

UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# **Análisis de la viabilidad de la hidroelectricidad en Colombia**

**Javier Orlando Bacca García**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias Económicas, Instituto de Estudios Ambientales IDEA  
Bogotá D.C., Colombia  
2019



# **Análisis de la viabilidad de la hidroelectricidad en Colombia**

**Javier Orlando Bacca García**

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Magister en Medio Ambiente y Desarrollo**

Director (a):

Dr., José Javier Toro Calderón

Línea de Investigación:

Estudios de Impacto Ambiental

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Económicas, Instituto de Estudios Ambientales IDEA

Bogotá D.C., Colombia

2019



*A mi familia, ellos han sido mi voz de aliento,  
mi alegría y mi mayor motivación en este  
proceso.*

*“El agua es la fuerza motriz de toda la  
naturaleza”*

*Leonardo Da Vinci.*



## **Agradecimientos**

A aquellas personas que contribuyen en mi formación día tras día, colaborándome en el desarrollo de mis metas académicas, a mis padres, a mi hermano y a mi familia, por su apoyo incondicional y la fe depositada en mí; agradezco al profesor José Javier Toro, quién me guío en el camino académico, convirtiéndose en un gran aliado para el desarrollo del documento y al Instituto de Estudios Ambiental IDEA por el compromiso de sus docentes y el apoyo prestado para el desarrollo y la culminación de este trabajo; de manera especial agradezco a la Universidad Nacional, la cual es, fue y será, mi hogar formador de una conciencia crítica sobre la situación del país .



## Resumen

Las dinámicas económicas en la actualidad y el aumento exponencial de la demografía intensifican la celeridad en los procesos de obtención de energía eléctrica, incentivando la construcción de proyectos de infraestructura, cada vez de mayor envergadura. Dentro de estos resaltan las Centrales Hidroeléctricas (C.H.), las cuales se han convertido en una prioridad en el país, debido a la favorabilidad en su implantación; teniendo en cuenta las condiciones geográficas, hídricas y topográficas existentes y su alta capacidad para la obtención de energía. Por esta razón, se han ubicado estratégicamente en el primer lugar de generación en el Sistema Eléctrico Nacional.

En el trabajo se analizó el modelo de producción desde una perspectiva ambiental, teniendo como base los impactos ambientales directamente relacionados desde sus fases de ejecución y funcionamiento, así como la vulnerabilidad en la prestación del servicio, la cual está relacionada de manera intrínseca con la variabilidad climática del país y sus fenómenos meteorológicos; posteriormente se presenta el caso: "Hidro-Sogamoso", que permite analizar las principales consecuencias y efectos de los megaproyectos sobre los grupos sociales, en especial, sobre los pescadores y comunidades que viven de actividades económicas a las riberas de los ríos. Finalmente, se presentan algunas recomendaciones y conclusiones en cuanto a la alta dependencia en esta tecnología.

**Palabras clave:** Central hidroeléctrica, Impacto ambiental, Variabilidad climatológica, Hidro-Sogamoso.

## Abstract

The economic dynamics at present and the exponential increase of the demography, they intensify the speed in the processes of obtaining electric power, stimulating the project construction of infrastructure, every time of major importance. Inside these they highlight the Hydroelectric Power Stations (P.S.), which have turned into a priority into the country, due to the disposition for his execution, having in it counts the geographical, water and topographic existing conditions and his high capacity for the generation of energy. For this reason, they have been located strategically in the first place of development in the Electrical National System.

In the journal the model of production was analyse from an environmental perspective, taking as a base the environmental impacts directly related to his phases of execution and functioning, as well as to the vulnerability in the service, which is related in an intrinsic way to the climatic variability of the country and his meteorological phenomena; at the same time one analysis the case: "Hidro-Sogamoso", who allows to present the principal consequences and effects of these megaprojects on the social groups, especially, on the fishermen and communities that live of activities to the banks of the rivers. Finally, they present some recommendations and conclusions as for the high dependence in this technology.

**Keywords:** Hydroelectric power station, environmental Impact, climatological Variability, Hidro-Sogamoso.

# Contenido

	Pág.
<b>Resumen .....</b>	<b>IX</b>
<b>Lista de figuras .....</b>	<b>XIII</b>
<b>Lista de tablas .....</b>	<b>XV</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Análisis de la generación de Energía Hidroeléctrica en Colombia .....</b>	<b>5</b>
1.1 Generación de energía y crecimiento demográfico.....	5
1.2 Fuentes de energía empleadas en Colombia.....	10
1.3 Principales fuentes de energía hidroeléctrica en Colombia .....	14
1.3.1 Tipos de hidroeléctricas y su clasificación .....	14
1.3.2 Principales centrales hidroeléctricas.....	18
<b>2. Impactos ambientales de las hidroeléctricas .....</b>	<b>25</b>
2.1 Principales beneficios de las hidroeléctricas .....	28
2.2 Principales efectos / impactos ambientales de las hidroeléctricas .....	30
2.2.1 Afectaciones físicas.....	31
2.2.2 Afectaciones Biofísicas .....	36
2.2.3 Afectaciones socio económicas .....	40
<b>3. Vulnerabilidad del servicio eléctrico relacionado con la variabilidad climática 45</b>	
3.1 Potencial hídrico de Colombia .....	46
3.2 Variabilidad climática en Colombia.....	50
3.3 Vulnerabilidad del sistema ante los desabastecimientos .....	55
3.4 Vulnerabilidad regional del sistema .....	59
<b>4. Caso Hidrosogamoso .....</b>	<b>67</b>
4.1 Ubicación de Hidrosogamoso .....	68
4.2 Caracterización de la zona de influencia .....	69
4.3 Características del proyecto .....	77
4.4 Modificaciones y cambios al EIA .....	80
4.5 Importancia del territorio y descontento social .....	83
4.6 Relación de impactos ecosistémicos, socioculturales y económicos .....	85
4.7 Aumento de la vulnerabilidad por apertura de compuertas .....	89
<b>5. Recomendaciones y conclusiones .....</b>	<b>93</b>
5.1 Recomendaciones .....	93
5.2 Conclusiones.....	96

