**PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA RÍO HONDO**

**DOCUMENTO DE ESTUDIOS PARA LICENCIAMIENTO AMBIENTAL**



|  |  |
| --- | --- |
| **CONTIENE** | |
| CAPITULO # 10 | Plan de Compensación por Pérdida de Biodiversidad |

**TABLA DE CONTENIDO**

10 PLAN DE COMPENSACIÓN POR PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD 4

10.1. CONTEXTO GENERAL 4

10.2. MARCO LEGAL Y NORMATIVO 4

10.3. OBJETIVOS Y ALCANCES 5

10.3.1. Objetivo General 5

10.3.2. Objetivos Específicos 5

10.4. ALCANCES 5

10.5. METODOLOGÍA Y ESTRATEGIAS 5

10.6. SITUACIÓN DEL PROYECTO 6

10.6.1.1. LÍNEA BASE AMBIENTAL DEL ÁREA IMPACTADA 7

10.7. LÍNEA BASE AMBIENTAL DE LAS ÁREAS ECOLÓGICAMENTE SIGNIFICATIVAS 9

10.8. ESTRATEGIAS Y ÁREAS DE COMPENSACIÓN 10

10.8.1. PCPB01 – Rehabilitación de las Poblaciones Naturales 11

10.8.2. PCPB02 – Restablecimiento de individuos perdidos 11

10.8.3. PCPB03 –Recuperación del hábitat 12

10.9. PLAN DE REHABILITACIÓN 13

10.9.1. Objetivos 13

10.9.1.1. Objetivo general 13

10.9.1.2. Objetivos específicos 13

10.9.2. Ecosistema de referencia 13

10.9.3. Metodología 14

10.9.4. Plan de trabajo 14

10.9.5. Diseño e implementación del plan piloto de rehabilitación 14

10.9.6. Rehabilitación Activa 15

10.9.7. Rehabilitación pasiva 16

10.9.8. Escalas y Niveles de Organización 16

10.9.9. Jerarquías de Disturbio 17

10.9.10. Participación comunitaria 17

10.9.11. Potencial de regeneración 18

10.9.12. Barreras para la rehabilitación ecológica 18

10.9.13. Barreras Ecológicas 18

10.9.14. Barreras Socioeconómicas 19

10.9.15. Selección de Especies Clave para la Rehabilitación 19

10.9.16. Establecimiento de estrategias e indicadores 19

10.9.17. Consolidación del plan de rehabilitación 20

10.10. PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO 20

10.11. CRONOGRAMA PRELIMINAR DE IMPLEMENTACIÓN 21

10.12. PLAN OPERATIVO Y DE INVERSIONES 21

10.13. INDICADORES DE GESTIÓN DE IMPACTOS 21

10.14. PROPUESTA DE MINIMIZACIÓN DE RIESGOS 21

10.15. MECANISMOS DE IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN 22

10.16. PROPUESTA DE MANEJO A LARGO PLAZO 23

10.17BIBLIOGRAFÍA 24

# PLAN DE COMPENSACIÓN POR PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD

## CONTEXTO GENERAL

La pérdida de biodiversidad se presenta cuando por procesos de transformación del paisaje el contexto y la riqueza de los elementos de la biodiversidad es perturbada o disminuida (MADS, 2012) perdida está asociada en mayor o menor medida a procesos antrópicos productivos o de infraestructura, siendo la perturbación sobre el medio biótico dependiente de la naturaleza y magnitud del proyecto a ejecutar, así como a sus acciones asociadas y las medidas que se contemplen para reducir dicha perturbación.

De esta manera las medidas de compensación consisten en acciones cuyo objetivo es subsanar a la biodiversidad afectada por los impactos o efectos negativos que no puedan ser evitados, corregidos, mitigados o sustituidos y que conlleven pérdida de la biodiversidad en los ecosistemas naturales (MADS, 2012). El presente Plan de Compensación por Pérdida de Biodiversidad, se formula en marco de los requerimientos exigidos para el proyecto hidroeléctrico *PCH Río Hondo*, ubicado en el municipio de Samaná (Caldas).

## MARCO LEGAL Y NORMATIVO

El presente Plan se fundamenta y estructura según las directrices de los “*Términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental - EIA en proyectos de construcción y operación de centrales generadoras de energía hidroeléctrica*” (TdR 014 de 2017) y el “Manual de compensaciones del componente biótico” (Res.0256 de 2018), en marco de la elaboración de impacto ambiental asociado al proceso de licenciamiento ambiental del proyecto de generación de energía hidroeléctrica PCH Río Hondo, de acuerdo a lo establecido en la “*Metodología general para la presentación de estudios ambientales*” (Res.1503 de 2010).

## OBJETIVOS Y ALCANCES

### Objetivo General

Desarrollar la propuesta del Plan de Compensación por Pérdida de Biodiversidad del proyecto de generación de energía hidroeléctrica PCH Río Hondo, Samaná (Caldas).

### Objetivos Específicos

* Identificar los ecosistemas intervenidos y áreas ecológicamente equivalentes potenciales en el municipio de Samaná o con mayor cercanía asociados al proyecto hidroeléctrico PCH Río Hondo.
* Identificar el factor de compensación a aplicar para los impactos a compensar producto de las actividades asociadas a la PCH Río Hondo, Samaná (Caldas).
* Establecer acciones o programas asociados al plan de compensación por pérdida de biodiversidad de la PCH Río Hondo, Samaná (Caldas).

## ALCANCES

El presente plan abarca consideraciones técnicas y normativas, considerando las descripciones de las principales características del proyecto, información primaria del área de influencia, identificación de áreas e insumos de análisis para la definición de los factores, alcances o acciones de compensación. El presente documento permite por lo tanto lograr los siguientes alcances específicos relacionados: - Identificación y evaluación de los principales aspectos técnico ambientales asociados al desarrollo del proyecto hidroeléctrico. - Determinación de los impactos y sus medidas de manejo (prevención, mitigación, control y compensación) del componente biótico. - Identificación de los análisis de compensación (análisis de riesgo temprano, factores de compensación y áreas equivalentes). - Propuestas de manejo y estrategias de compensación asociados a los diferentes programas bióticos del proyecto hidroeléctrico.

