTTA durante el mes de febrero de 2017, se afirmó lo siguiente: *“La base para el desarrollo del ejercicio de campo, se centró en la identificación de los usuarios localizados aguas debajo de un punto de interés para el contratante (GENSA), asociado este a la posible localización de un sistema de generación de energía eléctrica”*. Se agregó que: *“Es importante mencionar que en el trabajo de campo, tuvo grandes dificultades sobre*

todo en lo que respecta al acceso a los predios, ya que los mismos se encuentran dispersos y las vías que conducen hacia ellos son verdaderas trochas, en las cuales el único medio de transporte es el caballo; adicionalmente debido a problemas de orden social vivido en el municipio desde el año 1995 (aproximadamente), muchos de sus habitantes salieron de sus predios dejándolos totalmente abandonados, los cuales en su gran mayoría hoy se encuentran en rastrojo, y material vegetal de gran porte que le imprimen al territorio una dimensión de “selva” o bosque nativo”.

Con respecto a los usos de agua subterránea mediante pozos, aljibes y manantiales, de interés para el presente proyecto se manifestó lo siguiente: *“Es de indicar que debido a las condiciones topográficas (pendientes fuertes y terrenos quebrados) que ofrece el territorio, en la zona no se tiene aprovechamiento de agua subterránea, lo que hace que las únicas fuentes de suministro sean los pequeños nacimientos y quebradas que ofrece la cuenca, sin contar con las aguas lluvias, las cuales no son aprovechadas de manera efectiva”.*

De lo anterior, el grupo consultor de GOTTA determinó que la visita de levantamiento de usuarios de agua subterránea había sido contemplada en el estudio de GENSA-PROAGUA (2015), por lo cual se consideró innecesaria la ejecución de trabajo de campo, con lo cual se planteó que el alcance del levantamiento de pozos, aljibes y manantiales requerido por los términos de referencia fue alcanzado durante la ejecución del proyecto antes mencionado.

2.3.2.8 Geotecnia

La información geotécnica fue evaluada en el año 2016 por la empresa QUASAR, Ingenieros Consultores, con el informe titulado “Evaluación geotécnica de la susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa en la zona de toma, corredor de la conducción a media ladera y zona de descarga del proyecto hidroeléctrico río hondo”, con el fin de identificar las características geotécnicas de la zona de estudio y con esto determinar la susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa de esta. Con los datos obtenidos se construyó el informe, el cual incluyó procesamiento de información primaria y construcción de los mapas de todas las temáticas asociadas, para este proceso se aplicaron procedimientos mediante la aplicación de programas especializados.

2.3.2.8 Atmósfera

Con relación al análisis atmosférico en la zona de estudio se evaluaron parámetros relacionados al clima, temperatura, precipitación, evapotranspiración y ruido; por

otro lado, no se realizaron monitoreos de calidad de aire, debido a que no se identificaron fuentes fijas ni móviles que emitan contaminantes a la atmosfera; tampoco, se evaluó el componente de olores ofensivos, dado que dentro de área de influencia del proyecto no se identificaron olores generados por sustancias o actividades industriales, comerciales o de servicio.

- **Clima**

La información hidrometeorológica se consolidó en el estudio titulado “Estudio hidrológico para el proyecto Hidroeléctrico sobre el Río Hondo” efectuado por la empresa consultora GOTTA en el 2015, a partir de un análisis de registros de tipo climatológico, precipitación y caudal suministrados por GENSA y el IDEAM, información obtenida a partir de estaciones de registros en donde para cada una se precisó los años que presentan, el código, el nombre, las fuentes de registro, los años efectivos donde se registran datos, porcentaje de datos faltantes y las coordenadas de ubicación. En el capítulo 5 del presente documento, se amplía esta información con mayor nivel de detalle.

- **Temperatura**

Para representar adecuadamente la variabilidad altitudinal de la temperatura en la zona de estudio, con una resolución temporal diaria, se recurrió a la base de datos del Re-análisis Regional de Norte América (North America Regional Reanalysis, NARR, Mesinger *et al.*, 2006). La información más detallada acerca de la base de datos utilizada en este aspecto puede encontrarse en la página web del proyecto NARR (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.narr.html>). Y para información adicional se puede consultar en la web <http://ggweather.com/enso/oni.htm>.

Precipitación

En el estudio desarrollado por GOTTA y GENSA en 2015 se estimó un mapa de precipitación media multianual, que representa la variabilidad espacial de la lluvia en la zona de estudio. En el capítulo 5 se desarrolla ampliamente este aspecto.

- **Evapotranspiración (ETP)**

Los campos de ETP promedio diaria para la zona de estudio han sido calculados mediante las ecuaciones de Cenicafé y Thornthwaite. Así, los dos campos diarios

de ETP obtenidos se promediaron para obtener un campo único que fue usado como ETP efectiva y se utilizó para calcular el campo de ETR correspondiente introduciendo la disponibilidad hídrica en términos de la precipitación.

- Ruido

Los niveles en la presión sonora se determinaron según lo establecido en la Resolución 1519 del 2017, identificando y georreferenciando las fuentes generadoras de ruido en el área de influencia, así como los potenciales receptores de interés ubicados en asentamientos humanos, y de los ecosistemas estratégicos identificados. A continuación se presentan las coordenadas de ubicación de los puntos de monitoreo:

Tabla 1. Puntos de monitoreo de ruido ambiental. Fuente: Elaboración propia, 2018.

Punto de Medición	Ubicación del punto de monitoreo	Coordenadas (Magna Sirgas Bogotá)	
		Este	Norte
P01-Cristales	Caserío Cristales (1232 m.s.n.m)	890349	1110181
P02-Captación	A 5 m del cauce del Río Hondo (799 m.s.n.m)	892117	1109654
P03-Campamento	Campamento (1220 m.s.n.m)	891165	1112786
P04-Tanque de carga	Tanque de Carga sector Magallanes (818 m.s.n.m)	892730	1113478
P05-Casa de Máquinas	A 100 m del cauce del Río Hondo (583 m.s.n.m)	892993	1113712

2.3.3 Medio Biótico

2.3.3.1 Ecosistemas terrestres

La identificación de los ecosistemas que hacen parte del proyecto se realizó a partir de la metodología planteada en el documento de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia. (IDEAM, et al., 2007), a escala 1:10.000. Las principales actividades que se llevaron a cabo para el análisis de los ecosistemas terrestres, fueron: Identificación de las zonas de vida, definición y delimitación de biomas, y delimitación e interpretación de las coberturas vegetales. Posteriormente con la información recolectada en campo (puntos de control), se procedió a realizar los ajustes iniciales para la obtención final del mapa de coberturas y junto con herramientas SIG.

2.3.3.2 Flora

La metodología establecida se planteó según lo señalado en la Resolución 1519 de 2017, a través del establecimiento de parcelas representativas, un inventario estadístico y actividades planeadas, para conseguir el alcance de los objetivos propuestos. Las visitas para estos estudios fueron realizadas en el año 2015, 2017 y 2018 por parte de especialistas en composición florísticas, inventario forestal y muestreo de epífitas vasculares y no vasculares. Las muestras colectadas fueron depositadas en entidades que cuenten con museos o colecciones debidamente certificadas por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.

- Validación y clasificación de las coberturas vegetales

Para este fin, se tomó como base el mapa de coberturas vegetales del IGAC, se procedió a la validación y corroboración de la información por medio de diferentes técnicas. La clasificación de las coberturas se hizo de acuerdo con las categorías propuestas en la LEYENDA NACIONAL DE COBERTURAS DE LA TIERRA metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia (IDEAM, 2010). La descripción de las características estructurales y de composición de la vegetación en cada una de las coberturas, se hizo a partir del levantamiento de información primaria con el establecimiento de parcelas estandarizadas. De igual manera, la información provista por los habitantes del lugar fue útil para complementar datos sobre la historia del uso del suelo, que ayudaron a la identificación de los bosques primarios y las posibles edades de los bosques secundarios y áreas en sucesión.

- Caracterización de estructura y composición de las coberturas

Se llevaron a cabo diferentes metodologías. La empleada en el año 2015 por la Fundación Biodiversa, contempló: fase de campo, fase de laboratorio, análisis de datos.

Cada ejemplar se preparó y se montó en papel periódico y se rotuló con su respectivo número de colección, preservándolo en una solución (Ilustración 2-7). El transporte de las bolsas se realizó con precaución, cuidando de no ocasionar perforaciones o destrucción de las muestras.



Ilustración 1. Montaje de las muestras y preparación del material vegetal.

En los años 2017 y 2018 la metodología a seguir para la caracterización florística, contempló fase de campo y fase de análisis de datos.

Tabla 2. A) Marcaje identificación de las parcelas rectangulares; B) Delimitación; C) Medición del diámetro a los individuos al interior de cada parcela. Fuente: Elaboración propia.



- Inventario forestal (error de muestreo inferior al 15%)

Para el año 2017 y 2018, con el objetivo de proveer información fiable que facilite la estimación del volumen de madera a aprovechar por cada tipo de cobertura y por hectárea a partir de cálculos estadísticos, se diseñó y llevó a cabo un inventario forestal en cada una de las coberturas vegetales identificadas donde se prevé realizar aprovechamiento forestal debido a la construcción de vías de acceso y

A todas las especies se les llevó a cabo un detallado registro fotográfico, fueron identificadas e (Anexo. Registro fotográfico) y se clasificaron de acuerdo con las categorías taxonómicas propuestas por el APG III.