**Bibliografía ..... 99**

## Lista de figuras

	Pág.
<b>Figura 1-1:</b> Estimación de la población mundial (1950-2050) .....	6
<b>Figura 1-2:</b> Estimación de la población en Colombia (1985-2020).....	7
<b>Figura 1-3:</b> Consumo de energía eléctrica Mundial (kWh per cápita) .....	8
<b>Figura 1-4:</b> Consumo de energía eléctrica en Colombia (kWh per cápita) .....	9
<b>Figura 1-5:</b> Comparativo de consumo de energía eléctrica (kWh per cápita) .....	10
<b>Figura 1-6:</b> Participación por tecnología en la matriz eléctrica. ....	11
<b>Figura 1-7:</b> Producción de energía hidroeléctrica de países Latinoamericanos en porcentaje. ....	12
<b>Figura 1-8:</b> Comparación de Producción de energía hidroeléctrica con el resto del mundo en porcentaje. ....	13
<b>Figura 1-9:</b> Esquema básico de centrales de agua fluyente.....	15
<b>Figura 1-10:</b> Esquema básico de centrales de Embalse .....	16
<b>Figura 1-11:</b> Esquema básico de Centrales de Bombeo .....	17
<b>Figura 1-12:</b> Esquema básico de Centrales de corrientes de marea .....	17
<b>Figura 1-13:</b> Generación estimada de electricidad de las principales hidroeléctricas .	20
<b>Figura 2-1:</b> Comparación de especies icticas de la represa El Quimbo en sus fases. ....	38
<b>Figura 3-1:</b> Precipitación Media Total Anual- Promedio Multianual 1981-2010. ....	48
<b>Figura 3-2:</b> Demanda hídrica del año 2012.....	49
<b>Figura 3-3:</b> Demanda hídrica del año 2016.....	50
<b>Figura 3-4:</b> Comparación de temperaturas y precipitaciones anuales (1991-2015) ..	52
<b>Figura 3-5:</b> Comparación mes a mes de precipitaciones y temperaturas anuales. (1991-2015) ..	53
<b>Figura 3-6:</b> Régimen de precipitaciones para algunas zonas de Colombia. ....	54
<b>Figura 3-7:</b> Relación del porcentaje de afectación anual y el índice oceánico del Niño ONI .....	55
<b>Figura 3-8:</b> Volúmenes de agregados de embalses en porcentaje para los años 90.56	
<b>Figura 3-9:</b> Volúmenes útil agregado de embalses en porcentaje. ....	57
<b>Figura 3-10:</b> Volúmenes útil agregado en porcentaje por embalse (2016-2017).....	58
<b>Figura 3-11:</b> Volúmenes útil agregado en porcentaje por mes año 2016 .....	59
<b>Figura 3-12:</b> Promedio de capacidad útil de energía GWh (2013-2018).....	60
<b>Figura 4-1:</b> Locación general de la central hidroeléctrica Sogamoso.....	68
<b>Figura 4-2:</b> Localización específica de la central hidroeléctrica y la represa .....	70

---

<b>Figura 4-3:</b>	Población urbana y rural del área de influencia directa (años 2005,2010, 2015)	71
<b>Figura 4-4:</b>	Población urbana y rural del área de influencia indirecta (años 2005, 2010, 2015)	72
<b>Figura 4-5:</b>	Población por género en el área de influencia directa. ....	73
<b>Figura 4-6:</b>	Población por género en el área de influencia indirecta. ....	73
<b>Figura 4-7:</b>	Representación etaria del municipio de Girón (2010).....	74
<b>Figura 4-8:</b>	Representación etaria del municipio de Betulia (2010).....	75
<b>Figura 4-9:</b>	Representación etaria del municipio de Zapatoca (2010).....	75
<b>Figura 4-10:</b>	Representación etaria del municipio de San Vicente de Chucurí (2010)	76
<b>Figura 4-11:</b>	Representación etaria del municipio de Los Santos (2010) .....	76
<b>Figura 4-12:</b>	Represa Hidrosogamoso en construcción (2014) .....	79
<b>Figura 4-13:</b>	Represa Hidrosogamoso aguas abajo (2014).....	80

## Lista de tablas

	Pág.
<b>Tabla 1-1:</b> Categorías de Hidroeléctricas por capacidad de generación .....	18
<b>Tabla 1-2:</b> Principales centrales Hidroeléctricas (C.H.) de embalse en Colombia (2018) 19	
<b>Tabla 3-1:</b> Valores para el cálculo de la vulnerabilidad .....	60
<b>Tabla 3-2:</b> Valoración de la vulnerabilidad a partir del promedio de volumen útil diario % (2016) .....	62
<b>Tabla 3-3:</b> Valoración de la vulnerabilidad a partir del promedio de volumen útil diario % (2017) 63	
<b>Tabla 3-4:</b> Valoración de la vulnerabilidad a partir del promedio de volumen útil diario % (2013-2018) .....	64
<b>Tabla 4-1:</b> Población del área directa de influencia (años 2005, 2010, 2015).....	70
<b>Tabla 4-2:</b> Población del área indirecta de influencia (años 2005, 2010, 2015).....	72
<b>Tabla 5-1:</b> Potencial solar por región .....	93
<b>Tabla 5-2:</b> Potencial eólico por región .....	94



# Introducción

Actualmente el mundo está inmerso en diversas dinámicas económicas, sociales y culturales, que, influenciadas por numerosos factores, como el capitalismo, el libre mercado, el consumismo y la globalización, estimulan un aumento en la presión sobre los ecosistemas. De acuerdo con Londoño, (2006) la problemática ambiental es el paradigma de la sociedad de consumo que predomina y cuyo tren de utilización de recursos naturales, se viene consolidando casi sin fronteras en todas las naciones, sean desarrolladas o en vía de desarrollo. Esta situación es agravada por el crecimiento exponencial de la demografía, fomentando una mayor apropiación de recursos, bienes y servicios; con el perjuicio de que los actores económicos desconocen reiteradamente las numerosas y complejas interacciones de los componentes ambientales. Adicionalmente, el Gobierno Nacional en diferentes niveles, ha promovido la extracción de recursos, a partir de la premisa del crecimiento económico como un factor de desarrollo de la sociedad, sin embargo, en un sinnúmero de casos, este no se refleja de manera proporcional al aumento de bienestar integral de la población.

