



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

# **Afectaciones socioambientales en las zonas aguas abajo de grandes represas hidroeléctricas, casos de estudio Hidroituango y La Miel.**

Mateo Restrepo Ruíz  
Francesca Letizia Maetzke

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería  
Medellín, Colombia  
2019



Afectaciones socioambientales en las zonas aguas abajo de grandes represas  
hidroeléctricas, casos de estudio Hidroituango y La Miel.

**Mateo Restrepo Ruíz**  
**Francesca Letizia Maetzke**

Monografía presentada como requisito parcial para optar al título de:  
Especialización en Gestión Ambiental

Asesor(a):

Juan Camilo Múnera Estrada, Ingeniero civil, M.Sc.

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería  
Especialización en Gestión Ambiental  
Medellín, Colombia  
2019

# TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	7
1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS .....	11
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	13
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
3. METODOLOGÍA.....	13
4. MARCO TEÓRICO .....	15
4.1. Estudio de impacto ambiental.....	16
4.1.1. Metodologías de Estudios de Impacto Ambiental.....	17
4.1.2. Caracterización de áreas de influencia .....	19
4.1.3 Zonificación de impactos ambientales.....	19
4.1.4 Geomorfología fluvial: Transporte de sedimentos .....	20
4.1.5 Hidrología: Sistemas fluviales .....	21
4.1.6 Hidrología y sedimentología: Balance de sedimentos en una cuenca y dinámica fluvial.....	22
4.1.7 Medio biótico: Función Ecológica de los sedimentos en los sistemas fluviales .....	22
4.1.8 Medio socioeconómico .....	23
5. EFECTOS SOCIO AMBIENTALES PROVOCADOS POR LA CONSTRUCCIÓN DE GRANDES REPRESAS HIDROELÉCTRICAS .....	24
5.1 Impactos ambientales asociados a los embalses .....	24
5.1.1. Degradación (erosión) fluvial aguas abajo de un embalse .....	24
5.1.2. Atrapamiento de sedimentos en embalses.....	25
5.1.3. Cambios de nutrientes asociado a los ciclos de inundación (aporte de nutrientes a suelos). .....	26
5.1.4. Afectaciones a los ecosistemas fluviales aguas abajo de embalses .....	28
5.2 Impactos socioeconómicos asociados a los embalses .....	30
5.2.1. Participación de las comunidades.....	30
5.2.2. Componente demográfico. Dinámica poblacional (historia del poblamiento, asentamientos, desplazamientos).....	30
5.2.3. Componente espacial .....	30

5.2.4. Componente económico. Afectaciones/alteraciones actividades económicas en el entorno fluvial (pesca, cultivos, minería, turismo) .....	31
5.2.5. Componente cultural / arqueológico.....	31
5.2.6. Población a ser reasentada .....	32
5.2.7. Conflictos políticos .....	33
5.2.8. Servicios ecosistémicos .....	33
6. HIDROELÉCTRICA LA MIEL I.....	34
6.1. Localización espacial del proyecto .....	35
6.2 Hidrología de la cuenca hidrográfica .....	36
6.2.1 Régimen de Caudales .....	37
6.2.2 Producción de Sedimentos .....	37
6.3 Documentos legales y normativa.....	37
6.4 Identificación y caracterización de impactos Ambientales por la retención de sedimentos aguas abajo del Proyecto Miel I.....	38
6.5 Identificación y caracterización de impactos socioeconómicos y culturales .....	38
6.6. Zonificación de áreas de influencia en el estudio de impacto ambiental .....	41
6.7 Principales datos reportados en PQRS .....	41
7. HIDROELÉCTRICA ITUANGO .....	43
7.1. Localización espacial del proyecto .....	44
7.2. Hidrología de la cuenca hidrográfica .....	45
7.2.1 Régimen de caudales. ....	46
7.2.2 Producción de Sedimentos. ....	46
7.3. Documentos legales y normativa.....	46
7.4. Identificación y caracterización de impactos ambientales por la retención de sedimentos aguas abajo del Proyecto Hidroituango. ....	47
7.5. Identificación y caracterización de impactos socioeconómicos y culturales. ....	48
7.6. Zonificación de áreas de influencia en el estudio de impacto ambiental .....	50
7.7. Principales datos reportados en las PQRS.....	52
8. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	53
9. CONCLUSIONES .....	58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Porcentaje de retención de sedimentos reportado por investigadores para embalses de Colombia utilizando la curva de Brune. Fuente: Elaboración propia con datos de las fuentes.....	26
Tabla 2. Porcentaje de nutrientes retenidos en un embalse. Fuente: Elaboración propia con datos de las fuentes.....	28
Tabla 3. Impactos generados sobre la ictiofauna aguas abajo debido a la formación de embalses para generación de energía eléctrica. Fuente: Elaboración propia con datos de (Vélez Agudelo, Et al. 2016) & (López Sánchez, Et al. 2018).....	29
Tabla 4. Municipios del área de influencia directa local. Fuente: con datos de la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Hidro eléctrico Ituango, (2011).....	51
Tabla 5. Datos de los Proyectos hidroeléctricos La Miel I e Hidroituango. Fuente: Elaboración Propia con datos de los EIA.....	54
Tabla 6. Impactos ambientales aguas abajo, generados por la retención de sedimentos caracterizados e identificados en los Estudios de Impacto Ambiental de los proyectos La Miel I, Hidroituango y reportados en la bibliografía. Fuente: Elaboración propia con datos de los EIA y bibliografía presentada en el presente trabajo. ....	55
Tabla 7. 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. Fuente: Elaboración propia con datos de los Tdr-014. ....	56
Tabla 8. Caracterización del régimen sedimentológico natural. Fuente: Elaboración propia con datos de los Tdr-014.....	56

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Porcentajes de participación de los diferentes sectores económicos en la demanda hídrica total de Antioquia. Fuente: Elaboración propia con datos de Antioquia un territorio para proteger, 2018. ....	9
Figura 2. Afectaciones socioambientales en las zonas aguas abajo de las grandes centrales hidroeléctricas por la retención de sedimentos, caso de estudio Hidroituango. Elaboración propia. ....	12
Figura 3. Metodología aplicada para la monografía. Elaboración propia. ....	14
Figura 4. Balanza de Lane interpreta la condición de equilibrio de un río aluvial. Fuente: (Rodas Vinicio M. 2018). ....	21
Figura 5. Localización espacial del Proyecto Hidroeléctrico La Miel I. Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de Open Street Maps. ....	36
Figura 6. Localización espacial del Proyecto Hidroeléctrico Ituango. Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos Open Street Maps. ....	45

## RESUMEN

El recurso hídrico en Antioquia ha sido comprometido por la construcción de grandes centrales hidroeléctricas (Betania, Urrá, Porce II, Porce III, La Miel I, Hidroituango, entre otros en el departamento); estas han generado una serie de afectaciones socio ambientales aguas abajo por la fragmentación del Río, tales como el cambio de la economía local o regional aguas abajo, cambios en el régimen de inundación natural del río aguas abajo, prevalencia de enfermedades transmitidas por el agua, degradación del hábitat y amenazas a la biodiversidad de agua dulce, retención de sedimentos y nutrientes en el embalse. Estos determinan ulteriores cambios en las formaciones insulares de las planicies y de las poblaciones de peces que se alimentan aguas abajo de la presa, cambios en la composición general de las especies de peces y en la estructura del ecosistema acuático y drástica reducción en la abundancia de poblaciones de grandes peces migratorios, debido a la obstaculización de sus migraciones reproductivas por el efecto barrera. La construcción de la obra provoca entonces desplazamientos y destrucción de la economía local tradicional, altera radicalmente el paisaje y la relación con el territorio de los habitantes de las zonas intervenidas. Estos cambios son analizados en la Evaluación de Impacto Ambientales de los proyectos donde se deben ilustrar las medidas para reducir o mitigar estos impactos, pero muchas veces el área de afectación real es más amplia de la que viene presentada en los estudios. La presente investigación quiere analizar los efectos producidos por los embalses en las zonas aguas abajo y si los instrumentos normativos garantizan la justa identificación y categorización de las afectaciones que implica la implementación de la obra, para que pueda estructurar planes de mitigación y prevención efectivos y realistas en relación con los impactos de los proyectos hidroeléctricos.

**Palabras clave:** Evaluación de Impacto Ambiental, EIA, retención de sedimentos, embalses hidroeléctricos, caracterización de impactos, área de influencia, gestión ambiental

# 1. INTRODUCCIÓN

El territorio colombiano es uno de los más ricos del mundo en términos de recursos hídricos y fuentes de agua dulce (Antioquia un territorio para proteger, 2018)<sup>1</sup>. Se encuentra dividido según sus acuíferos y ríos en cinco grandes áreas hidrográficas: Caribe, Pacífico, Magdalena – Cauca, Orinoquía y Amazonía, las cuales a su vez se subdividen en 41 zonas y 311 subzonas hidrográficas, cada una de las cuales tiene otros niveles subsiguientes al ir bajando la escala espacial. En cuanto a las unidades hidrológicas, se identifican 16 provincias hidrogeológicas, las cuales cubren el 74% de la extensión total del territorio Nacional, en ellas se identifican sistemas de acuíferos que pueden ser subdivididos a nivel subregional en cuencas Hidrogeológicas en función de su ambiente geológico y condiciones de conexión hidráulica (Antioquia un territorio para proteger, 2018).

De igual manera, Colombia, por posición geográfica y las condiciones de relieve, presenta un alto régimen de precipitaciones, en promedio 3000 mm/año (Antioquia un territorio para proteger, 2018). La distribución de la precipitación temporal y espacial es muy variada, debido a la circulación atmosférica y al cambio de la humedad atmosférica con la altitud; aunque en la provincia de la Guajira se registran promedios anuales cercanos a 300 mm/año, mientras en algunos lugares del Pacífico se presentan los valores de precipitación más altos de Colombia y del mundo (Mayores a 9000 mm/año) (Antioquia un territorio para proteger, 2018). La variación temporal en Colombia se da principalmente por regímenes anuales, ocasionados por la influencia de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), lo que genera distribuciones bimodales en la en la parte central del país y unimodal en los extremos (Antioquia un territorio para proteger, 2018). Además, la alta variabilidad y complejidad hidro climatológica se da por la influencia de otros fenómenos como el Chorro de Chocó a escala anual, la oscilación del sur (ENSO) a escala interanual, las oscilaciones de Madden-Julian (30 – 60 días) y las ondas tropicales del Este a escala intra-anual (IDEAM, 2015).

La delimitación geográfica de la presente investigación se concentra en un horizonte regional, abarca el análisis de dos proyectos que se encuentran en el departamento de Antioquia. El territorio antioqueño se encuentra en el Noreste de Colombia, lo conforman 125 Municipios y a nivel nacional ocupa el sexto lugar en extensión, con 63.612 Km<sup>2</sup>. Es una región de gran riqueza hidrológica, ya que limita con el mar Caribe y es atravesada por cuatro de los principales ríos del país: Magdalena, Cauca, Atrato y Porce. La cuenca de este último río es la más poblada de Colombia después de la del río Bogotá. El departamento comprende humedales de llanuras aluviales, como los del Bajo Cauca, Magdalena Bajo y Medio y el Atrato Medio, así como humedales de montaña asociados a los páramos y bosques altoandinos (Secretaría del Medio Ambiente Gobernación de Antioquia, 2014). La alta presencia de ríos, quebradas y humedales en Antioquia permite que haya una alta oferta hídrica, siendo las zonas del río Atrato – Darién y la del río Nechí

---

<sup>1</sup> Fundación EPM. (2018). Antioquia un territorio para proteger.



las que presentan los aportes más altos, al contrario, se encuentra la zona del Caribe Litoral, siendo la de menor disponibilidad hídrica, (IDEAM, 2015).

En la Figura 1 se presenta la demanda hídrica estimada por el Estudio Nacional del Agua del 2014, para las subzonas del departamento de Antioquia, donde se puede observar que el sector hidroeléctrico representa aproximadamente la mitad de la demanda con el 53.6%.

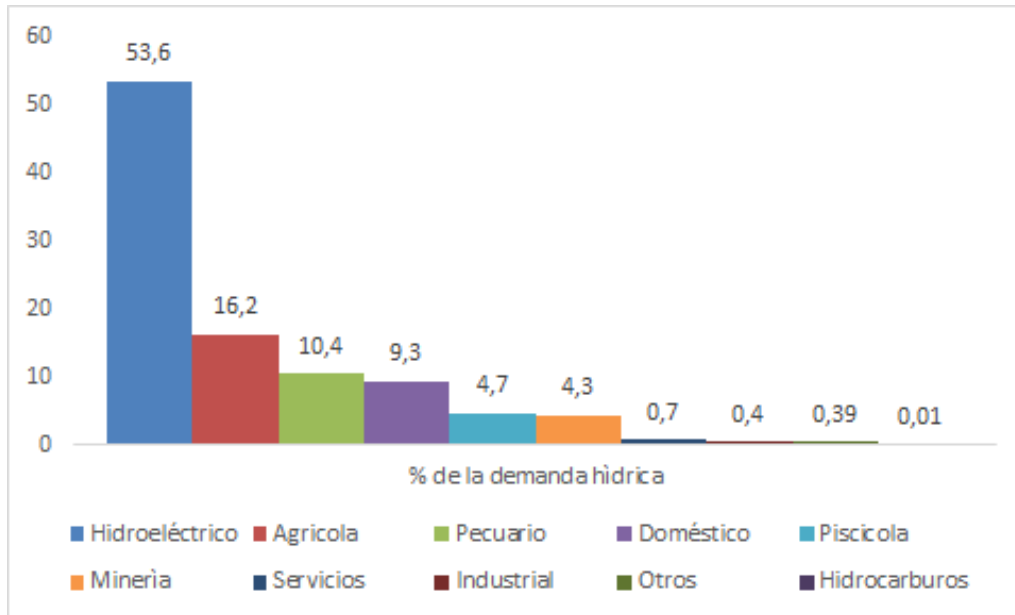


Figura 1. Porcentajes de participación de los diferentes sectores económicos en la demanda hídrica total de Antioquia. Fuente: Elaboración propia con datos de Antioquia un territorio para proteger, 2018.

En la Ley 1955 de 2019, el actual plan nacional de desarrollo, se habla de electrificación de la economía, o sea, de una transición hacia el consumo de energía eléctrica limpia y el abandono de los combustibles fósiles. Ya en el día de hoy, se puede calcular que “la matriz de generación de energía en el país está compuesta por un 68% de fuentes hidráulicas (grandes y pequeñas centrales)<sup>2</sup>”, y que el sector hidroeléctrico es el que presenta mayor demanda del recurso de agua dulce superficial, en términos porcentuales.

Aun así, según las previsiones, la cantidad de generación de energía que depende de las hidroeléctricas tiene que crecer, lo que sería posible gracias a la ejecución de diferentes proyectos en diseño y construcción. El impulso del sector energético dependería mucho de la región de Antioquia y en particular del gran proyecto de Hidroituango, como lo explica la Unidad de Planeación Minero Energética - UPME, en su plan de expansión de referencia para la generación de energía, donde se establecen las unidades productivas necesarias para satisfacer correctamente la demanda a nivel nacional. “Todas las alternativas de largo plazo contemplan la segunda etapa de Hidroituango (1200 MW), la instalación de 396.8 MW hidroeléctricos distribuidos en Antioquia y Tolima (salvo para el escenario 12), y una

<sup>2</sup> Ley 1955 de 2019, Plan Nacional de Desarrollo, “Pacto por Colombia, pacto por la equidad”

proyección de crecimiento de la capacidad instalada de plantas menores (796.6 MW al final del periodo)<sup>3</sup>.

La UPME reporta también que en el periodo 2015-2018 se espera generar, a través de las hidroeléctricas, 4823.18 GWh-mes, el cual debería llegar a “5543.2 GWh-mes por la entrada de la primera etapa de Hidroituango (2019-2020), y a 6016.53 GWh-mes por la entrada de la segunda fase de esta central”. Si entonces la mitad del recurso hídrico está destinado al sector hidroeléctrico, hay que preguntarse dónde terminan los recursos generados por la venta de la energía, cuántos de ellos resultan invertidos en los territorios donde vienen siendo ejecutados los proyectos, y finalmente, cuáles son las ventajas para la población, que ya no tiene la misma relación con el territorio, transformado físicamente y de manera drástica e irrecuperable por la construcción de los proyectos. “Una forma de entender lo que sucede con la entrada de un megaproyecto hídrico en un territorio es pensar los cambios introducidos por éste como un proceso de desestructuración de un espacio social (Bourdieu, 2007)<sup>4</sup>”. Según el Banco Mundial, al 2017 los porcentajes de acceso a la energía en Colombia demuestran que existen todavía centros rurales donde falta conexión a la red eléctrica.

Algunos instrumentos de gestión ambiental nacen justamente mediante acción de tutela por los derechos de las poblaciones que se encuentran en zonas intervenidas por estos proyectos, y para que éstos puedan obtener una licencia por parte de la autoridad ambiental, tienen que presentar estudios en los cuales se cuantifican los impactos y eventuales reparaciones o compensaciones. De hecho, después de la Ley 93 del 1999, todos los grandes proyectos hidroeléctricos deben presentar estudios ambientales, y el artículo 5 de la misma ley establece que es responsabilidad del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, entre otros, expedir, negar o suspender las licencias correspondientes. Es con el Decreto 1076 de 2015 que se define de manera más explícita que los solicitantes de licencia deben presentar estudios de impacto ambiental que sean conformes a la metodología general para la presentación de Estudios Ambientales, expedida por el MADS<sup>5</sup>.

En los estudios, se deben identificar los impactos que el proyecto genera y puede generar sobre el medio biótico, abiótico y socioeconómico, y las zonas de influencia involucradas por los impactos. También es necesario presentar un plan de manejo en el cual se describan las medidas de reparación o compensación, ambientales y sociales, medidas de mitigación, y relaciones con la comunidad. Este instrumento de gestión ambiental, si es aplicado según un efectivo criterio participativo, podría ser un instrumento de justicia procedimental, una justicia distributiva que es componente clave de la transición que está promoviendo el sector energético en todo el mundo. No considerar la posición de la sociedad y no involucrarla debidamente es un factor de generación de conflictos sociales que resulta crucial, e incluso

---

<sup>3</sup> PLAN DE EXPANSIÓN DE REFERENCIA GENERACIÓN – TRANSMISIÓN 2015 – 2029

<sup>4</sup> G. Gaviria (2015). Formas de violencia en proyectos hídricos. XVI Enanpur, ST4, Belo Horizonte

<sup>5</sup> ARTÍCULO 2.2.2.3.3.4., Sección 3 del Decreto 1076 de 2015.

puede generar problemas graves al desarrollo del proyecto, en términos jurídicos y económicos, y por lo tanto, ha ido adquiriendo importancia en el marco de la normatividad ambiental. El caso de las compensaciones ambientales, calculadas en base a los estudios de impacto ambiental, involucra entonces categorías que tienen que ser medidas y pensadas con un enfoque que responda directamente a las necesidades de la población y que sean reconocidas en términos de justicia distributiva. Conceptos como el de justicia son de difícil aplicación, “El concepto de justicia trasciende los ámbitos puramente normativos al tener implicaciones sociales, culturales y económicas.” (C.E.Díaz Reyes, 2014), por lo tanto, éste se toma como referencia en la solución propuesta por Rawls del contrato social: “Desde esta teoría, los individuos racionales que pertenecen a la sociedad son los que determinan mediante una especie de contrato lo que se ha de considerar es justo o injusto y definir así el concepto de justicia” (C.E.Díaz Reyes, 2014).

El presente trabajo propone como base teórica de la investigación un concepto de justicia que reposa sobre el contrato social, la Constitución Política del 1991, la Ley 99 de 1993 y el texto de las sentencias expedidas por la Corte Constitucional de Tutela de derechos de la naturaleza y tutela de ríos y zonas naturales como sujetos de derecho. Desde un análisis de los fenómenos físicos y de la normativa, se busca indagar si los instrumentos certificados por la autoridad ambiental para el desarrollo de mecanismos justos de compensación y reparación consideran el impacto físico efectivo y las percepciones de la sociedad residente en las áreas de impacto de los proyectos hidroeléctricos.

## 2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

La contingencia en mayo del 2018, sucedida durante la construcción del proyecto hidroeléctrico Hidroituango, en Antioquia, ha puesto de manifiesto diferentes problemáticas relacionadas con la construcción y puesta en marcha de grandes proyectos hidroeléctricos. En particular, se ha podido ver cómo las comunidades que se encuentran aguas abajo de la represa no hayan recibido compensaciones que puedan constituir una solución para las afectaciones causadas por la emergencia, teniendo en consideración que sólo fueron consideradas en el plan de contingencia, mientras que existen también daños estructurales previsible que se verifican en estas áreas: el cambio en el régimen de caudal, en la composición fisicoquímica de las aguas, en el aporte de sedimentos, factores que afectan directamente la economía de las comunidades asentadas a la orilla del río en los municipios aguas abajo de la represa, como se puede evidenciar en la Figura 2. donde se toma como caso de estudio el Proyecto Hidroeléctrico Ituango.