Censos individuos con un DAP ≥ 10 cm en las áreas de intervención

Con el propósito de cuantificar la totalidad del número de individuos y volumen de madera que será objeto de aprovechamiento en las áreas que pretenden ser intervenidas por las actividades y obras del proyecto, se realizó el censo del 100% de los individuos con un DAP ≥ 10 cm presentes allí. Dicha información será el insumo necesario para la solicitud de permiso de aprovechamiento forestal, así como su respectivo plan de compensación de acuerdo con lo establecido en el Decreto 1791 de 1996 por medio del cual se establece el Régimen de Aprovechamiento Forestal.

A todas las especies se les llevó a cabo un detallado registro fotográfico, fueron identificadas y se clasificaron de acuerdo con las categorías taxonómicas propuestas por el APG III. Se identificaron aquellas especies de interés para la conservación por su condición de amenaza de extinción o veda de explotación de acuerdo con la resolución 383 del 23 de febrero del 2010 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la resolución 0192 del 10 de febrero de 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la lista roja de plantas de la UICN y el convenio CITES. Se destacaron además aquellas especies de interés ecológico, económico y cultural para la región.

2.3.3.3 Epífitas

El trabajo de caracterización de flora epífita en veda presentó tres fases y en los años 2017 y 2018: una fase de pre-campo, una de campo y una post-campo (en esta fase se incluyeron el trabajo en laboratorio y/o herbario y el procesamiento de la información junto con la elaboración de informes).

2.3.3.3.1 Fase de pre-campo

Previo a la salida de campo, se efectuó una definición preliminar de las unidades de cobertura de la tierra presentes en el área del proyecto, con base en la interpretación de imágenes satelitales, las cuales dieron un acercamiento exploratorio a la identificación de las formaciones vegetales del área de estudio. Posteriormente, se realizó una revisión de la información secundaria existente para el área del proyecto, como estudios florísticos previos y legislación vigente acerca de vedas nacionales y/o regionales, como los libros rojos para especies amenazadas, la Res. 1912 de 2017 y la Res. 0213 de 1977 del INDERENA.

2.3.3.3.2 Fase de campo

En cada una de las coberturas con vegetación arbórea y/o arbustiva, de cada ecosistema presente en el AID, se establecieron mínimo cuatro (4) parcelas del tamaño correspondiente a las parcelas forestales en la cobertura estudiada. Además, se muestreó el área de influencia de la copa, debido a que los arbustos y arbolitos bajo el microclima del forófito albergan especies de epífitas adaptadas a estas condiciones ambientales. Bajo el área de influencia de la copa de cada forófito seleccionado, se muestrearon las epífitas facultativas o casuales (terrestres), que

son aquellas que pueden vivir en el suelo o sobre los árboles (Schimper, 1988; Richards, 1964).

- **Muestreo de epífitas no vasculares:** Briofitos cortícolas:

La mayoría de los briofitos de áreas tropicales son epífitas cortícolas. Según Wolf (1995), el estudio de los briofitos epífitos de los bosques tropicales tiene varias ventajas comparado con el de las epífitas vasculares. Debido a la necesidad de realizar cuantificaciones de porcentaje de cobertura de las epífitas no vasculares sobre los forófitos, se utilizó la metodología de la plantilla de acetato transparente con una cuadrícula de 100 cm², donde cada cuadro representó un 1%; esta se ubicó directamente sobre el tronco del forófito a muestrear, contabilizando el número de cuadros ocupados por cada una de las especies de epífitas no vasculares (Wolf, 1995).

La importancia de esta metodología radica en que gran parte del material colectado en los transectos y parcelas es estéril y algunas veces puede ser encontrado en estado fértil cuando se hacen colecciones generales. Todas las muestras que fueron colectadas en estado fértil, se encontraron en alguna categoría de amenaza o fueron endémicas, entre otros atributos, fueron depositadas en herbarios pertenecientes a la Asociación Colombiana de Herbarios (ACH) y que se encontraban en la zona de influencia del proyecto, como el herbario HUQ de la Universidad del Quindío.

2.3.3.3.3 Fase post-campo

- **Trabajo en laboratorio y/o herbario:** Todo el material se colectó en campo para su determinación en herbarios con amplio reconocimiento a nivel nacional y/o del área de influencia del proyecto.
- **Elaboración de informe y análisis de datos para epífitas vasculares y no vasculares:** Con la información recolectada en campo y los ejemplares de epífitas determinados hasta el nivel taxonómico de género o especie, se estructuró la base de datos correspondiente, con los datos obtenidos.

2.3.3.4 Fauna

Un primer estudio faunístico en el área de influencia del proyecto fue elaborado por la fundación BIODIVERSA entre noviembre y diciembre de 2015, y presentado en informe técnico titulado “Levantamiento de información primaria en fauna y flora en

la etapa de prefactibilidad del proyecto Hidroeléctrico Río Hondo, en el área de influencia del proyecto, en el municipio de Samaná – Caldas”.

Aves

Métodos directos - Redes de niebla

Siguiendo los lineamientos básicos propuestos por Ralph y *et al.* (1996), se ubicaron cuatro (4) redes de niebla en dos puntos diferentes en el sitio de muestreo, teniendo en cuenta las variables de: dimensiones y períodos de muestreo. Todos los individuos capturados fueron puestos en bolsas de tela, para su posterior determinación. Finalmente las aves fueron fotografiadas y liberadas.

Métodos indirectos - Transectos de observación y detección auditiva

Se establecieron recorridos en diferentes elementos del paisaje. De cada individuo se tomó los datos correspondientes, al mismo tiempo, se grabaron y detectaron cantos y llamados de aves que sirvieron para la identificación de especies raras y poco conspicuas. Los cantos que no lograron identificarse, posteriormente se realizó con guías sonoras de cantos (Álvarez et al., 2007; www.xeno-canto.org).



Ilustración 2. Métodos indirectos, observación y detección auditiva. Fuente: Gensa, 2015.

Análisis de datos

Para la evaluación de la diversidad alfa (α) de la avifauna, se calcularon los índices Diversidad de Shannon ($H' = -\sum p_i \ln(p_i)$) y Dominancia de Simpson ($\sum p_i^2$) (Hammer *et al.*, 2001). Las aves se clasificaron de acuerdo con Stotz y *et al.* (1996) según su grado de susceptibilidad a las perturbaciones, prioridad de conservación,

prioridad de investigación, y según categoría de amenaza nacional y/o internacional (Renjifo *et al.*, 2014; MADS, 2014; IUCN, 2015).

Herpetos (Anfibios y Reptiles)

Fase de Campo

El trabajo de campo se realizó entre el 14 y el 22 de noviembre de 2015. Fueron recorridos por dos personas buscando los individuos en los diferentes microhábitats (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Los anfibios fueron capturados y se conservaron con la debida rigurosidad, así como con los reptiles, teniendo en cuenta además su tamaño. A cada individuo se le tomó registro fotográfico y los datos correspondientes.

Actividades diurnas y nocturnas para la búsqueda de anfibios y reptiles en los diferentes microhábitats. Fuente: Gensa, 2015.



Ilustración 3. Actividades diurnas y nocturnas para la búsqueda de anfibios y reptiles en los diferentes microhábitats. Fuente: Gensa, 2015.

Análisis de datos

Para cada una de las especies registradas se consultó su estado de conservación teniendo en cuenta a nivel global la base de datos de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y la Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), y a nivel nacional la Resolución 0192 del 10 de febrero de 2014 y los Libros Rojos de Anfibios y Reptiles de Colombia (Rueda-Almonacid *et al.*, 2004; Castaño-Mora,

2002). También fue tenido en cuenta la tendencia poblacional de cada una de las especies encontradas.

Mamíferos

Pequeños mamíferos no voladores

Para el registro de éstos, se emplearon técnicas de trampas, ubicadas en sitios y tiempos estratégicos, realizando los monitoreos correspondientes. Los individuos capturados se identificaron hasta la categoría taxonómica posible, tomando las medidas estándar (longitud total, cola, pata y oreja, además el peso en gramos).

Tabla 3. Trampas de captura viva tipo Sherman® y Tomahawk®, esta última con un ejemplar capturado de la chucha común *Didelphis marsupialis*. Fuente: Gensa, 2015.



Ilustración 4. Trampas de captura viva tipo Sherman® y Tomahawk®, esta última con un ejemplar capturado de la chucha común *Didelphis marsupialis*. Fuente: Gensa, 2015.

Murciélagos

Para el estudio de murciélagos, se emplearon redes de niebla siguiendo la propuesta de Kunz, Hodgkison & Weise (2009), teniendo en cuenta los lugares usados por los quirópteros como ruta de desplazamiento. Los individuos fueron identificados en campo teniendo en cuenta para cada uno, variables morfológicas, estados y demás, para posteriormente ser identificada hasta la menor categoría taxonómica, luego fueron marcados con marca temporal para identificar recapturas

y así evitar recuentos en la misma sesión de muestreo, y posteriormente fueron liberados.



Ilustración 5. Ilustración 4. Red de niebla para la captura de murciélagos. Fuente: Gensa, 2015.

1. Mamíferos grandes y medianos

Este tipo de mamíferos fueron registrados mediante el uso de cámaras trampa, rastros y observaciones ad líbitum. Las cámaras se instalaron con el debido rigor en los tallos de árboles (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Éstas permanecieron activas las 24 horas del día en cada estación de muestreo durante nueve días consecutivos de muestreo.

Los rastros (ej. huellas heces y señales de forrajeo) se obtuvieron durante los desplazamientos al interior de los sitios de estudio (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). A cada rastro se le tomó registro fotográfico.