Partiendo de este contexto, se puede observar que los consumos energéticos de los países, van en un acelerado crecimiento y se perfilan como un eje fundamental de la modernidad, en especial, por parte de las naciones más industrializadas, teniendo en cuenta que se considera como un factor esencial para el progreso, razón por la cual son estas naciones las que se encargan de fomentar proyectos, actividades y planes para la obtención de recursos energéticos, particularmente en países en vía de desarrollo, donde se proyectan esquemas y modelos basados en el extractivismo minero energético, sin desconocer, que a nivel nacional existen actores económicos interesados en la propagación y difusión de estos modelos, lo anterior genera que diversos sectores sociales instauren una acérrima oposición a su implantación, bajo la consideración de que los diseños planteados generan impactos ambientales a una escala significativa, además de evidenciar que las compañías mediante sus estudios ambientales no miden a profundidad

las afectaciones, sumado al argumento del desconocimiento de las complejas relaciones que se establecen entre ambos sectores a lo largo del tiempo, y que requieren una mirada desde lo ecológico, social, económico y cultural.

Las condiciones físicas del país desde sus componentes geográficos, topográficos y la riqueza hídrica, existe una gran potencialidad para la transformación de diversas fuentes de energías, en especial la obtenida a partir de las centrales hidroeléctricas. En la actualidad aproximadamente el 70% de energía que se genera en Colombia proviene de este tipo de tecnología.

Además, esta tecnología se asocia con la implementación de proyectos de infraestructura a gran escala, la cual posee un patrón de expansión, que consiste en aumentar la generación eléctrica para exportar los excedentes del consumo local hacia los mercados vecinos como son los países de Venezuela, Panamá, Ecuador, entre otros. Lo anterior se constata con el dato de exportación de energía hacia Ecuador, según el Ministerio de Minas y Energía- República de Colombia, (2012-2013), se acota que entre los años 2003 y el 2012, se exportó un total de 10.983,6 GWh, por valor de US\$ 895,2 millones, convirtiéndolo en un mercado atractivo para las inversiones.

De acuerdo a los anteriores argumentos, se puede observar que el país ha enfocado la mayoría de sus esfuerzos en fortalecer la producción de energía y la extracción de minerales, convirtiendo el desarrollo del sector en una prioridad para la formulación de lineamientos y políticas, como se infiere de los últimos mandatos gubernamentales y mediante la enunciación de la importancia de esta actividad en sus Planes Nacionales de Desarrollo, tal y como se presenta en el Plan de Desarrollo 2010-2014 “Prosperidad Para Todos” y “Todos Por un Nuevo País” 2014-2018.

El Gobierno ha citado que el sector minero energético juega un papel clave para garantizar el desarrollo económico sostenido e inclusivo en el país, Departamento Nacional de Planeación, (2015), durante los últimos mandatos desde los años 90 se ha considerado el mismo enfoque, apalancando proyectos considerados de interés nacional, como es el caso de las centrales: “Hidrosogamoso”, “El Quimbo” e “HidroItuango”, entre otras, aunque estas han generado un sin número de controversias a nivel ambiental, presentando inconvenientes de todo tipo, desde la concepción hasta la ejecución.

Sumado a lo anterior, en la generación de energía eléctrica, la variabilidad climatológica, es un factor trascendental, dado que en el país se presenta una amenaza latente, en relación con la disponibilidad del recurso hídrico, teniendo en cuenta que el cambio climático ha ocasionado que los fenómenos naturales incrementen su intensidad y duración, en especial, el ciclo de ENOS o ENSO (siglas en inglés) o comúnmente conocido como el Fenómeno del Niño, cuyo efecto principal en Colombia es la disminución de precipitaciones; y la baja de los niveles al límite de los umbrales críticos para la producción de energía, amenazando de esta forma el abastecimiento del recurso en amplias regiones del país.

El objetivo principal de este trabajo es analizar la viabilidad de la generación hidroeléctrica, valorando la pertinencia del modelo a la escala proyectada, el tipo de obras realizadas y las afectaciones ambientales. La conceptualización del ambiente en este escrito se circunscribe a las relaciones sociedad-naturaleza planteada por Augusto Ángel Maya, quien define el ambiente como la interacción entre la cultura y los ecosistemas, donde la cultura es intrínseca a las actividades del ser humano, es decir, que lo ambiental se refiere no solamente al ámbito de lo biofísico, sino que incluye la dimensión social, económica y cultural que es producto del pensamiento y las acciones humanas. Desde este concepto se analiza la generación desde dos enfoques: el primero, son los impactos ambientales de mayor significancia relacionados con el desarrollo y funcionamiento de las centrales hidroeléctricas, y el segundo, que el sistema no tenga un alto grado de vulnerabilidad ante los efectos climatológicos que se presentan en ciertos lapsos.

Por lo tanto, se realiza una revisión de la producción de energía eléctrica en el país y las características de las centrales hidroeléctricas actuales, así como las proyectadas para una ejecución a corto plazo. En el siguiente capítulo se analizan los impactos ambientales más significativos asociados a las mismas, en especial los generados sobre el recurso hídrico, para luego revisar la variabilidad y los fenómenos climatológicos, especialmente el ciclo de ENOS o ENSO o Fenómeno del Niño, para analizar la vulnerabilidad del sistema de producción de energía hidroeléctrica del país. Posteriormente se presenta, a manera ejemplarizante, la central hidroeléctrica “Hidrosogamoso”, mostrando los principales inconvenientes en su creación desde el impacto términos sociales y se finaliza con las conclusiones y algunas recomendaciones al actual modelo de generación.



# 1. Análisis de la generación de Energía Hidroeléctrica en Colombia

Es importante conocer las diversas formas de producción de energía para determinar la dependencia de estas tecnologías y su grado de implementación, teniendo en cuenta que el uso en mayor o menor proporción depende en la mayoría de los casos de la disponibilidad de los recursos y la facilidad de la transformación, así como de la capacidad que se encuentra instalada para el aprovechamiento. A continuación, se presentan las características más relevantes del sistema de generación de energía eléctrica en el país y su relación con el crecimiento demográfico.