Los damnificados no han sido considerados entre las áreas de afectación directa identificadas en el estudio de impacto ambiental del proyecto. Lo sucedido, nos lleva a preguntarnos si efectivamente estas áreas que se encuentran aguas abajo de las represas hidroeléctricas deberían cuando menos ser consideradas en los estudios de impacto ambiental como áreas de influencia directa. En efecto, la investigación se concentra, en una primera parte, en un análisis de la bibliografía relativa a los efectos de grandes hidroeléctricas en zonas aguas abajo de la represa, para pasar a un análisis de las afectaciones causadas aguas abajo de dos diferentes represas hidroeléctricas en Antioquia, y a una comparación entre éstas, para identificar si los criterios de caracterización de área

utilizados en los estudios de impacto ambiental corresponden al menos con las denuncias presentadas por la prensa, la academia y la sociedad civil.

En particular, la revisión bibliográfica reporta diferentes casos de afecciones previsibles aguas abajo anteriormente a la construcción, causados por la mayoría por el efecto de retención de sedimentos en el embalse. Este efecto se produce en relación a cualquier embalse no tenga una descarga de fondo para vaciado de material sólido, pero no es una evidencia para los términos de referencia propuestos por la autoridad nacional de licencias ambientales (ANLA) y muchos proyectos no lo consideran en los estudios de impacto ambiental. Se quiere indagar entonces estos impactos previsibles y explicar los cambios que provocan en la dinámica natural del río.



Figura 2. Afectaciones socioambientales en las zonas aguas abajo de las grandes centrales hidroeléctricas por la retención de sedimentos, caso de estudio Hidroituango. Elaboración propia.

## 2.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar los efectos de la construcción de grandes represas hidroeléctricas en Antioquia sobre las comunidades aguas abajo de los embalses a partir de un análisis de cambios en el régimen de caudales y en el régimen de sedimentos. Así mismo, se pretende establecer las posibles afectaciones ambientales en dos proyectos hidroeléctricos actualmente en operación en los Departamentos de Antioquia y Caldas, utilizando como fuente de información las PQRS radicadas en la ANLA y algunos artículos publicados en los medios de comunicación, y determinar si hay una incongruencia entre las áreas de afectación directa identificadas en los estudios de impacto ambiental (EIA) y las áreas que resultan efectivamente afectadas, de acuerdo al análisis realizado.

## 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los cambios producidos por la construcción del embalse sobre el comportamiento de los ríos aguas abajo de las represas en el territorio antioqueño, a través de un análisis de datos que dan cuenta del pulso de inundación de los ríos de los tres proyectos seleccionados.
- Analizar artículos relativos a la afectación causadas por grandes proyectos hidroeléctricos sobre las comunidades localizadas aguas abajo de grandes represas hidroeléctricas y las PQRS surgidas frente a los proyectos tomados como referencia, así como a las comunidades acuáticas y a la biodiversidad en general.
- Realizar un análisis y comparación de las zonas de influencia directa de dos diferentes proyectos hidroeléctricos de Antioquia con las zonas que denuncian afectaciones, a través de un análisis de la caracterización de áreas en los estudios de impacto ambiental, y de las PQRS presentadas por la sociedad civil a la autoridad ambiental, en este caso representada por la ANLA.

## 3. METODOLOGÍA

En la Figura 3 se resumen los pasos de la investigación en un esquema que indica cuatro fases, una inicial de búsqueda general de información, una segunda de investigación en fuentes oficiales y de documentación técnico institucional, una tercera de revisión física de expedientes y una última de análisis de información. En la imagen se resumen los pasos de la investigación en un esquema que indica tres fases, una inicial de búsqueda general de información, una segunda de investigación en fuentes oficiales y de documentación técnico institucional, y una tercera de análisis de información.



Figura 3. Metodología aplicada para la monografía. Elaboración propia.

La primera fase del proceso de investigación corresponde a una búsqueda y consulta de estudios previos sobre las afectaciones socio ambientales aguas abajo generadas, ya sea por el cambio en el régimen de caudales aguas abajo de embalses o reservorios de proyectos hidroeléctricos atribuible a la regulación y operación del proyecto, o bien por la retención de sedimentos debido al efecto barrera y remanso generado por la presa. Inicialmente, se han buscado aquellos estudios que estén reportados en la literatura, en las bases de datos científicas como EBSCO, Science Direct, Scopus, Redalyc, Nature, Mendeley, Biblioteca de la UNESCO, ISI y otros sitios de revistas indexadas.

Otra fuente de información directa es el repositorio institucional de la ANLA<sup>6</sup>. Se realiza entonces un derecho de petición a la ANLA para obtener información específica relativa a los proyectos de Porce III y La Miel I. Sucesivamente, para consultar los expedientes relativos a los proyectos de Hidroituango y Sogamoso, se realiza una visita a la oficina central de la ANLA, en ocasión de la cual, se realiza una consulta in situ de la documentación relativa a diferentes expedientes de los mismos, y se presenta un oficio para recibir copia de la información consultada en formato digital. Al mismo tiempo, se revisan las bases de datos de la AUNAP.

A partir del análisis de información documental, se seleccionan tres proyectos para un estudio de comparación sobre la base de un criterio geográfico, ejecutados en el departamento de Antioquia y Caldas y, cronológico, construidos después del 2000, y en base a la información encontrada.

Se procede con un análisis de los términos de referencia elaborados por la ANLA para la construcción de los proyectos hidroeléctricos seleccionados, en relación con los criterios utilizados para la definición del área de influencia directa, de los parámetros indicados para

<sup>6</sup> De aquí en adelante "ANLA".

la caracterización de los impactos generados, y finalmente, respecto a los requerimientos técnicos relativos a los mencionados casos de estudio seleccionados. Se realiza entonces una revisión de los EIA, comparando las diferentes zonificaciones de las áreas de influencia del componente abiótico: sedimentos, caudal, calidad; del componente biótico: fauna íctica; y del componente socioeconómico. Una vez identificada la valoración del área de influencia directa de los EIA y los impactos en ellos presentados, se verifica el cumplimiento de ellos con los términos de referencia exigidos por Inderena o ANLA en cuanto a la zonificación y la gestión de los sedimentos, en los años de construcción de cada proyecto. Finalmente se analizan las PQRS relacionadas con los expedientes de los dos proyectos seleccionados para determinar cuáles áreas de interés abarcan.

## 4. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se presentan los conceptos fundamentales que permiten ubicar el desarrollo de la investigación en un marco conceptual coherente y que ayude a la comprensión de los significados y significantes del texto.

La documentación, que constituye la matriz teórica sobre la cual se basa la hipótesis de la investigación, se compone de artículos que analizan el marco normativo de la gestión ambiental en Colombia y de estudios hidrológicos y relativos a los servicios ecosistémicos y a la composición bioquímica y ecológica de los ríos intervenidos por la construcción de embalses, además de los EIA y demás documentos institucionales.

La investigación se enmarca en un contexto específico de la gestión ambiental, que regula la relación entre empresas, estado y comunidades, o sea, un instrumento preventivo de gestión propiamente dicha que reúne documentos técnicos, los cuales se componen de diferentes estudios y análisis que los dueños o futuros operadores de los proyectos deben presentar frente a la autoridad ambiental, en Colombia ANLA, para obtener licencia ambiental y poder seguir con su implementación. En estos estudios se evalúan los múltiples y diversos impactos del proyecto, los cuales son calculados o estimados tomando como referencia una línea base que representa el escenario del territorio en la condición previa a la obra. Las funciones con las cuales se calculan los impactos miden entonces la variación que hay entre la línea base y un escenario futuro con proyecto; se calcula además sobre esta función, la incidencia de eventuales medidas de corrección, mitigación y prevención de los impactos, así como las posibles medidas de compensación.

Para la construcción de la línea base es necesario presentar una suficiente cantidad de datos que permitan determinar, de manera confiable y con un bajo nivel de incertidumbre, el comportamiento y la condición del ecosistema y de las componentes del mismo que se ven involucradas en los cambios causados por la construcción de la obra. En el caso de las hidroeléctricas, los términos de referencia establecidos por ANLA<sup>7</sup>, en la caracterización de las zonas de influencia, en relación con el medio abiótico es necesario considerar: la geología, la geomorfología y paisaje, los suelos y usos de la tierra, la hidrología, la calidad del agua, la hidrogeología, la geotecnia y la atmósfera. En cuanto al medio biótico se exige presentar una caracterización de los ecosistemas, mientras que para el medio socioeconómico se requiere realizar un análisis de la participación de las comunidades, y de los componentes demográfico, económico, espacial, cultural, arqueológico, político

---

<sup>7</sup> Términos de referencia para la elaboración de EIA en proyectos hidroeléctricos, MADS, ANLA 2014

organizativo, las tendencias de desarrollo, y levantar información sobre la población a reasentar y sobre los servicios ecosistémicos afectados en la zona de estudio.

La hipótesis del presente documento dirige la investigación hacia los estudios de impacto ambiental que son exigidos para la construcción de hidroeléctricas, e implementados por las empresas. Se quiere analizar si han sido tenidos en cuenta, por lo menos, los efectos que produce aguas abajo la construcción de la presa y obras anexas para el establecimiento del embalse, y el consecuente fenómeno de retención de sedimentos ocasionado por el efecto de remanso. Por esta razón, se explicará el marco conceptual de los instrumentos de gestión preventiva, como el EIA, y los conceptos claves que permiten entender algunos aspectos de la dinámica fluvial de los ríos y de los diferentes cambios y fenómenos que se producen sobre el ecosistema fluvial y su estructura física, los que fueron identificados como cambios más estructurales. Estos dan origen a su vez a en forma indirecta a otros cambios y fenómenos naturales, como consecuencia de lo anterior, aunque no secundarios, que afectan las comunidades aguas abajo en su medio socioeconómico, el cual también se ha tomado en consideración y ha sido analizado con base en lo presentado en los EIA y en las PQRS; se habla entonces del mecanismo de las PQRS como evidencia de los impactos ocasionados y del concepto de justicia distributiva.

#### 4.1. Estudio de impacto ambiental

La evaluación del impacto ambiental permite estimar las transformaciones que un determinado proyecto, instalación o actividad causa al medio ambiente y a la sociedad en donde ha sido desarrollado, a través del cálculo de una escala de afectación y de una duración temporal y un espacio geográfico (corto, mediano o largo plazo; puntual, local, regional o internacional). Según el Decreto 1076<sup>8</sup> un EIA “es el instrumento básico para la toma de decisiones sobre los proyectos, obras o actividades que requieren licencia ambiental y se exigirá en todos los casos en que de acuerdo con la ley y el presente reglamento se requiera.” Como impactos se entienden todas las alteraciones al medio abiótico, biótico y socioeconómico, bien sea positivas o negativas, que se puedan registrar en relación con la construcción de una obra o proyecto. En el mismo decreto se establece cuales licencias ambientales son responsabilidad de la ANLA y cuáles de las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR).

Los términos de referencia para la realización de los EIA varían de un lugar a otro, de un proyecto a otro y de una comunidad a otra (Vanclay, 2002). La comunidad europea regularizó la metodología de evaluación de impacto en 1985 (J.D.Coria, 2008); desde ese entonces, cada país ha ido regularizando este instrumento según su normativa nacional. En Colombia, es con la Ley 99 de 1993 que entra en vigor el sistema de licenciamiento ambiental que hoy conocemos; en sus artículos 56 y 57 establece como fundamentales para la toma de decisiones el diagnóstico ambiental de alternativas y el estudio de impacto ambiental. Con la Ley ambiental y el Decreto 1076 de 2015 se especifican los términos de referencia para estas licencias, mientras que, anteriormente, el licenciamiento era vinculante en los casos establecidos y regulados por el Decreto 2811 de 1974, es decir, el Código Nacional de Recursos Naturales, el cual no fue efectivo en materia de licencias ambientales de manera inmediata por la falta de métodos de aplicación y regulaciones para su implementación (J. Toro et al. 2013).

Según la metodología general del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) para el desarrollo de estudios ambientales del 2017, los objetivos fundamentales de los EIA

---

<sup>8</sup> Artículos 2.2.2.3.1.1 y 2.2.2.3.5.1. del Decreto 1076 de 2015.



son: “describir el área de influencia, identificar y valorar los impactos ambientales que generaría el proyecto, obra o actividad, así como formular las medidas de manejo de acuerdo con la naturaleza de dichos impactos, especificando cómo prevenirlos, mitigarlos, corregirlos y compensarlos”. El estudio es un conjunto de análisis técnicas que intentan, en su totalidad, ofrecer una perspectiva holística y completa de los impactos que sufre el ambiente en las diferentes etapas de implementación de los proyectos, para definir cómo la empresa que propone actuar define intervenir sobre los diversos medios y reducir estos impactos o compensarlos.

La definición del área de influencia es un proceso de trabajo donde se estudian los atributos de la zona en estudio y las características del proyecto. Se parte del área de intervención y se plantea un escenario de manifestación de los impactos en cada componente o grupo de componentes de cada medio (abiótico, biótico, socioeconómico y cultural), lo que debe resultar en un primer acercamiento a la espacialización de los impactos, principalmente sobre los componentes más valiosos y sensibles del sistema. Se trata también de establecer los costos de las intervenciones y del proceso de licenciamiento ambiental y determinar un plan de compensación por pérdida de biodiversidad, en el caso de que esto se dé, y un plan de inversión del 1% del costo del proyecto en actividades que apuntan a la conservación de la cuenca hidrográfica que alimenta la fuente hídrica, en los proyectos que realizan captación de aguas, como lo establece el artículo 43 de la Ley 99 del 93.

Existen entonces unas etapas fundamentales en la formulación de los EIAs que hay que respetar, y van desde la recopilación y levantamiento de la información necesaria para determinar una línea base completa, como son los estudios de campo y el análisis de datos primarios y secundarios, hasta los análisis de impactos y las propuestas de mitigación y la conformación de planes de gestión. Para determinar las implicaciones de los cambios estructurales ocurridos como consecuencia de la construcción de embalses, se seleccionan unos capítulos específicos de los estudios de impacto ambiental de tres proyectos hidroeléctricos:

1. La metodología aplicada para el EIA;
2. La caracterización del área de influencia;
3. La hidrología e hidrogeología (en la caracterización del área);
4. El medio biótico en cuanto a ecosistemas;
5. El medio socioeconómico.

#### 4.1.1. Metodologías de Estudios de Impacto Ambiental

Muchas de las estrategias de gestión dependen de la metodología que se utiliza para la valoración de los impactos ambientales. Ninguna de ellas se puede desvincular de las fallas que se les atribuye por ser un instrumento intrínsecamente dependiente del sistema, y por lo tanto, responder a necesidades y parámetros estrictamente económicos. En Colombia no existen por el Ministerio del Ambiente. Esto implica que se puedan escoger diferentes metodologías que involucren las categorías de impacto y los planes establecidos como referencia, pero también, que mucho de lo establecido dependa de interpretaciones subjetivas, y en ocasiones erróneas, “un método puede favorecer la subjetividad y el sesgo del evaluador y generar calificaciones de impacto por debajo de su valor real, con lo cual, la actividad correctora puede no ser efectiva, y como consecuencia producir pérdida de patrimonio ambiental y disminución del bienestar humano” (J.T. Calderón et al., 2013).

Las metodologías de evaluación de impacto principalmente usadas son matrices, como la matriz de EIA de Conesa, Leopold-Páez, Battelle-Columbus, pero se pueden utilizar

también metodologías que se estructuran con base en listas de chequeo, redes o comparación de imágenes. Las redes se identifican a partir de la ruta de consecuencias de un impacto, para determinar todos los cambios producidos a través de una relación causa efecto de los diferentes impactos y su duración en el tiempo, pero no se definen áreas de interés. Las listas de chequeo, control o verificación proponen chequear listas de impactos producidos por el proyecto, pueden ser simples, que indican los impactos sin cuantificarlos; con escalas simples, donde a los listados se acompaña una escala de valores de intensidad; o mediante escalas ponderadas, donde se cruzan valores de intensidad de impacto con diferentes variables ambientales afectadas (Arboleda, 2008).

La superposición de mapas consiste en confrontar mapas donde están identificados algunos de los componentes ambientales que se superponen, con el fin de identificar la zona de influencia del proyecto, o el grado de afectación o riesgo de un área preestablecida. Las matrices son de doble entrada, en ellas se analizan ASPI y FARI, o sea, acciones del proyecto susceptibles de producir impacto y factores ambientales receptores del impacto, y se busca entonces identificar donde hay incidencia, para después analizar y cuantificar, de manera singular, cada uno de los impactos. De esta manera funcionan matrices como la de Conesa, Battelle-Columbus o Leopold.

Las metodologías matriciales evalúan en primer lugar la naturaleza del impacto, si este es negativo o positivo, en relación a los diferentes momentos del ciclo de vida de los proyectos en orden cronológico, desde la etapa de exploración del sitio donde se va a intervenir, hasta el momento del abandono. Se evalúan entonces la intensidad del impacto según categorías de amplios rangos que limitan a tres los niveles de intensidad, y la extensión física del área de afectación, ésta también reconducible a sólo tres niveles. Se calculan también el momento (inmediato, corto, mediano o largo plazo), la persistencia, la relación causa - efecto (directo o indirecto), la periodicidad o frecuencia del impacto, la recuperabilidad, y por último, la reversibilidad. Las metodologías de estudio de impacto se estructuran en Colombia con la Ley 99 de 1993 y el Decreto 1076 de 2015; no existen entonces en los estudios de planeación de los proyectos anteriores a estos años, como en el caso del proyecto hidroeléctrico La Miel. En el caso del proyecto Hidroituango, la metodología utilizada para una evaluación semicuantitativa de los efectos ambientales es la que ha sido tomada como referencia en los proyectos de generación eléctrica construidos por Empresas Públicas de Medellín, el método de Arboleda, que nace a finales de los noventa por autoría del ingeniero Jorge Arboleda. En esta metodología, que utiliza el sistema matriz, se subraya la importancia de la valoración de la "significancia" como la define Arboleda, o "intensidad" en la metodología de Vicente Conesa.

Para la determinación de la importancia del impacto, previamente hay que identificar aquellas actividades susceptibles de producir impactos en el área de influencia en el escenario sin proyecto, para luego mediante una matriz de interacciones, correlacionar dichas actividades con sus impactos asociados al componente ambiental afectado y poder evaluar los impactos ambientales para cada componente establecido según los términos de referencia. Este cálculo se basa en la metodología de evaluación de CONESA (1996) la cual establece 11 criterios base y se identifica en la Ecuación 1. Siendo el Signo o Naturaleza, intensidad (I), extensión (EX), momento (MO), Persistencia (PE), Reversibilidad (RV), Recuperabilidad (MC), sinergia (SI), acumulación (AC), efecto (EF), periodicidad (PR) e importancia del impacto (i).

$$i = \text{Signo} * (3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC) \text{ Ecuación 1.}$$

Informes de la Contraloría General de la República, institución del Ministerio público con función de fiscalización y control de los recursos públicos, han demostrado que los mecanismos de EIA en Colombia tienen fallas graves como la falta de aplicación de medidas de seguimiento y control como fue establecido en el decreto 1753 del 1994, y de estructuras normativas que brinden incluir en los EIA un seguro ambiental, así como incentivos para la realización de EIAs (Toro et al., 2010). Sobre la base de las matrices de evaluación de impacto y la caracterización de las áreas de influencia se deciden las intervenciones que se pueden plantear en el plan de manejo para garantizar la conservación del ambiente, y mitigar o reparar las afectaciones provocadas a las comunidades, mediante las acciones presentadas en los planes de manejo.

#### 4.1.2. Caracterización de áreas de influencia

El foco del análisis que define el alcance del área de influencia depende de las metodologías de evaluación de impacto y es la categorización del impacto que se registra sobre el área en cuestión como “significativo”<sup>9</sup> o menos. El impacto, según las metodologías matriciales descritas en el capítulo anterior, es cuantificable, y en el caso tal de que no fuera posible hacer una cuantificación, se describe técnicamente y se evalúa cualitativamente, siempre de acuerdo a las metodologías y datos disponibles. Para determinar el área de influencia total del proyecto se superponen las áreas de impacto de los diferentes componentes, y el área de influencia del medio socioeconómico es constituida por la suma de las áreas de afectación de los medios biótico y abiótico. Se calcula generalmente según unidades mínimas de análisis definidas en los EIA, como cuencas hidrográficas o ecosistemas. La definición está regulada según una normativa específica. Para el medio abiótico se debe tener en cuenta la Resolución 601 de 2006, 610 de 2010, y el Decreto 1076 de 2015. Para el medio socioeconómico cabe considerar las unidades territoriales municipales y todas las reconocidas administrativa y socialmente. En el caso los municipios no sean considerados globalmente como unidades de análisis se debe presentar documentación relativa a una contextualización regional.

El análisis del medio socioeconómico debe identificar los aspectos principales establecidos en los términos de referencia para la presentación de EIAs de hidroeléctricas, como la origen de las principales fuentes económicas de la población, la dependencia de los recursos naturales, los sitios de interés cultural y religioso y las rutas de desplazamiento de las veredas, además de la necesidad de indagar la presencia de comunidades indígenas o afro con las cuales es necesario desarrollar un proceso de Consulta previa después de haber solicitado el certificado de presencia al Ministerio del Interior. Toda área de influencia por componente o grupo de componentes debe ser referenciada con cartografía referenciada en SIG, simulaciones y estudios de caso.