Ilustración 6. Registro de rastros, osadero de armadillo de nueve bandas (*Dasypus novemcinctus*). Fuente: Gensa, 2015.

Se realizaron entrevistas no estructuradas con habitantes de la zona, indagando sobre los mamíferos que habitan la región. En algunos casos, se produjeron donaciones de restos de mamíferos objeto de cacería en la zona.

Posteriormente, en mes de febrero de 2018 se realizó la actualización del estudio faunístico, el cual fue elaborado por la empresa PROICOM SAS a cargo de biólogos especialistas en Herpefauna, Avifauna y Mastofauna.

2.3.3.5 Ecosistemas acuáticos

Peces

Colecta en campo:

Las faenas de pesca desarrolladas durante los días muestreo se llevaron a cabo aplicando las mismas artes de pesca e intensidad en cada uno de los puntos de estudio, siguiendo los protocolos propuestos por Maldonado – Ocampo et al., (2005), adaptando los procedimientos a los objetivos planteados en los términos de referencia y a los seguidos en monitoreos llevados a cabo en ríos de características similares. Para la captura de la ictiofauna sobre la cuenca de los ríos Hondo y Claro se implementaron dos métodos de pesca que se aplicaron de acuerdo a las

características geomorfológicas de cada punto y con el objetivo de revisar los diferentes microhábitats donde pueden encontrarse los peces dentro de la columna de agua y de esta forma obtener una muestra representativa de la distribución y presencia de las especies que se hallan en la cuenca considerando aspectos diversos como sus hábitos, sitios de refugio, estructuras o adaptaciones corporales. Las técnicas empleadas fueron: electropesca y atarraya. Se procedió a realizar la correspondiente identificación, trabajo de laboratorio, análisis de datos. Finalmente, la información de los aspectos reproductivos de algunas de las especies registradas se consolidó con base en la revisión de información secundaria (Maldonado-Ocampo et al., 2005, Jiménez-Segura et al., 2014, entre otros).

- Macroinvertebrados

Métodos de muestreo

En cada una de las cinco (5) estaciones de muestreo se seleccionó aleatoriamente un transecto de 50 m para realizar la recolecta de macroinvertebrados acuáticos. Los organismos recolectados se fijaron en alcohol al 96% (Jiménez-Arce et al., 2007), posteriormente se llevaron al laboratorio, donde se realizó la separación e identificación de los macroinvertebrados presentes.

Análisis en laboratorio:

El material obtenido se preservó en tubos de vidrio debidamente etiquetados. En cada punto de muestreo se diligenció una ficha de campo con la información respectiva del punto de muestreo como Fecha, coordenadas y descripción del área (Chará, 2004).

Tratamiento de datos.

Se calculó el éxito de muestreo. El análisis se llevó a cabo para explicar de forma clara la información de los organismos recolectados, se realizaron gráficos de porcentaje de órdenes recolectados, densidad de las familias y géneros y/o morfotipos más representativos y porcentaje de grupos funcionales en cada estación de muestreo.

- Fitoplancton

Método de Muestreo

La muestra se preservó con solución transeau 1:1 y se fijó con lugol de Gram. Para medir el volumen de filtrado se utilizó un balde volumétrico. Se tomó la precaución de purgar las mallas para evitar contaminación cruzada del sitio anteriormente muestreado.

Análisis en Laboratorio

Para el análisis cualitativo de los organismos se extrajo submuestra y se realizaron las observaciones en un microscopio óptico con cámara fotográfica, provisto de reglilla micrométrica.

Análisis de datos

Los resultados obtenidos, fueron organizados en hojas de cálculo para su análisis. Adicionalmente, se hicieron análisis gráficos de clúster o dendrogramas, los cuales muestran en forma ramificada, los niveles de semejanza entre los diferentes sitios de muestreo. Se hizo una interpretación de dichos diagramas con base en la distribución de los taxones en los diferentes sitios de muestreo.

- Zooplancton

Método de muestreo:

Las colectas de zooplancton se hicieron mediante la utilización de red cónica. Las muestras se concentraron en el copo colector de la red y fueron llevadas a tarros plásticos de 500 ml y fijadas con solución transeau en una concentración 1:1 en volumen.

Análisis en Laboratorio

Se realizó un conteo de los organismos colectados, haciendo al mismo tiempo su identificación taxonómica hasta el menor nivel de clasificación posible, usando los equipos como microscopio y cámara de conteo que cumplen con las especificaciones para ello.

Análisis de datos

Se calcularon los principales descriptores generales de la comunidad como los índices de riqueza (S), abundancia (N), diversidad de Shannon (1949), diversidad de Margaleff (d) y Equidad de Pielou. Los índices ecológicos mencionados fueron calculados utilizando el software Past Versión 2,17b.

- Perifiton

Método de Muestreo

Se removió el material adherido a los sustratos (piedras, troncos, hojarasca, estructuras o tuberías, sumergidos o superficies húmedas), con cepillos plásticos. Las muestras colectadas se fijaron con una solución y fueron transportadas en envases plásticos opacos bien rotulados al laboratorio.

Análisis en Laboratorio

Previo al conteo, las muestras se homogeneizaron por agitación manual y se midió el volumen total de la muestra para calcular la densidad de acuerdo al área de raspado. El conteo se realizó en una cámara de conteo de Sedgewick-Rafter bajo microscopio óptico con cámara fotográfica.

Análisis de datos:

Se calcularon los principales descriptores generales de la comunidad como los índices de riqueza (S), abundancia (N), diversidad de Shannon (1949), diversidad de Margalef (d) y Equidad de Pielou. Los índices ecológicos mencionados fueron calculados utilizando el software Past Versión 2,17b.

2.3.4 Medio socioeconómico

A continuación, se exponen de manera general los procedimientos y estrategias utilizadas en el medio socioeconómico para la formulación del presente documento estratégico de licenciamiento ambiental. La recolección de información para el presente documento se ha obtenido de las siguientes fuentes de información:

Información primaria: recopilada a través de entrevista semi-estructurada con líderes y representantes de las comunidades que hacen parte del área de influencia, donde se abordaron temas como: características de la población, servicios públicos y sociales, características productivas, actividades económicas, organización comunitaria entre otros, que permitieron recrear las condiciones propias de la zona, así como el sentir de las comunidades en dichos aspectos, lo que facilitó profundizar en información propia de cada comunidad.

Este ejercicio se complementó con la georreferenciación de la unidad residencial, lo que permitió evidenciar claramente la ubicación de éstas respecto a las áreas de obra del proyecto y poder identificar posibles desplazamientos. De igual forma a

través de la Cartografía social se realiza un ejercicio de validación de la información anteriormente relacionada, donde se hace un trabajo con las veredas Las Mercedes y Cristales e identificando nuevos habitantes en el Territorio.

Información secundaria: La Información se obtuvo mediante la revisión de información documental como: Planes de Desarrollo Municipal, Esquemas de Ordenamiento Territorial, DANE 2005 con las respectivas proyecciones al año 2015, 2016 y 2017, Base de datos del SISBEN, igualmente se tuvo en cuenta consultas en páginas Web y la revisión de otros documentos de estudio, que brindaron insumos para la consolidación de este documento.

2.3.4.1 Prospección arqueológica

El componente arqueológico se evaluó conforme a los lineamientos del ICANH y a lo establecido en la ley 1185 de 2008 o aquella que la modifique, sustituya o derogue, como lo estipula los términos de referencia adoptados en la resolución 1519 de 2017; así mismo, se anexaron las constancias de entrega al Instituto Colombiano de Antropología e historia (ICANH), del programa de arqueología preventiva.

Para efectos metodológicos de la investigación se trató de entender los momentos de ocupación prehispánica en el área de influencia directa del proyecto, sin embargo, fue necesario partir de un contexto regional y a partir de la información secundaria, tratar de establecer secuencias de ocupación humana y caracterizarlas de acuerdo con el material recolectado. A partir de esta información se hizo necesaria la implementación de variadas técnicas de muestreo: la realización de entrevistas a habitantes de la región para conocer la existencia de posibles hallazgos, el recorrido y la inspección superficial de las áreas a intervenir y la realización de muestreos estratificados con el fin de establecer la existencia de material cultural y contextualizarlo no solo espacial sino temporalmente. Con los resultados de la presente investigación se elaboró el plan de manejo arqueológico pertinente en su versión preliminar.

2.4. Zonificación ambiental

La zonificación ambiental se define como el proceso de sectorización de un área compleja, en unidades relativamente homogéneas, caracterizadas con respecto a factores abióticos (clima, suelos, formas de la tierra, etc.), biológicos (vegetación, fauna, etc.), y socioeconómicos (recursos de valor económico, la presencia del

hombre y sus actividades). A continuación, se establecen los aspectos más importantes que se tuvieron en cuenta en la zonificación:

2.4.1 Selección de Variables

La selección de las variables parte del diagnóstico físico, biótico y socioeconómico realizado y/o de estudios previos disponibles en forma espacial y se agrupa así:

1. Variables de capacidad abiótica: estabilidad geotécnica, susceptibilidad a la erosión, hidrogeología superficial, grado de pendiente del terreno, régimen hídrico, densidad hídrica, calidad fisicoquímico del agua, oferta hídrica, demanda hídrica,
2. Variables bióticas: Sensibilidad asociada a ecosistemas naturales.
3. Variables socioculturales y económicas: Actividad económica, calidad de vida, organización comunitaria y ámbitos de participación, distribución de la tierra, potencial arqueológico y cultural.