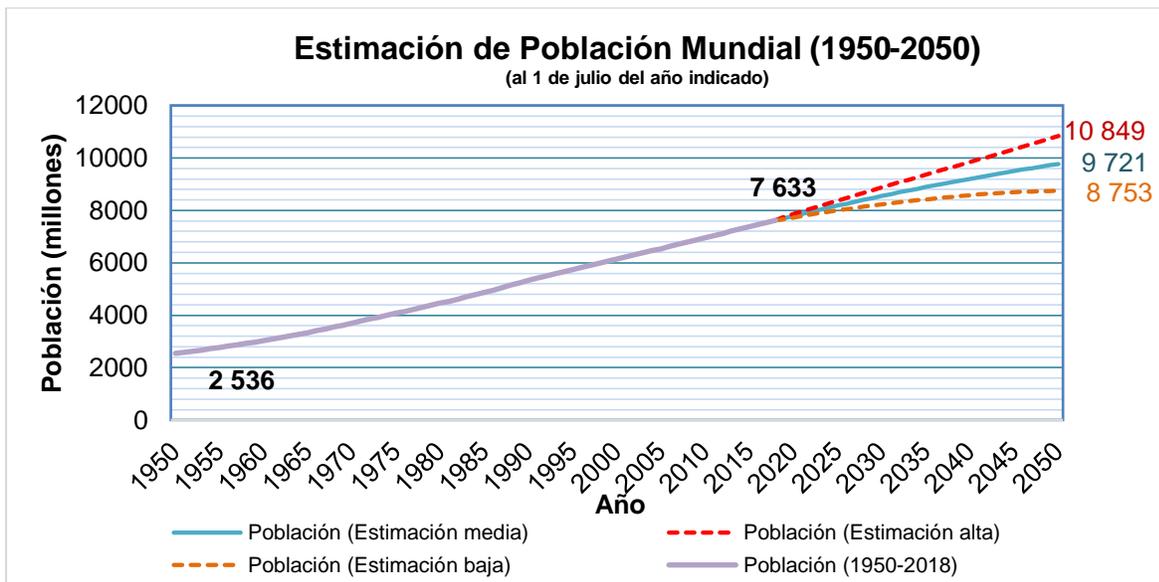
## 1.1 Generación de energía y crecimiento demográfico

Constantemente, se incrementa la demanda de recursos energéticos obtenidos a partir de los bienes naturales, por lo tanto, la energía se convierte en un factor determinante para el desarrollo. La humanidad ha empleado diferentes métodos para su obtención, desde la biomasa para hacer fogatas en tiempos prehistóricos, hasta el desarrollo de tecnologías avanzadas como las plantas nucleares y otras como el agua, el viento y las mareas, al respecto Pacheco et al, (2015) señalan la evidencia histórica, conceptual y empírica muestra a los recursos naturales energéticos como fundamentales en la estructura organizacional moderna, y como los factores potenciadores del crecimiento productivo experimentado desde el siglo XVIII hasta la actualidad.

Las dinámicas actuales en que se encuentra inmersa la sociedad contribuyen al consumo y la producción de bienes y servicios. Según lo concluido en el Club de Roma por Meadows et al (1972) *“Si las tendencias de crecimiento actuales en la población mundial, la industrialización, la contaminación, la producción de alimentos y el agotamiento de los recursos continúan sin cambios, los límites para el crecimiento en este planeta serán*

alcanzados en algún momento dentro de los próximos cien años”, a lo que M. Asif, (2007) agrega consideraciones sobre la creciente y acelerada demanda global de energía, la cual se relaciona con el incremento de la población, la urbanización y la modernización. Se presentan en la **Figura 1-1**, los datos de proyecciones estimadas por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), para el crecimiento de la población mundial desde el año 1950 a la fecha actual, la cual se ha triplicado incluso, bajo los escenarios planteados, ésta se puede cuadruplicar y quintuplicar en treinta años. Si se conserva la misma tendencia exponencial de las últimas décadas, hacia el año 2050 se tendría un aproximado de diez mil millones de habitantes, desencadenando así una mayor presión sobre los bienes y servicios prestados por la naturaleza.

**Figura 1-1:** Estimación de la población mundial (1950-2050)

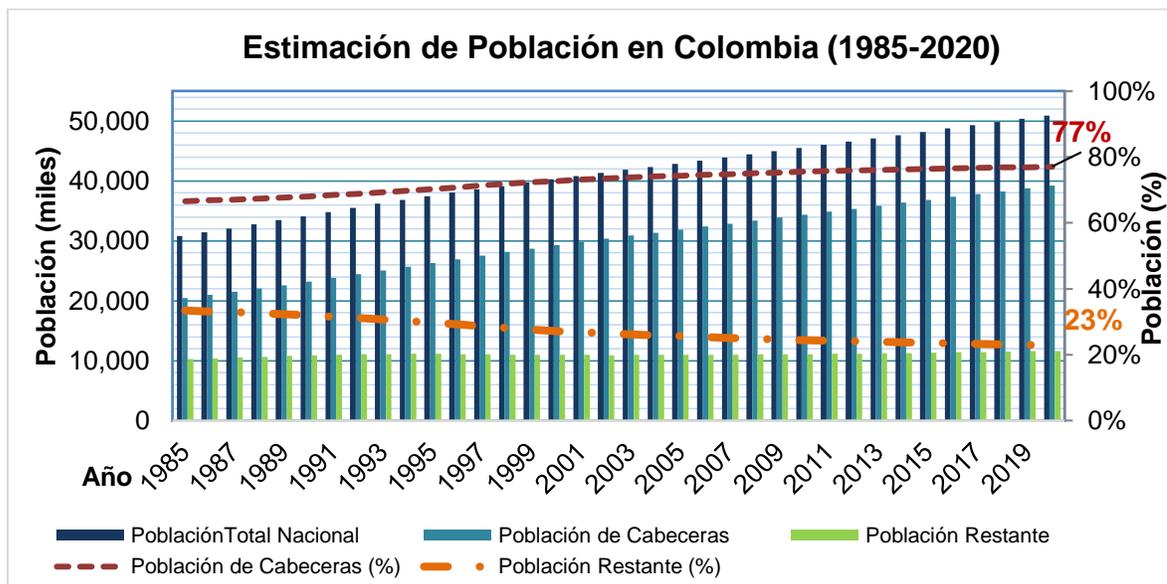


Fuente: Elaboración propia a partir de datos de World Population Prospects: The 2017.