#### 4.1.3 Zonificación de impactos ambientales

Otro momento fundamental del estudio es la zonificación del impacto del proyecto que se deduce de la información presentada en la caracterización de los diferentes medios anteriormente descritos. Además de los elementos analizados, se cruza la información presentada con los planes de orden administrativo territoriales como los POT, EOT o PBOT, y con otros instrumentos de ordenamiento ambiental como los POMCAS, PORH, Planes de Manejo de Acuíferos, Planes de Aprovechamiento Forestal, etc. Igualmente, se deben

---

<sup>9</sup> Términos de referencia EIA hidroeléctricas ANLA

contrastar con las áreas de producción económica, de recuperación ambiental o en riesgo, con otros proyectos de infraestructura licenciados, distritos mineros o de hidrocarburos y áreas de importancia ambiental, cultural o social.

La información converge en mapas de zonificación de los diferentes medios que al sobreponerse revelan las zonas sensibles y que serán objeto de atención por parte de los planes de manejo, diferenciándose en áreas de influencia directa e indirecta. El área de influencia directa del proyecto es aquella donde se manifiestan los impactos generados por las actividades de construcción y operación, la cual está relacionada con el sitio del proyecto y su infraestructura asociada. Esta área puede variar según el tipo de impacto y el elemento del ambiente o recurso natural que se pueda estar afectando. Por otro lado, el área de influencia indirecta es asumida como la zona donde los impactos trascienden el espacio físico del proyecto y su infraestructura asociada, es decir, la zona externa al área de influencia directa, y se extiende hasta donde se manifiestan tales impactos a nivel regional.

#### 4.1.4 Geomorfología fluvial: Transporte de sedimentos

Para poder definir el transporte de sedimentos, hay que definir primero el origen de estos; la formación de los sedimentos depende de las condiciones climáticas de la superficie terrestre, las cuales originan procesos físicos y químicos que desintegran y transforman las rocas originarias, este proceso es conocido como la meteorización física o química (Pedro Abel. 2018)<sup>10</sup>, los productos de esta desintegración forman la gran variedad de los depósitos sedimentarios (Depósitos de Sedimentos Coluviales, Aluviales, Eólicos y Glaciares), estos en general pueden permanecer en el lugar donde se generaron, o los que fueron transportados son depositados en zonas alejadas del lugar donde se generaron, los cuales pueden ser transportados por acción de la gravedad, el agua, el viento y el hielo (Pedro Abel. 2018). Así el transporte de sedimentos es determinante para el ciclo sedimentológico, el cual está estrechamente relacionado con el ciclo hidrológico, en el que los sedimentos sean insolubles o solubles generados por la meteorización de la roca, son transportados y erosionados por el flujo superficial del terreno y por el flujo encauzado por los cuerpos de agua fluviales hasta ser depositados y acumulados en diferentes ambientes deposicionales dentro de la cuenta: Lagos, Lagunas, depresiones y en las planicies aluviales de los ríos por largos periodos de tiempo.

Es importante mencionar que la mayoría de los sedimentos terminan confluyendo en los océanos y son cruciales para la morfología del canal, la calidad del agua, y poseen una función de proveer hábitat para los organismos acuáticos y, finalmente, para el mantenimiento de estos ambientes (Pedro Abel. 2018). El ciclo sedimentológico es finalizado en una escala de tiempo de millones de años, ya que al ser depositados en los océanos, la tectónica de placas recicla los sedimentos y a través de procesos de diagénesis, subducción y ascensión orográfica, dichos sedimentos retornan como rocas sedimentarias/metamórficas/ígneas intrusivas para ser expuestas una vez a los procesos de producción, erosión, transporte, sedimentación y consolidación (Pedro Abel. 2018).

---

<sup>10</sup> Basile, Pedro Abel. 2018. *Transporte de Sedimentos y Morfodinámica de Ríos Aluviales*. Primera. edited by Universidad Nacional de Rosario

#### 4.1.5 Hidrología: Sistemas fluviales

Los sistemas fluviales están fuertemente influenciados por la variabilidad de los caudales líquidos y sólidos, así la literatura ha propuesto una zonificación de los sistemas fluviales, Schumm (1977) en el que se pueden distinguir 3 zonas fluviales: (I) Producción, la cual representa la cuenca alta, donde se producen sustancialmente los aportes de agua y sedimentos, estos dependen de factores tales como el clima, el relieve (pendientes, curvatura, geoformas), la litología, los suelos, la cobertura vegetal, el uso del suelo, etc., donde predominan los procesos de producción debido a los procesos de meteorización y erosión del suelo y alimentan a la siguiente zona del sistema fluvial. (II) Transporte, en la cual se observan cauces de tipo trenzados en la parte media de la misma, donde los gradientes topográficos se van reduciendo y va perdiendo capacidad de transporte de los sedimentos más gruesos, por lo que se forman barras y múltiples cauces, y cauces meándricos en la parte inferior, donde las pendientes son más bajas, los sedimentos son más finos y las planicies de inundación más amplias, en tanto la zona (III) Sedimentación, está influenciada por el tramo final de la zona de transporte; en sistemas fluviales grandes estos suelen depositarse en las zonas costeras, donde debido a la pérdida de capacidad de transporte, el sedimento exportado del sistema se va progresivamente depositando y genera macroestructuras morfológicas tales como deltas (Pedro Abel. 2018).

Así, a lo largo del tiempo, los sistemas fluviales han generado un equilibrio en el que la pendiente conjuntamente con el caudal disponible han sido delicadamente ajustadas para proveer las características morfo sedimentológicas del cauce y la velocidad requerida para transportar la carga de sedimentos suministrada por la cuenca (Pedro Abel. 2018). y la balanza de Lane interpreta la condición de equilibrio de un río aluvial, esta permite analizar la tendencia del comportamiento morfológico de un río. Figura 4. de tal manera de que si se varían las variables de condición de equilibrio de tal manera que se produzca un desequilibrio, la aguja conducirá hacia la erosión o hacia la deposición.

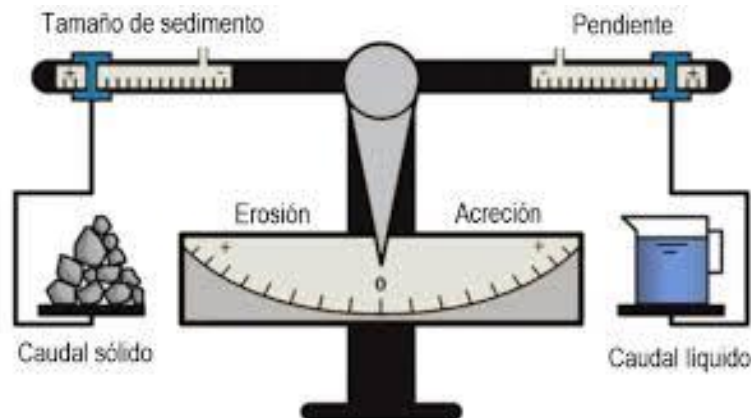


Figura 4. Balanza de Lane interpreta la condición de equilibrio de un río aluvial. Fuente: (Rodas Vinicio M. 2018)<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> Rodas Velasco, M. V. (2018). *Estudio técnico para rectificación y protección de márgenes del río Tarqui* (Bachelor's thesis).

#### 4.1.6 Hidrología y sedimentología: Balance de sedimentos en una cuenca y dinámica fluvial

El balance de sedimentos a escala de cuenca depende de la interacción compleja entre los procesos de erosión superficial, lineal y los movimientos en masa (Pedro Abel. 2018). El sedimento erosionado será transportado y depositado a través de la cuenca, dependiendo de variables como el tamaño del sedimento, la pendiente y el caudal disponible, pero también puede recorrer distancias cortas, como en el caso de un deslizamiento en el pie de una ladera, o distancias considerablemente mayores, como en el caso de flujos de detritos que viajan suspendidos en la corriente hídrica hasta ser depositados en planicies aluviales, embalses o alcanzar otro río, lago o el mar (Pedro Abel. 2018).

Los regímenes de caudales en ríos se distribuyen de acuerdo al caudal a lo largo del año hidrológico, clasificados como Perennes, Intermitentes o Efímeros (Pedro Abel. 2018). El régimen de caudales tiene una gran importancia en el transporte de sedimentos y en la morfodinámica fluvial, una manera de caracterizar el régimen hidrológico de un río es a partir de la curva de duración de caudales medios diarios. Las formas y dimensiones del caudal de un río aluvial reflejan el amplio rango de caudales a través del tiempo; así, el caudal dominante nace de una respuesta a la necesidad de un único valor de caudal que simplifique la obtención de relaciones hidráulicas de cauces aluviales (ríos aluviales perennes e intermitentes con ciertas limitaciones) en condición de equilibrio dinámico, este concepto lo introdujo Inglis (1947). Además, según el patrón morfológico de los cauces Leopold y Wolman (1957) definen diferentes tipologías básicas de ríos (o tramos de ríos): rectos, meándricos, trenzados y anastomosados (Pedro Abel. 2018). Todos estos factores, variables y condiciones son importantes para la predicción del transporte de sedimentos y la morfodinámica de los ríos aluviales, para el estudio de cambios generados por eventos naturales o por acciones antropogénicas en los sistemas fluviales, especialmente aquellas debidas a la regulación generada con presas y embalses.

#### 4.1.7 Medio biótico: Función Ecológica de los sedimentos en los sistemas fluviales

Actualmente se ha investigado más sobre la función ecológica de los sedimentos, ya que la mayoría de los sistemas fluviales o redes fluviales en todo el mundo evidencian actualmente una disminución en la carga de sedimentos estimada del orden del 50%, que finalmente son descargados en los ambientes costeros (Zarfl C. and Lucia A. 2018), debido a la captura de estos sedimentos aguas arriba de los represas o embalses que fragmentan estos sistemas (Sadaoui M. Et al, 2018)<sup>12</sup>. Los sistemas fluviales se caracterizan por su régimen de flujo y transporte de sedimentos, los sedimentos son cruciales para la morfología del canal y la calidad del agua, proveen hábitat para los organismos ribereños y

---

<sup>12</sup> Sadaoui, M., Ludwig, W., Bourrin, F. & Romero, E. (2018) The impact of reservoir construction on riverine sediment and carbon fluxes to the Mediterranean Sea. *Prog. Oceanogr.*(163), 94–111.

de agua dulce, además de aportar una función de regulación, aprovisionamiento y de soporte como servicios ecosistémicos (Ducuara et al, 2017 )<sup>13</sup>.

Los sedimentos también cumplen una función importante como portadores de contaminantes que absorben estas partículas, por lo cual se transportan como partículas suspendidas o se precipitan en los sedimentos del fondo, por esta misma razón pueden representar sumideros para contaminantes como metales pesados y pesticidas, especialmente sustancias hidrófobas (Zarfl C. and Lucia A. 2018), de igual forma pueden almacenar nutrientes (Carbono orgánico total (TOC), Nitrógeno Total (NT) y Sílice biogénico (mineral compuesto por carbonato y fosfato, que es esencial para plantas y animales) para ser aportados en los ecosistemas fluviales y costeros por los diferentes métodos de transporte (Liu Y. Et al, 2019)<sup>14</sup>. Así las cosas, la formación de hábitats y ecosistemas dependen en gran medida de las función del transporte de sedimentos.

#### 4.1.8 Medio socioeconómico

El estudio de impacto social, en particular, puede definirse como el proceso colectivo de evaluación de las consecuencias sociales que pueden ser derivadas de acciones políticas, programas y del desarrollo de proyectos (Burdge y Vanclay, 1995), y se hace énfasis en el concepto de proceso colectivo, dado que los estudios de evaluación de impacto social tienen como objetivo crear un proceso participativo de análisis y construcción, en donde se facilite la discusión comunitaria en torno al futuro deseado de la comunidad, es decir, el estudio de impacto social debe aportar a mejorar el entendimiento de la comunidad sobre los efectos o consecuencias que podrían experimentar, en caso de llevarse a cabo el proyecto, y de igual manera, identificar las necesidades y expectativas de la comunidad.

En general, la evaluación de impacto social está encaminada a prevenir que el proyecto afecte la calidad de vida existente de la población residente en el área donde el proyecto se ejecutará, prevenir los conflictos sociales entre los promotores del proyecto y las comunidades, identificar las áreas donde la gestión del proyecto puede ser llevada a cabo de forma más eficiente y con menores costos para el promotor y para la sociedad, elaborar planes, acciones y estrategias para mitigar los impactos negativos y sobre todo definir las bases sobre las cuales compensar a las comunidades que han vivido la intervención de las obras.

---

<sup>13</sup> Acero Ducuara, Carlos Antonio, Jeferson Sanchez Cadena, -, and Ingeniero(a) Civil. 2017. "Estado Del Arte de Las Investigaciones Sobre Las Centrales Hidroeléctricas En Colombia y Su Impacto Ambiental."

<sup>14</sup> Liu, Y., Deng, B., Du, J., Zhang, G. & Hou, L. (2019) Nutrient burial and environmental changes in the Yangtze Delta in response to recent river basin human activities. Environ. Pollut.249, 225-235.

## 5. EFECTOS SOCIO AMBIENTALES PROVOCADOS POR LA CONSTRUCCIÓN DE GRANDES REPRESAS HIDROELÉCTRICAS

### 5.1 Impactos ambientales asociados a los embalses

A pesar de los beneficios sociales de las represas y los embalses, como el suministro de agua potable o de riego, la producción de electricidad renovable, el almacenamiento de energía, el control de inundaciones, la navegación y la recreación, la implementación de obras hidráulicas viene acompañada de graves efectos sociales, económicos y ecológicos, por ejemplo: la reubicación de personas y conflictos por el uso de la tierra, mayor prevalencia de enfermedades transmitidas por el agua, degradación de hábitats y amenazas a la biodiversidad de agua dulce, fragmentación de ríos de flujo libre y cambios en el régimen del flujo natural, en el régimen térmico y de sedimentos (Zarfl C. and Lucia A. 2018), al mismo tiempo, los embalses o reservorios pueden conducir a la producción de gases de efecto invernadero, especialmente el Metano ( $CH_4$ ), cuando la materia orgánica queda atrapada en las represas. (Zarfl C. and Lucia A. 2018). El cambio del transporte de sedimentos causado por embalses perturba la morfología del canal, la tasa de erosión, el tamaño y la cantidad de los sedimentos, genera invasión de especies vegetales, algas y degradación o desaparición de los deltas (Zarfl C. and Lucia A. 2018), (Liu Y. Et al, 2019).

En un apartado anterior se mencionó acerca de la función de los sedimentos como sumideros de contaminantes, así esto puede actuar como fuente de contaminación a largo plazo, además los cambios en las descargas, combinado con la movilización de sedimentos, la química del agua y el clima conduzcan a la liberación de contaminantes acumulados en la columna de agua, y por lo tanto, representar un riesgo toxicológico oculto para la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. (Zarfl C. and Lucia A. 2018). De igual forma, la retención de sedimentos provocada por los embalses o presas pueden interrumpir el flujo de nutrientes aguas abajo de éstos, en consecuencia se han transportado y acumulado más nutrientes al interior de los embalses, en lugar de ser transportados y depositados en el sedimento de los deltas y áreas costeras adyacentes. (Liu Y. Et al, 2019).

#### 5.1.1. Degradación (erosión) fluvial aguas abajo de un embalse

Dada la acumulación de sedimentos en un embalse, la cual es ocasionada por la disminución de la velocidad de la corriente del río por la disminución del gradiente hidráulico y el aumento de la profundidad, provocando así la sedimentación de las partículas con mayor granulometría, y su depositación en las colas de los embales (Mayorca Torres & Muñoz Lizarazo, 2017)<sup>15</sup>, generando así un desequilibrio en la dinámica fluvial. En un apartado anterior, se mencionó la balanza de Lane como herramienta para evaluar el equilibrio o desequilibrio de un río aluvial, cuando las variables estables son alteradas o modificadas. Considerando entonces la construcción de un embalse, donde gran parte del transporte de sedimentos es depositado en el vaso del mismo, esto reducirá el aporte de sedimentos en el tramo aguas abajo del embalse. Por otro lado, si el caudal líquido aguas

---

<sup>15</sup> Mayorca Torres, M. C., & Muñoz Lizarazo, N. D. (2017). Aplicación de metodologías para la estimación de la eficiencia de atrapamiento de sedimentos en los embalses colombianos: Betania, Miel I y Urrá I.



abajo, es el que proviene de la generación eléctrica, los caudales mínimos serán regulados por la necesidad de turbinado continuo (Pedro Abel. 2018), y generalmente, en temporada de lluvias fuertes, se incrementan los niveles de los embalses, superando su capacidad de almacenamiento, requiriendo con ello la apertura de las compuertas, lo cual aumenta el caudal en las zonas aguas abajo de los embalses (Mayorca Torres & Muñoz Lizarazo, 2017). Así, en esta situación de desequilibrio en el que el flujo hídrico regulado puede incrementar el caudal líquido en escenarios de mínimos y de máximos y disminuye el caudal sólido drásticamente, la aguja de la balanza de Lane indicará un proceso de erosión. (Pedro Abel. 2018). El sistema fluvial, evidentemente se adaptará a una nueva condición de equilibrio, en estos casos, el río mediante procesos de erosión va a tratar de disminuir la pendiente y aumentar el tamaño granulométrico del sedimento y si las márgenes son erosionables se producirá también un cambio en el aumento del ancho y de la profundidad. (Pedro Abel. 2018).

### 5.1.2. Atrapamiento de sedimentos en embalses.

Claramente los sistemas fluviales en las cuencas hidrográficas de Colombia se han visto fragmentadas por varios proyectos hidroeléctricos, en consecuencia muchos investigadores se han puesto en la misión de medir cuantitativamente cuál ha sido la retención de de estos embalses con respecto a los sedimentos, llamándola así como eficiencia de retención de un embalse, la cual es medir la capacidad de captar y retener sedimentos, expresada como el porcentaje de los aportes de sedimentos que ingresan y quedan retenidos en el mismo (Acosta Díaz, 2016)<sup>16</sup>.

Muchos investigadores colombianos han utilizado la curva de Brune<sup>17</sup> como herramienta para estimar la retención de sedimentos cuando este está compuesto por arena gruesa o fina, cuando el embalse está totalmente lleno y por último cuando está compuesto por grano fino y coloidal disperso (Acosta Díaz, 2016). Una muestra de ello se muestra en la Tabla 1. donde se ha cuantificado cuando ha sido la retención de sedimentos utilizando este método en algunos embalses en Colombia, pudiendo evidenciar el gran efecto que tienen sobre estos sobre el transporte de sedimentos.

---

<sup>16</sup>Díaz, Daniela Acosta. 2016. "Evaluación Del Impacto Ambiental Sobre La Morfología Del Cauce Del Río Porce, Por Retención de Sedimentos En Los Embalses Porce II y Porce III, En El Tramo Comprendido Entre El Sitio de Presa y El Río Nechí." *Ingeniería Ambiental y Sanitaria*.

<sup>17</sup> Brune construyó en 1953 unas curvas en las cuales relaciona el cociente entre la capacidad total del embalse y la esorrentía media anual, y la eficiencia de retención del embalse.

Tabla 1. Porcentaje de retención de sedimentos reportado por investigadores para embalses de Colombia utilizando la curva de Brune. Fuente: Elaboración propia con datos de las fuentes.

Embalse	% Retención	Fuente
Urrea I	91%	(Barajas Ibáñez & Leiva Fonseca, 2016).
	94,83%	(Mayorca Torres & Muñoz Lizarazo, 2017).
Betania	95%	(Barajas Ibáñez & Leiva Fonseca, 2016).
	98,52%	(Mayorca Torres & Muñoz Lizarazo, 2017).
Porce II	98,96%	(Acosta Díaz, 2016).
	98,60%	(Mayorca Torres & Muñoz Lizarazo, 2017).
Porce III	57%	(Acosta Díaz, 2016).
Hidrosogamoso	95%	(Laverde Mesa, 2016).
La Miel I	84%	(Mayorca Torres & Muñoz Lizarazo, 2017).
El Quimbo	95%	(Barajas Ibáñez & Leiva Fonseca, 2016).
Porvenir II	92%	(Laverde Mesa, 2016).

### 5.1.3. Cambios de nutrientes asociado a los ciclos de inundación (aporte de nutrientes a suelos).

Los sistemas fluviales se zonificaron en tres zonas, en el presente apartado se discute como por la construcción de un embalse, se fragmenta el río, (se presenta pérdida de conectividad ecológica longitudinal y lateral) (Zarf L C. and Lucía A. 2018), cambia el régimen hidráulico de un sistema lótico a un sistema léntico aumentando así los tiempos de residencia del agua, afectando el transporte fluvial de partículas y elementos disueltos hacia la zona de los niveles más bajos, interviniendo en los ciclos biogeoquímicos y en la dinámica de los nutrientes en los sistemas fluviales (Suárez, Paola A. Et al. 2018) <sup>18</sup>.

En un contexto mundial, los humedales de las llanuras de inundación tropicales dominan en extensión y en significancia ambiental, entre ellos el Amazonas, el Orinoco y el Paraná concentran los más extensos del planeta (López Sánchez Mauricio, Et al. 2018)<sup>19</sup>. En Colombia, las cuencas Atrato, Sinú, Meta - Guaviare y Magdalena, pertenecen a sistemas a los que Neiff (2002) caracterizó como macrosistemas fluviales<sup>20</sup>.

Las llanuras de inundación son consideradas como partes integrales del sistema que se acopla o desacopla periódicamente del río a través de la zona de transición acuático

<sup>18</sup> Suárez, Paola A., Oscar Orfeo, and Marisol Vega. 2018. "Introducción Al Estudio de Sedimentos Fluviales de Llanura." *Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica* 4:254.