2.4.2 Zonificación del medio físico

En esta metodología, la zonificación ambiental del medio físico busca integrar espacialmente cinco (5) variables consideradas de mayor significancia, a saber: estabilidad geotécnica del terreno, susceptibilidad a erosión, hidrogeología superficial, grado de pendiente del terreno y régimen hídrico.

2.4.2.1 Estabilidad geotécnica

En la calificación de la variable estabilidad geotécnica se establecen cuatro (4) rangos o categorías, cuyas características se describen a continuación:

Tabla 04. Calificación de las categorías para la variable Estabilidad geotécnica.
Fuente: Félix Abraham Delgado Rivera, 2012

Descripción	Valor	Estabilidad
Considerados como terrenos compuestos por depósitos de ladera asociados a procesos activos de remoción, potenciados o no por niveles de sismicidad altos a moderados.	5	Zona de baja estabilidad

Descripción	Valor	Estabilidad
Es posible considerar laderas erosionales, escarpes rocosos y lomerío de origen estructural, con pendientes altas a moderadas, potenciados o no por niveles de sismicidad altos a moderados	3	Zona de baja a media estabilidad
Se incluyen las planicies de origen aluvial con pendientes bajas y alta estabilidad, así como colinas y superficies de origen denudativo, con pendientes moderadas.	1	Zona de media a alta estabilidad
Terrenos asociados a planicies con pendiente plana.	0	Zonas de muy alta estabilidad

2.4.2.2 Susceptibilidad a la erosión

Para calificar esta variable se establecen cuatro (4) categorías, a saber:

Tabla 5. Calificación de las categorías para la variable Susceptibilidad a la erosión.
 Fuente: Félix Abraham Delgado Rivera, 2012

Descripción	Valor	Susceptibilidad
Corresponde a suelos altamente susceptibles a procesos avanzados de erosión y/o suelos que manifiestan procesos de erosión muy severa, como surcos y cárcavas.	5	Severa susceptibilidad a la erosión
Corresponde a suelos susceptibles a procesos de erosión superficial como erosión por escurrimiento concentrado o erosión en surcos.	3	Moderada susceptibilidad a la erosión
Corresponde a suelos poco susceptibles a procesos de erosión concentrada, manifestando erosión superficial o laminar.	1	Leve susceptibilidad a la erosión
Terrenos con pendientes suaves, provistos de buena cobertura vegetal sin riesgo de erosión.	0	Muy baja susceptibilidad a la erosión

2.4.2.3 Hidrogeología superficial

Se pueden diferenciar tres (3) tipos de zonas, las cuales pueden ser definidas o descritas de manera más detallada según sea el nivel de información con que se cuente y las particularidades geológicas e hidrogeológicas de la zona de estudio. Las categorías consideradas se describen de la siguiente manera:

Tabla 6. Calificación de las categorías para la variable de Interes en Hidrogeología superficial. Fuente: Félix Abraham Delgado Rivera, 2012

Descripción	Valor	Nivel de interés
Corresponden a regiones de alta permeabilidad, ya sea primaria o secundaria, que alimentan formaciones geológicas de alta productividad, con capacidades específicas superiores a 1.1 lps/m, conformando acuíferos de gran importancia. Por su alto potencial hidrogeológico ya que son zonas de recarga hídrica, se debe tener un manejo especial	6	Zonas de Mayor Interés hidrogeológico
Son regiones de moderada permeabilidad, ya sea primaria o secundaria, que en función de los excesos del ciclo hidrológico y por efecto de la infiltración se convierten en escorrentía subsuperficial o en su defecto alimentan acuíferos de mediana productividad, con capacidad específica entre 0.1 y 1.1 lps/m.	3	Zonas de Moderado Interés hidrogeológico
Se encuentran en áreas de baja o nula permeabilidad (impermeables), sin posibilidad de infiltrar o alimentar acuíferos, donde el agua fluye superficialmente, considerada sin ninguna utilidad para el aprovechamiento de aguas subterráneas y actúan como zonas de escorrentía.	1	Zonas de Bajo Interés hidrogeológico

Grado de pendiente de terreno

Para esta variable se han considerado cuatro (4) categorías o rangos de pendiente, los cuales serán clasificados de la siguiente manera:

Tabla 7. Calificación de las categorías para la variable Grado de pendiente del terreno.
Fuente: Félix Abraham Delgado Rivera, 2012

Descripción	Valor	Grado de pendiente
Corresponde a aquellos terrenos con pendiente superior a los 45° (>100%)	5	Muy alta
Corresponde a terrenos cuya pendiente oscila entre los 30° - 45°: (66%-100%)	3	Alta
Corresponde a terrenos cuya pendiente oscila entre los 15° - 30°: (33%-66%)	1	Moderada
Corresponde a terrenos cuya pendiente es menor a los 15°: (0%-33%).	0	Baja y muy baja

2.4.2.5 Régimen hídrico

Se considera este componente como una manifestación o respuesta de las condiciones climatológicas, geológicas, geomorfológicas, biológicas y socioeconómicas en el área de estudio, determinando el grado de vulnerabilidad, criticidad, sensibilidad e importancia social y ambiental de este recurso al momento de efectuar el estudio. En este componente se han considerado como variables, la densidad hídrica, la calidad fisicoquímica del agua, la oferta y la demanda hídrica de una unidad espacial o geográfica determinada (microcuenca, subcuenca o cuenca hidrográfica).

Densidad hídrica

Dícese de la longitud acumulada de caños, quebradas, riachuelos y/o ríos que surcan un área con carácter permanente por unidad de superficie. Para tal efecto se establecen los siguientes niveles de densidad:

Calidad fisicoquímica del agua:

Con base en la caracterización fisicoquímica y bacteriológica de los cuerpos de agua que se hallan en determinada área (cuenca, subcuenca o microcuenca), se determina la calidad que presenta este recurso, calculando el Índice de Contaminación (ICO) desarrollado por Ramírez, et al., 1998. conjugando los índices

por mineralización (ICOMI), sólidos suspendidos (ICOSUS) y Materia Orgánica (ICOMO). Una vez se ha determinado el RANGO o NIVEL DE CONTAMINACIÓN de cada índice (ICOMI, ICOSUS, ICOMO) se promedian los resultados obtenidos en cada índice (ICO PROMEDIO), determinándose la sensibilidad ambiental a la contaminación de las aguas en el área muestreada, tal como se presenta en la **Tabla 8**

Tabla 8. Calificación de las categorías para la variable Calidad físico-química del agua.
 Fuente: Félix Abraham Delgado Rivera, 2012

Rango	Valor	Nivel de contaminación
Ninguna - Baja	0-0,02 -	Alta
	>0,02- 0.4	
Media - Alta	2	Media
Muy alta	0,8 - 1	Baja

Oferta hídrica

Tabla 9. Niveles de precipitación media anual (mm) en las provincias de humedad.
 Fuente: Félix Abraham Delgado Rivera, 2012

Descripción	Valor	Calificación
(700-2000) – (500-1000)	3	Seco – Muy seco
2000-4000	2	Húmedo
4000-8000	1	Muy húmedo-Pluvial

Demanda hídrica

Considerada como el uso predominante o más frecuente que se proporciona a este recurso dentro de la unidad geográfica (cuena, subcuena o microcuena). La valoración de (3) **Consumo Humano o doméstico** se establece al detectarse viviendas o centros poblados que pueden ser afectados con la demanda que el proyecto realiza de este recurso. Esta variable está dada por las siguientes características de uso o demanda:

Tabla 10. Fuente: Félix Abraham Delgado Rivera, 2012

Descripción	Valor
Consumo Humano- doméstico	3
Piscícola Agrícola y/o pecuaria	2
Otros usos	1

2.4.2.6 Mapa de sensibilización abiótica

De la integración espacial ponderada de las variables consideradas, estabilidad geotécnica del terreno, erosión, pendientes, hidrogeología superficial y régimen hídrico de la zona se genera el *mapa de sensibilidad abiótica*, dicho mapa nos proporcionará información de sectores críticos, sensibles o vulnerables desde el punto de vista físico, dentro del área de estudio. Para tal efecto se tendrán en cuenta los siguientes rangos de valoración que determinarán los niveles de sensibilidad correspondientes, tal como se muestra en la **Tabla 11**

Tabla 11. Niveles de sensibilidad abiótica. Fuente: Félix Abraham Delgado Rivera, 2012

Rango	Sensibilidad física
0 – 6	Muy baja
7 - 13	Baja
14 – 20	Moderada
21 – 27	Alta
28 - 33	Muy alta

2.4.3 Zonificación del medio biótico

Con base en la interpretación y sectorización de la cobertura vegetal se obtiene el mapa de uso actual del suelo, integrando los aspectos más importantes de los ecosistemas comprendidos dentro del área de estudio. La integración espacial ponderada de los tipos de cobertura consideradas genera el *mapa de sensibilidad*

Biótica, dicho mapa nos proporcionará información de posibles sectores críticos, sensibles o vulnerables que desde el punto de vista biótico se hallen dentro del área de estudio. Para tal efecto se tendrán en cuenta los siguientes rangos de valoración, tal como se muestra en la **Tabla -12**.