Colombia no ha sido ajena a esta tendencia mundial, tal y como se observa en la **Figura 1-2** el crecimiento de la población entre 1985 y 2020. Según la proyección realizada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), los datos reflejan una constante en el crecimiento, en la que el país ha incrementado sus individuos en aproximadamente 65% desde hace aproximadamente treinta y tres años, linealidad que se ha mantenido pese a la violencia interna y los problemas de orden público presentados en los últimos cincuenta años. De la misma manera, se evidencia la tendencia del aumento en la cantidad de gente localizada en las cabeceras municipales, estimando que para el

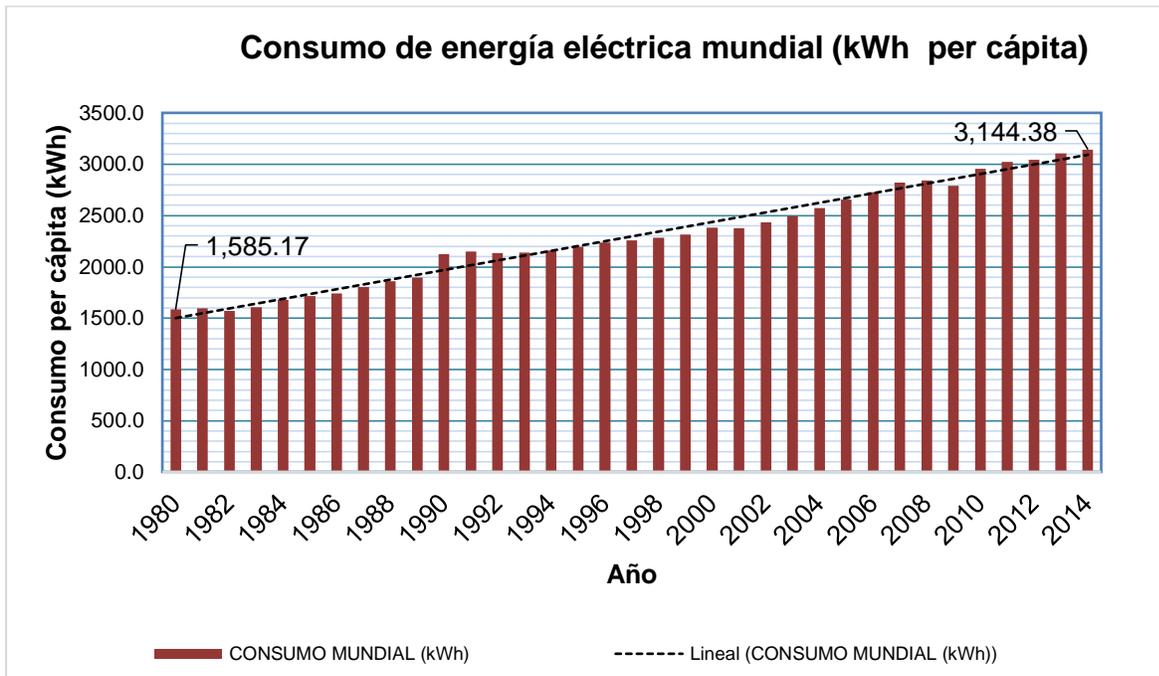
año 2020 aproximadamente un 77% se localizará en las urbes, lo que, desde la mirada de la ecología económica, es un hecho muy desfavorable, considerando el incremento de la demanda energética y el aumento de la disposición de residuos de las ciudades. Tal como lo plantea Delgado et al (2012), el aumento de complejidad de la ciudad desencadena el incremento de los flujos de entrada y salida, generando que los espacios urbanos sean insostenibles e inviables a largo plazo, en términos biofísicos, sociales y ecológicos.

**Figura 1-2:** Estimación de la población en Colombia (1985-2020)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Departamento Administrativo Nacional de estadística DANE. (2010)

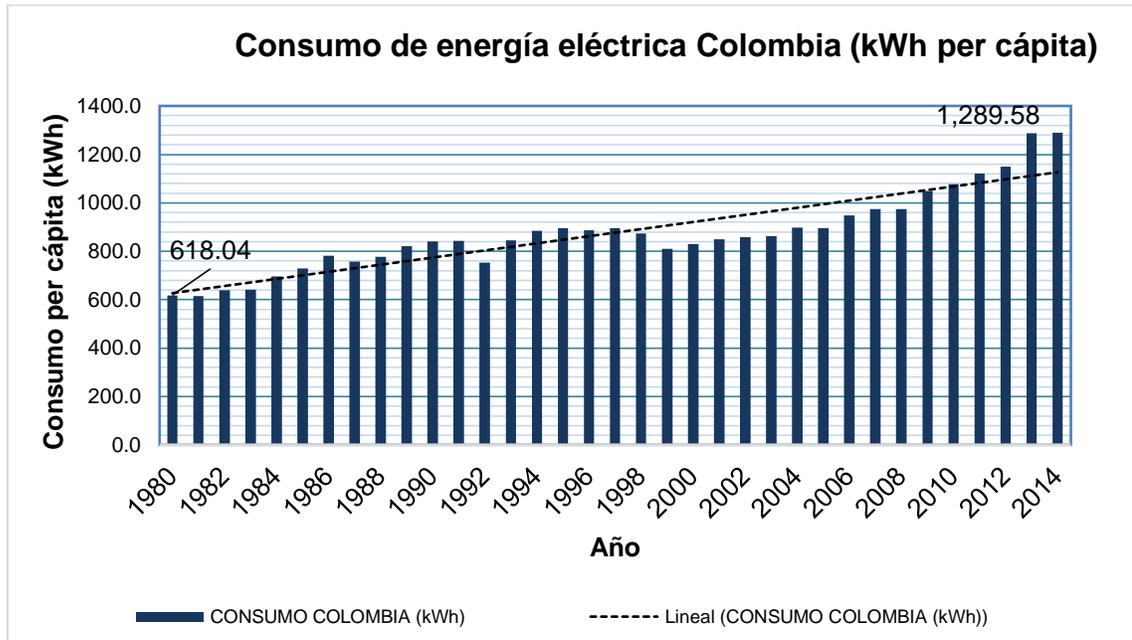
De forma análoga y según los datos del Grupo Banco Mundial (2016), entre la década de 1980 y el año 2014, se ha duplicado el consumo per cápita a nivel mundial (**Figura 1-3**), en este proceso de expansión de la demanda y el consumo energético, Colombia ha presentado una tendencia similar; en la **Figura 1-4** se observa un comportamiento creciente con algunos valles en temporadas especiales. Estas desaceleraciones en el consumo están propiciadas por fenómenos de tipo ambiental, como lo resalta Macías y Andrade, (2013) señalan que el comportamiento respecto a la demanda de energía se relaciona con el comportamiento económico del país, v.gr., el racionamiento eléctrico de 1992, la recesión económica de 1999 y la desaceleración económica del 2009.

**Figura 1-3:** Consumo de energía eléctrica Mundial (kWh per cápita)

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial (2018).