## METODOLOGÍA Y ESTRATEGIAS

El presente plan se elaboró atendiendo los parámetros de los documentos normativos/legales referenciados, para ello se incluyó información primaria del área de influencia del proyecto, junto con información secundaria respectiva. Así mismo, se incluyó la evaluación de los posibles impactos que pueda ocasionar el proyecto sobre la biodiversidad presente en el área de influencia.

Siguiendo las directrices del Manual de compensaciones del componente biótico se elaboró un análisis en fase temprana (Etapa I) mediante la herramienta TREMARCTOS-COLOMBIA (Tremarctos Colombia 3.0, 2017; Conservación Internacional Colombia, 2018) evaluando preliminarmente los impactos sobre la biodiversidad que producen las obras de infraestructura, abarcando las categorías de análisis de Reserva Forestales de Ley 2da”, Límite Parques Nacionales Naturales, Límite Reservas Naturales de la Sociedad Civil, Complejos de Páramo, Áreas de Protección Regional, Áreas de Protección Local, Áreas de Distribución de Especies Sensibles, Parque Arqueológico, Resguardos Indígenas, Tierras Comunidades Negras, Hallazgos Arqueológicos por Municipio y LRE.

Se revisó así mismo, documentación respectiva a la asignación de ecosistemas generales del territorio nacional, con la cual se realizó un solapamiento de áreas entre las categorías ecológicas nacionales (MINAMBIENTE, 2018) y las de intervención del proyecto, determinando de esta manera los ecosistemas afectados o abarcados por las obras de infraestructura asociadas al proyecto hidroeléctrico.

## SITUACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto Hidroeléctrico PCH Río Hondo se encuentra localizado al oriente del departamento de Caldas, en jurisdicción del municipio de Samaná, en la cuenca baja del río Hondo, afluente del rio Samaná-Sur, sobre la vertiente oriental de la cordillera central. El proyecto abarca el corregimiento de Florencia y las veredas de Cristales, Guayaquil, La Reina, Las Mercedes, La Italia, La Floresta, Raudales y el Porvenir. Las principales obras del proyecto hidroeléctrico, estarán ubicadas sobre la margen izquierda del río Hondo, aguas debajo de la confluencia del río Claro.

Entre las estructuras y obras civiles implicadas en los aspectos técnicos del proyecto hidroeléctrico, se identifican la instalación de campamentos transitorios, casa de máquinas, tuberías de carga y conducción, talleres y vías asociadas, las cuales se incluyen en el área calculada para compensación en virtud de su naturaleza (transitoria o permanente), cobertura vegetal y nivel de intervención (Tabla 10‑1). Así mismo, se contempla la inclusión de nueve (9) zonas de depósito de material de excavación (ZODME) para el respectivo manejo y/o depósito de materiales de construcción y en el punto de captación se encontrará un pondaje, el cual es formado a causa del represamiento ocasionado por el azud en el lecho del río, esta superficie de espejo de agua es de aproximadamente 01,59 ha.

## LÍNEA BASE AMBIENTAL DEL ÁREA IMPACTADA

El territorio colombiano cuenta con 98 tipos de ecosistemas generales, abarcando los tipos marinos, costeros continentales e insulares, acuáticos y terrestres continentales e insulares. El proyecto hidroeléctrico se ubica según el mapa general de ecosistemas colombianos sobre el Bioma de Ecosistemas Transformados y en las categorías de *Áreas Rurales Intervenidas No Diferenciadas (<20% de ecosistemas originales remanentes)* y *Agroecosistemas Campesinos Mixtos.* Por su parte, el análisis primario realizado directamente en el área de influencia del proyecto, definió el ecosistema existente para el proyecto PCH Río Hondo como *Áreas Rurales Intervenidas No Diferenciadas del Orobioma Bajo de los Andes,* suponiendo una exclusión del proyecto en áreas de importancia ecosistémica, acuífera, agrícola industrializada, entre otros, viéndose unos usos inscritos de extracción de leña y madera, con vegetación asociada como *Weinmania, Ocotea, Hedyosmum, Brunelia y Cedrela.*

La caracterización biótica identificó para el inventario forestal del proyecto, un total de siete (7) coberturas vegetales incluidas en las unidades de Territorios Agrícolas y Bosques y Áreas Seminaturales. Entre las coberturas vegetales la familia Malastomataceae evidencia la mayor riqueza de especies, junto con familias como Rubiaceae, Fabaceae y Euphorbiaceae quienes representan la mayor representatividad y diversidad en bosques andinos colombianos (Duque-Castrillon, 2017).

A su vez, la caracterización faunística producto de las campañas de muestreo en las coberturas vegetales presentes en el área del proyecto, evidenció la representatividad de 61 familias (Aves: 35, Herpetos: 13, Mamíferos: 13) y 174 especies (Aves: 122, Herpetos: 29, Mamíferos: 23) taxonómicas, siendo las coberturas de cultivos y espacios naturales (Aves 34%, Herpetos: 33%) y vegetación riparia (Mamíferos 36%) las de mayor importancia a nivel de composición de la fauna asociada al área del proyecto hidroeléctrico.

Las especies de importancia ecológica corresponden a aquellas que por su grado de amenaza o restricción de distribución (endemismo) representan una mayor amenaza o susceptibilidad de sus poblaciones frente a presiones antrópicas, siendo registradas en las coberturas del proyecto hidroeléctrico un total de 11 especies, 5 de estas bajo categorías de amenaza y 7 catalogadas como endémicas para Colombia, siendo estas especies fuertemente ligadas a coberturas boscosas (densas y riparias) y afectadas principalmente por la perdida y/o degradación general del ecosistema debido a deforestación o expansión agrícola, evidenciando con ello que salvo las especies referenciadas, la composición faunística presente en el área de estudio del proyecto PCH Río Hondo se consideraría en general como fauna sin peligro de amenaza y catalogadas como especies con áreas de ocupación extensas y poblaciones grandes con disminución improbable (IUCN, 2017).