Tabla -12. Calificación para la sensibilidad biótica asociada a los tipos de cobertura vegetal. Fuente: Félix Abraham Delgado Rivera, 2012, CORINE (2010)

	DESCRIPCION	COBERTURA DE LA TIERRA (CORINE), Colombia (2010)	CALIF.
RASTROJO ALTO <i>Vegetación con clara dominancia de especies de porte arbustivo, con alturas comprendidas entre 1 y 2 metros de abundante ramificación en la base.</i>		HERBAZAL DENSO tierra firme <i>arbolado</i>	16-18
		Herbazal denso de tierra firme <i>CON</i> arbustos	
		HERBAZAL DENSO tierra firme no arbolado	
		HERBAZAL DENSO inundable no arbolado	
		HERBAZAL DENSO inundable arbolado	
Cultivos agrícolas <i>Plantaciones o cultivos temporales anuales, semestrales o con periodos de desarrollo inferior a un año.</i>		Cultivos permanentes	14-15
		Áreas agrícolas heterogéneas	
RASTROJO BAJO <i>Vegetación arbustiva con altura inferior a los 2 metros, con amplia dominancia de especies pioneras o invasoras</i>		Herbazal abierto	10-13
		Arbustal abierto	
PASTOS Nativos-mixtos <i>Vegetación dominada por vegetación baja compuesta por herbáceas y gramíneas. A veces con árboles y arbustos en forma dispersa.</i> PASTOS Mejorados <i>Gramíneas sembradas para la producción pecuaria</i>		Pastos enmalezados	7-9
		Pastos arbolados	
		Pastos limpios	4-6
SUELOS DESNUDOS AREAS ABIERTAS <i>Áreas desprovistas de vegetación, como arenales, unidades de roca expuesta, etc.</i>		Zonas arenosas naturales	1-3
		Afloramientos rocosos	
		Tierras desnudas y degradadas	
		Zonas quemadas	

	DESCRIPCION	COBERTURA DE LA TIERRA (CORINE), Colombia (2010)	CALIF.
Bosque Primario Intervenido (ECOSISTEMAS DENSOS - POCO INTERVENIDOS) Vegetación dominada por especies arbóreas con alturas mayores a los 6 metros. El dosel es continuo.		BOSQUE DENSO <i>alto</i> de tierra firme	31-33
		BOSQUE DENSO <i>alto</i> inundable	
Bosque secundario (ECOSISTEMAS INTERVENIDOS) Vegetación dominada por especies arbóreas con alturas mayores a los 6 metros. El dosel puede ser continuo o discontinuo		BOSQUE DENSO <i>bajo</i> de tierra firme	28-30
		BOSQUE DENSO <i>bajo</i> inundable	
		BOSQUE ABIERTO <i>alto</i> de tierra firme	24-27
		BOSQUE ABIERTO <i>alto</i> inundable	
		BOSQUE ABIERTO <i>bajo</i> de tierra firme	21-23
	BOSQUE ABIERTO <i>bajo</i> inundable		
	Bosque fragmentado		
Plantaciones forestales Plantaciones de especies forestales, o frutales perennes, nativos o foráneos que conforman rodales en cualquier estado de desarrollo.		<i>Plantación forestal</i>	19-20

Tabla 13. Niveles de sensibilidad Biótica. Fuente: Félix Abraham Delgado Rivera, 2012.

Rango	Sensibilidad biótica
1 - 6	Muy Baja
7 - 13	Baja
14 - 20	Moderada
21 - 27	Alta
28 - 33	Muy Alta

2.4.4 Zonificación del medio socioeconómico

Este componente de la zonificación del área de estudio representó y sectorizó los grados de sensibilidad o importancia socioeconómica y cultural que se manifiesta

en cada fracción de terreno o área de estudio, teniendo en cuenta no solo las divisiones político-administrativas sino aquellas que se logren diferenciar mediante las variables a considerar. Se mapeó la expresión territorial de los diferentes procesos sociales estudiados como son las actividades económicas, la calidad de vida, la diversidad de organizaciones comunitarias, los ámbitos de participación de las mismas y la tenencia de la tierra, y buscó que la cartografía se expresara como resultado de la identificación, ubicación, análisis, interpretación y evaluación de las características considerados por el modelo de zonificación social. Para la sectorización de las variables sociales, económicas y culturales de una determinada área de estudio se tuvo en cuenta las siguientes variables y valoraciones:

2.4.4.1 Actividad económica

Teniendo en cuenta las unidades definidas en el mapa de **cobertura vegetal y usos del suelo** se relacionaron las diferentes actividades económicas que se desarrollan en cada sector o vereda del área de estudio.

Tabla -14. Calificación de las categorías para la variable Actividad económica.
Fuente: Félix Abraham Delgado Rivera, 2012

Descripción	Valor
Zonas urbanas	7
Zonas agrícolas de pan coger	6
Zonas agroindustriales agroforestales	5
Áreas dedicadas a la ganadería extensiva - Actividad pecuaria	4
Bosques	3
Rastrojos – áreas abandonadas	2
Zonas desnudas	1

2.4.4.2 Calidad de vida

Con base en la información de servicios se calculó un índice ponderado de la Calidad de Vida que presentaron las comunidades que se hallaron dentro del área

de estudio. Este índice ponderado definió la sectorización o distribución en los mapas veredales o de organización político-administrativa del área y se expresó en los siguientes niveles:

Tabla 15. Calificación de las categorías para la variable Calidad de vida económica.
Fuente: Félix Abraham Delgado Rivera, 2012.

Descripción	Valor	Nivel
Áreas con servicios domiciliarios de acueducto, manejo de excretas, energía eléctrica, gas, acceso a telefonía y educación primaria con coberturas superiores al 80%.	6	Alto
Áreas con servicios domiciliarios de acueducto, manejo de excretas, energía eléctrica, gas, acceso a telefonía y educación primaria con coberturas entre el 50 % y el 80%. Zonas agrícolas de pan coger	3	Medio
Áreas con servicios domiciliarios de acueducto, manejo de excretas, energía eléctrica, gas, acceso a telefonía y educación primaria con coberturas inferiores al 50%.	0	Bajo

2.4.4.3 Organización comunitaria y ámbitos de participación

Las variables consideradas se clasificaron en las diferentes unidades que fueron analizadas, definiendo con ello, el Índice de Diversidad de Organizaciones y Ámbitos de Participación Comunitaria, así:

Tabla 16. Calificación de las categorías para la variable Organización comunitaria y ámbitos de participación. Fuente: Félix Abraham Delgado Rivera, 2012.

Descripción	Valor	Nivel
Describe la unidad territorial donde hay amplia diversidad de organizaciones sociales, incluyendo las que representan asociaciones de estas, y que se involucran o ejercen participación en los tres ámbitos de participación definidos.	6	Alto
Describe la unidad territorial donde se encuentran dos o más organizaciones comunitarias que ejercen participación en por lo menos dos de los ámbitos definidos	3	Medio

Descripción	Valor	Nivel
Describe la unidad territorial donde no existen o son escasas las organizaciones comunitarias y ejercen presencia en uno o máximo dos ámbitos de participación.	0	Bajo

2.4.4.4 Distribución de la tierra

Teniendo en cuenta la distribución de la tierra se consideró los siguientes niveles o categorías, fundamentada en el tamaño de los predios, así:

Tabla 17. Calificación de las categorías para la variable Distribución de la tierra. Fuente: Félix Abraham Delgado Rivera, 2012.

Descripción	Valor	Nivel
Propiedades cuyo tamaño dominante es inferior a las 20 Ha.	6	Alto
Propiedades cuyo tamaño dominante oscila entre las 20-100 ha.	3	Medio
Propiedades cuyo tamaño dominante es superior a las 100 ha.	0	Bajo

2.4.4.5 Potencial arqueológico y cultural

Fundamentado en los valores culturales ancestrales, definidos con base en el potencial arqueológico que posee la comunidad que habita el área de estudio en una región determinada, se establecieron los siguientes niveles de sensibilidad:

Tabla 18 . Calificación de las categorías para la variable Potencial arqueológico y cultural. Fuente: Félix Abraham Delgado Rivera, 2012.

Descripción	Valor	Potencial arqueológico
Áreas con presencia efectiva y potencial de sitios, piezas o colecciones de interés arqueológico o histórico y/o con sitios de valor cultural para la comunidad (sitios de encuentro, recreación o de alto valor paisajístico)	6	Alto

Descripción	Valor	Potencial arqueológico
Áreas donde los antecedentes de investigación y las características paisajísticas indican la presencia de asentamientos prehispánicos o históricos y/o hallazgos ocasionales, fortuitos o aislados de material arqueológico en superficie, con algunos sitios de cierto valor cultural para la comunidad (sitios de encuentro, recreación o de valor paisajístico).	3	Medio
Áreas donde los antecedentes de investigación y las características paisajísticas, indican una baja probabilidad de hallazgos arqueológicos e históricos y/o sitios de valor cultural para la comunidad.	1	Bajo

2.4.4.6 Mapa de sensibilidad socioeconómica cultural

Con base en la interpretación, sectorización e integración espacial ponderada de las diferentes variables socioeconómicas y culturales que fueron identificadas dentro del área de estudio se obtuvo el *mapa de sensibilidad Socioeconómica y cultural*, dicho mapa nos proporcionó información de posibles sectores críticos, sensibles o vulnerables desde dicho punto de vista. Para tal efecto se tuvo en cuenta los siguientes rangos de valoración, tal como se muestra en la **Tabla 19**

Tabla 19. Niveles de sensibilidad Socioeconómica y cultural. Fuente: Félix Abraham Delgado Rivera, 2012.

Rango	Sensibilidad socioeconómica y cultural
0 – 6	Muy baja
7 - 13	Baja
14 – 20	Moderada
21 – 27	Alta
28 - 34	Muy alta

2.4.4.7 Superposición y homologación de la sectorización obtenida según criterios y variables físicas, bióticas, sociales y culturales en la definición de la sensibilidad ambiental de las áreas

La superposición de las diferentes unidades que han sido establecidas por los especialistas en los aspectos físico, biótico, socioeconómico y cultural se realiza con base en el análisis y agrupamiento de los criterios, categorías y calificaciones anteriormente expuestas, las cuales serán el fundamento para establecer las diferentes categorías de uso y restricción en la zonificación del manejo ambiental, según sea la actividad o proyecto a realizar (tipo de intervención).