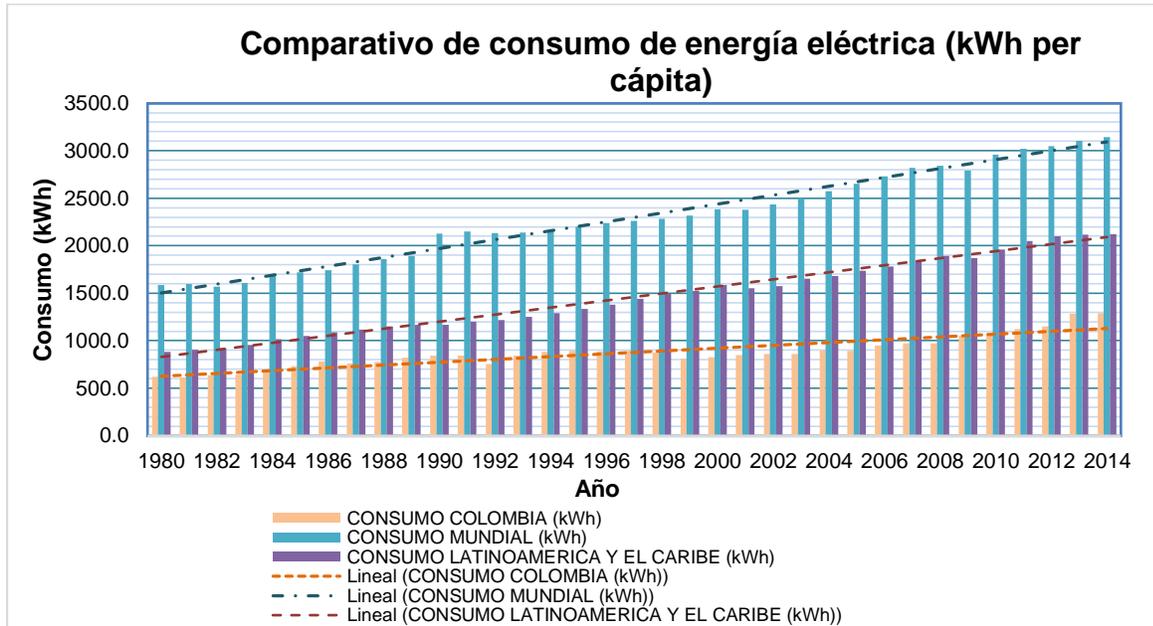
Como se presenta en la **Figura 1-4**, en el periodo de 1991 a 1993 hubo un cambio de tendencia en el consumo debido a una crisis energética, entre el 2 de mayo de 1992 y el 7 de febrero de 1993, provocada por el fenómeno del Niño, según Mateus, (2016) en Colombia se manifiesta como un periodo de sequía intensa, produciéndose un desabastecimiento en los embalses generadores de energía. En consecuencia, fue necesario un racionamiento en la prestación del servicio y tomar medidas extremas, como el cambio del uso horario, cambiando la hora del uso UTC-5 al UTC-4; análogamente, en el periodo 2014 - 2016, se vuelve a presentar el fenómeno, de manera que los embalses llegan a niveles críticos, lo que condujo a una disminución de la producción. Según la Unidad de Gestión del Riesgo UNGRD en el 2016, el 90% de 24 embalses analizados, se presentó una disminución en los aportes de energía, la cual denota la vulnerabilidad relacionada con la variabilidad climática, tal y como se discute más adelante, en el tercer capítulo del documento.

**Figura 1-4:** Consumo de energía eléctrica en Colombia (kWh per cápita)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial. (2018)

En comparación con el resto del mundo, Colombia tiene un gasto energético menor, tal y como se observa en la **Figura 1-5**, según la cual en Latinoamérica y el Caribe, al año 2014 se ostentaba un consumo de aproximadamente 2100 kWh per cápita con una tasa de crecimiento de 37,13 kWh por año, mientras a nivel mundial se utiliza alrededor de 3100 kWh y con un incremento anual de 46,80 kWh, frente a ella, en el país el consumo es de apenas 1300 kWh e incrementándose a un ritmo de 14,7 kWh.

**Figura 1-5:** Comparativo de consumo de energía eléctrica (kWh per cápita)

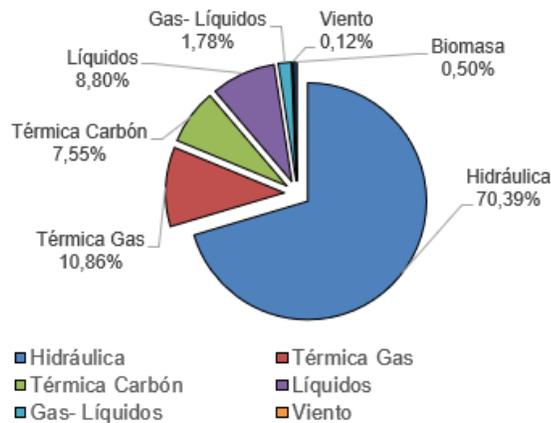
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial. (2018)

Con base en las estadísticas y las proyecciones de la demografía y del consumo energético por habitante, aunque no presenta las mismas tendencias en el aumento de consumo energético comparado con el generado a nivel mundial, con el transcurso del tiempo, en Colombia se incrementaría la presión sobre la apropiación de los recursos, bienes y servicios naturales, como resultado de los requerimientos para poder suplir las dinámicas y necesidades de electricidad de la nación.

## 1.2 Fuentes de energía empleadas en Colombia

Con el fin de abastecer la demanda creciente de energía, existen diversas tecnologías para la generación, desde fuentes renovables y no renovables, se destacan la energía eólica, térmica, mareomotriz, geotérmica, hidráulica y solar. En la actualidad el país cuenta con una generación eléctrica a partir de siete tipos principalmente: i) hidráulica, ii) térmica de gas, iii) térmica de carbón, iv) líquidos, v) gas- líquidos, vi) viento, y vii) biomasa. El porcentaje de utilización de cada una de estas se presenta en la **Figura 1-6**

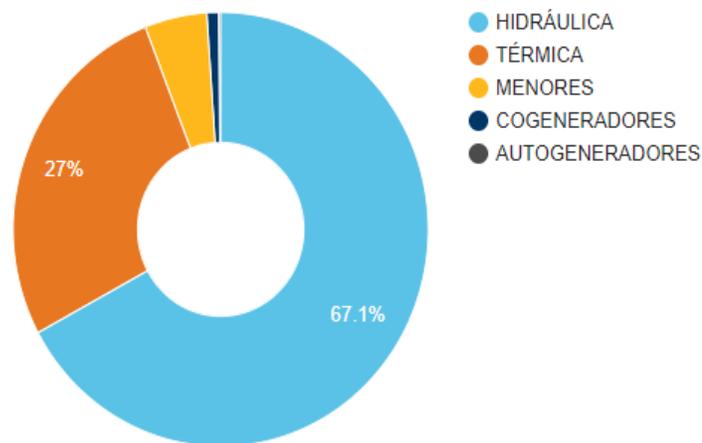
**Figura 1-6:** Participación por tecnología en la matriz eléctrica año 2015.