El área comprendida del proyecto hidroeléctrico PCH Río Hondo tiene una afectación considerada como CRÍTICA, sin solaparse con categorías como Reservas Forestales de Ley 2da, Límite de Parques Nacionales, Límite Área Sistema RUNAP, Límite Reservas Naturales de la Sociedad Civil, Complejos de Páramo, Áreas de Protección Regional, Áreas de Protección Local, Parque Arqueológico, Resguardos Indígenas, Tierras Comunidades Negras y Hallazgos Arqueológicos por Municipio (Tremarctos Colombia 3.0, 2017). Dicha afectación reportada por el análisis temprano de alertas, se fundamentaría en la superposición del área del proyecto con Áreas de Distribución de Especies Sensibles, en la cual se registran 6 especies de aves con características endémicas y/o amenazadas (*C. hypoleucus, C. nitidissima, C. alixii, H. gutturalis, H. pyrohypogaster* y *O. hyperythrus*).

Teniendo en cuenta los multiplicadores definidos por los factores individuales de compensación mediante la superposición de mapas disponibles, se identifica un factor de compensación total de 7.25 para el proyecto hidroeléctrico PCH Río Hondo, producto de la sumatoria de los factores individuales. Por su parte, el análisis a través del Ma.F.E v2.0 define el factor de compensación por defecto a **7.0** con el cual se realizan los cálculos de áreas ecológicamente ecológicas.

(Para el Factor 1) representatividad de ecosistemas y biomas/distritos biogeográficos se identifica que el proyecto se encuentra en un área de representatividad de *Muy Alta Insuficiencia*, correspondiendo a un factor de compensación de 2.50.

(Para el Factor 2) rareza de ecosistemas y biomas/distritos biogeográficos se identifica que el proyecto se encuentra en un área de rareza de *Muy Común,* correspondiendo a un factor de compensación de 1.0

(Para el Factor 3) remanencia de ecosistemas-biomas/distritos biogeográficos (Fbc) se identifica que el proyecto se encuentra en un área de remanencia *Baja*, correspondiendo a un factor de compensación de 2.0.

(Para el Factor 4) tasa de transformación anual de ecosistemas-biomas/distritos biogeográficos (FCTP) se identifica que el proyecto se encuentra en un área de transformación *Alta*, correspondiendo a un factor de compensación de 1.75.

El proyecto hidroeléctrico PCH Río Hondo contemplado a través de su ciclo de vida, contempla cuatro fases/actividades (Pre-Construcción, Construcción, Operación y Cierre y Abandono) de las cuales el componente biótico se ve inmerso en 19 Sub-Actividades asociadas a 15 Aspectos Ambientales y 7 Impactos Ambientales.

El análisis evidencia para el componente Biótico, un total de 09 impactos positivos y 115 impactos negativos, siendo la etapa de *Construcción* la que mayor afectación generaría en el ciclo de vida del proyecto.

Dichos impactos identificados son enfocados hacia acciones de prevención, mitigación y control según se define en el Plan de Manejo Ambiental, por lo tanto, todos aquellos impactos que no pueden ser manejados totalmente con las medidas anteriores serán objeto de acciones de compensación para garantizar la no pérdida neta de biodiversidad.

## 

## LÍNEA BASE AMBIENTAL DE LAS ÁREAS ECOLÓGICAMENTE SIGNIFICATIVAS

El análisis del Mapeo de Fórmulas Equivalentes aplicado correspondió a la categoría ecosistémica de “*Bosques Naturales del Orobioma Medio de los Andes en NorAndina Montano\_Valle\_MaOrobiomas Medios de los Andes”* con un Factor de Compensación asignado por el software de 7.0, dando como resultado de la búsqueda la no inclusión de fragmentos equivalentes con las características analizadas, citándose textualmente: *“Se han encontrado 0 fragmentos del ecosistema Bosques naturales del orobioma medio de los Andes en NorAndina Montano\_Valle\_MaOrobiomas medios de los Andes y con un valor de contexto paisajístico de al menos 0.0000 y con un tamaño de polígono de al menos 87.08 Ha.*

De esta manera, el análisis de áreas equivalentes se realizó mediante herramientas SIG, identificándose como área de mayor cercanía al ecosistema evaluado al Parque Nacional Natural Selva de Florencia por su representatividad en el municipio de Samaná, el mismo cuenta con un área total de 10.029,85 Ha, fue declarada mediante resolución 0329 del 2006, ubicándose en los municipios de Pensilvania y Samaná del departamento de Caldas (Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2018). En segunda instancia, se identifica al Distrito de Manejo Integrado Laguna de San Diego el cual cuenta con un área total 757,28 Ha y declarada mediante Acuerdo 019 del 2011, y se ubica en el municipio de Samaná, declarada para garantizar la conservación del ecosistema, refugio de diversas especies y la producción de bienes y servicios como el agua del corregimiento de San Diego (CORPOCALDAS, 2018; Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2018).

El PNN Selva Florencia se ubica en la franja altitudinal de los 850 y 2350 msnm y se considera como la única área de bosque primario con representatividad ecosistémica en el departamento de Caldas, siendo el último refugio de numerosas especies de flora y fauna endémicas y/o en algún grado de amenaza en la región (Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2009). Los objetivos de protección definidos para el PNN Selva Florencia durante su declaratoria como área protegida se relacionan principalmente con la conservación de los ecosistemas, especies, coberturas vegetales y regulación de la oferta hídrica, incluyéndose como actores varios grupos estatales, ONG, académicos, investigativos, cooperantes nacionales o internacionales, comunidades locales, empresas prestadoras de servicio y otros (Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2009).

Por otro lado, la Laguna de San Diego es considerada un gran pozo enclavado en las últimas estribaciones de la Cuchilla Villalobos, en el corregimiento de San Diego (Samaná), que la circunda por todos sus costados. Al noreste de la laguna, en una altitud de 1150 m.s.n.m. se eleva el morro de igual nombre y en la parte oriental se extienden configuraciones de playas con interés turístico (CORPOCALDAS, 2018).