2.4.4.8 Calificación de áreas o elementos con sensibilidad dominante o especial.

Dado que en el territorio nacional se encuentran áreas que por sus características físicas, bióticas, sociales o culturales son únicas, imperturbables, estratégicas o han sido declaradas o consideradas como áreas de preservación y conservación ambiental, se hace necesario plasmar dicha condición en los mapas síntesis de sensibilidad ambiental de una forma directa, determinante y clara.

Dadas las anteriores circunstancias se han de considerar tres (3) tipos de áreas o elementos que conforman el ecosistema de acuerdo al origen y al grado de restricción que generan cada uno, disparando hasta el mapa final de cada componente y al mapa síntesis del estudio, el grado de sensibilidad en el sitio que se encuentre así:

ÁREAS DE RESTRICCIÓN LEGAL.- Consideradas todas aquellas áreas que fundamentadas en actos administrativos específicos o en la legislación nacional e internacional restringen o excluyen de manera tajante, la utilización de áreas en el desarrollo de proyectos. Dispararán la calificación a sensibilidad muy alta, determinando por ende su EXCLUSIÓN, considerada bajo el criterio razonable de actividad y el entorno sobre el cual se ejecuta.

ÁREAS DE IMPORTANCIA AMBIENTAL.- Incluye áreas que cuentan con limitantes o valores ambientales que los catalogan como estratégicos, críticos, vulnerables, únicos o simplemente importantes, pero que no necesariamente son excluyentes para la implementación de proyectos, obras o actividades, siempre y

cuando se defina e implemente un conjunto de medidas que controlen y manejen adecuadamente los posibles impactos. Definirá sensibilidad alta y moderada, generando áreas de manejo CON ALTA y MEDIA RESTRICCIÓN.

INFRAESTRUCTURA DE IMPORTANCIA SOCIAL.- Se consideran elementos, obras y proyectos que presentan total incompatibilidad con el proyecto o que por su función o utilidad son importantes para la comunidad o para el país. Corresponden a sensibilidad alta y moderada, generando áreas de manejo CON ALTA y MEDIANA RESTRICCIÓN.

Con base en los anteriores criterios se determinan los grados de sensibilidad que se proyectan de forma directa en grado de sensibilidad a los mapas finales o mapas síntesis de la zonificación ambiental, (física, biótica y socioeconómica y cultural), mediante el cual se determinará el mapa de Áreas de Manejo.

2.5 Evaluación ambiental

2.5.1 Identificación y Evaluación de impactos ambientales

Inicialmente, se identificaron y evaluaron los impactos ambientales de las actividades que mayor incidencia tienen sobre el área de influencia (escenario sin proyecto – Ex Ante). Posteriormente, con base en las actividades definidas en la descripción del proyecto y de acuerdo con los análisis realizados en la caracterización del proyecto, se identificaron los impactos y se analizó su afectación (Ex – Post). La evaluación de impacto ambiental se basó en la asignación de valores a cada criterio, analizando el escenario con proyecto y determinando las condiciones actuales y las problemáticas ambientales existentes en el área de influencia, producto de las principales obras y actividades realizadas durante las diferentes fases de pre – construcción, construcción, operación y mantenimiento, cierre y abandono de la PCH río Hondo. El proceso de valoración de los impactos ambientales, fue realizado de manera conjunta (mesas de discusión) con el grupo interdisciplinario de profesionales especialistas.

Además de analizar cada efecto generado sobre los diferentes medios ambientales (abiótico, biótico y socioeconómico), los resultados obtenidos fueron sintetizados con el objetivo de definir las alternativas de prevención, mitigación, compensación y corrección; todo ello, con el propósito de minimizar los impactos ambientales

generados. A continuación, se enuncian las diferentes acciones desarrolladas para evaluar los impactos identificados:

2.5.1.1 Identificación de acciones impactantes

Consiste en la identificación de acciones impactantes de tipo antrópico, que durante el desarrollo del proyecto son consideradas *Indicadores de Presión*, debido a que ejercen influencia sobre el medio ambiente variando o alterando el grado de calidad de los componentes ambientales. Estas acciones, pueden generar cambios como: modificaciones al uso del suelo, emisión de contaminantes, deterioro del paisaje, modificación del entorno social, económico y cultural, consumo de los recursos naturales, riesgos, entre otras.

2.5.1.2 Identificación de componentes ambientales susceptibles a recibir cambios o impactos

Consiste en la identificación de los componentes y elementos (factores ambientales) del medio abiótico, biótico y socioeconómico que pueden alterarse o modificarse positiva o negativamente por las diferentes actividades del proyecto. Para la definición de los factores ambientales más susceptibles, fue necesario considerar los siguientes criterios: representativos, relevantes, excluyentes, de fácil identificación y cuantificables.

2.5.1.3 Cualificación y cuantificación de los impactos

Una vez realizada la identificación de acciones impactantes e identificación de los componentes ambientales susceptibles a recibir cambios, se valoraron y evaluaron los criterios para definir el rango de importancia ambiental de cada impacto. La metodología empleada, incluye un sistema de calificación para cada criterio que oscila con valores entre 1 y 12, de acuerdo con las características cualitativas determinadas para cada uno de los impactos a evaluar, tal como se muestra en la siguiente Tabla:

Tabla 20. Criterios de evaluación. Fuente: CONESA, (2010).

Criterios		Definición	Valoración cualitativa	
NA	NATURALEZA	Carácter benéfico o perjudicial del impacto, en cuanto a si la acción mejora o degrada el ambiente actual o a futuro.	Beneficioso positivo	0 +
			Perjudicial Negativo	0 -
IN	INTENSIDAD	Define el grado de degradación que ofrece la acción sobre el recurso.	Baja	1
			Media	2
			Alta	4
			Muy Alta	8
			Total	12
EX	EXTENSIÓN	Área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno en que se manifiesta el efecto. Puntual se refiere a cuando el efecto es localizado. Si, por el contrario, el efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno del proyecto, teniendo influencia generalizada en todo él, el impacto será total. Considerando las condiciones intermedias, según su gradación, como impacto parcial y extenso.	Puntual	1
			Parcial	2
			Extenso	4
			Total	8
			Critica	(+4)
MO	MOMENTO	Tiempo que transcurre desde el inicio de la acción hasta le inicio del impacto que produce. Cuando el tiempo transcurrido sea nulo, el momento es inmediato, si es inferior a un año es corto plazo. Si el periodo de tiempo va de 1 a 5 años medio	Largo Plazo	1
			Medio Plazo	2
			Inmediato	4
			Critico	(+4)

Criterios		Definición	Valoración cualitativa	
		plazo, mientras que si el efecto tarda en demorarse más de 5 años es largo plazo.		
PE	PERSISTENCIA	Tiempo en que se espera que permanezca el impacto desde su aparición. Fugaz menor de 1 año, es temporal si es entre 1 y 10 años y permanente si es superior a 10 años.	Fugaz	1
			Temporal	2
			Permanente	4
RV	REVERSIBILIDAD	Posibilidad del factor afectado de volver a sus condiciones anteriores a la afectación por medio naturales, una vez se haya dejado de actuar sobre el medio. Si es corto plazo será en un periodo menor de 1 año, mediano plazo es entre 1 y 10 años y permanente o irreversible si es superior a 10 años.	Corto Plazo	1
			Mediano Plazo	2
			Irreversible	4
SI	SINERGIA	Hay sinergia si dos efectos se manifiestan conjuntamente, y ello es mayor que sus manifestaciones aisladas. Si hay <i>debilitamiento</i> entre los efectos la sinergia es negativa, reduciendo la importancia (I).	Sin sinergismos (simple)	1
			Sinérgico	2
			Muy Sinérgico	4
AC	ACUMULACIÓN	Un impacto es acumulativo si la presencia continuada de la acción crezca en el tiempo.	Simple	1
			Acumulativo	4
EF	EFECTO	Derivada de la relación Causa/Efecto. Un Efecto es directo cuando la acción misma genera el efecto, mientras que es indirecto si se genera a partir de otro impacto.	Indirecto Secundario	1
			Directo	4

Criterios		Definición	Valoración cualitativa	
PR	PERIODICIDAD	Regularidad de manifestación del impacto. Puede presentarse de forma continua, periódica o irregular, que deben evaluarse en términos de probabilidad de ocurrencia, y los discontinuos.	Irregular o aperiódico y discontinuo	1
			Periódico	2
			Continuo	4
M C	RECUPERABILIDAD	Posibilidad de recuperación del factor afectado por medio de gestión ambiental (introducción de medidas correctivas). Puede ser Recuperable si se consigue de manera inmediata o en el medio plazo, si lo es parcialmente el efecto es mitigable, mientras que es Irrecuperable si la alteración es imposible de reparar tanto natural como por la acción natural.	Recuperable de manera inmediata	1
			Recuperable a medio plazo	2
			Mitigable	4
			Irrecuperable	8
I	IMPORTANCIA	Medida cualitativa del impacto a partir del grado de incidencia de la alteración producida y de sus efectos.	Irrelevante	0-25
			Moderado	25-50
			Severo	50-75
			Crítico	75-100

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** anterior, se muestra la escala de valoración y calificación de la importancia de carácter negativo (-) o perjudiciales y de carácter positivo (+) o benéficos. Esta escala consideró como impactos significativos aquellos cuyo valor absoluto de importancia es mayor 25 evaluados como impactos críticos, severos y moderados, es decir, que requieren de la implementación de medidas y/o estrategias específicas de manejo para minimizar

la importancia del impacto durante el dragado de profundización del canal de acceso. Mientras que los impactos no significativos son aquellos cuyo valor absoluto de importancia es menor de 25 evaluados como irrelevantes o compatibles con el medio, ya que estos presentan una mayor asimilación del ambiente tras el cese de las actividades y no requieren medidas correctoras o las medidas implementadas para los impactos moderados pueden absorber dichos impactos. En la **Tabla 21** se presenta la escala de valoración de importancia de los impactos.