<sup>19</sup> Mauricio López-Sánchez, J., Sandra J. Hernández-Barrero, Mauricio B. Valderrama-Barco, and Carlos Barreto-Reyes. 2018. "Caracterización y Estado de Las Pesquerías Del Embalse Porce II (Antioquia) Characterization and Status of the Fisheries in Porce II Reservoir (Antioquia)." *Actual Biol* 40.

<sup>20</sup> "Sistemas de cobertura subregional en los que la presencia temporal de una capa de agua de variable espesor (espacial y temporalmente) condiciona flujos biogeoquímicos propios, suelos con acentuado hidromorfismo y una biota peculiar por procesos de selección que tiene patrones propios en su estructura y dinámica."

terrestre (ATTT) (Toro, Et al, 2018)<sup>21</sup>, en las secuencias periódicas de inundación o sequía “pulso de inundación”, así las principales variables hidrológicas (nivel, profundidad, volumen almacenado y área inundada) cambian dinámicamente, proporcionando espacios para el intercambio entre comunidades herbáceas acuáticas y terrestres que se desarrollan en la ATTT (Toro, Et al, 2018). En consecuencia, estos sistemas cambian regularmente sus intensidades en diferentes propiedades: acumulación (agua, nutrientes, materia orgánica, calor, poblaciones), tasas de renovación, asimilación, crecimiento, reproducción, respiración y descomposición (Vélez Agudelo, et al. 2016)<sup>22</sup>. Estas fluctuaciones del agua regulan, en diversas escalas espaciales y temporales, los ciclos biogeoquímicos, la dinámica trófica, la distribución y diversidad de la biota en los humedales (Nakayama, Et al. 2018)<sup>23</sup>; de hecho, en las depresiones y planicies de los humedales fluviales, se desarrollan actividades productivas primarias (Álvarez Bustamante, Et al. 2018) y asentamientos humanos que también han aprendido y desarrollado sus costumbres y culturas dependiendo del pulso de inundación “ Cultura anfibia ó Cultura Hicotea”.

Estos pulsos de inundación ahora son intervenidos por grandes represas que cambian los regímenes de nutrientes (ciclos biogeoquímicos); actualmente, el 50% de los ríos pasa a través de represas (Zuijdgeest, Et al. 2017)<sup>24</sup>. Colombia, al estar influenciada por la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), y a menudo, en estas zonas se desarrollan áreas extensas de planicies de inundación que sufrirán modificaciones en los balances de nutrientes a medida que se desarrolle otro auge en la construcción de embalses, sean multipropósitos o para la generación de energía (Zuijdgeest, Et al. 2017). Pocos investigadores han medido cuantitativamente cuanto ha sido la retención de nutrientes a lo largo del tiempo en relación con proyectos hidroeléctricos, en un contexto histórico, en el que el auge de la revolución verde aumenta considerablemente los flujos de nitrógeno y fósforo, la deforestación, vertimientos de aguas industriales y domésticas ligado a la expansión urbana, en general acciones antropogénicas (Ding, Et al 2019)<sup>25</sup>(Vélez Agudelo, Et al. 2016)<sup>26</sup>, generan un desbalance en los nutrientes asociados a la retención de

---

<sup>21</sup> Wills Toro Alvaro, Gómez Giraldo Andrés & Toro Botero Mauricio. (2018). El mandala del pulso: una representación gráfica del ciclo anual en llanuras de inundación. Revista Cátedra del Agua. 1ra Edición ISSN 1909 – 9363, Medellín. Pag. 30 - 47.

<sup>22</sup>Álvarez-Bustamante, Jonathan, Luz F. Jiménez-Segura, and Úrsula Jaramillo-Villa. 2018. “Ictiofauna de Embalses En Cascada En El Cauce de Un Río Tropical Andino.” *Actualidades Biológicas* 40(108):46–58.

<sup>23</sup> Nakayama, Tadanobu and Gregory J. Pelletier. 2018. “Impact of Global Major Reservoirs on Carbon Cycle Changes by Using an Advanced Eco-Hydrologic and Biogeochemical Coupling Model.” *Ecological Modelling* 387:172–86.

<sup>24</sup> Zuijdgeest, Alissa and Bernhard Wehrli. 2017. “Carbon and Nutrient Fluxes from Floodplains and Reservoirs in the Zambezi Basin.” *Chemical Geology* 467:1–11.

<sup>25</sup> Ding, Shuai, Peipei Chen, Sumei Liu, Guoling Zhang, Jing Zhang, and Solomon Felix Dan. 2019. “Nutrient Dynamics in the Changjiang and Retention Effect in the Three Gorges Reservoir.” *Journal of Hydrology* 574:96–109.

<sup>26</sup> Vélez-Agudelo, Camilo and Néstor Aguirre-Ramírez. 2016. “Influencia del río atrato en el golfo de urabá durante el holoceno tardío, mar caribe colombiano.” 73–97.

sedimentos, ya en estos se generan reacciones biológicas y químicas que afectan estos presupuestos (Zuijdgeest et al. 2017), empobreciendo las aguas abajo del embalse lo que los investigadores han llamado como agua sedienta de sedimentos o agua hambrienta.

Pocos estudios han sido generados sobre la retención de nutrientes, sin embargo, en la Tabla 2. se puede reflejar un estimado del porcentaje de retención con respecto a algunos de esos nutrientes, que generan obras hidráulicas construidas en un sistema fluvial generando un reservorio.

Tabla 2. Porcentaje de nutrientes retenidos en un embalse. Fuente: Elaboración propia con datos de las fuentes.

Nutriente		% Retención	Fuente
Nitrogeno Inorganico Disuelto	NID	0,24%	(Ding, Et al. 2019).
Nitrogeno Organico Disuelto	NOD	0,08%	(Ding, Et al. 2019).
Nitrogeno Disuelto total	NDT	0,21%	(Ding, Et al. 2019).
Nitrogeno Total	NT	0,71%	(Zuijdgeest, Et al. 2017)
Fosforo Organico Disuelto	FOD	0,01%	(Ding, Et al. 2019).
Fosfato	PO43-	0,31%	(Ding, Et al. 2019).
Fosforo Total	FT	0,31%	(Ding, Et al. 2019).
Carbono Organico Disuelto	COD	0,73%	(Zuijdgeest, Et al. 2017)
Particulas de Carbon Organico	PCO	0,41%	(Zuijdgeest, Et al. 2017)
Carbon Organico Total	COT	0,70%	(Zuijdgeest, Et al. 2017)
Material Particulado Suspendido	MPS	0,59%	(Ding, Et al. 2019).
Silicato Disuelto	SiD	0,03%	(Ding, Et al. 2019).
Silicice Biogénica	Bsi	0,34%	(Ding, Et al. 2019).

#### 5.1.4. Afectaciones a los ecosistemas fluviales aguas abajo de embalses

El efecto integrado de los aspectos discutidos en los apartados anteriores, es decir, la retención de sedimentos y su relación con la disminución del aporte de nutrientes y el cambio de régimen de caudales, trae consigo alteraciones en los ecosistemas fluviales aguas abajo (Nakayama, Et al. 2018); (Zuijdgeest, Et al. 2017) menciona la fragmentación longitudinal de los corredores de los ríos, como causa de la desecación de los humedales y la pérdida de la conectividad lateral en las llanuras aluviales.

Se ha estimado que hasta el 87% del área de los humedales a escala global se ha perdido en los últimos 300 años (Davidson, 2014). Por otro lado, los niveles inferiores de los ríos, correspondientes a la zona (III) descrita con anterioridad, albergan una diversidad notoria de flora y fauna con diferentes estrategias de ocupación de los hábitats cambiantes; un ejemplo de ello son los sistemas cenagosos, los cuales pueden contener 148 especies de mamíferos, de estos, el manatí (*Trichechus manatus*), especie 100% acuática de mayor tamaño y actualmente amenazada, la nutria (*Lontra Longicaudis*) semiacuática, el ponche o chigüiro (*Hydrochoerus isthmus*) que es objeto de aprovechamiento por los pobladores cercanos y otras 146 especies asociadas al pulso de inundación (Wills Toro, Alvaro et al, 2018); lo anterior, sin olvidar la gran cantidad y diversidad de aves que pueden alimentarse en estos ecosistemas, sean o no migratorias (Wills Toro, Alvaro et al, 2018). De igual manera, los sistemas cenagosos contienen gran cantidad de reptiles los cuales son

cazados principalmente por sus pieles y huevos, como las poblaciones de babillas (*Caiman crocodilus*) y Caimanes (*Crocodylus acutus*). (Wills Toro, Alvaro et al, 2018).

Los procesos hidrológicos que modulan el pulso de inundación están estrechamente relacionados con la madurez de ciertos frutos y semillas, con la pesca artesanal, la agricultura temporal en playones y terrazas, la ganadería trashumante y algunas actividades de cacería y recolección (Wills Toro, Alvaro et al, 2018), e igualmente, la reproducción, crecimiento y protección de peces contra depredadores de fauna acuática y de aves, durante los meses de máxima inundación (Vélez Agudelo, Et al. 2016).

La construcción de estas obras hidráulicas, el crecimiento urbano y la fuerte presión ejercida sobre los recursos acuáticos, han modificado las redes de drenaje natural, junto con el estado de salud ambiental de los humedales fluviales y de las zonas de inundación temporal<sup>27</sup>, incluyendo su biota y fauna asociada, afectando el funcionamiento ecológico de estos ecosistemas, por la interrupción o modificación del pulso de inundación, que en países de zonas tropicales, posee una marcada influencia.

Uno de los más graves efectos sobre la biodiversidad se da sobre la fauna íctica, la cual está conformada por 1435 especies en Colombia (Maldonado-Ocampo et al. 2008; Vélez Agudelo, Et al. 2016). En la macrocuenca Magdalena - Cauca se encontraron 213 especies (Vélez Agudelo, Et al. 2016), el 14,8% de la fauna íctica en Colombia y son varios los ríos que tienen embalses para la generación eléctrica, en el caso del río Cauca con Hidroituango y el río Porce (Tributario del río Nechí y afluente del río cauca) y algunos de sus afluentes, con las centrales Guadalupe III y IV, los embalses Miraflores y Troneras, Río grande I y II, Porce II y III, y otros planeados como Porce IV (López Sánchez Mauricio, Et al. 2018) y en el río Magdalena las hidroeléctricas El Quimbo, Betania, El Prado, Chivor, Guatapé, Jaguas, Playas, San Carlos, La Miel I e Hidrosogamoso son algunas de las más representativas, además de diversas microcentrales. En la Tabla 3 se pueden reflejar las diversas afectaciones sobre la fauna íctica aguas abajo.

Tabla 3. Impactos generados sobre la ictiofauna aguas abajo debido a la formación de embalses para generación de energía eléctrica. Fuente: Elaboración propia con datos de (Vélez Agudelo, Et al. 2016) & (López Sánchez, Et al. 2018).

<b>Impactos generados sobre la ictiofauna aguas abajo debido a la formación de embalses para generación de energía eléctrica</b>
Cambios en la temperatura del agua; afecta el desarrollo embrionario y modificación en el desarrollo ontogénico.
Disminución de la riqueza de especies.
Disminución en la abundancia de las especies.
Modificación en el reclutamiento de las poblaciones de especies debido a cambios en sus tácticas reproductivas.
Modificación en el reclutamiento de poblaciones de especies debido a cambio en señales ambientales para desove asociadas con el cambio en tipo de pulso.
Mortalidad por disminución de oxígeno disuelto aguas abajo del embalse.
Reducción de la influencia del pulso de caudal sobre el plano inundable; Genera pérdida de áreas de crianza y alimentación.

<sup>27</sup> Las zonas de inundación temporal se distribuyen en vegetación riparia, manglar y herbáceas hidrófitas como vegetación natural y pastizales como vegetación introducida. (Vélez Agudelo, Et al. 2016)

## 5.2 Impactos socioeconómicos asociados a los embalses

Según los lineamientos definidos por la ANLA para estudios ambientales de proyectos hidroeléctricos, la caracterización socioeconómica se basa principalmente en los datos presentados en relación con los medios biótico y abiótico, por la estricta relación que guarda la actividad humana con los recursos naturales y los ecosistémicos, y se compone tanto de información cualitativa como cuantitativa. Esta debe ser por en su mayoría información primaria, es decir, obtenida mediante levantamientos en campo directamente, o a partir de fuentes institucionales, o desde las unidades administrativas municipales y regionales, con cartografía de unidades territoriales que tenga una escala de 1:25.000 o más detallada (TRD ANLA).

### 5.2.1. Participación de las comunidades

El proceso de socialización del EIA y del Plan de manejo ambiental del proyecto deben ser concertados con las autoridades de los municipios de las áreas de influencia, y con los estamentos departamentales y regionales, además de incluir a los dueños de los predios involucrados. Se deben generar espacios de participación y exponer los resultados del EIA antes de su radicación para obtener la licencia, para obtener retroalimentación y aceptación por parte de los actores claves interesados y garantizar una convocatoria eficaz que alcance toda la población individualizada.

### 5.2.2. Componente demográfico. Dinámica poblacional (historia del poblamiento, asentamientos, desplazamientos)

Se describe la composición de la población en relación a su origen social, edad y sexo, el grado de escolaridad y competencias a nivel técnico o profesional, el número de viviendas y su disposición y configuración (materiales, métodos constructivos, servicios, etc.), el origen histórico de la ocupación del territorio, las dinámicas de poblamiento y tendencias demográficas, la población desplazada o en proceso de retorno si fue desplazada con anterioridad en relación con el conflicto, y la relación de estos procesos con el proyecto presentado y con otros proyectos de interés para las comunidades (vías, escuelas, hospital, acueducto, equipamientos públicos, etc.).

En el caso de la implementación de grandes proyectos hidroeléctricos se genera una presión migratoria desde otras zonas del país y de los municipios de los alrededores hacia las áreas de influencia directa, por los beneficios económicos de las compensaciones que generan expectativas en habitantes de las zonas aledañas. Esto puede acarrear también el ingreso de nuevas actividades como el comercio de sustancias ilícitas y la aparición o el incremento de la drogadicción, prostitución, criminalidad organizada. Respecto a los problemas de salud, se indica el incremento de enfermedades tropicales como la malaria, el dengue y la fiebre amarilla y otras infectocontagiosas como el sida (K.M.Gaviria 2018). La retención de material vegetal provoca también emisiones que afectan la calidad del aire y así la salud de la población cercana al embalse.

### 5.2.3. Componente espacial

Se analizan los cambios relativos al transporte y a la movilidad de la población por incremento o limitación a las vías de acceso, la cobertura de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado, si ya fueron implementados o si hacen falta, así como sistemas

de gestión de residuos sólidos y PTAR, la presencia de infraestructura educativa y de salud, de viviendas y de formas de comunicación o dificultades de acceso de las comunidades a centros nucleados donde pueden recibir prestación de asistencia pública y educativa (TDR ANLA 2017).

Las obras de infraestructura implementadas por la construcción del proyecto suelen ser el aspecto colateral con el impacto positivo más preponderante, y por ende, representan el pretexto para definir la explotación local como un factor de desarrollo y bienestar social. De igual manera, es posible que la ubicación de las obras sean en cambio un impedimento para la movilización de las comunidades y ocupen la única vía de acceso existente para los habitantes de las áreas rurales que comunica con los centros poblados.

#### 5.2.4. Componente económico. Afectaciones/alteraciones actividades económicas en el entorno fluvial (pesca, cultivos, minería, turismo).

Para la caracterización del componente económico se analizan las fuentes de ocupación principales de la población y su relación con los recursos naturales y con los servicios ambientales. Se identifican grandes empresas y el mercado laboral contemporáneo, las cadenas de producción y los centros de distribución en los diferentes sectores del mercado. En el caso de proyectos hidroeléctricos, usualmente se indica la pesca como el principal sector económico afectado, pero también se hace mención al barequeo, la minería, el turismo, la agricultura, y cualquier programa productivo presente, incluso el turismo puede verse comprometido, por ejemplo de pesca deportiva. En relación con la pesca se exige un censo de pescadores y de las principales especies capturadas, una caracterización de la actividad pesquera e industrial con información respecto a los métodos de captura y materiales involucrados, las rutas de navegación, las estaciones de captura, y las alternativas económicas que podrían tener los pescadores (TDR ANLA 2017).

En el momento previo a la construcción, la fase de “especulación” afecta las comunidades residentes en la zona por privarlas de la posibilidad de hacer inversiones en las zonas de posible inundación. El cambio en la tenencia de la tierra resulta considerable en el caso de las áreas inundadas aguas arriba con una drástica reducción de las áreas útiles para la agricultura (Tilt et al, 2008). Otro sector afectado es el minero, incluidos barequeros y mineros artesanales de material aluvial, así como los arrieros, que ya no pueden desarrollar sus actividades tradicionales.

#### 5.2.5. Componente cultural / arqueológico

En esta sección del estudio se describen los símbolos presentes en el territorio que para la población tienen significado cultural, arqueológico o histórico, asociados al paisaje cultural o a referentes monumentales o hitos geográficos se analizan los conocimientos populares del entorno natural y su aprovechamiento, las prácticas culturales o religiosas, los bienes de importancia cultural y patrimonial, y un análisis del orden espacial y las redes culturales asociadas.

Cuando las entidades certifiquen la presencia de comunidades étnicas en la zona de influencia del proyecto aplican normativas diferenciales como el mecanismo de consulta previa o de consentimiento informado, según la ley 21 de 1991 y demás normas que

reconocen los derechos de los pueblos indígenas, afros, ron y gitanos<sup>28</sup>. En el caso de este tipo de población es necesaria una caracterización que involucre también aspectos que involucren los efectos generados por el proyecto sobre el sistema educativo, de salud, la cosmogonía y la etnolingüística, economía tradicional, organización sociocultural y política.

Otro tipo de estudio es el que da cuenta de la presencia de bienes arqueológicos, y en este caso, el instituto colombiano de arqueología e historia (ICANH) es la institución que establece las normas relativas a la gestión de esta componente, sobre la base de la Ley 1185 de 2008 (TDR ANLA 2017).

Cabe considerar acá la radical transformación paisajística que conlleva la construcción de grandes embalses, con una cuenca represada, un caudal regulado que en ocasiones reduce el caudal natural y en otras lo incrementa, una zona inundada y muros de más de 200 metros de concreto o material pétreo, como Hidroituango, que rompe la armonía estética de la zona ribereña, así como la imposibilidad de acercarse físicamente al recurso con el cual antes las personas podían tener relación directa, debido al efecto barrera y la discontinuidad vertical que se genera. Como elemento positivo a nivel de paisaje se consideran las actividades de reforestación para la cobertura vegetal de la zona de protección del embalse y el espejo de agua que se genera cuando se potencia la actividad turística.

#### 5.2.6. Población a ser reasentada

En los EIA se incluye como posibilidad estructural la inundación de ciertas áreas y la consecuente necesidad de obligar a la población allí presente al reasentamiento. Por ello, se debe presentar al menos una alternativa de reasentamiento que garantice las mismas condiciones de vida a los habitantes, o mejores. Es necesario entonces pensar en valoraciones económicas incorporando estudios sobre nuevas fuentes de ingreso, viviendas y acceso a los servicios públicos, además de una caracterización más puntual de la población a reasentar y una perspectiva de las expectativas de desarrollo de la población frente al proyecto y al posible traslado. En este caso también se pide considerar tanto el patrimonio físico, como viviendas o campos, como también el patrimonio inmaterial, las prácticas culturales y los conocimientos ancestrales (TDR ANLA 2017).

Por el reasentamiento, los enlaces de parentesco y vecindad que se estructuraban alrededor de prácticas estrictamente ligadas a los territorios resultan arrancadas de tajo generando desarraigo material y cultural. De aquí, nacen muchas de las principales preocupaciones para la población afectadas por los proyectos hidroeléctricos, como aquellas relacionadas con los programas de restitución y los esquemas teóricos de actividades económicas que sustentarán su implementación. Además, no siempre las empresas cumplen con los programas de generación de alternativas económicas o respetan las expectativas de la población en cuanto a compensaciones (Torres et al. 2016).

En fase de construcción del proyecto, el impacto sobre la economía local es considerado como algo positivo por la generación de empleo, factor que se vuelve negativo cuando empieza la fase de operación, en la cual la población campesina involucrada en las construcciones no puede ya regresar al campo. La contratación de mano de obra y el consecuente ascenso de los salarios provoca el aumento de los costos de arriendo, transporte y alimentación. Los planes de compensación no incluyen los que no puedan demostrar la propiedad sobre su predio, así que otro factor de desplazamiento involuntario

---

<sup>28</sup> Convenio 169 de la OIT, Declaración Internacional de Derechos Humanos



es la compra de predios para el desarrollo del proyecto que excluye a quienes no tengan escrituras públicas, “tenedores sin propiedad, los han sacado sin compensación<sup>29</sup>” (Torres et al. 2016).

Existen casos en que los desplazamientos son propiciados por los mismos actores políticos para lograr la implementación de las obras, aunque sea con fuego y plomo, sobre todo haciendo valer mecanismos de violencia estructural hacia comunidades indígenas y campesinas (M.A.T. Sánchez, 2013).