## ESTRATEGIAS Y ÁREAS DE COMPENSACIÓN

Las acciones de compensación en su definición se refieren a las actividades destinadas a preservar o restaurar el estado natural de la biodiversidad, desde sus diferentes enfoques y/o usos sostenibles (MADS, 2012). De esta manera, al encontrarse inmerso el principio de preservación en el proyecto, al ser obras de infraestructuras puntuales, todas las acciones asociadas al proyecto tendrán ligadas la protección de los remanentes naturales, por ello las estrategias serán enfocadas principalmente a la restauración ecológica en sus tres enfoques de implementación, buscando el restablecimiento, rehabilitación y recuperación (MADS, 2015).

En tal sentido, para la implementación del presente plan de compensación por pérdida de biodiversidad, primeramente se propone acoger los lineamientos y especies forestales descritos en el plan de compensación por el Aprovechamiento Forestal, así mismo, se plantea acorde con el cálculo del Factor de Compensación por Aprovechamiento Forestal Único – FCAFU (MADS, 2018) realizar la compensación forestal en una relación de 1:2,1 proponiendo en este caso el establecimiento de 1558 plántulas por los 742 árboles que se estiman requieren ser aprovechados en las áreas intervenidas por las actividades y obras del proyecto tales como construcción de talleres, campamentos, casa de máquinas, almenara, zodmes, tubería de carga, tubería de conducción, pondaje y nuevos accesos viales (Duque-Castrillon, 2017).

### PCPB01 – Rehabilitación de las Poblaciones Naturales

Los impactos identificados asociados a la modificación de las poblaciones naturales de fauna y flora se encuentran distribuidos en pérdida de cobertura vegetal y modificación de cobertura vegetal producto de la construcción de infraestructuras de captación, conducción, generación y alojamiento, con la cual se podría generar una reducción o pérdida de las poblaciones naturales de fauna y flora. Dichas acciones y sus equivalentes afectaciones se encuentran prevenidas, mitigadas y controladas directamente por las estrategias incluidas en el Plan de Compensación Forestal y el *PMA-BIO-01*, el *PMB-02 y PMA-BIO-03*.

De esta manera, la estrategia implementada en el *PCPB01 – Rehabilitación de las Poblaciones Naturales* se asumiría de forma complementaria a las acciones de los planes anteriormente mencionados. Para lo cual se proponer llevar a cabo acciones de siembra de especies pioneras que permitan reparar el disturbio provocado por la pérdida de cobertura vegetal logrando llevar al sistema a un estado similar al original, priorizando aquellas áreas de afectación directa por obras de infraestructura o áreas con ausencia significativa de cobertura vegetal. Se utilizarán especies vegetales, para el desarrollo de la sucesión vegetal, garantizando garantizando la continuidad natural del ecosistema y su posterior recolonización por parte de las poblaciones naturales de Fauna.

### PCPB02 – Restablecimiento de individuos perdidos

Los impactos identificados asociados a la perdida de individuos de especies de fauna terrestre y acuática se encuentran distribuidos en perdida de cobertura vegetal, modificación de cobertura vegetal, generación de ruido, alteraciones del régimen del caudal, alteración de la continuidad de flujo y modificación de la composición y/o estructura de las comunidades, producto de la construcción de infraestructuras de captación, conducción, generación y alojamiento. Dichas acciones y sus equivalentes afectaciones se encuentran prevenidas, mitigadas y controladas directamente por las estrategias incluidas en el *PMA-BIO-01*, *PMA-BIO-05* y *PMA-BIO-06*.

De esta manera, las estrategias de compensación en el *PCPB02 – Restablecimiento de individuos perdidos* se establecerían bajo dos escenarios posibles a presentarse, el primero es la pérdida total de individuos de fauna que se pudiese presentar tras las acciones de ahuyentamiento previstas, llevándose para ello acciones de reintroducción de especies nativas y restablecimiento de hábitat para la recolonización de fauna silvestre, necesitando para ello alianzas institucionales con entidades de rescate y liberación de fauna, así como acciones de rehabilitación florística, llevándose a cabo la disposición de las especies vegetales dentro de módulos de restauración que serán distribuidos según la morfología local y buscando interconexión entre parches, proyectando así la formación de corredores de paso que propicien a largo plazo el retorno, desarrollo y sobrevivencia de las especies de fauna ahuyentadas.

El segundo escenario contemplado, corresponde a la posible insuficiencia en el caudal de garantías ambientales o cambio significativo de la composición o estructura de la hidrobiota, que se pudiese presentar tras la utilización del recurso hídrico en la extensión del tramo de conducción u obras de construcción propias de la naturaleza del proyecto, necesitando para ello el monitoreo y análisis del ecosistema acuático y las comunidades hidrobiológicas, correlacionando las variables biológicas con variables ecológicas. En cuanto a una posible insuficiencia en el caudal de garantía ambiental, producto de condiciones ambientales imprevisibles, se complementaría las acciones con recuperación del caudal hídrico que permitan recuperar la productividad y/o servicios del ecosistema mediante incorporación de especies vegetales a lo largo del tramo afectado (entre el punto de captación y casa de máquinas) como *Gunnera spp.* o *Phylodendron spp.*, cuyas características fisiológicas contribuirían a evitar la evapotranspiración excesiva en épocas de caudales bajos o fuertes sequias.

### PCPB03 –Recuperación del hábitat

Los impactos identificados asociados a la alteración general del hábitat se encuentran distribuidos en perdida de cobertura vegetal, alteración del paisaje, perdida de suelo y modificación de la estabilidad del terreno, producto de la construcción de infraestructuras de captación, conducción, generación y alojamiento, con la cual se podría generar una disminución de la calidad del ecosistema y del paisaje. Dichas acciones y sus equivalentes afectaciones se encuentran prevenidas, mitigadas y controladas directamente por las estrategias incluidas en el *PMA-BIO-01* y el *PMB-03*.

De esta manera, la estrategia implementada en el *PCPB03 – Recuperación del hábitat* se asumirían acciones de revegetalización a través de cercas vivas y paisajismo como complemento a las acciones de preservación y rehabilitación. Las estrategias contempladas buscarían recuperar la calidad visual y ecológica del paisaje degradado por las obras de infraestructura, ofreciendo con ello servicios ecosistémicos de interés ecológico y social. Se priorizarán las especies nativas encontradas en el área de estudio y fomentando la aparición de sitios de interés cultural (miradores, puntos de observación de aves, cercas arboladas, etc) ligados al grado de disponibilidad de acceso y permisos de ocupación de terreno.