Tabla 21. Rangos de calificación y valoración de la importancia ambiental. Fuente: Conesa, (2010)

Escala de valoración	Importancia de carácter negativa	Escala de valoración	Importancia para impactos positivos
0 a -25	Irrelevante		
-26 a -50	Moderado	0 a +39	No importante
-51 a -75	Severo	+40 a +70	Importante
-76 a -100	Crítico	+71 a +100	Muy importante

2.5.2 Análisis de impactos y sus efectos

2.5.2.1 Análisis de los impactos

El análisis de los impactos y sus efectos, se realizó para los impactos identificados en el escenario Sin Proyecto – Ex Ante y Con proyecto – Ex Post, de acuerdo con la calificación de importancia absoluta, para identificar los impactos más relevantes, la actividad más agresiva con el medio y los medios ambientales más o menos afectados. Para los impactos más relevantes, se realizó el análisis de la acumulación y sinergia de los impactos del proyecto con los impactos que pudiesen presentarse en el área y, de los impactos del proyecto por si solos.

2.5.3 Valoración Económica Ambiental

Después de realizar la Evaluación de los Impactos Ambientales del proyecto, se realizó la jerarquización de los impactos ambientales, en el cual se identificaron los impactos que pueden ser prevenidos, corregidos, mitigados o compensados a

través de medidas de manejo ambiental (internalizables), lo cual permita establecer una relación de los costos asociados a dichas actividades y se establecieron los indicadores para dar seguimiento a dichas actividades. En este análisis, se tuvieron en cuenta además, los resultados del “Taller de Impactos Ambientales” realizados en las veredas Las Mercedes, Cristales y el Porvenir.

Adicionalmente, se aplicó la herramienta de valoración económica para identificar y estimar el valor económico de aquellos impactos ambientales que son y no internalizables, de forma tal que estos se puedan incluir en el análisis de evaluación económica ambiental del proyecto y contribuir a su viabilidad. El análisis económico ambiental del proyecto se realizó bajo los “Criterios Técnicos para el uso de Herramientas Económicas en los Proyectos Obras o Actividades Objeto de Licenciamiento Ambiental” establecidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, 2017. La firma encargada de estudio fue Economika, la cual realizó la siguiente metodología para establecer la valoración económica ambiental:

2.3.3.1 Priorización de impactos ambientales según metodología ANLA (2017).

El procedimiento para la selección de impactos ambientales a valorar sugerido en el Documento Técnico del ANLA de 2017 y empleado en este estudio, sigue el presente esquema:

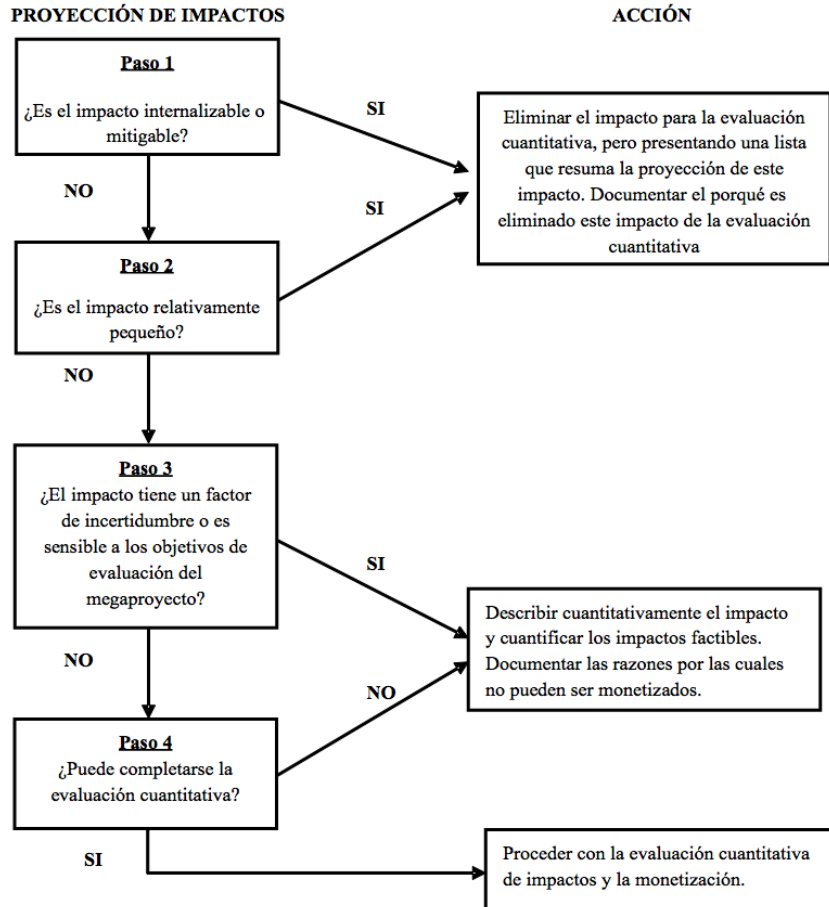


Ilustración 7. Proceso para la Selección de Impactos Ambientales a Valorar. Fuente: ANLA, 2017.

El análisis propuesto en el documento técnico del ANLA de 2017 propone concentrar los esfuerzos del análisis económico de impactos ambientales en aquellos que pueden llegar a convertirse en externalidades ambientales negativas, que muy seguramente se traducirían en costos sociales importantes para las comunidades del área de influencia del proyecto y para la sociedad colombiana como un todo.

Si un impacto es internalizable el beneficio de controlarlo resulta siendo igual al costo o sacrificio de recursos de la sociedad invertidos para controlarlo. Es por lo anterior que el valor económico de un impacto ambiental internalizable se calcula

recurriendo a la estimación del costo de oportunidad de los recursos invertidos en la medida de control “prevención y corrección”. En cambio, si el impacto no es internalizable, su mitigación y compensación puede llegar a generar beneficios sociales mayores que las inversiones realizadas para controlar dicho impacto, aun cuando quede un residual del impacto en la zona de influencia del proyecto o por fuera de esta.

Los diferentes impactos ambientales identificados en el EIA deben ser objeto de un testeo, para determinar si es pertinente realizar la valoración económica del impacto ambiental preliminarmente identificado bajo los siguientes criterios: El impacto es no internalizable (la medida de control no es suficiente para evitar los efectos negativos del impacto); el impacto tiene una magnitud relativamente grande; el impacto tiene una incertidumbre baja; el impacto puede ser evaluado en términos cuantitativos.

De todo lo anterior se puede concluir que la valoración ambiental ex ante del proyecto Pequeña Central Hidroeléctrica Río Hondo será de mucha utilidad para identificar las opciones más prometedoras en términos de rentabilidad social y de eficiencia en el control de impactos ambientales definidos en el PMA. No obstante, dado que todo PMA tiene cierto componente de riesgo e incertidumbre, se recomienda la verificación de los resultados obtenidos en la evaluación ex ante a través de una evaluación de seguimiento y/o una evaluación ex post del control de impactos ambientales que permita medir el cumplimiento de los objetivos trazados al inicio del proyecto en la fase de diseño del PMA en el EIA.

La valoración económica de los diferentes elementos del capital natural y de los servicios ecosistémicos en el escenario de línea base del proyecto, siempre incluirá la aplicación de metodologías que utilizan información proveniente del comportamiento de los agentes relacionados con una variedad de usos asignados a los capitales naturales de la zona de influencia del proyecto (enfoque conocido con el nombre de preferencias reveladas) y con información generada a partir de escenarios hipotéticos de valoración económica de elementos del capital natural y de los servicios ecosistémicos (conjunto de técnicas conocidas con el nombre preferencias declaradas), a partir del cual se podrá medir el valor económico total del stock de capital natural y servicios ecosistémicos presente en la zona de influencia del proyecto. En la siguiente figura se presenta la clasificación de impactos ambientales propuesta por el ANLA (2017), según el tipo de afectación ambiental:

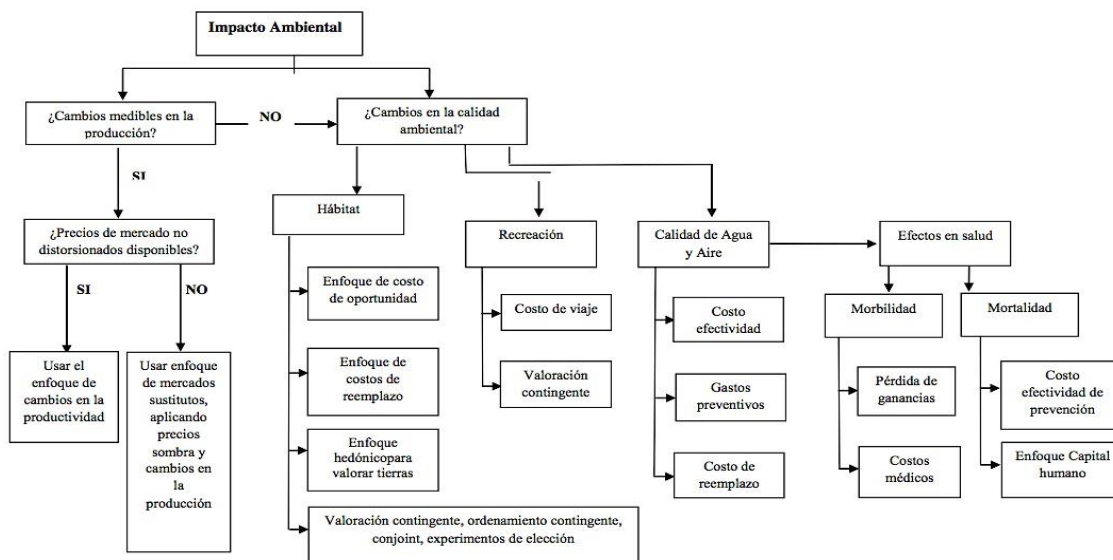


Ilustración 8. Identificación de los Métodos de Valoración según Dimensión Afectada.
Fuente: ANLA (2017).