### 5.2.7. Conflictos políticos

Para un análisis de los conflictos políticos en el territorio se exponen las tendencias de las elecciones en términos de partidos políticos y presencia en los diferentes municipios, pero también la presencia de actores informales, de las familias que tienen mayor poder e influencia y las tensiones y conflictos que se generan entre diferentes grupos sociales presentando un análisis histórico y cultural. Se explica cuales dinámicas pasadas y presentes condicionan los flujos de comercio local y la organización del territorio y del trabajo; en particular, se definen los posibles cambios e impactos del proyecto hacia el medio social, y finalmente, un inventario de todas las organizaciones civiles y varias formas asociativas informales presentes a nivel municipal que son influyentes sobre el territorio.

### 5.2.8. Servicios ecosistémicos

En cuanto a lo relacionado con los servicios ecosistémicos, se presenta una tabla de caracterización en donde se clasifican los servicios ecosistémicos según su función ecológica y social, de provisión, regulación y soporte y culturales, y se disponen en una matriz que los relaciona con el número de usuarios, la dependencia de las comunidades y del proyecto de cada servicio, la tendencia de estos en el tiempo (si es estable, en crecimiento o en decrecimiento), y el impacto del proyecto sobre cada servicio, siendo seleccionados los servicios ecosistémicos del listado sobre la base de las caracterizaciones hechas en los capítulos previos del EIA.

Los beneficios relacionados con los servicios de provisión a las comunidades están asociados a la alimentación, la extracción de madera y plantas medicinales, el consumo de agua dulce, la pesca y la extracción de materias primas como oro, arena, gravas y otros minerales que arrastra el río que pueden ser de interés para alguna industria. Mirado en su conjunto, el río es un espacio dotado de diferentes valores simbólico - culturales, de reproducción de tradiciones y de conservación de mitos y prácticas comunitarias. Entre los servicios de abastecimiento ofrecidos por el río se identifican en primer lugar los servicios de alimentación que aporta por la cantidad de especies de pescados y otras especies que hospeda, y que hacen parte de la base de la dieta de la población que vive en el cañón.

La retención de sedimentos en el embalse produce consistentes cambios en la abundancia de las especies que conforman la comunidad de peces. La pérdida de ambientes apropiados para la crianza de algunas especies afecta el sistema trófico y causa su drástica reducción en la cuenca baja. La disminución del número de especies y de individuos afecta la dieta de las comunidades asentadas a lo largo del río, basadas principalmente en los productos pesqueros. Estos productos, antes a disposición en abundancia, se prevé que

---

<sup>29</sup> Asamblea Departamental de Antioquia, “Sesión Descentralizada de la Asamblea Departamental de Antioquia en el Municipio de Ituango.,” Jul-2013.

serán menos accesibles, y a precios más altos en el mercado. Lo anterior, junto con el cambio de régimen de caudal, que no siempre respeta el límite mínimo del caudal ecológico (como ocurrió recientemente en la contingencia de Hidroituango), ha ocasionado altas mortalidades de peces y graves consecuencias sobre las pequeñas economías locales. Así mismo, la provisión de agua ha sido identificado como un servicio fundamental y no reemplazable tanto para el bienestar humano como para la producción de alimentos, para el desarrollo económico, y también para el mantenimiento de la biodiversidad (Cardona et al. 2017); este servicio se puede afectar por alteraciones en la calidad de agua debido a procesos químicos en la columna de agua del embalse, en ocasiones en condiciones de anoxia (carencia total de oxígeno en el agua).

El aprovisionamiento de agua dulce es fundamental para los diferentes sistemas ecológicos y de producción, para la cobertura vegetal en la zona de ribera, para los cultivos, los pastos, y la ganadería en general, pero sobre todo, para el consumo humano. Además de esto, el agua del río prepara los suelos para los cultivos, algunas plantas medicinales y especies de árboles. El cambio en la composición bioquímica del agua por retención de sedimentos y de nutrientes genera afectaciones a la agricultura, los suelos contienen sustancias minerales que las plantas necesitan para su nutrición vegetal y que se liberan lentamente por la degradación de los restos orgánicos. Los suelos de las áreas aguas abajo experimentan un cambio en el aporte de minerales, que junto con la degradación dada por la sobreexplotación afecta la calidad del suelo, y por lo tanto, la población que hace uso de los mismos, en unos años podría requerir aumentar los gastos para subsidiar el suelo mediante fertilización e irrigación, que a su vez requiere un mayor consumo de energía, para mantener la productividad del suelo.

La disponibilidad de agua dulce se ve afectada también, tanto a nivel superficial como subterránea, debido al uso y consumo para actividades como la construcción de las obras, la preparación de mezclas de concreto, perforaciones, entre otros. Los servicios de regulación proporcionados por los ecosistemas son procesos que aportan al mantenimiento de la calidad del agua y del suelo, el control de las inundaciones, de plagas y enfermedades, entre otros. Cuando resultan dañados, las pérdidas resultantes pueden ser importantes y difíciles de recuperar (FAO, Servicios ecosistémicos y biodiversidad).

## 6. HIDROELÉCTRICA LA MIEL I

El proyecto Hidroeléctrico Miel I es parte de la cadena del oriente en el departamento de Caldas, que reúne las cuencas de los ríos Guarinó, La Miel, Manso, Samaná Sur y otros afluentes menores. Fue financiado por la sociedad Hidromiel S.A., nacida para el desarrollo de los proyectos La Miel y Guarinó, y respaldada por ISA, empresa constructora de hidroeléctricas, vías y telecomunicaciones desde el 1967, y CHEC, empresa afiliada a em que vende energía en el departamento de Caldas, donde desde el año 1944 se ocupa de construcción e implementación de proyectos de generación, transmisión y distribución. Mediante resolución 241, del 30 de diciembre de 1983, la zona del proyecto Miel I fue declarada de utilidad pública.

Las exploraciones para la identificación del potencial hídrico del río La Miel se adelantaron en 1977 por CHEC y CI CEL y se presentaron estudios de factibilidad para el río Samaná Medio y Manso, y de prefactibilidad para Puente Linda. En 1984 se terminaron los estudios, diseños y pliegos de licitación del proyecto. El estudio analizado es presentado por la empresa en noviembre del 1993, y en cuanto a cumplimiento normativo ambiental el

contratista es llamado a respetar la política ambiental de ISA y a presentar a las diferentes instituciones permisos de licitaciones sobre la base de estudios técnicos. La información se basa además sobre las actualizaciones del estudio del enero y abril 1994. En 1997 Hidromiel pasa la licencia del proyecto a Isagen y en el 2001 pasa de Hidromiel S.A. a ISAGEN S.A.

La central está ubicada en la vertiente oriental de la cordillera central, en el sector nororiental del departamento de Caldas en jurisdicción del municipio de Norcasia, departamento de Caldas: El proyecto aprovecha las aguas conjuntas del río La Miel, y de dos trasvases provenientes de los ríos Guarinó y Manso, respectivamente, con una capacidad de generación instalada de 396 MW. Las aguas turbinadas en la central se descargan nuevamente en el río La Miel, unos 4 km aguas abajo de la presa mediante el llamado Túnel de Fuga. El nivel máximo normal del embalse es 445 metros sobre el nivel del mar y tiene una capacidad promedio anual de 1,460 GWh, aumentada en unos 308 GWh al año después de la construcción de los trasvases de los ríos de las cuencas vecinas, Manso y Guarinó. El proyecto inició su operación en el año 2002.

## 6.1. Localización espacial del proyecto

La cuenca del río La Miel se encuentra ubicada en el oriente del departamento de Caldas y en límites del departamento de Antioquia, tiene una forma elongada en dirección NE, y hace parte de la cuenca del río Magdalena, al que entrega sus aguas en el corregimiento de Buenavista, municipio de La Dorada, a 150 msnm. La altura máxima de la cuenca es de unos 3600 msnm en la divisoria que lo separa de la cuenca del río Guarinó por el sur. La cuenca limita al oriente con el río Magdalena y al Noroccidente con las cuencas de los ríos Samaná Sur y Manso que tributan sus aguas al río La Miel.

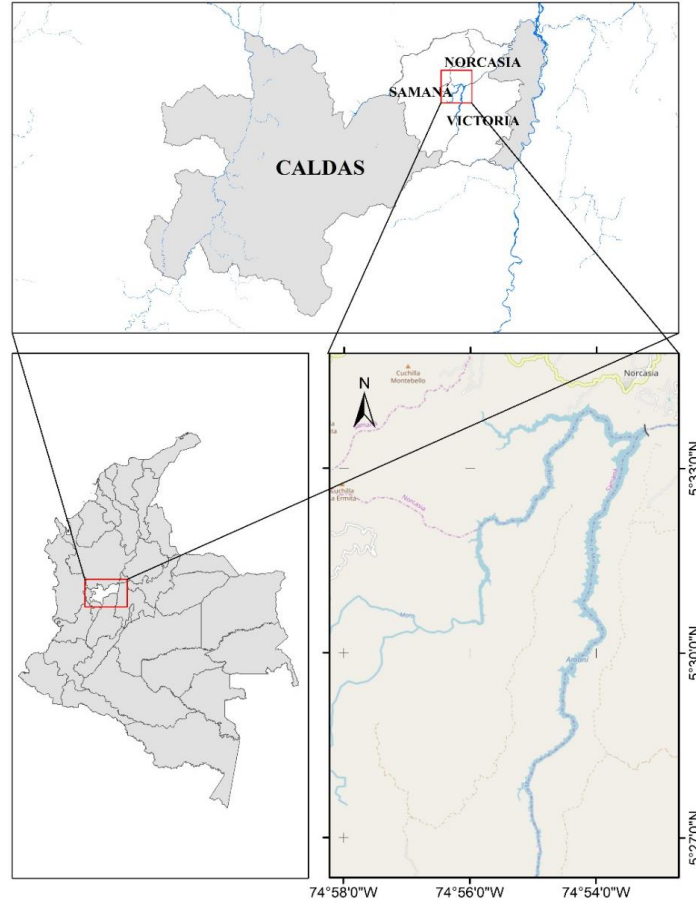


Figura 5. Localización espacial del Proyecto Hidroeléctrico La Miel I. Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de Open Street Maps.

## 6.2 Hidrología de la cuenca hidrográfica

El área de drenaje del río La Miel, hasta el embalse, es de unos 770 Km<sup>2</sup> y en la cuenca, entre las cotas 1000 y 2000 msnm se encuentra parte de la zona cafetera de caldas, la cual se caracteriza por ser una zona muy montañosa y de altas pendientes<sup>30</sup>. El río La Miel es tributario al río Magdalena y sus principales afluentes son los ríos Pensilvania, Tasajos, Manso y Samaná Sur; la precipitación promedio anual en la cuenca del río La Miel tiene una alta variabilidad espacial, que va desde los 2000 mm en el valle del río Magdalena, hasta los 8000 mm en la zona de reserva del PNN Florencia.

El lugar donde se proyectó la construcción del Proyecto Hidroeléctrico Miel I corresponde al de la mitad, la cual drena una porción de la vertiente oriental de la cordillera Central a la altura del departamento de Caldas y sur del departamento de Antioquia.

<sup>30</sup> EIA del embalse La Miel I

### 6.2.1 Régimen de Caudales

El río La Miel antes de construir el proyecto, presenta un caudal medio multianual estimado de 87.2 m<sup>3</sup>/s en una estación cercana al sitio de presa (Puente Hierro). El régimen de caudales se caracteriza por dos períodos de caudales altos, y dos períodos de estiaje. Este régimen complementa adecuadamente los regímenes de los ríos de la zona oriental del país y de la zona de Antioquia.

### 6.2.2 Producción de Sedimentos

En las condiciones del proyecto se estimó una producción máxima de sedimentos de 5.9 Hm<sup>3</sup>/año en la cuenca del río La Miel. El volumen del embalse a la cota 445,50 es de unos 590 Hm<sup>3</sup>, por lo que de acuerdo al valor estimado del aporte anual de sedimentos, la pérdida de capacidad anual representa aproximadamente un uno por ciento.

## 6.3 Documentos legales y normativa

En el año 1984 se presentó al Inderena<sup>31</sup> un estudio de “Declaración de efecto ambiental” donde se describen los impactos del proyecto en diferentes componentes del medio biótico y abiótico. El estudio fue aprobado y el Inderena otorgó la licencia de construcción con la Resolución 170 de 1990, solicitando algunos estudios adicionales. Para la realización de los estudios socioeconómicos y ambientales faltantes fue contratada en 1992 la asesoría de CHEC e ISA; la primera realizó el estudio socioeconómico de manera conjunta con la Corporación Forestal de Caldas, faltaban planes de rescate de fauna y el plan de manejo integral, áreas de reubicación de la población afectada, estudios de trasvase y de procesos migratorios de ictiofauna, y los estudios ambientales de las obras colaterales.

El estudio estaba sujeto a obtener la licencia ambiental del Inderena, licencia de funcionamiento de manejo de residuos sólidos y sanitaria del ministerio de salud, concesión, licencia de funcionamiento y de vertimiento de aguas al ministerio de salud y de la CRD<sup>32</sup> local, licencia de aprovechamiento forestal del ministerio del ambiente y de uso de materiales de arrastre del ministerio de minas. Además, se compromete a cumplir con política ambiental y social de Hidromiel, hoy pertenece a ISAGEN.

La empresa debe cumplir con la reglamentación ambiental del país: “la Ley 2a de 1959; el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y Protección al Medio Ambiente - Decreto 2811 de 1974, la Ley 9 de 1979, Decreto 002 de 1982, 2104 de 1983 y el 2105 de 1983 y el Decreto 1594 de 1984, la Ley 56 de 1981, el código sanitario Ley 09 de 1978.

La normativa que a mediados de los años noventa reglamentaba las obligaciones de la empresa con relación a la compra de predios, compensación y aspectos legales, en ese entonces eran la Ley 56 de 1981 y el Decreto reglamentario 2024 de 1982. Según esta ley, la compensación se calcula “aplicando, a toda el área adquirida por la entidad propietaria -

---

<sup>31</sup> El Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente (INDERENA) fue fundado en el 1968 para la conservación y administración de los recursos naturales, y fue disuelta en el 1993 al nacer el Ministerio del Medio Ambiente.

<sup>32</sup> CRD es Corporación autónoma Regional de Desarrollo, organismo con funciones ambientales.

avaluada por el valor catastral promedio por hectárea rural -, una tasa igual al 150% de la que corresponde al impuesto predial vigente para todos los predios en el municipio.”

## 6.4 Identificación y caracterización de impactos Ambientales por la retención de sedimentos aguas abajo del Proyecto Miel I.

El EIA del proyecto hidroeléctrico La Miel I, tiene un estudio realizado entre los años 1983 y 1984 que describe los procesos ambientales en la zona y la posible alteración de ellos por efectos de la construcción y operación; éste fue presentado al Inderena, quien, como autoridad ambiental, emitió la resolución N° 170 del 2 de marzo de 1990, otorgando viabilidad ambiental al proyecto. En el 1990 ISA realizó el “Estudio Socioeconómico y Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Miel II - ESEA”, e incluyó en estos los proyectos Miel I y Miel II. Aquí se caracterizan e identifican los diferentes impactos asociados aguas abajo del embalse, según las diferentes dimensiones ambientales.

En este apartado se mencionan los impactos causados en el medio físico - biótico: Interrupción del flujo de agua tanto en la etapa de construcción como en la de llenado y operación, este tendrá un efecto en la disminución de caudal, impactos sobre la descarga de fondos generados por el mantenimiento de la presa, el cual trae consigo un aumento de caudal, turbidez y de la concentración de sedimentos suspendidos, con posibles efectos negativos sobre las poblaciones acuáticas, fragmentación del río en el sitio de la presa, el cual viene acompañado de un cambio de régimen de caudal y del régimen de fluctuaciones naturales estacionales (pulso de inundación), alteración de la cadena trófica del río, liberación al río La Miel de agua con características fisicoquímicas alteradas y deficientes y liberación de agua con características anóxicas, siendo estos impactos reconocidos aguas abajo por los EIA del proyecto La Miel I.

## 6.5 Identificación y caracterización de impactos socioeconómicos y culturales

En el volumen III (estudios temáticos) del estudio de actualización ambiental, que remodela el estudio socioeconómico y ambiental de ISA del 1984, según las nuevas prerrogativas legales, se anexan los diferentes documentos que el Inderena solicitó al momento de otorgar la licencia a Hidromiel. En ellos, los estudios requeridos para el medio social involucran un diagnóstico de la población desplazada, con una caracterización social y económica de las familias y la estructura poblacional de la zona del embalse, datos para un plan de mitigación por el desplazamiento involuntario, y estudios sobre los efectos del proyecto sobre el orden político, para los que hoy serían el componente demográfico y el político administrativo. En lo relativo al componente económico, se consideran los efectos sobre la actividad minera en el río, incluidos los consecuentes conflictos sociales, y se analiza el efecto del proyecto sobre los centros poblados, el entorno paisajístico y la red de comunicaciones. Se considera además el patrimonio arqueológico y sus modalidades de gestión.

De acuerdo a la resolución 241 de diciembre 1983, se declara de utilidad pública la zona hidrográfica necesaria para la hidroeléctrica que tiene una extensión de 52.018 Hectáreas alrededor de los ríos La Miel, Moro y la quebrada de Santa Bárbara. A partir de la delimitación de las áreas necesarias para el desarrollo de la obra, se involucran 258 predios que la empresa adquiere por compra directa y escritura pública.

En el Informe general del 1983, de la hidroeléctrica La Miel, se describe el impacto ambiental del proyecto donde se evalúan las relaciones con la comunidad y se reconoce la zona de afectación como un área sin grandes potencialidades económicas e impulsada fundamentalmente por la generación de empleo llevada a cabo por la obra. En contraste con lo anterior, el diagnóstico de la actividad económica de las familias presentado en 1994 explica cómo la economía local fue totalmente deprimida en el momento de paralización de la obra que se dio en el año 1985. Esta paralización causó desplazamientos por la depresión económica que acarreó para toda la región, insolvencias monetarias y paralización de la compra de predios, que para muchos significó la pérdida de la tierra, y otros dejaron de trabajarla por la inminente compra: “La gente dejó de trabajar dos años, fue la cadena para que se endeudaran con la Caja Agraria.<sup>33</sup>”, y la declaratoria de utilidad pública de la zona significó para muchos el fin del crédito bancario agrario.

El estudio de 1994 tenía también como objetivo dar cuenta de los impactos de la paralización de la obra, y se basaba en información secundaria cruzada con entrevistas de un trabajo de campo de una semana con diferentes actores de las comunidades. Se analiza acá el impacto sobre el orden administrativo y político de los municipios interesados y la dinámica de crecimiento de la población.

Las realidades locales traían las expectativas del primer estudio y la implementación de la política ambiental y social de la empresa desde el momento en que la licencia resultó carente. Aunque al difundirse la noticia de la construcción se preveía que iba a atraer nuevos habitantes, el conflicto, muy crudo en estas zonas, ha hecho sí que muchos jóvenes se desplazaran y buscarán otras zonas para trabajo y vivienda, con mejores servicios y calidad de vida. De hecho, en lo relativo a la infraestructura y servicios públicos, otro aspecto considerado en el análisis muestra que había una baja cobertura del servicio de acueducto, el cual llegaba a 20 veredas de las 25 que componen el municipio de Samaná. El alcantarillado estaba presente sólo en la cabecera municipal y en los centros poblados. Tan sólo el 29 % del área rural contaba con energía eléctrica, había un plan de gestión de residuos deficiente y centros de acopio en la quebrada cerca de la zona urbana. El servicio de salud y educación eran escasos con más del setenta por ciento de la población privada de alfabetización.

El horizonte político se dividía en dos facciones según los diferentes municipios, con Samaná en manos del partido conservador (y la familia Ospina), y Victoria y la Dorada como municipios liberales junto con otros centros poblados menores alrededor de Samaná con un fuerte interés en independizarse de este municipio y conformarse como municipios a su vez, se cree por la influencia del proyecto y con miras a los recursos de regalías generados por el proyecto. Además, el estudio socioeconómico debía servir como base para la inversión de algunos fondos especiales. La ley establecía también las normas para la distribución de regalías a los municipios afectados: cada año de operación de la central los municipios recibirán el 4% de la venta para invertir la mitad en planes de reforestación y la otra en electrificación rural, valor que tendría que ser replanteado anualmente en relación al costo de vida propuesto por el DANE<sup>34</sup>.

Cabe destacar que el estudio reporta que “Desde que se realizó el diagnóstico y la Declaratoria de Efecto Ambiental en 1984, la pesca es una de las actividades económicas de la zona de aguas abajo del futuro embalse, que más afectada se encuentra.” La

---

<sup>33</sup> Testimonio de un propietario en el EIA la Miel I.

<sup>34</sup> DANE - Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

ganadería es la actividad más importante en la zona, y ha ido adquiriendo terrenos, generando desalojos y acumulación por desplazamiento, debido también a la violencia ejercida por los grupos armados de autodefensas, convertidos en grupos paramilitares ligados al narcotráfico, los cuales también se creían relacionados con los nuevos medianos y grandes mineros, que reemplazaron gradualmente a los barequeros imponiendo la técnica de la draga, y que dejaron de tener conflictos por zonas de control. Así los conflictos principales resultan entre mineros y pescadores por el aumento del lodo en las aguas, y entre mineros y dueños de las fincas ganaderas por invasiones de tierra.