## PLAN DE REHABILITACIÓN

### Objetivos

#### Objetivo general

Generar los lineamientos para la rehabilitación ecológica, con el fin de garantizar la recuperación de la productividad y los servicios ecosistémicos, contribuyendo así a la preservación o reparación de la biodiversidad en relación con las características estructurales y/o funcionales del ecosistema afectado por las acciones del proyecto hidroeléctrico PCH Río Hondo.

#### Objetivos específicos

* Determinar y proponer especies vegetales de acuerdo con su potencial de regeneración.
* Establecer los elementos de conectividad vegetal para la conexión ecológica de áreas naturales que garantice la reincorporación natural de especies de fauna.
* Consolidar y fomentar estrategias de conservación y desarrollo sostenible, integrando la comunidad local.
* Definir la composición del suelo y acelerar procesos que conduzcan a su recuperación en sectores fragmentados por intervenciones antrópicas y alteraciones ambientales producto de las obras de infraestructura.
* Desarrollar actividades para el control, seguimiento, monitoreo y evaluación, que lleven a la consolidación de las actividades propuestas para la rehabilitación del sector.

### Ecosistema de referencia

Las acciones y estrategias planteadas en el presente plan serán enfocadas al ecosistema descrito para el área de influencia directa del proyecto hidroeléctrico, definido según el análisis Ma.F.E.2.0 como *Bosques Naturales del Orobioma Medio de los Andes en NorAndina Montano\_Valle\_MaOrobiomas Medios de los Andes,* y definido tras la rectificación en campo como *Áreas Rurales Intervenidas No Diferenciadas del Orobioma Bajo de los Andes* siendo su prioridad la rehabilitación de coberturas boscosas afectadas y áreas circundantes a la margen del cuerpo hídrico, para posteriormente enfocar la rehabilitación a secciones que perdieron cobertura vegetal antes o después de las acciones del proyecto.

### Metodología

En el plan de rehabilitación se construyen diseños de acción para la implementación de estrategias de restauración, basadas en resultados de experiencias ya ejecutadas en otros proyectos, que consisten en la propagación de especies vegetales claves para la restauración y en la generación de núcleos de vegetación que estimulen la regeneración y establecimientos de especies a largo plazo, así como la conectividad de las áreas entre sí y de éstas con áreas de vegetación remanente o en procesos de recuperación en la zona afectada. De igual manera se deben integrar acciones de restauración pasiva con el fin de lograr la efectividad de las metas de restauración, para lo cual se involucran acciones de aislamiento de áreas con fines de protección y recuperación, acciones de control y vigilancia, así como acciones conjuntas con la comunidad presente en el área, la cual está directamente relacionada con el alcance y éxito de las acciones implementadas.

### Plan de trabajo

Consiste en tres acciones básicas para la construcción del presente plan de rehabilitación ecológica, como: I) un diseño de las acciones a implementar que incluye una evaluación diagnóstica en pro de toma de decisiones y la consecución de estrategias dirigidas a reducir o eliminar las barreras a la restauración; además II) un proceso de selección y propagación de especies claves en el desarrollo de obtención de material vegetal y finalmente III) un monitoreo o seguimiento de las estrategias implementadas que incluye la evaluación de la regeneración natural permitida con acciones de restauración pasiva, así como las acciones de restauración activa.

### Diseño e implementación del plan piloto de rehabilitación

La rehabilitación ecológica es usada para indicar cualquier acto de mejoramiento de un sistema en estado degradado (Bradshaw, 2000) a uno con características estructural y funcionalmente similares al ecosistema pre-disturbio, con el fin de preservar algunas funciones y prestar servicios ecosistémicos, adicionalmente debe ser de carácter autosostenible (PNR, 2015). Se propone implementar 97,3 ha con restauración activa, con estrategias dirigidas a generar núcleos de regeneración, los cuales se basan en la siembra mixta de especies herbáceas que se comporten como pioneras y que a largo plazo estimulen microcondiciones ambientales y estructurales para fomentar el desarrollo y sobrevivencia de plántulas de especies nativas (Groenendijk, Duivenvoorden, Rietman, & Cleef, 2005), así como restitución de poblaciones y rehabilitación de paisajes.

Los tratamientos a utilizar se basan en la siembra de plántulas obtenidas a partir de la propagación del invernadero. De igual forma se distribuyen éstos tratamiento en busca de generar interconexión entre núcleos de vegetación y con esto proyectar la formación de corredores de vegetación que permitan la extensión de las microcondiciones a generar, lo cual se espera favorezca a largo plazo el establecimiento de propágulos de especies que se dispersen o extiendan en el área, reactivando la sucesión vegetal y con esto estimulando el repoblamiento de la fauna en las áreas alteradas por las obras de infraestructura, implementando acciones de restauración activa y de restauración pasiva.

### Rehabilitación Activa

* Recolección de semillas

Para este proceso es importante emplear bolsas de papel y recipientes no plásticos, con el objetivo de mantener frescas las semillas mientras son transportadas al vivero; cuando se encuentren allí, se debe realizar registro del sitio y de la fecha de recolección, permitiendo así anticipar la fecha de futuras recolecciones.

* Viveros rústicos

Este método es comúnmente empleado cuando no se presenta disponibilidad de plántulas de especies nativas; dicho vivero, será establecido cerca del lugar a rehabilitar, con un área aproximada de 80 a 200 m2. En el vivero se debe utilizar bolsas plásticas, además de abundante agua que puede ser extraída de quebradas cercanas al sitio.

* Generación de núcleos

Se propone establecer núcleos de regeneración a lo largo de la margen del cuerpo hídrico, distribuidos en patrones de zig-zag o en patrones diagonales. Así mismo, se complementaría de ser necesario con núcleos de repoblación por distribución aleatoria del material vegetal. No obstante, el diseño de siembra estará sujeta a las condiciones geomorfologías y de acceso presentada en el área destinada a las acciones propuestas, tratando de generar estructuras cerradas, siempre buscando una distribución estratégica de las especies según sus hábitos de crecimiento.