Luego, después del anterior desarrollo conceptual se puede concluir que el objetivo de desarrollar una evaluación económica de impactos ambientales dentro del proceso de licenciamiento ambiental de proyectos de desarrollo será el de completar y mejorar la calidad de los procesos de toma de decisión sobre la sostenibilidad ambiental, contribuyendo a la determinación de la viabilidad socio-ambiental del proyecto, para así, mejorar los procesos de gestión y administración de la base de recursos naturales y ambientales en donde operarán los proyectos de desarrollo. Así mismo, la evaluación económica de impactos ambientales aporta información esencial a los inversionistas privados sobre el grado de riesgo e incertidumbre ambiental del proyecto ayudando a evitar posibles ineficiencias de los proyectos ocasionadas por un pobre desempeño ambiental.

2.6 Zonificación del manejo ambiental

La zonificación de manejo busca evaluar la vulnerabilidad de las unidades ambientales (zonificación ambiental) ante la construcción y operación del proyecto. A partir de la identificación de las categorías de zonificación ambiental, se realiza la

zonificación de manejo correspondiente, con base en un análisis de sensibilidad que permite determinar el nivel de intervención admisible según los requerimientos de las diferentes actividades proyectadas de tal manera que se garantice la sostenibilidad ambiental del área.

Se agrupan las unidades en las siguientes áreas de manejo:

1. **Áreas de exclusión:** corresponde a las áreas que no pueden ser intervenidas por las actividades del proyecto y son aquellas definidas como área de especial significado ambiental alta, área de recuperación ambiental alta, área de riesgo y amenaza alta y área de importancia social alta.
2. **Áreas de intervención con restricciones:** corresponde a áreas donde se deben tener en cuenta manejos especiales y restricciones propias acordes con las actividades y etapas del proyecto, dentro de las que se incluyen las áreas definidas en la zonificación ambiental como de amenaza y riesgo media, especial significado ambiental media, de recuperación ambiental media y de importancia social media.
3. **Áreas de intervención:** áreas donde se puede desarrollar el proyecto y corresponde a las áreas definidas como de riesgo y amenaza baja, importancia social baja y producción económica (alta, media y baja).

Esta metodología permitió unir mapas temáticos y agrupar zonas homogéneas; obteniendo los mapas para toda el área de estudio, de manera que el análisis se enriquece con la experiencia del evaluador y que se refleja en la construcción del documento técnico que además de visualizar los mapas temáticos evaluados y contruidos, contiene la sustentación técnica específica del proyecto.

2.7 Planes y programas

2.7.1 Estrategias de manejo ambiental

Las estrategias de manejo ambiental es un instrumento de gestión que permite planificar, definir y facilitar la aplicación de medidas ambientales y sociales destinadas a prevenir, mitigar, controlar y corregir los impactos ambientales generados por las actividades de pre-construcción, construcción, operación, desmantelamiento y cierre del proyecto, para cada una de las alternativas. Para el

diseño y formulación de las estrategias de manejo ambiental, se emplearon las siguientes consideraciones:

Prevención: Medidas y acciones requeridas para evitar que se genere un efecto ambiental durante los procesos de construcción, operación y mantenimiento.

Mitigación: Obras, acciones o procedimientos para atenuar, disminuir o minimizar los impactos ambientales.

Corrección: Medidas y acciones de rectificación o restauración del ambiente modificado por el proyecto.

Compensación: Obras, acciones y proyectos tendientes a resarcir, retribuir o compensar los efectos generados por el proyecto, los cuales no pueden ser prevenidos, corregidos o mitigados. (DAA CH Santo Domingo, 2016)

Para esta formulación se diseñó una ficha para diligenciar cada uno de los programas planteados en los diferentes componentes físico, biótico y socioeconómico para el manejo de impactos ambientales. A continuación, se adjunta el formato:

Tabla 22. Fichas para estrategias de manejo ambiental.

LOGO	PROGRAMA:			
	PROYECTO:			
	CÓDIGO:			
OBJETIVOS:	IMPACTOS	SIGNO IMPACTO	TIPOS DE MEDIDAS	
		ETAPA DE DESARROLLO	ÁREA DE INFLUENCIA	
		Estudios		
		Construcción		
		Operación		
JUSTIFICACIÓN:	METAS	INDICADORES		
ACTIVIDADES A DESARROLLAR				
RESPONSABLES DE LA IMPLEMENTACIÓN			RECURSOS	
CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN				

2.7.2 Estrategias de monitoreo y seguimiento

Al igual, para el manejo de impactos ambientales y la elaboración de un Plan de Manejo Ambiental se debe realizar un seguimiento y monitoreo de la efectividad de las actividades planteadas para cada uno de los programas. También para la formulación de estas fichas, se tuvo en cuenta cada componente, abiótico, biótico y socioeconómico y su evaluación de los objetivos planteados. Por lo tanto, se adjunta a continuación el formato para las fichas mencionadas.

Tabla 23. Ficha para los programas del Plan de Monitoreo y Seguimiento Ambiental.

LOGO	PROGRAMA:			
	PROYECTO:			
	CÓDIGO:			
OBJETIVOS:	IMPACTOS	SIGNO IMPACTO	TIPOS DE MEDIDAS	
		ETAPA DE DESARROLLO	ÁREA DE INFLUENCIA	
		Estudios		
		Construcción		
		Operación		
JUSTIFICACIÓN:	METAS	INDICADORES		
MECANISMOS DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO:				
RESPONSABLES DE LA IMPLEMENTACIÓN			RECURSOS	

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN	
PMA ASOCIADOS	

2.7.3 Plan de gestión del riesgo

Se incluyó la identificación de las amenazas o siniestros de posible ocurrencia, el tiempo de exposición del elemento amenazante, la definición de escenarios, la estimación de la probabilidad de ocurrencia de las emergencias y la definición de los factores de la vulnerabilidad que permitan calificar la gravedad de los eventos generadores de emergencias en cada escenario. Con base en la identificación de los riesgos ambientales susceptibles de generarse en el proyecto, se estructuraron los lineamientos generales para la preparación de un plan de contingencia durante la construcción y operación del proyecto.

La metodología general estuvo encaminada en calificar las amenazas con la probabilidad de ocurrencia del evento, dependiendo de las características propias del evento y su relación con el entorno. Se consideraron cinco categorías para la ocurrencia del evento (Frecuente, Probable, Ocasional, Remota e Improbable). Adicionalmente, para calificar la vulnerabilidad de las amenazas identificadas asociadas a la gravedad de las consecuencias del evento sobre el entorno, se utilizaron cuatro categorías (Insignificantes, Leves, Graves y Catastróficos).

Por último, se procedió a estimar el nivel de riesgo, dando como resultado los posibles riesgos del evento, que se catalogaron como riesgos aceptables, tolerables y críticos. La metodología completa y los detalles de cada uno de los componentes del plan del riesgo se presentan en el capítulo 10 del presente documento.

2.7.4 Plan de desmantelamiento y abandono

Se establecieron planes de desmantelamiento del proyecto con la finalidad de reconformar los terrenos modificados por las obras del proyecto, y dejarlos en condiciones similares a las existentes antes de iniciar su construcción; igualmente, planes para realizar la recuperación de las áreas impactadas. Para realizar el plan de manejo y abandono se identificaron los impactos a controlar y el tipo de medida; a su vez, se definieron las metas e indicadores de seguimiento, las acciones a desarrollar y lugar de aplicación; por último, se fijó un cronograma, el presupuesto y los responsables en la ejecución de plan.

2.7.5 Plan de compensación para el componente biótico

Este plan se elaboró atendiendo los parámetros de los documentos normativos/legales referenciados, para ello se incluyó información primaria del área

de influencia del proyecto, producto de campañas de caracterización biológica, junto con información secundaria para complementar la valoración de dichas campañas. Así mismo, se incluyó la evaluación de los posibles impactos que pueda ocasionar el proyecto sobre la biodiversidad presente en el área de influencia.

La formulación de las estrategias dirigidas a prevenir, mitigar o corregir se encuentran asociadas y acorde a los impactos y programas descritos en el Plan de Manejo Ambiental, específicamente para el componente Biótico (PMA-BIO-01, PMA-BIO-02, PMA-BIO-03 y PMA-BIO-04,) en cuyas fichas se identifican los impactos a compensar, estableciendo las medidas jerárquicas en función del nivel de impacto identificado para las acciones ligadas a las diferentes fases del proyecto hidroeléctrico (pre-operativa, operativa y post-operativa).