La construcción del proyecto empezó mucho más tarde de los estudios, en 1998, y causó diferentes conflictos sociales. El sitio *environmental justice atlas* reporta el proyecto La Miel entre los conflictos socioambientales analizados y reportados por la sociedad civil por los conflictos sobre el uso del agua y las afectaciones a ganaderos, agricultores y pescadores, resultado de la desviación de muchos cursos de agua del municipio de Norcasia. El mismo sitio reporta que durante la construcción del trasvase Guarinó se secaron 22 quebradas ligadas al río Guarinó, a lo que ISAGEN respondió comprando los predios de las fincas afectadas<sup>35</sup>. De hecho, el proyecto que más causó conflictos sociales, y en tiempos más recientes, fue el trasvase Guarinó y el trasvase del río Manso.

En el EIA del proyecto Miel II se realiza un diagnóstico socioeconómico regional que habla del componente histórico, cultural, demográfico, económico, la infraestructura y los vínculos municipales, y especifica detalles por los municipios de Marulanda, Samaná, Manzanares, Marquetalia, Pensilvania, Victoria Herveo y Fresno. Después en dos capítulos aparte se realiza un diagnóstico de las áreas directamente afectada por las obras de la central La Miel II y el trasvase de Guarinó. En fin, se presenta un estudio de impacto del proyecto sobre las áreas de influencia general y sobre las áreas de influencia directa, y después se proponen los consecuentes planes de mitigación. En este caso, el medio socioeconómico analizado - llamado acá medio humano - considera el desplazamiento, la afectación a las áreas de producción y a las cabeceras, el incremento de dinámica comercial, bienes y servicios, la dificultad administrativa, el incremento de patologías sociales, el deterioro urbano, el factor empleo y de infraestructura vial y social, el patrimonio arqueológico y las compensaciones y beneficios legales.

El municipio de Samaná se divide en cinco corregimientos entre los cuales Berlín, que ha sido centro del conflicto armado y del paramilitarismo, sufrió además por desplazamientos relacionados con el proyecto: “el caso del trasvase del río Manso a la Central Hidroeléctrica Miel I se considera emblemático ante las dimensiones de lo allí ocurrido en términos de impactos socioambientales y vulneración de derechos colectivos” (García Gonzales, 2013). El riesgo de afectación al recurso hídrico por cuenta de la construcción del túnel del trasvase era evidente, sin embargo, se continuó con la construcción, llegando a producir una infiltración 3 veces más grande de la permitida en la licencia que genera disminución del caudal o su total sequía. Para evitar quejas ISAGEN se dedicó a comprar predios hasta 462 hectáreas. Los habitantes de Berlín protestaron con marchas y plantones por falta de coherencia entre el proyecto socializado y lo que se vio ejecutar, falta de atención a las comunidades, afectación a los predios, falta de control de la actividad de ISAGEN por parte del Estado, arbitrario cierre de vías públicas por parte de la empresa.

---

<sup>35</sup> <https://ejatlas.org/print/hidroelectrica-miel-i-caldas-colombia>



## 6.6. Zonificación de áreas de influencia en el estudio de impacto ambiental

El área de influencia directa del proyecto la Miel II está conformada por la zona de embalse, la franja de protección y las zonas afectadas directamente por la construcción de obras específicas, incluida la cuenca de reposición del río Guarinó. Los municipios más afectados resultan Marquetalia, Victoria y Samaná. El área de influencia indirecta involucra el departamento de Caldas y Tolima, en el primero los municipios de Marulanda, Manzanares, Pensilvania, Samaná, Victoria, La Dorada y Mariquita, Herveo y Fresno en el Tolima. El área de influencia del proyecto se determina teniendo en cuenta los impactos sobre medios físicos biológicos y socioeconómicos, de los cuales se excluye el área posiblemente afectada por contingencias. El área de influencia aguas abajo del proyecto se ha limitado hasta 2 km más allá de la desembocadura del río Manso.

## 6.7 Principales datos reportados en PQRS

En cuanto al intento de determinar una cartografía independiente en donde registrar los incumplimientos presentados en las PQRS, no ha sido posible llegar a la fase de confrontación por la dificultad encontrada en la recolección de datos y las incongruencias en su clasificación. Las PQRS: peticiones, quejas y reclamos, son todas las denuncias de la población civil o los pedidos de las instituciones frente a la construcción u operación del proyecto, generalmente hechas bajo formato de derecho de petición o radicadas en sede ministerial al momento de pedir información de manera formal. Un derecho de petición permite al ciudadano tener un instrumento que le garantice el derecho al libre acceso a la información pública, el período de respuesta debe ser, a lo sumo, de quince días.

Para buscar información relativa a los EIAs de los proyectos estudiados, Autos, y PQRS, nos servimos de los repositorios institucionales. La ANLA cuenta con una “Ventanilla Integral de Trámites Ambientales en Línea” - VITAL, donde se encuentra parte de la documentación relativa a los trámites administrativos de licencias ambientales, permisos, planes de manejo, estudios de impacto y las relativas PQRS. Se buscaron EIAs de diferentes proyectos, pero el material de interés no estaba disponible. Se interpuso entonces un derecho de petición<sup>36</sup> frente a la ANLA pidiendo “el estudio de impacto ambiental de las centrales hidroeléctricas La Miel I, Sogamoso, y Porce III, además de las PQRS relativas a estos proyectos y los Autos y Resoluciones de la autoridad ambiental”.

En respuesta al radicado, la ANLA entregó parte de la documentación solicitada: “En atención al asunto de la referencia, a continuación, se da respuesta a la petición planteada en el marco exclusivo de la competencia y funciones de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, establecidas en el Decreto 3573 de 2011, en armonía con lo establecido en el Capítulo II del Título I de la Parte Primera de la Ley 1437 de 2011, capítulo sustituido por el artículo 1° de la Ley 1755 de 2015. De acuerdo con lo solicitado referente a las «centrales hidroeléctrica La Miel, de Sogamoso, y de Porce 3» se realizó la debida búsqueda de dicha información a través del Sistema de Información de Licencias Ambientales-SILA, y con el grupo de Gestión Documental y Archivo de esta Autoridad, encontrándose los siguientes

---

<sup>36</sup> Radicado ANLA 2019168359-1-000 del 28 de octubre de 2019. Mediante el cual solicita información relacionada con las centrales hidroeléctrica La Miel y de Porce 3.

expedientes en los cuales se encuentran inmersa la solicitud requerida, la cual se detalla a continuación: LAM1582 APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO PORCE III / LAM0005 CENTRAL HIDROELÉCTRICA LA MIEL I / LAM0058 HIDROELÉCTRICA LA MIEL S.A.”

La información recibida relativa a las PQRS es parcial. Respecto al proyecto hidroeléctrico La Miel I, registrada con expediente **LAM0005**, se reciben 4 documentos. Los cuatro contienen exclusivamente la respuesta de la autoridad ambiental sin el radicado original interpuesto por personas jurídicas o naturales, de ninguno es posible obtener la ubicación física al momento de radicar.

1. **Radicado 2018059406-1-000** del 2018-08-28: ANLA responde a un derecho de petición de persona natural por el “Desbordamiento del embalse Amaní y la mortalidad de peces el pasado 10 de mayo de 2018”, por lo cual se avisa haber realizado visita de seguimiento para verificar lo sucedido, y que ISAGEN, ejecutora del estudio y de la política ambiental, realizó las medidas de mitigación pertinentes, como el rescate de peces y reuniones informativas. No se habla de compensación por el desborde.
2. **Radicado 2018103800-1-000** del 2018-06-13, responde a un correo enviado por persona natural que anuncia conflictos “por presencia de Tucunaré en el embalse Amaní de la central”, al cual la autoridad contesta que pronto iba a haber una visita de seguimiento ambiental donde iban a ser escuchados los varios líderes sociales.
3. **Radicado 4120-E2-45603** sin fecha, responde a un radicado del 21 octubre 2013 interpuesto con asunto “Reglamentación de la actividad pesquera en la cuenca baja del río La Miel y en el embalse de Amani” por parte del director técnico de la Autoridad Nacional de Acuicultura y pesca - AUNAP donde se confirma la participación a una reunión de conformación del COPA, Comité de Ordenación Pesquera y Ambiental.
4. **Radicado 4120-E1-38330** del 2013-09-09, interpuesta por persona natural, responde a una denuncia de afectaciones causadas por el Proyecto Manso al recurso hídrico de su predio, y consecuente solicitud de verificación. La autoridad contesta que la construcción del túnel se rehace al año anterior por lo que es “poco probable” que pueda ser causa de afectación.

Se realiza entonces una ulterior revisión de los trámites accesibles en la plataforma VITAL, donde en relación con los expedientes se encuentra: Derechos de petición, Generar Cobro, Licencia Ambiental. De estos, se seleccionan los derechos de petición, que según la normativa son el medio legal de denuncia y búsqueda de información acerca de incumplimientos o aclaraciones respecto al desarrollo de obras. Buscando el expediente LAM0005, número asociado a la central La Miel I, resulta un solo número de referencia **DPE0041-00-2016** con dos documentos:

1. **69-15DPE** del 5 enero de 2016 se remite copia de documentación solicitada por un ciudadano respecto a los proyectos hidroeléctricos de Samaná y Miel I.
2. **6915DPE** del 20 de septiembre de 2016 se responde a la queja interpuesta por un abogado frente a incumplimientos de advertencias hechas por el Ministerio y la

ANLA por parte de la CRA<sup>37</sup> y la Gobernación del Atlántico frente al proyecto regulación al sistema de la ciénaga Sabanagrande, Santo Tomás y Palmar de Varela, al cual se contesta que las actividades denunciadas no tienen obligatoriedad de licencia según el decreto 1076 de 2015 y la corporación tiene capacidad de decisión sobre ellas.

En cuanto al proyecto hidroeléctrico La Miel II, expediente **LAM0058**, los trámites recibidos por derecho de petición:

1. **Radicado 2017033168-2-000** de 2017-05-08 la autoridad responde al recurso de reposición del representante general de la empresa Miel II interpuesto con el fin de que se modifique o revoque el Auto 762 del 13 de marzo de 2017 que efectúa un seguimiento y control al proyecto, indicando la inaplicabilidad legal del recurso en contra de un auto de ejecución. El auto del 2017 reclamaba información relativa al proyecto, información ya pedida en el 2014 la cual no había sido entregada todavía.
2. **Radicado 2017085238-2-000** de 2017-10-10 responde al gerente de La Miel II sobre un concepto que pide en relación a la implementación de un sistema de control de caudal, por el cual la autoridad no considera necesaria una nueva licencia.

Trámites relacionados al expediente **LAM0058** en el sistema VITAL:

- **DPE038214:** es el traslado de un derecho de petición enviado a esta ANLA, por la Corporación Autónoma Regional del Tolima - CORTOLIMA hacia el representante legal de La Miel II.
- **DPE1103-00-2015:** a persona natural se explica que para los documentos de terceros ausentes presentados en audiencias no aplica la presunción de veracidad.
- **10ECO0081-00-2017:** la ANLA contesta al Comité de Comunicaciones y Asuntos Agrarios Veeduría ciudadana ambiental para manzanas, oriente de Caldas y norte del Tolima respecto a algunos asuntos del EIA y requerimientos a la empresa.
- **05ECO0162-00-2018:** respuesta al señor E. Arias Betancur, de la Cámara de representantes del Congreso de la República, respecto a la solicitud de información relativa al proyecto.
- **05ECO0104-00-2019:** respuesta al senador Bolívar Moreno respecto a la información pedida a la institución.

## 7. HIDROELÉCTRICA ITUANGO

El Proyecto Hidroeléctrico Hidroituango interviene sobre el río Cauca. Este río nace en el extremo sur-occidental del país, a unos 4.200 msnm, y se dirige hacia el norte, entre las cordilleras Central y Occidental, desembocando luego de un recorrido de 1.290 km y a los 90 msnm, en el río Magdalena. Este proyecto pretende aprovechar el potencial hidroeléctrico del río Cauca en su tramo medio, conocido como Cañón del Cauca; en un recorrido aproximado de 425 km, el río desciende unos 800 m, aprovechando un caudal de

---

<sup>37</sup> CRA es la Comisión de Regulación Agua potable y saneamiento básico, que según el Decreto 1524 dl 1994 tiene la función de administrar el servicio público domiciliario

unos 1.000 m<sup>3</sup>/s, alcanzado a través de un recorrido de 900 km, en un área de drenaje de aproximadamente 37.820 km<sup>2</sup>.

Las obras principales del proyecto están localizadas en ambas márgenes del río Cauca entre las desembocaduras del río San Andrés y el río Ituango, y están ubicadas al Norte del Departamento de Antioquia, a 170 Km de Medellín por carretera, a unos 8 Km aguas abajo del Puente de Pescadero, sobre el río Cauca, en donde cruza la carretera que comunica la capital con el Municipio de Ituango. Aunque las obras principales del Proyecto comprometen directamente a los municipios Ituango, Toledo y Briceño, la cuenca inmediata del embalse incluye además terrenos de los municipios de Peque y Buriticá, por la margen izquierda, y de Sabanalarga y Liborina, por la margen derecha, e inunda completamente los poblados de Orobajo (Sabalarga) y Barbacoas (Peque).

Entre 1979 y 1983, Interconexión Eléctrica - ISA contrató con Integral S.A. el estudio de factibilidad del proyecto Hidroeléctrico Ituango, y como resultado de dicho estudio, se concibe un esquema formado por una presa de enrocado, de 247 m de altura, localizada aguas abajo de Pescadero, con una capacidad instalada de 3.560 MW y una energía media anual de 17.460 GWh, luego fue postergado debido a su alta complejidad y a la inexistencia de un mercado local para el consumo de la energía que generaría.

En junio de 1998 fue creada la Sociedad Promotora de la Hidroeléctrica Pescadero Ituango (LA HIDROELÉCTRICA) como la entidad encargada de impulsar lo que se llamó en su momento la etapa de Actualización de los Estudios de Factibilidad del proyecto y de definir la viabilidad de su construcción en las actuales condiciones del país y del mercado de la energía. Esta sociedad está conformada por las siguientes entidades principales (accionistas mayoritarios):

- Gobernación de Antioquia.
- Empresas Públicas de Medellín E.S.P.
- ISAGEN S.A. E.S.P.
- Empresa Antioqueña de Energía S.A. E.S.P. - EADE.
- Instituto para el Desarrollo del Departamento de Antioquia - IDEA.
- Asociación Colombiana de ingenieros constructores – ACIC.

En agosto de 1998, la Sociedad Promotora de la Hidroeléctrica Pescadero Ituango encargó a la firma INTEGRAL S.A. la actualización de los estudios de factibilidad para redefinir el proyecto optimizando el aprovechamiento del recurso hídrico, el entorno ambiental y socioeconómico en su área de influencia, con una rentabilidad atractiva para posibles inversionistas y en 2006 reanudaron la complementación de la factibilidad del proyecto a la luz de las nuevas condiciones económicas.

## 7.1. Localización espacial del proyecto

El río Cauca a pesar de corresponder a una cuenca de montaña, que divide geográficamente las cordilleras Central y Occidental, presenta una configuración variable en su cauce, mostrando una compleja secuencia de zonas de fondo amplio, caracterizados por procesos de acumulación de sedimentos; alternando con tramos encañonados, de valles en “V”, rectilíneos, modelados en general sobre roca fresca, con alta capacidad de transporte de sedimentos y una mínima acumulación de los mismos. Esta configuración refleja un fuerte control tectónico (sistema de fallas del Cauca y satélites) así como un condicionamiento litológico.

De manera genérica, desde el Puente de Occidente (municipio de Santa Fé de Antioquia) hasta el sector El Doce (municipio de Valdivia), el canal del río Cauca transcurre por un valle profundo, con un fondo estrecho y vertientes montañosas largas (superiores a 3 km). De manera contrastante, aguas abajo de El Doce y hasta el límite de la zona analizada (estación Margento), esta corriente transcurre por un valle amplio, poco profundo y en medio de un relieve colinado, con desarrollo de un fondo plano cuya amplitud aumenta hacia aguas abajo.

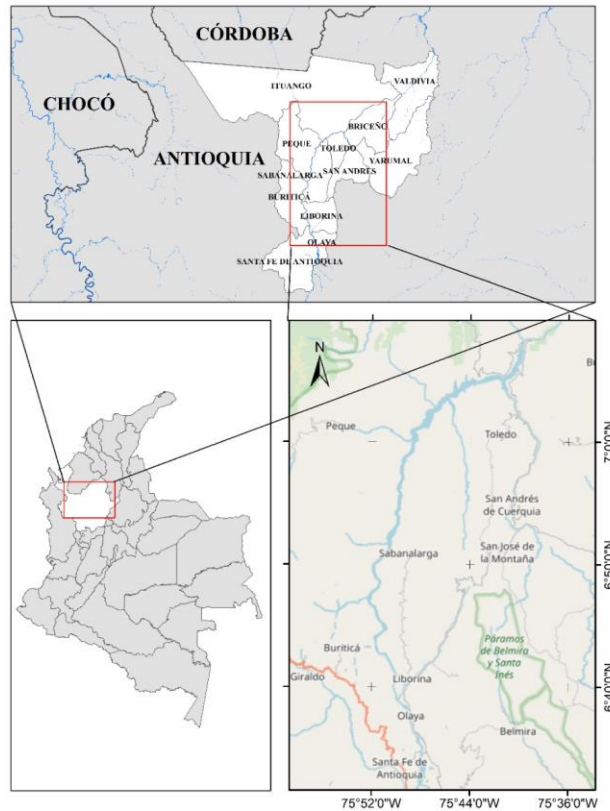


Figura 6. Localización espacial del Proyecto Hidroeléctrico Ituango. Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos Open Street Maps.

## 7.2. Hidrología de la cuenca hidrográfica

La zona del Proyecto se encuentra localizada en un cañón profundo y cálido conformado por las cordilleras Central y Occidental, con un régimen de lluvia variado, en el cual se presenta una larga temporada lluviosa, con algunos meses un poco más húmedos que otros. Aunque el principal fenómeno que determina la precipitación en el área es el paso de la ZCIT (Zona de Convergencia Intertropical), las características de los registros obtenidos de las estaciones meteorológicas, permiten afirmar que existe una gran influencia de fenómenos orográficos y de recirculación de vapor proveniente de la parte baja del valle del río Cauca en la zona del Caribe Colombiano, atenuando el efecto de otros fenómenos macroclimáticos como el ENSO (El Niño - Oscilación del Sur) y corrientes húmedas provenientes del Pacífico, y eventualmente, algunos frentes de humedad que atraviesan el país desde la Amazonía, todos ellos con gran influencia en la hidrología de la cuenca a escala intra anual e interanual.

### 7.2.1 Régimen de caudales.

Los análisis de caudales y niveles del río Cauca en el EIA se desarrollaron en la zona comprendida entre las estaciones de Virginia y Las Flores (en el municipio de Nechí), cubriendo así las zonas de influencia directa e indirecta, que se presentaron en tal estudio<sup>38</sup>, realizado a partir de 11 estaciones limnigráficas del IDEAM, 6 aguas arriba de la presa y 5 aguas abajo, calculando a lo largo del cauce del río Cauca los caudales máximos, medios y mínimos en la zona del Proyecto. El área de drenaje en el tramo analizado desde la primera estación, hasta la última, va de 22.605 Km<sup>2</sup> a 56.590 Km<sup>2</sup>, respectivamente; el caudal medio multianual de río Cauca en el sitio del proyecto, se estima en 1.010 m<sup>3</sup>/s con variaciones entre los 600 y 2.000 m<sup>3</sup>/s, con un comportamiento bimodal que involucra dos temporadas de bajos caudales y dos temporadas de caudales altos, con una creciente máxima probable (CMP) estimada en un valor de 25.300 m<sup>3</sup>/s con un periodo de retorno (Tr) aproximado de unos 10000 años, y un caudal mínimo de 300 m<sup>3</sup>/s, que corresponde al valor cercano del caudal mínimo histórico registrado en el río Cauca en la zona del Proyecto, con un período de retorno cercano a los 2.33 años. En cuanto a las precipitaciones, se registran valores de hasta 5000 mm/año.

### 7.2.2 Producción de Sedimentos.

En este apartado, midieron el transporte de los diferentes sedimentos a partir de regresiones entre el caudal del río y los distintos tipos de cargas sólidas: sedimentos en suspensión, carga de lavado, carga de material del lecho o transporte de fondo y transporte total. El transporte total de sedimentos en el sitio de presa se estimó en 46.1 millones de Toneladas anuales, correspondiente a 28 millones de m<sup>3</sup> de los cuales 1,4 corresponden al transporte de fondo y los 44.7 restantes al transporte en suspensión y 19.1 de sedimento fino. El transporte anual estimado a una tasa de producción anual de sedimentos en suspensión de 0.76 mm, considerando un peso específico de los suelos de 1.6 Ton/m<sup>3</sup>. Por lo tanto, los volúmenes del delta serán de 509 millones de m<sup>3</sup> al cabo de 25 años y de 935 millones de m<sup>3</sup> a los 50 años.

## 7.3. Documentos legales y normativa

El Ministerio de Minas y Energía con Resolución 317 del 26 de agosto de 2008 declaró zona de utilidad pública e interés social los territorios necesarios para el desarrollo del proyecto. La empresa Hidroeléctrica Ituango s.a. obtuvo licencia ambiental en enero del 2009. Para los EIA la legislación de referencia es la Ley ambiental 93 de 1999, la Ley 56 de 1981 que regula las relaciones entre los municipios y las empresas, la Ley 134 de 1994 sobre la participación democrática de la sociedad civil en el proceso de toma de decisiones, el Decreto 1075 de 2015 y el Decreto 1220 de 2005. Es necesario considerar además el Código Nacional de Recursos Naturales del Decreto 2811 de 1974, y los Decretos 475 de 1998, 1594 de 1984, 2857 de 1981, y más recientemente, el 3930 de 2010, para la gestión del recurso hídrico.