* Cercas vivas

El uso de cercas vivas es una herramienta que permite delimitar el terreno, a su vez aumenta la diversidad del sitio con algunas especies de plantas que poseen frutos atractivos para los animales dispersores de semillas, generando un proceso de germinación ecológica, además, evita el paso de diversos individuos (equinos y bovinos) contribuyendo a la disminución de la erosión del suelo, promoviendo así la producción de materia orgánica y fijación de nitrógeno (De Miguel, 1999).

### Rehabilitación pasiva

Se establecen estrategias en pro de eliminar presiones antrópicas en el área de afectación con el objeto de permitir la rehabilitación pasiva por medio de la regeneración natural de la vegetación en las 97,3 ha contempladas como área a compensar del proyecto hidroeléctrico. Para lograr dicho fin, se complementará este proceso con las acciones enfocadas al Control y Vigilancia adscrito al plan de seguimiento diseñado con el fin de generar procesos paralelos que velen por asegurar la reducción de las presiones antrópicas e incentivando de esta manera la consecución de procesos naturales en pro de la recuperación y protección del área alterada. Como proceso evaluativo de la regeneración natural y por tanto de la reducción de las presiones presentadas en la zona, se diseñarán e implementarán métodos de monitoreo anexos a cada uno de las estrategias del proceso de rehabilitación, evidenciados en los indicadores propuestos.

### Escalas y Niveles de Organización

Las estrategias y las actividades de rehabilitación que desarrollarán en el área de estudio se orientarán en la rehabilitación a escala local, buscando el restablecimiento de las comunidades originales, para el cumplimiento de la reparación de los atributos funcionales del ecosistema.

### Jerarquías de Disturbio

En la zona fueron identificados varios tipos de disturbios a escala ecosistémica, reconociendo en primera instancia los ocasionados por acciones humanas, es este el caso de la captación de los cuerpos de agua, la tala selectiva dentro de las coberturas y la ganadería extensiva; afectando la cadena trófica y las condiciones climáticas del ecosistema, el tránsito constante de equinos o bovinos y personal dentro de las coberturas boscosas, generando senderos dentro de los mismos, el uso extensivo de los corredores, contribuyendo así a mayor pisoteo y por ende un grado de erosión de suelos mucho más marcado.

En cuanto a los disturbios de origen natural no se evidencian fenómenos determinantes en el AID, siendo aquel escenario posible la presencia de crecientes producto de un régimen pluvial no previsto debido al aumento excesivo de las precipitaciones en la zona. No obstante, la estabilidad ecológica de tales ecosistemas estará sujeta a eventos fortuitos como incendios naturales, inundaciones, movimientos sísmicos, entre otros, siendo todo esto parte de la configuración de la estructura o rasgos característicos de un determinado sistema (Otero, Mosquera, Silva, & Guzmán, 2006).

### Participación comunitaria

Es importante explorar la aceptabilidad social del plan de rehabilitación en función del entorno socioeconómico, en especial para las comunidades locales (Vargas, 2011). Sin embargo, la participación es voluntaria y debe ser un acto consciente, estando ligada frecuentemente a convocatorias o invitaciones por llamados (Cano & Zamudio, 2006; El Troudi, Harnecker, & Bonilla, 2016), por ello la participación dependerá principalmente del interés que dichas convocatorias despierten en la población del corregimiento de Florencia y las veredas de Cristales, La Reina, Guayaquil, Las Mercedes, La Italia, La Floresta, Raudales y el Porvenir. Se puede definir dos posibles líneas de acción:

* Educación Ambiental: Proceso que pretende fomentar y generar conciencia en todos los seres humanos con el entorno; la educación ambiental tiene como meta lograr que la sociedad aprenda a interpretar y analizar sus reacciones con la naturaleza, al conocer su entorno y comprender su efecto sobre el ecosistema (Rengifo, Quitiaquez, & Mora, 2012).
* Inclusión de la comunidad**:** Se basa en tres enfoques conceptuales: investigación activa y participativa, que plantea a las comunidades como investigadores, como segundo enfoque la conservación con base comunitaria, refiriéndose al manejo de recursos naturales a través de la participación de las comunidades y por último el manejo local de recursos, correspondiente a la recuperación, conservación y protección de flora y fauna en su hábitat natural, teniendo en cuenta las características de los ecosistemas y valor cultural (Greunal, 2012).

### Potencial de regeneración

La presencia de especies pioneras y de etapas intermedias, capaces de modificar el ambiente, tanto biótico como abiótico, es clave para poner en marcha el proceso sucesional y favorecer su progresión hacia comunidades más maduras, lo que permitirá la rehabilitación de buena parte de la vegetación existente (Zamora, García-Fayos, & Gómez-Aparicio, 2004) y la fauna asociada.

### Barreras para la rehabilitación ecológica

Los tensionantes o barreras de Rehabilitación son aquellos factores que intervienen negativamente sobre el ecosistema natural, impidiendo, limitando o desviando la sucesión natural. Las barreras para la Rehabilitación Ecológica se clasifican en dos tipos: *Ecológicos*, que se relacionan con factores bióticos y abióticos resultantes de disturbios naturales o antrópicos, y *Socioeconómicos*, que se refiere a factores políticos, económicos y sociales que limitan el proceso de regeneración natural, principalmente los tipos de uso de la tierra.

### Barreras Ecológicas

* El tránsito constante por zonas sin un sendero delimitado, generando degradación del suelo e impidiendo el establecimiento de vegetación que posibilite el inicio de una sucesión. - La desecación de los cuerpos de agua implica un cambio en el comportamiento y tamaño poblacional de los potenciales dispersores, ya que las fuentes de agua son esenciales para su supervivencia, los animales buscan establecer sus poblaciones alrededor de las mismas, limitando de esta manera la llegada y establecimiento de plantas, generando a su vez cambios en las dinámicas ecosistémicas del lugar.

as alteraciones en los patrones climáticos inciden en la viabilidad de las semillas y la capacidad de las plantas jóvenes para sobrevivir, haciendo lenta la regeneración del lugar. - La erosión disminuye la capa vegetal, reduciendo a su vez la humedad ambiental y la fertilidad del suelo, factores indispensables en el proceso de regeneración. - Cambios en las condiciones bióticas y abióticas como consecuencia de la intervención humana, generarán diferentes transformaciones en el proceso de sucesión vegetal.