Fuente: Sistema de información de XM-UPME. (2015)

Según el informe la Unidad de Planeación Minero-Energética, UPME (2015), la energía eléctrica que se genera a partir de tecnología hidráulica ocupa el primer lugar, con una participación del 70.39% de la producción total en el país, seguido de la producción térmica de gas con un 10.86%. En tercer lugar, se encuentran combustibles líquidos con un 8.81% y una producción de térmica a Carbón con un 7.55%, mientras que otras tecnologías aportan cerca del 2.5 %.

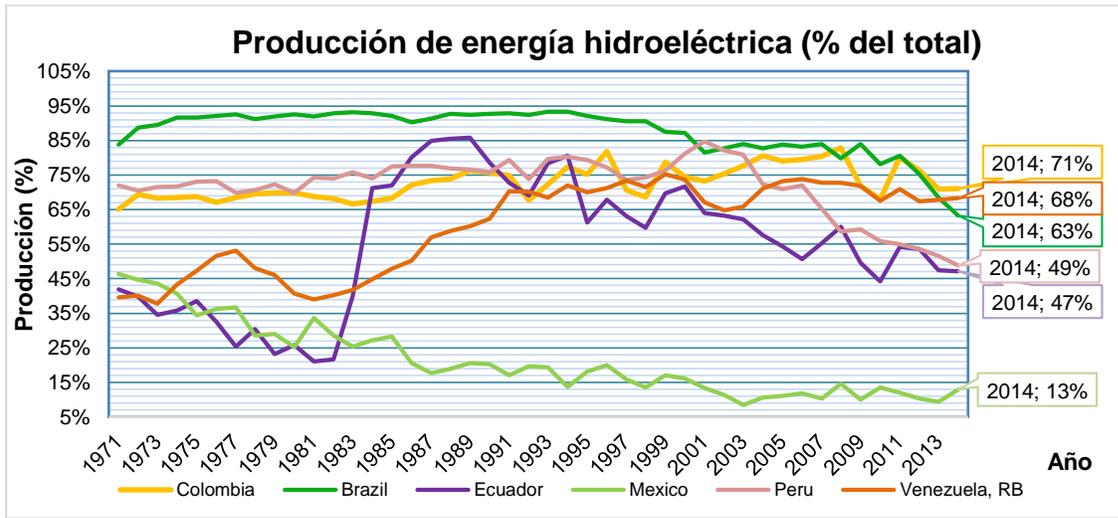
**Figura 1-7:** Participación por tecnología en la matriz eléctrica Año 2016.



Fuente: Sistema de información de XM-UPME. (2016)

En el año 2016, la generación de energía eléctrica a partir de la hidroelectricidad se redujo, debido a la presencia del Fenómeno del Niño, más aun, tuvo una participación del 67.1% de la generación eléctrica. Por otro lado la tecnología que contra resto el descenso de producción, fue la generación térmica, la cual tuvo una participación del 27 % del total, mientras que el resto de tecnología solo tuvo una participación del 5.7 % del total.

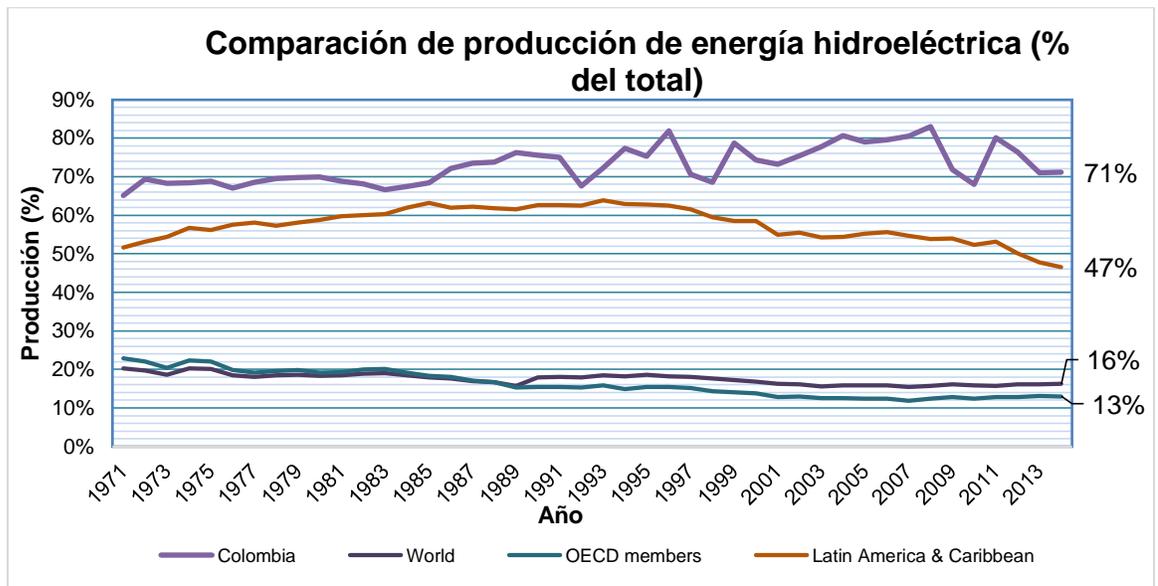
**Figura 1-8:** Producción de energía hidroeléctrica de países Latinoamericanos en porcentaje.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial. (2018)

Con relación a los países vecinos, Colombia posee el porcentaje más alto de generación de energía hidroeléctrica, como se representa en la **Figura 1-8**, sin embargo, Brasil ha sido el país que por tradición tiene mayor dependencia con respecto a este tipo de producción y en el cual se presenta un plan de construcción de más centrales hidroeléctricas en la cuenca del Amazonas, proyecto bastante discutido por las organizaciones ambientales y sociales. Por su parte, países como Ecuador y Perú, tienen tendencias similares a las presentadas en Colombia, frente a este tipo de generación, sin embargo, la mayoría de estos tienen una tendencia a disminuir la dependencia en la última década, mientras que en Colombia y Venezuela han mantenido una tendencia constante de producción.