---

<sup>38</sup> Actualización Estudio de Impacto Ambiental - Caracterización Medio Físico del Proyecto Hidroeléctrico Ituango, 2011.

## 7.4. Identificación y caracterización de impactos ambientales por la retención de sedimentos aguas abajo del Proyecto Hidroituango.

En el año 1999, se realizó el estudio de prefactibilidad, en el cual se realizaron diferentes evaluaciones sobre la depositación de sedimentos en el embalse, este se encuentra en el anexo 3.3 del informe técnico de Factibilidad Técnica, Económica y Ambiental del proyecto hidroeléctrico Ituango; sin embargo, previamente en el año 1983, se llevó a cabo una valoración cualitativa de los efectos que tendría el proyecto sobre el cauce aguas abajo del sitio de presa, el cual también fue analizado de manera cuantitativa. Este análisis de sedimentos consistió en estimar el transporte y predecir la forma cómo se depositarían los sedimentos en el embalse, obteniendo resultados de los sedimentos medidos, no muestreados, suspendidos, finos, materiales del lecho en suspensión y como carga de fondo; vale la pena destacar que la zona definida para este estudio está asociada al trazado del río Cauca entre el sector de Santa Fe de Antioquia y el corregimiento de Margento, ubicado a unos 36 km aguas abajo de Caucasia.

En 2004, la hidroeléctrica contrató con Integral S.A. la elaboración del Estudio de Restricciones Ambientales, con el objetivo de determinar el efecto del proyecto sobre los ecosistemas de humedales aguas abajo del sitio de presa, y los posibles efectos sobre las especies ícticas del río Cauca y las alternativas de manejo; este estudio se centró en el análisis del río Cauca y su cuenca de drenaje entre el sitio de presa, hasta la confluencia con el río Nechí, y los cuerpos humedales asociados a este tramo, entre los cuales se identificaron nueve complejos cenagosos: río Man, Cataca, La Olisión, Palanca, El Aguacate, Palomar, Margento y Hoyo Grande.

Dentro de la identificación y caracterización del impacto aguas abajo, se encuentran la calidad del agua como resultado de la anoxia generada en el vaso. La dinámica fluvial claramente es afectada, ya que se genera un efecto barrera, reteniendo buena parte de los sedimentos y causando un déficit en la carga de sedimentos transportados hacia aguas abajo. Lo anterior induce una transformación del comportamiento hidráulico y de la calidad del río aguas abajo, generando un cauce más abrasivo, degradando zonas donde actualmente existe el fenómeno de agradación, modificando la pendiente del lecho, causando así cauces más rectos y quizás eliminando las formas trenzadas al reducirse gran parte del material grueso granular que quedará retenido en el embalse. Estos estudios calcularon que el proyecto tendrá una eficiencia de retención aproximada del 70%, afectando zonas del río donde presenta formas trenzadas y meándricas, reduciendo su longitud y aumentando la pendiente, volviéndolo más rectilíneo y con menos divagaciones; como impactos secundarios se encuentran: muerte y desplazamiento de especies faunísticas, alteración de la migración de peces, formación de nuevos hábitats acuáticos, proliferación de enfermedades, alteración de las condiciones de salubridad y saneamiento básico, alteración de la navegabilidad del río.

Con respecto al componente biótico, se puede reflejar el efecto aguas abajo del proyecto por los cambios en la abundancia de las especies, generada por la fragmentación del corredor fluvial, teniendo efectos sobre la migración de las poblaciones de peces en la cuenca del río Cauca como las poblaciones de *Prochilodus magdalenae*, especie migratoria de los 3 sectores de la cuenca (alta, media y baja). La ictiofauna, presenta, actualmente diversas amenazas, como: pérdida de ambientes cenagosos, como resultado de la interrupción de los servicios prestados por el pulso de inundación y cambios en la cadena trófica, la frontera agropecuaria, reducción en la profundidad por el aporte de sedimentos, descarga de aguas residuales, la sobrepesca, introducción de especies exóticas, ruptura del flujo genético, entre otras.

De igual manera el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, el 30 de junio de 2011, plantea algunas exigencias al proyecto, dentro de los cuales se encuentra garantizar los posibles efectos sobre los sistemas cenagosos y, en general, que se garantice el funcionamiento ecológico y los usos actuales del sistema hídrico del río Cauca, aguas abajo del sitio del proyecto.

## 7.5. Identificación y caracterización de impactos socioeconómicos y culturales.

El servicio de aprovisionamiento de alimentos brindado por la oferta de especies de peces de alto consumo, con valor de mercado, presentes en el río Cauca en las áreas de aprovisionamiento de los asentamientos aguas abajo. Según la FAO, “La captura y el cultivo de pescado marino y de agua dulce aportan una importante cantidad de proteína animal a las dietas de la población mundial. Se calcula que entre el 15 % y el 20 % de todas las proteínas de origen animal provienen de animales acuáticos. El pescado es muy nutritivo y sirve como valioso complemento en las dietas que no proveen las vitaminas y minerales esenciales; además, constituye una fuente única de grasas omega-3 de cadena larga. Asimismo, los servicios alimentarios aportan al sector ingresos en efectivo y oportunidades de empleo esenciales.” (FAO, Servicios ecosistémicos y biodiversidad).

El río Cauca constituye la principal fuente de subsistencia y alimentación para la población asentada en sus orillas y parte integral de sus vidas. Los beneficiarios principales de este servicio ecosistémicos son las familias de las comunidades ribereñas y los pescadores. Para estos grupos de población, las actividades de llenado del embalse, retención de sedimentos y vertimiento de material almacenado por largo tiempo genera la eliminación del hábitat de la biodiversidad de flora y fauna que comprometen la supervivencia y reproducción de algunas especies de consumo común, que constituyen parte de la dieta local, y comerciales, y destruyendo la economía que se construía alrededor del recurso pesquero.

“Es claro que el mayor número de especies se encuentra concentrado en el río Cauca, aguas abajo del proyecto hidroeléctrico, lo que puede ser preocupante, ya que, si hay cambio en los regímenes del caudal, las migraciones, la presencia de presas y otros aspectos de la ictiofauna del sector pueden ponerse en riesgo, afectando no solamente a la biodiversidad acuática de la cuenca, sino también a los pobladores y comunidades de pescadores que aguas abajo dependen del recurso.<sup>39</sup>”

Debido a la disminución del pescado se ve afectado el sector de la pesca a nivel comercial y doméstico, “Prácticamente todas las familias que hacen minería como actividad principal, también desarrollan pesca en el tramo del embalse.<sup>40</sup>” El bienestar para los habitantes del cañón se asocia a la relación con el río y la vida que contiene y genera. La calidad de vida se mide por la seguridad brindada por el río y la accesibilidad permanente a sus aguas ricas de provisiones alimentarias, las cuales se ven reducidas o fuertemente afectadas por la construcción del embalse.

---

<sup>39</sup> Instituto Humboldt

<sup>40</sup> Hidroituango s.a. (2011) Estudio de impacto Ambiental



Desde el punto de vista cultural, la función del río cambia en cuanto a servicio de experiencia espiritual y sentimiento de pertenencia. Las dinámicas de relación de los actores sociales de los territorios cañoneros se desarrollan según los modos de vida que están directamente articuladas con la realidad del río y de las actividades que se desarrollan a su alrededor. Estas actividades se encuentran ligadas en una red que entrelaza diferentes actores por vínculos de diverso orden (económicos, de parentesco), que en diferentes momentos históricos han permitido diferentes espacios de integración social y cultural del cañón. Hay relaciones directas de uso de esta población con los ecosistemas del río Cauca, ya que, de manera complementaria a la agricultura, recolectan oro y plantas medicinales.

A través de relaciones económicas y matrimoniales se comparten productos agrícolas, frutas, objetos artesanales, pescado y oro. “Esto define la constante apropiación y uso del territorio en el cañón y las relaciones de este lugar con otros territorios [...] Los estudios han determinado que a lo largo del cañón existe una constante comunicación entre los habitantes de las veredas de las zonas bajas, medias y altas del cañón.” (Cardona et al., 2017). Muchas estructuras sociales en la zona se basan en la relación con el río. La retención de sedimentos y los cambios que genera afectan los conocimientos tradicionales alrededor de la pesca y de la micro industria de la extracción artesanal de oro a través del barequeo, conocimientos ancestrales y profesiones tradicionales que se pierden con la desaparición de los minerales atrapados en el embalse, entre ellos el oro, y el cambio en las especies de pescado y en la composición biofísica de las aguas. El oro se constituye también como un elemento de intercambio en el marco de la micro verticalidad entre cañoneros.

El lecho del río y su orilla, el curso de agua en sí, siempre han tenido un papel central en las culturas ancestrales locales, albergando espíritus y siendo lugar de numerosos rituales. Hay que considerar, de hecho, la presencia de comunidades indígenas aguas abajo como la cultura Zenú, que viene definida anfibia por los complejos métodos de irrigación que desarrollaron, y Emberá Chamí, culturas estas, que reconocen al agua significados simbólicos estructurales y al río la función de sujeto transformador en los rituales, además de ser sitio donde se encuentran diferentes espíritus donde se hacen sanaciones de enfermos, ceremonias de iniciación y ritos de transición.

A los cambios mencionados se suma la transformación del paisaje asociado al río Cauca que conlleva la pérdida de espacios con una alta valoración cultural y simbólica como las playas, peñoleras, cañadas, quebradas (Osejo Varona et al., 2017) y referentes simbólicos del territorio. “Ahora bien, con ocasión de la atención a la contingencia presentada por la obstrucción del túnel de desviación del río Cauca del Proyecto Hidroeléctrico Ituango, quedaron en evidencia posibles condiciones de riesgo para las poblaciones de los municipios de Tarazá, Cáceres, Caucasia, Nechí, no incluidas en el área de influencia del proyecto. Esto sumado a las indiscutibles afectaciones que en sus actividades económicas y de sustento reportaron a los medios de comunicación las mismas comunidades, y que son de amplio y público conocimiento, dejan en evidencia serias irregularidades en los resultados del ejercicio de delimitación y definición de las áreas de influencia del Proyecto<sup>41</sup>”.

---

<sup>41</sup> Contraloría General de la República (2018) Informe auditoría de cumplimiento.

## 7.6. Zonificación de áreas de influencia en el estudio de impacto ambiental

la zonificación del área de influencia del proyecto es aquella donde se presenta la ocurrencia de los impactos ambientales, de manera directa o indirecta, teniendo en cuenta lo mencionado en los términos de referencia para la elaboración de EIA<sup>42</sup> en proyectos de construcción y operación de centrales generadoras de energía hidroeléctrica (TDR-014) propuestos por el MADS<sup>43</sup>, sobre las diferentes componentes: abiótico, biótico y socio económico. Teniendo presente que en los procesos de identificación de impactos y delimitación del área de influencia, se establezcan áreas de influencia por componente, grupo de componentes o medio. Para el Proyecto Hidroeléctrico Ituango se definieron las áreas de influencia directa e indirecta.

El área de influencia indirecta All del medio físico y biótico se enmarca en la región biogeográfica del norte del cañón del río Cauca, entre las cordilleras Central y Occidental, la cual se extiende desde la desembocadura del río Tonusco (cota 450) en el municipio de Santa Fé de Antioquia, hasta la desembocadura del río Puquí (cota 140) límite entre los municipios de Valdivia y Tarazá; incluye además las cuencas media y baja del río San Andrés. El límite altitudinal de esta región está definido en la margen derecha por el altiplano Norte de Antioquia y por la margen izquierda por las vertientes de donde se derivan los drenajes que llegan directamente al cauce del río Cauca. Comprende los municipios de Briceño, Buriticá, Ituango, Liborina, Olaya, Peque, Sabanalarga, San Andrés de Cuerquia, Santa Fé de Antioquia, Sopetrán, Toledo, Valdivia y Yarumal.

El All presenta los siguientes límites biogeográficos: el cañón seco del río Cauca se prolonga hacia sur hasta los límites entre el departamento de Antioquia con el Norte del Departamento de Caldas. El límite oriental se extiende a lo largo del sistema de páramos y bosques altoandinos del Noroccidente Medio Antioqueño, de gran importancia para la hidrografía de la región. Al occidente, el límite lo define la zona norte de la cordillera occidental de los Andes donde se destaca la estrella hidrográfica del Nudo de Paramillo. El All limita al norte con la región del Bajo Cauca antioqueño, caracterizada por presentar una alta diversidad biológica.

Con respecto a la existencia de áreas protegidas en el All se identifica la Reserva de Recursos Naturales de la Zona Ribereña del río Cauca, declarada por CORANTIOQUIA a través del Consejo Directivo No 017 de 1996. Otras áreas se encuentran en proceso de inclusión en el sistema regional de áreas protegidas-SIRAP como el Parque Central de Antioquia; éste, específicamente proyecta proteger áreas en los municipios del área de influencia del proyecto como Toledo, Sabanalarga y Liborina.

Se considera como área de influencia directa (AID) en los componentes físico y biótico, todas las obras asociadas al proyecto (obras asociadas a la presa, embalse, línea de transmisión, vías, etc).

- Obras asociadas a la presa y el embalse.
- Línea de transmisión.

---

<sup>42</sup> EIA - Estudio de Impacto Ambiental.

<sup>43</sup> MADS - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

- Obras asociadas a vías
  - Rectificación de la Vía San Andrés de Cuerquia-El Valle y variante El Valle.
  - Apertura de la Vía Puerto Valdivia – Sitio de Presa.

El área de influencia indirecta del medio social (AII) es donde se presentan impactos de orden secundario y comprometen tanto el contexto local como el regional. Comprende los municipios de Briceño, Buriticá, Ituango, Liborina, Olaya, Peque, Sabanalarga, San Andrés de Cuerquia, Santa Fé de Antioquia, Toledo, Valdivia y Yarumal. Mientras que el área de influencia directa (AID) es donde son relevantes los impactos primarios o de primer orden que puedan producirse con el emplazamiento del proyecto. En ella se identifican el área de influencia directa local y el área de influencia directa puntual. El área de influencia directa local es constituida por las veredas y corregimientos intervenidos directamente por algún tipo de obras del proyecto, estas se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Municipios del área de influencia directa local. Fuente: con datos de la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Hidro eléctrico Ituango, (2011).

Municipio	Vereda/corregimiento	Interacción con el proyecto
Briceño	Alto del Chiri, Orejón, La Calera, Gurimán y Palestina	Embalse, campamentos, vías de acceso, línea de transmisión y depósitos.
	La Angelina, Buenavista, La Fragua, Mogotes, Carauquia.	Embalse
Ituango	Los Galgos – El Mote, Cortaderal, Las Agüitas, La Honda, Organí, Sevilla1, El Aro, Filadelfia, La Rica, El Torrente, Tinaja	Embalse, vías de acceso
Liborina	La Sucia	Embalse
Peque	La Bastilla, Nueva Llanada, Renegado-Valle, Barbacoas	Embalse
Sabanalarga	Remartín, Membrillal, San Cristóbal-Penã, El Junco, Orobajo	Embalse
San Andrés de Cuerquia	El Cántaro, Loma Grande, Cañaduzales, Santa Gertrudis, Alto Seco	Vías de acceso
Santafé de Antioquia	Cativo, El Tunal	Embalse
Toledo	Brugo, La Cascarela, Miraflores, Barrancas, El Valle	Embalse, vías de acceso, campamentos
Valdivia	Montefrío, Bijagual, Santa Bárbara, Pensilvania, Astilleros	Vías de acceso
Yarumal	Yarumo Alto, Espíritu Santo, Ochalí, La Esmeralda, La Zorra, La Loma	Línea de energía para construcción

El área de influencia directa puntual está conformada por las localidades objeto de desplazamiento involuntario como el centro poblado del corregimiento de Barbacoas del municipio de Peque, el centro poblado de la vereda Orobajo del municipio de Sabanalarga y las viviendas dispersas ubicadas a lo largo de la zona del embalse.

Hacen parte además, la zona urbana del municipio de San Andrés de Cuerquia; sectores rurales del corredor San Andrés de Cuerquia - El Valle (municipio de Toledo), en el que se encuentran viviendas que serán intervenidas con las vías de acceso al proyecto; y sectores rurales del corredor Puerto Valdivia – Presa, donde se ubican 34 viviendas que serán intervenidas por la vía industrial. Igualmente, los centros poblados del corregimiento El Valle del municipio de Toledo, por su cercanía a las obras principales y del corregimiento de Puerto Valdivia, donde se prevé impactos por presión migratoria.

## 7.7. Principales datos reportados en las PQRS

En el caso de Hidroituango la metodología de búsqueda y consulta de datos se estructura de manera diferente. Para recuperar el EIA se visita el repositorio central de la ANLA, mientras que para las PQRS se recurre directamente a VITAL, donde se encuentran más categorías de trámite: Verificación Preliminar de Documentación, Reporte Contingencias, Liquidación de Evaluación, Licencia Ambiental, Entes de Control y Derecho de Petición. Se toman en consideración los derechos de petición, para los cuales es accesible la descarga.

De los 48 Derechos de petición relacionados al expediente, sólo una parte están disponibles para la consulta, de ellos se destacaron veinte, considerados más significativos:

1. **DPE6055-00-2015**: denuncia de deslizamiento el 2018/05/07 en Briceño, sobre galería cercana a los túneles de desviación iniciales, reportan afectación a agua y suelo.
2. **15DPE0931-00-2018** solicitud realizada por un ciudadano de la vereda La India del municipio de Valdivia por afectaciones ambientales y de su trabajo como barequero: “yo me siento afectado al proyecto Hidroituango por la contaminación del Río Cauca porque ya al represar el Rio ya no nos va a bajar las mismas cenizas de oro cuando comenzaron la carretera (...) ya no podemos ejercer el bareque (...) yo lo que espero que me paguen todos los daños que me hicieron ”.
3. **15DPE0930-00-2018** del 2018/03/02 habitante de Sabanalarga denuncia afectaciones a las condiciones de vida por responsabilidad del proyecto.
4. **15DPE6666-00-2018** el Colectivo de Abogados 'José Alvear Restrepo' -CAJAR exige informaciones técnicas respecto al “taponamiento que ocurrió en el túnel de desviación del río y cuáles son las razones técnico científicas que explican esta situación.”
5. **15DPE1471-00-2017** Remisión de información al Colectivo de Abogados 'José Alvear Restrepo' -CAJAR respecto a la contingencia y delega responsabilidades a Hidroituango S.A.
6. **15DPE0932-00-2018** de 2018/08/02, una mujer del municipio de Valdivia solicita reparación por los daños económicos, sociales y ambientales ocasionados por el Proyecto Hidroeléctrico. Pescadero-ltuango, en su condición de minera artesanal barequera.
7. **15DPE0933-00-2018** solicitud de indemnización 08 febrero 2018 de una señora habitante de la vereda Membrillal del municipio de Sabanalarga.
8. **15DEP13038-00-2019** solicitud de los miembros de la comunidad Ecoaldea Anthakarana al Gobierno “que libere el río y que le permita ser un RÍO VIVO”.
9. **15DPE10533-00-2018** de 2018-06-20 peticionario requiere información y aclaraciones sobre aspectos técnicos y sociales a considerar frente a la contingencia desarrollada en el proyecto Hidroituango.
10. **15DPE0980-00-2018** de 2018-03-02 denuncia de una señora de Valdivia por afectaciones del proyecto a su condición de barequera artesanal del bajo Cauca.
11. **15DPE0958-00-2018** de 2018-03-05 solicitud de un ciudadano del municipio de Valdivia de compensación por las afectaciones por el Proyecto Hidroeléctrico Pescadero-ltuango

12. **15DPE0959-00-2018** de 2018-03-23 habitante de la vereda Mote del municipio de Briceño remite solicitud por inconformidad en el censo, afectación de trabajo como barequera y desalojo adelantado presuntamente por parte de la empresa Hidroeléctrica Ituango S.A.
13. **15DPE0960-00-2018** de 2018-03-14 habitante de la vereda Mote del Municipio de Briceño denuncia inconformidades con el censo, afectación de su trabajo como barequera y desalojo adelantado presuntamente en virtud del Proyecto Hidroeléctrico Pescadero - Ituango
14. **15DPE0961-00-2018** del 2018-03-01 habitante zona n/d denuncia la no inclusión en el censo. Proyecto Hidroeléctrico Pescadero - Ituango
15. **15DPE0962-00-2018** del 2018-03-07 habitante zona n/d denuncia la no inclusión en el censo. Proyecto Hidroeléctrico Pescadero - Ituango
16. **15DPE0978-00-2018** de 2018-02-22 persona jurídica Ingema s.a. pide certificación de existencia o no de proyectos que se superpongan con el área de influencia del proyecto Pequeña Central Hidroeléctrica PCH SISGA.
17. **15DPE0979-00-2018** de 2018-02-28 habitante de la Vereda Barrancas en el municipio de Toledo manifiesta su desacuerdo con el desarrollo del proyecto e informa afectaciones específicas relacionadas con la tala indiscriminada del bosque seco tropical y el desplazamiento de la fauna nativa de la región.
18. **15DPE0934-00-2018** de 2018-25-01 residente del corregimiento puerto Valdivia denuncia afectaciones ambientales por el proyecto Hidroeléctrico Pescadero-Ituango.
19. **15DPE0928-00-2018** de 2018-03-23 habitante de la vereda El Alto del municipio de Valdivia reclama por daños ambientales y pérdida de su actividad productiva.
20. **15DPE0929-00-2018** de 2018-03-16 reclamación de compensación por afectación por el proyecto Hidroeléctrico Pescadero-Ituango.