### Barreras Socioeconómicas

* Negativa a la ejecución del proyecto hidroeléctrico por arte de los pobladores locales o población afectada por las acciones en el área de influencia. - Falta de información sobre procesos de conservación y acciones de recuperación ha generado poca cooperación por parte de los pobladores del sector. - No compromiso o no participación de los procesos de educación ambiental y apropiamiento de los servicios ambientales generados en la zona.

### Selección de Especies Clave para la Rehabilitación

Una especie clave es aquella cuyos efectos son desproporcionadamente grandes en relación a su abundancia, afectando a los demás organismos presentes en el ecosistema, dichas especies presentan características de historia de vida que se han adaptado a las condiciones del ambiente en las que se encuentran haciéndolas tolerantes y ajustables a las condiciones cambiantes que se presentan en un ecosistema alterado. Dichas especies se usarían como indicadoras del proceso de restauración por sus características ecológicas, de esta manera se plantean aquellas recomendadas para la rehabilitación ecológica del sector, en función de las características anteriormente mencionadas, ajustadas a la composición vegetal encontrada en el área de influencia producto del levantamiento de información primaria.

### Establecimiento de estrategias e indicadores

Las estrategias de rehabilitación son de gran importancia ya que, permiten por medio de una amplia gama de acciones lograr la conservación de la biodiversidad, respondiendo a objetivos y metas alcanzables, dichas acciones están diseñadas y establecidas para facilitar el incremento y mejoramiento del hábitat, la productividad del ecosistema, y conservación de la biodiversidad (San Román *et al 2000).* Siendo los indicadores variables, factores o características cualitativas o cuantitativas por medio de las cuales es posible detectar cambios de acuerdo con los objetivos de rehabilitación, se establece en la sección de Indicadores de Gestión de Impactos.

### Consolidación del plan de rehabilitación

Para la consolidación del presente plan de rehabilitación, se tendrán en cuenta las estrategias, acciones e indicadores que verificarán el cumplimiento y avance propuesto para mantener la estabilidad, productividad y servicios ecosistémicos, preservando las características funcionales o estructurales de la zona.

## PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO

Para monitorear las estrategias de propagación de especies, se establece el tiempo y porcentaje de germinación de las especies revegetalizadas, mediante campañas de censo total de individuos en los puntos escogidos como áreas compensadas. De igual manera, es necesario hacer un seguimiento de los tratamientos establecidos en el proyecto de restauración con la intensión de determinar si se cumplen los objetivos planteados, para esto se propone un monitoreo que ayude a dilucidar el porcentaje de conectividad logrado con las estrategias de núcleos, con el fin de determinar el éxito o falla de las estrategias de conectividad en pro del repoblamiento natural de la fauna nativa.

A partir de esto y considerando los indicadores de gestión, se ajustarán las prácticas de rehabilitación que no cumplan con un éxito mínimo del 75% en cualquier momento, con ello se posibilitará la modificación de los mismos de ser necesario, en el caso que los resultados obtenidos sean negativos, indeseables o se apartan totalmente de los objetivos para los que fueron planteados. Dichas evaluaciones serían realizadas en las diferentes fases del proyecto y desde la evaluación de efectividad de los tratamientos establecidos a corto, mediano y largo plazo.

Se propone por ello, la incorporación de fases de monitoreo y/o seguimiento de la siguiente manera: Fase I) que busca evaluar el desempeño del tratamiento y se inicia después de la implementación del mismo y la evaluación de los indicadores en esta fase del monitoreo, se debe hacer por tipo de tratamiento; Fase II) donde se evalúa el desarrollo de las especies para evidenciar cambios microambientales favorables y se puede iniciar después de dado el establecimiento de las especies y hasta cuando se evidencien cambios en la estructura y función; Fase III) implica efectos a largo plazo y a escalas espaciales superiores a la escala de parcela, evalúa si el objetivo final se está logrando teniendo como punto de partida los escenarios de referencia.

## CRONOGRAMA PRELIMINAR DE IMPLEMENTACIÓN

El cronograma de implementación del presente Plan de Compensación por Perdida de la Biodiversidad, se abordaría teniendo en cuenta la jerarquía de fases o actividades del proyecto hidroeléctrico, ejecutándose posterior o paralelo a las acciones implementadas en el Plan de Manejo Ambiental. El mismo estaría sujeto a modificaciones debido a la naturaleza y tiempos intrínsecos de la construcción de las infraestructuras asociadas al proyecto y a la implementación de las fases por parte de los autores correspondientes.

## PLAN OPERATIVO Y DE INVERSIONES

El cumplimiento del presente Plan de Compensación por pérdida de biodiversidad se dará de acuerdo a la vida útil del proyecto hidroeléctrico y hasta que se demuestre el logro de los objetivos propuestos como lo establece la reglamentación nacional. Operativamente el presupuesto se concebirá, ajustará y/o modificará en relación a la oferta y demanda del mercado actual al momento de efectuarse dicho plan, asumiendo la normalidad y ajuste al cronograma de las actividades, fases y obras civiles necesarias previo a la puesta en marcha del presente plan de compensación.

## INDICADORES DE GESTIÓN DE IMPACTOS

Para el seguimiento y evaluación de las estrategias planteadas en el presente Plan de compensación por pérdida de biodiversidad y garantizar su efectiva ejecución, se plantean los indicadores de gestión correspondientes, basados aplicables a las acciones propuestas de forma paralela.

## PROPUESTA DE MINIMIZACIÓN DE RIESGOS

Las acciones y estrategias vinculadas al presente Plan de Compensación, se encuentran supeditadas a la aceptación de la implementación de las estrategias en el área de influencia directa, estando condicionada a la inclusión de los actores locales e institucionales, y condiciones ambientales favorables. En este sentido, las áreas presentadas para la implementación de las medidas de compensación, son localizaciones previas, debido a que, aunque cumplen con las condiciones ambientales, están sujetas a acuerdos con los actores sociales e institucionales, los cuales serán desarrollados en una fase posterior, en la cual, una vez se realicen las concertaciones y acuerdos necesarios, se presentarán las localizaciones definitivas.

En caso fortuito de la no utilización del área definida como buffer de rehabilitación, se propone la utilización del área ecológica equivalente PNN Selva de Florencia; o en caso de no ser posible el Distrito de Manejo Integrado Laguna de San Diego, con base en lo descrito en la Línea Base Ambiental de las Áreas Ecológicamente Significativas. En este caso, se deben realizar acercamientos y concertaciones entre las partes locales o gubernamentales, en cuyo caso se buscaría el acercamiento previo a las aplicaciones de las acciones.

Con base en lo anterior, GENSA ha realizado acercamientos con PNN Selva de Florencia y CORPOCALDAS; con el fin de generar líneas base de apoyo interinstitucional y establecer los acuerdos y acciones necesarias para implementar las estrategias del plan de compensación por pérdida de biodiversidad.

En los acercamientos con la autoridad ambiental y PNN se han analizado dos aspectos clave que servirán de guía para la fase de localización definitiva de las áreas para la implementación de las medidas de compensación. Como primer aspecto, se tiene que el PNN Selva de Florencia cuenta con áreas para revegetalizar y reforestar en las zonas de amortiguamiento, lo cual permitiría la formación de corredores biológicos en el caso de elegir estas áreas para compensar. Como segundo aspecto clave, se tiene que, en el Área de Influencia Directa, actualmente se ha venido evidenciando un proceso de retorno de las familias desplazadas de su territorio por el conflicto armado, lo cual genera cambios en los usos del suelo para retomar sus cultivos por ser estos predios privados.

Finalmente, se resalta que los riesgos de ámbito natural serían minimizados al realizar acciones de recopilación de información primaria y secundaria, así como monitoreo constante de las redes de alerta ambiental durante la ejecución del presente plan de compensación ambiental.

## MECANISMOS DE IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN

Los mecanismos de implementación estarían enmarcados en los lineamientos y herramientas asociadas a proyectos de rehabilitación, debido a la naturaleza definida para las compensaciones ambientales (MADS, 2015). De esta manera, la ejecución de la propuesta abarcaría compensaciones directas o a través de operadores.

Igualmente, siguiendo los lineamientos del Plan Nacional de Restauración (MADS, 2015), el desarrollo del programa se guiará administrativamente por el sistema de planificación integral de programas de restauración y monitoreo, contemplando jerárquicamente la definición de objetivos, modificación de objetivos (de ser necesario), establecimiento de unidades espaciales, evaluación del estado del ecosistema, selección de indicadores y métodos, selección de áreas específicas, implementación de actividades y puntos de monitoreo, ajuste de estrategias (de ser necesario), recolección de información de seguimiento o monitoreo, análisis de la información y evaluación de resultados obtenidos.

## PROPUESTA DE MANEJO A LARGO PLAZO

Con el propósito de garantizar la correcta ejecución e implementación de las medidas y planes establecidas en el PCPB se plantea una propuesta de manejo a largo plazo que permita concluir procesos ecológicos de amplio tiempo de ejecución como lo son la rehabilitación ambiental. El mismo, se basará en un manejo adaptativo de las estrategias implementadas, ajustándose o mejorando las medidas en función de los resultados obtenidos. Así mismo, se plantea el escenario de una posible revisión financiera en las etapas finales del PCPB a fin de realizar ajustes presupuestales a largo plazo de ser necesario.

Las medidas de manejo, al ser adaptativas se deberán describir como estrategias para hacer frente a cambios imprevistos en las condiciones el lugar o de otros componentes que inciden negativamente en el éxito de la compensación, asignado responsables de la aplicación de estas medidas de gestión adaptativa (Sarmiento, y otros, 2015). Por último, se contempla la posibilidad de transferencia de responsabilidades del licenciatario a una entidad de custodia del territorio, como un organismo público o una ONG, siempre y cuando la entidad esté aprobada por la autoridad ambiental, estableciéndose los requerimientos específicos para ello (Sarmiento, y otros, 2015).

## 10.17BIBLIOGRAFÍA

Bender, E. A., Case, T. J., & Gilpin, M. E. (1984). Perturbation experiments in community ecology: theory and practice. *Ecology*, 65(1), 1-13.

Corporación Autónoma Regional de Caldas- Corpocaldas. (Marzo de 2011). *Mapa de Susceptibilidad por deslizamientos e inundación en el departaento de Caldas*. Obtenido de http://www.corpocaldas.gov.co/publicaciones/749/Anexo%201.%20Mapa%20de%20susceptibilidad%20de%20amenaza%20en%20Caldas\_.pdf

Duque-Castrillon, C. A. (2017). *Inventario Forestaly Caracterización Florística en las Zonas de Intervención del Proyecto Pequeña Central Hidroeléctrica Río Hondo, corregimiento de Florencia, Samaná (Caldas).* Manizales: GENSA.

García, Y., Ramírez, W., & Sánchez, S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y Forrajes*, vol.35 no.2.

Pickett, S. T., & White, P. S. (1985). *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics.* New Brunswick, New Jersey: Academic Press.

QUASAR. (2016). *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.* Manizales, Caldas.

Rengifo, B. A., Quitiaquez, L., & Mora, F. J. (2012). *La educación ambiental una estrategia pedagógica que contribuye a la solución de la problemática ambiental en Colombia.* Bogotá, Colombia: XII Coloquio Internacional de Geocrítica.

Servicio Geológico Colombiano. (19 de 06 de 2018). *Catálogo de sismicidad instrumental de la Red sismológica nacional de Colombia*. Obtenido de https://bdrsnc.sgc.gov.co/paginas1/catalogo/Consulta\_Experta/consultaexperta.php?dep=CALDAS

Servicio Geológico Colombiano. (19 de 06 de 2018). *Servicio Geológico Colombiano*. Obtenido de Sistema de Información de Movimientos en Masa- SIMMA: http://simma.sgc.gov.co/#/public/