## 8. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este trabajo se hizo una revisión sobre las consideraciones tenidas en cuenta para definir las zonas de influencia directa e indirecta en los EIA, tomando como referencia dos proyectos hidroeléctricos en los departamentos de Caldas y Antioquia Tabla 5. emblemáticos por su dimensión y producción energética, y se hizo un análisis situacional de cada uno de los proyectos a partir de la información presentadas en los EIA. En que efectivamente se caracterizan, identifican y evalúan los impactos generados por la construcción, llenado y operación de estos proyectos para la generación de energía

Se evidenciaron las condiciones de afectación directa e indirecta, social y generadas por la retención de sedimentos, aguas abajo, en relación con la construcción de las centrales hidroeléctricas.

Tabla 5. Datos de los Proyectos hidroeléctricos La Miel I e Hidroituango. Fuente: Elaboración Propia con datos de los EIA.

Datos	La Miel I	Hidroituango
<b>Finalización</b>	2002	-
<b>Volumen del embalse</b>	590 Hm <sup>3</sup>	163Hm <sup>3</sup>
<b>Capacidad</b>	396 MW	3,560 MW
<b>Régimen de caudales</b>	Bimodal	Bimodal
<b>Caudal multianual estimado</b>	87,2m <sup>3</sup> /s	1.010 m <sup>3</sup> /s
<b>Producción máxima de sedimentos</b>	5,9 Hm <sup>3</sup> /año	18,7 Hm <sup>3</sup> /año

Según los términos de referencia, el área de influencia del proyecto es la suma del área de influencia de los diferentes componentes o medios, y cada unidad mínima de análisis responde a esquemas de delimitación establecidos. Lo establecido por ANLA es que para el medio abiótico se tenga en cuenta la Resolución 601 de 2006, 601 de 2006, 909 de 2008, 2153 de 2010, 2154 de 2010 y la modelación de: contaminantes atmosféricos de interés, ruido, vertimientos, afectación en cantidad y calidad del recurso hídrico, influencia de variación en zonas de recarga de acuíferos.

Para el medio biótico generalmente el área de afectación coincide con el ecosistema, salvo presentar documentación que sustente una delimitación alternativa que no incluya el ecosistema en su totalidad. Para el medio socioeconómico se toman en consideración los municipios que reciben el impacto en su totalidad. Evidentemente hay unos mínimos términos de referencia, pero no hay valores cuantificables, eso hace sí que donde hay vacíos del derecho nazcan las fallas de las empresas, las contingencias y la falta de justicia distributiva, así como de una mínima redistribución económica que debería propiciar el ingreso de obras por intervenir y aprovechar recursos naturales locales.

El alcance del análisis de las PQRS recibidas y recuperadas no permite construir un mapa para definir una comparación clara con el área establecida en el EIA, puesto que la información contenida y accesible para la consulta es parcial. Una ulterior investigación podría indagar con más detalle la respuesta de las autoridades y los trámites burocráticos que se necesitan para volver efectiva esta accesibilidad de la información pública, pero los tiempos de la burocracia difícilmente se acuerdan a los tiempos académicos.

De igual manera la búsqueda pudo evidenciar, por el caso de Hidroituango, que los documentos comprueban la afectación que representa el embalse para los barequeros, y el impacto negativo que tiene en el imaginario común. De hecho, 14 derechos de petición sobre 20 son denuncias de habitantes de las veredas de los municipios de Valdivia, Briceño y Puerto Valdivia por las afectaciones ambientales causadas por el proyecto Hidroituango y las consecuencias sobre sus condiciones de vida y economía como mineros artesanales. Emerge más veces el concepto de compensación en las quejas que exigen

indemnizaciones por afectaciones causadas por el proyecto, hecho que señala la percepción de pérdidas económicas y de incumplimientos de las inversiones sociales y de la fase anterior al desarrollo del proyecto que determina la participación de las comunidades.

Parte del análisis de este trabajo del presente trabajo es realizar una revisión bibliográfica de las afectaciones aguas abajo de estos proyectos, reportados por la retención de sedimentos para así poder compararlas con la identificación de impactos de los dos proyectos estudiados (Tabla 6). Se muestran los impactos identificados en la revisión bibliográfica, junto con los impactos identificados de los Proyectos hidroeléctricos La Miel I e Hidroituango.

Tabla 6. Impactos ambientales aguas abajo, generados por la retención de sedimentos caracterizados e identificados en los Estudios de Impacto Ambiental de los proyectos La Miel I, Hidroituango y reportados en la bibliografía. Fuente: Elaboración propia con datos de los EIA y bibliografía presentada en el presente trabajo.

Impactos ambientales aguas abajo, generados por la retención de sedimentos caracterizados e identificados en los Estudios de Impacto Ambiental de los proyectos La Miel I, Hidroituango y reportados en la bibliografía.			
Componente	Proyecto Hidroeléctrico La Miel I	Proyecto Hidroeléctrico Ituango	Revisión Bibliográfica
Físico - Biótico	Interrupción del flujo de agua	Cambio en la dinámica fluvial	Alteración en los presupuestos de nutrientes en los sistemas fluviales
	Disminución de caudal	Transformación del comportamiento hidráulico	Intervención en los ciclos biogeoquímicos
	Cambio de fluctuaciones naturales estacionales	Interrupción del pulso de inundación (Pérdida de ambientes cenagosos)	cambios en el régimen del flujo natural
	Fragmentación del río en el sitio de la presa	Fragmentación del corredor fluvial	fragmentación de ríos de flujo libre
	Cambio en el régimen de caudal	Modificación de la pendiente	Perturba la morfología del canal
		Eliminación de formas trenzadas y meandricas	Degradación o desaparición de deltas
	Liberación de agua con características fisicoquímicas alteradas y deficientes	Liberación de agua con características fisicoquímicas alteradas y deficientes	Degradación de hábitats
			Cambios en el régimen de sedimentos
			Prevalencia de enfermedades transmitidas por el agua
	Disminución en la concentración de sedimentos suspendidos	Déficit en la carga de sedimentos transportados	Liberación de contaminantes con riesgos toxicológicos
	Alteraciones de la cadena trófica del río	Proliferación de enfermedades	Desconectividad ecología lateral y longitudinal
	Liberación de agua con características anóxicas	Liberación de agua con características anóxicas	Amenazas a la biodiversidad de agua dulce
Descarga de fondo	Cauces más abrasivo aguas abajo	Cambios en el régimen térmico	
Posibles efectos negativos sobre las poblaciones acuáticas	Posibles efectos negativos sobre las poblaciones acuáticas	Producción de gases de efecto invernadero	

Es importante mencionar que los términos de referencia para el proyecto de La Miel I fueron establecidos por el Indígena en su tiempo, y para Hidroituango son respectivamente los términos de referencia Tdr – 014, establecidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en calidad del trabajo de analizar una las afectaciones generadas por este fenómeno, se identificaron los términos de referencia actualizados para el componente hidrológico (Tabla 7), y específicamente, los relacionados con el régimen sedimentológico (Tabla 8).

Tabla 7. 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.  
Fuente: Elaboración propia con datos de los Tdr-014.

<b>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</b>	
<b>Hidrología</b>	Identificación de sistemas lénticos y lóticos
	Identificación de zonas de recarga potencial de acuíferos
	Caracterización del régimen hidrológico
	Frecuencia de presentación
	Duración
	Momento de ocurrencia
	Tasa de cambio
	Análisis de eventos externos (máximos y mínimos)
	Características fisiográficas y climáticas de la cuenca hidrográfica
	Interacción agua superficial-subterránea
	Interacción sistemas lénticos-lóticos (caudales, sedimentos, recursos hidrobiológicos)
	Análisis de los procesos hidrológicos en la cuenca de estudio
	Análisis de datos hidroclimáticos
	Análisis temporal y espacial de variables climáticas
	Características morfométricas
	Identificar la dinámica fluvial
	Series de caudales
	Estimar el índice de aridez
	Estimar el caudal ambiental
Presentar oferta hídrica disponible	
<b>Caracterización del régimen sedimentológico natural</b>	

Tabla 8. Caracterización del régimen sedimentológico natural. Fuente: Elaboración propia con datos de los Tdr-014.

<b>Caracterización del régimen sedimentológico natural</b>	Área de drenaje
	Red fluvial aguas abajo (área de influencia del componente)
	Identificación de procesos geomorfológicos
	Identificación de zonas de producción y depósito de sedimentos
	Régimen de transporte de sedimentos
	Caracterización física e hidráulica
	Balance de sedimentos
	Estimar tasas espaciales y temporales de producción y depósito de sedimentos
	Caracterización de la producción y transporte de sedimentos
	Identificación de las afectaciones sobre el régimen natural de la dinámica fluvial



Pudiendo ver la importancia de los efectos generados por estos proyectos, aguas abajo por la retención de sedimentos es importante mencionar que el área caracterizada del régimen sedimentológico natural se realizará en el área de influencia de la red fluvial del proyecto (Tabla 8), dejando por fuera afectaciones que no estén en un acto administrativo como el área de influencia, de esto se puede recalcar que el número de afectaciones en el proyecto hidroeléctrico La Miel I, caracterizó e identificó 11 impactos relaciones con el fenómeno, el Proyecto Hidroeléctrico Ituango caracterizó e identificó 12 impactos, ambos proyectos cumpliendo con los términos de referencia establecidos por sus respectivas autoridades ambientales (Tabla 7 y Tabla 8), sin embargo en la búsqueda bibliográfica se pudieron identificar 14 impactos (Tabla 6).

Uno de los impactos más relevantes son las alteraciones en los presupuestos de nutrientes en los sistemas fluviales y la intervención de los ciclos biogeoquímicos, estos no estuvieron caracterizados e identificados en los dos proyectos estudiados, incluso, en la actualidad muy pocos autores han estudiado cómo los proyectos de generación de energía hidroeléctrica han afectado estos diferentes impactos, generados por la retención e intervención de las diferentes dinámicas externas e internas que manejan los sedimentológicos en los sistemas fluviales, los cuales, en un contexto, no son considerados como objeto de importancia para un estudio detallado de su intervención por la metodología aplicada (Tabla 8).

## 9. CONCLUSIONES

La contaminación y el agotamiento de los recursos naturales dependen en buena medida de las actividades de las grandes empresas dedicadas a su explotación para extraer beneficios económicos. Esto responde a un sistema de desarrollo económico y de pensamiento que reposa sobre una lógica de consumo no sostenible que está causando afectaciones irremediables a la salud y a las condiciones de vida de la población demostrando también los límites de absorción y auto recuperación que tiene nuestro entorno natural. Es necesario entonces pensar en estrategias que conviertan esta tendencia de manera inmediata, en estrategias que apunten a la sostenibilidad, las cuales no admiten alternativas o esperas. Por lo tanto, la adaptación de las empresas para respetar los parámetros establecidos en la normativa ambiental, y la legislación misma, deben representar una efectiva garantía para la conservación de los recursos naturales. Para poder lograr que la perspectiva de conservación sea también conforme con los nuevos horizontes del derecho ambiental, como los derechos de las futuras generaciones, o el reconocimiento de la naturaleza como sujeto de derecho, e igualmente, por los desafíos ocasionados en el escenario actual de cambio climático global, hay que garantizar que la normativa sea conforme ella misma con prerrogativas de justicia ambiental y nuevas perspectivas de desarrollo.

Lo anterior significa exigir, como compromiso mínimo para las empresas y como prioridad para el estado, que los intereses del ciudadano y del ambiente sean antepuestos a los del sector minero energético. Cabe pensar en la construcción de instrumentos administrativos que involucren la participación activa de la población en los procesos de toma de decisiones relativos a su propio desarrollo, para garantizar la sobrevivencia de las formas de vida biológicas y de las manifestaciones culturales que mantienen vivo el territorio, ya que en el esquema técnico político vigente priman la economía y la consecuente explotación de recursos de manera no sostenible.

Es así, que los instrumentos de compensación y el dibujo mismo de los proyectos de generación de energía son un campo en donde sería necesario hablar de justicia hídrica y procedimental, e involucrar estas y otras nuevas perspectivas en la reconstrucción de las metodologías que deciden cuáles obligaciones y derechos pueden asumir las empresas sobre los recursos, el territorio y la gente, y cuales derechos realmente tienen los ciudadanos. Hablar de justicia hídrica es hablar de distribución del recurso, de la distribución del impacto y del riesgo en la producción de energía, como también de ganancias y acceso a los servicios (Rojas, 2011).

Las afectaciones ambientales y sociales analizadas demuestran cómo los espacios dejados abiertos por la normativa corresponden a consecuentes fallas de los procesos de implementación de los proyectos, obras, o planes de manejo, e incongruencias con la realidad vivencial de la población y sus expectativas de desarrollo. De aquí nace la realidad de la violencia sistemática que vive el sector rural de la población a nivel nacional, una realidad de desplazamientos y vulneraciones constantes que son legitimados, y en ocasiones propiciados por la realidad política (P. De Lombaerde, 2000).

Es evidente a lo largo del texto, analizando la identificación de los impactos producidos por la retención de sedimentos; las Tablas 1,2,3 y 6 reflejan que este tipo de proyectos hidroeléctricos en Colombia vienen acompañados de graves efectos consigo, y se pone de manifiesto que la herramienta de la Evaluación de Impacto Ambiental, aplicada de acuerdo a sus respectivos términos de referencia, no puede cuantificar adecuadamente cual es el daño ecológico que pueda producir el componente sedimentológico aguas debajo de estos

proyectos, los cuales van desde la fragmentación hasta la desconexión ecológica longitudinal y transversal de los corredores fluviales (Zarfl C. and Lucia A. 2018)(Toro, et al, 2018).

En el caso de las llanuras aluviales, las cuales generan, en acoplamiento con el pulso de inundación, unas dinámicas de interacción entre la superficie terrestre y acuática o los sistemas lénticos-lóticos (Nakayama, Et al. 2018)(Toro, et al, 2018), son privadas de los sedimentos generados de las zonas de producción, degradando también las zonas de transporte y deteriorando las zonas de sedimentación; esta interrupción afecta sistemas cenagosos de alto valor en la prestación de servicios ecosistémicos (Mayorca Torres & Muñoz Lizarazo, 2017 ), en el balance de nutrientes e interrupción o afectación de los ciclos biogeoquímicos (Liu Y. Et al, 2019) (Zarf L C. and Luca A. 2018) (Suárez, Paola A. Et al. 2018), además que actualmente, son pocos los investigadores que miden cualitativamente la retención de nutrientes, en relación con las afectaciones que pueda traer consigo en los ecosistemas fluviales aguas abajo del área de influencia, y que en la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental de los proyectos estudiados no hubo información muy relevante sobre este tema.

En particular, se demuestra a través del análisis de datos que existen unos cambios, previsibles, generados por los grandes embalses hacia las zonas aguas abajo de las represas. Aunque los estudios de impacto involucren análisis de líneas bases y matrices de previsión de impacto que prevén este tipo de afectaciones, la legislación no define los límites geográficos que puedan alcanzar las consecuencias de los cambios establecidos.

El resultado son afectaciones ambientales y sociales que provocan el desarraigo y el desplazamiento de un gran número de personas, además de afectaciones que no resultan compensadas o mitigadas adecuadamente, por no estar los residentes en los municipios considerados en las áreas de afectación declaradas en los EIA. Los habitantes de municipios como Tarazá, Cáceres, Caucasia, que se encuentran aguas abajo del proyecto hidroeléctrico Ituango, no reciben compensaciones integrales por no estar considerados en el estudio de impacto ambiental, aunque los cambios descritos en el desarrollo del presente documento involucran zonas que llegan hasta el depósito costero de los sedimentos en la zona costera.

El considerar en los EIA todas las áreas efectivamente interesadas en función de los diversos impactos esperados, y exigir que el costo económico del proyecto considere y calcule la reparación de todos ellos, es un cambio que significa una remodelación estructural, sobre todo en relación con una justa aplicación de la normativa, de los instrumentos de aplicación de la misma y de la visión de conservación ambiental que el país se propone tener, bajo la perspectiva de desarrollo sostenible, tal como lo establece la Constitución de 1991.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Á.M. Gutiérrez & M.D. Granados Ortiz, (2007). Valoración de impactos y evaluación económica en rehabilitación de cuencas, Caso cuenca río Toná, Rev. AVANCES EN RECURSOS HIDRÁULICOS N. 15, Medellín.
2. Viviescas Santana, (2014) Trabajo de Grado para título de Especialización en Planeación Ambiental y Manejo Integral de Recursos Naturales, “Caracterización de Impactos Ambientales y Sociales generados por la construcción de grandes centrales hidroeléctricas en el país”, Bogotá, 2014
3. E. S. Dos Santos, A. C. Da Cunha, H. F. Albuquerque Cunha, (2017). Hydroelectricpowerplant in the Amazon and socioeconomicimpactsfishermen in Ferreira Gomes County.In: Ambiente & Sociedade (20), 191-208, Secretaria Editorial da Revista Ambiente e Sociedade.
4. Aspectos jurídicos ambientales para proyectos de generación de energía, Comisión de Regulación de Energía y Gas – CREG, Ministerio Ambiente, Colombia, 2008
5. Silvano A. M., Juras A., Begossi A., Clean energy and poor people: ecological impacts of hydroelectric dams on fish and fishermen in the Amazon rainforest. 5th International Conference on Energy, Environment, Ecosystems and Sustainable Development (EEESD '09), GREECE, 2009
6. Departamento Nacional de Planeación. (2009). Proyecto Hidroeléctrico Porce IV. Medellín.
7. ISAGEN. (2013). Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso. Medellín.
8. Empresas Públicas de Medellín. (2011). Proyecto Hidroeléctrico Ituango. Medellín.
9. Unidad de Planeación Minero Energética. (2011). Proyecto Central Hidroeléctrica El Quimbo.
10. Sadaoui, M., Ludwig, W., Bourrin, F. & Romero, E. (2018) The impact of reservoir construction on riverine sediment and carbon fluxes to the Mediterranean Sea. Prog. Oceanogr.(163), 94–111.
11. Zarfl, C. & Lucía, A. (2018) The connectivity between soil erosion and sediment entrapment in reservoirs. Curr. Opin. Environ. Sci. Heal.5, 53–59.
12. Liu, Y., Deng, B., Du, J., Zhang, G. & Hou, L. (2019) Nutrient burial and environmental changes in the Yangtze Delta in response to recent river basin human activities. Environ. Pollut.249, 225-235.
13. Liu, C., Walling, D. E. & He, Y. (2018) Review: The International Sediment Initiative case studies of sediment problems in river basins and their management. Int. J. Sediment Res.33, 216–219.
14. Yang, H. F. et al. (2018) Human impacts on sediment in the Yangtze River: A review and new perspectives. Glob. Planet. Change 162, 8–17.
15. Espa, P., Brignoli, M. L., Crosa, G., Gentili, G. & Quadroni, S. (2016) Controlled sediment flushing at the Cancano Reservoir (Italian Alps): Management of the operation and downstream environmental impact. J. Environ. Manage.182, 1–12.

16. Wang, Y., Rhoads, B. L., Wang, D., Wu, J. & Zhang, X. (2018) Impacts of large dams on the complexity of suspended sediment dynamics in the Yangtze River. *J. Hydrol.*558, 184–195.
17. PLAN DE EXPANSIÓN DE REFERENCIA GENERACIÓN – TRANSMISIÓN 2015 – 2029
18. Ley 1955 de 2019, Plan Nacional de Desarrollo, “Pacto por Colombia, pacto por la equidad”, Ministerio del Interior.
19. J. Afanador, (2018), Poderes fácticos y megaobras de infraestructura, Ideas Verdes 13.
20. J. Toro Calderon, (2013) Métodos de Evaluación de Impacto ambiental en Colombia.
21. I. D. Coria, (2008), Evaluación de impacto ambiental: características y metodologías, *INVENIO* 11 (20), 125-135.
22. E. G. Nannetti, P. Leyva, (2015), La gestión ambiental en Colombia, 1994-2014: ¿Un esfuerzo insostenible?, Fescol.
23. M. García, N. y G. González (2013). Los derechos ambientales frente a ‘otras prioridades. Estudio de un caso emblemático. *JURÍDICAS*. No. 1, Vol. 10, pp. 181-196. Manizales: Universidad de Caldas.
24. J. Rojas (2011) Injusticia hídrica en Colombia: un esbozo, en *Justicia hídrica*, Rutgerd Boelens, Leontien Cremers y Margreet Zwarteveen. Lima: IEP; Fondo Editorial PUCP, (Agua y Sociedad, 15. Serie Justicia Hídrica, 1), 279-297.
25. Hidromiel s.a. (1994) Estudio de impacto ambiental central Hidroeléctrica Miel I.
26. EPM Ituango, (2011) Actualización del Estudio de Impacto Ambiental.
27. Philippe De Lombaerde (2000). "La economía política de la política comercial en Colombia: la influencia de los gremios en la formulación de la política comercial". *Colombia Internacional*, n.o 48 : 78-110.
28. Contraloría General de la República (2018). Informe auditoria de cumplimiento.
29. Ochoa, V., Marín, W.J. y Osejo, A. (2017). Valoración de los servicios ecosistémicos asociados al área de influencia. Informe técnico final. Convenio 15-121.