**Figura 1-9:** Comparación de Producción de energía hidroeléctrica con el resto del mundo en porcentaje.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial.

En comparación con la producción de los países miembros de la OCDE, Colombia presenta una alta tasa, pues aquellos dependen de este tipo de tecnología en bajo porcentaje, un 13%, mientras que el país depende de este tipo de tecnología en un 71%. De lo anterior se infiere el alto grado de dependencia en la producción por medio de este proceso de generación, de igual forma, el país está muy por encima de la generación en comparación con Latinoamérica y el Caribe, con un 24% más de producción, mientras a nivel mundial está por encima en 55%, por lo tanto, se deduce que el país es muy susceptible si se presenta fallas en el sector, por el bajo aporte de las demás tecnologías a la canasta energética.

En el país la generación eléctrica se encuentra integrada principalmente en dos sistemas, el primero es un Sistema Interconectado Nacional (SIN), que corresponde principalmente a la zona de la región Andina y Caribe, mientras el segundo está compuesto por las Zonas No Interconectadas (ZIN), generalmente en zonas aisladas del país. Según Toledo et al. (2013), la mayor parte de la generación eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional (SIN) se deriva de la hidroelectricidad (80%) y el restante 20%, de centrales térmicas, con una participación pequeña de las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCHs), cogeneración en la agroindustria y un parque eólico.

La generación está concentrada principalmente en la región de Antioquia, Centro y Costa Atlántica, donde las dos primeras son de generación mayoritariamente hidráulica; según un informe realizado por Fedesarrollo (2013) para WWF, en el año 2012 el país contaba con una capacidad instalada de 14.179 MW, de los cuales más del 70% corresponde a capacidad hidroeléctrica, con 64,88% correspondiente a centrales mayores a 20 MW y 4,94% correspondiente a plantas menores; de acuerdo a la misma referencia, el Sistema interconectado Nacional (SIN) abarca el 34% del territorio nacional donde habita el 96% de la población, con una cobertura de 95,54% diferenciada en áreas urbanas con 99,35% y áreas rurales con 83,39%. Más aún existen departamentos como la Guajira y Vichada que tienen altas porcentaje del territorio que no cuenta con el sistema interconectado.

En síntesis, los datos muestran que en Colombia la generación energética se encuentra concentrada en las Centrales Hidroeléctricas Mayores, lo cual permite inferir la alta vulnerabilidad ante los fenómenos climatológicos, por el hecho de su alta dependencia al recurso hídrico, razón por la cual es importante considerar los impactos y la vulnerabilidad que generan este tipo de infraestructuras sobre los ecosistemas.

## **1.3 Principales fuentes de energía hidroeléctrica en Colombia**

Ante la tendencia constante de crecimiento de la producción de energía eléctrica en el país y las políticas que la impulsan, se debe tener claridad de la procedencia y el tipo de generación de esta. Como se evidenció, la producción se fundamenta en las hidroeléctricas, particularmente en las centrales de gran capacidad, razón por la cual, a continuación, se presentan las principales características de las centrales existentes y aquellas que se encuentran en fase final para entrar en operación en un corto lapso.

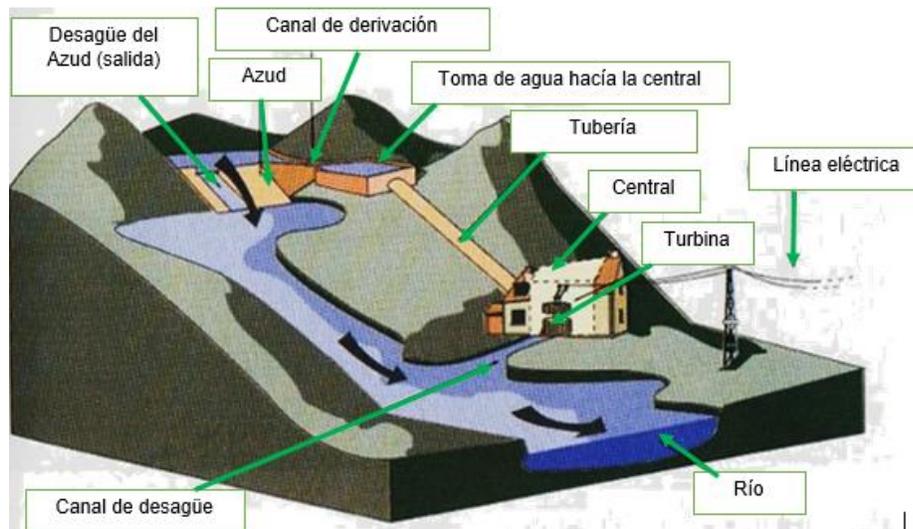
### **1.3.1 Tipos de hidroeléctricas y su clasificación**

Las hidroeléctricas poseen diferentes formas de clasificación, una de las cuales parte de agruparlas según la forma en como aprovechan el recurso hídrico. Dentro de estas se encuentran:

- i) Centrales de Agua fluente.
- ii) Centrales de embalse.
- iii) Centrales de acumulación por bombeo.
- iv) Centrales de agua de mar.

Las centrales de agua fluente aprovechan la energía de la corriente del río, por lo que la velocidad y el caudal de agua determinan su potencia (**Figura 1-10**). Algunas de estas pueden almacenar agua cuando la demanda de energía es baja y utilizarla después como reserva de agua en caso de un incremento en la demanda de electricidad. Por su parte, en las centrales de embalse el agua se almacena en un lago natural o artificial y luego se suministra a través de tuberías, las cuales la conducen a la estación eléctrica situada a menor altura (**Figura 1-11**); ellas funcionan independientemente de las corrientes naturales del agua y son adecuadas, principalmente, para compensar las fluctuaciones en la generación y el consumo de energía eléctrica regional y nacional (DENA- Agencia Alemana de Energía, 2010).

**Figura 1-10:** Esquema básico de centrales de agua fluente



Fuente: Adaptación de slideplayer.es (2018)

**Figura 1-11:** Esquema básico de centrales de Embalse

Fuente: Adaptación de Renovablesverdes.com (2018)

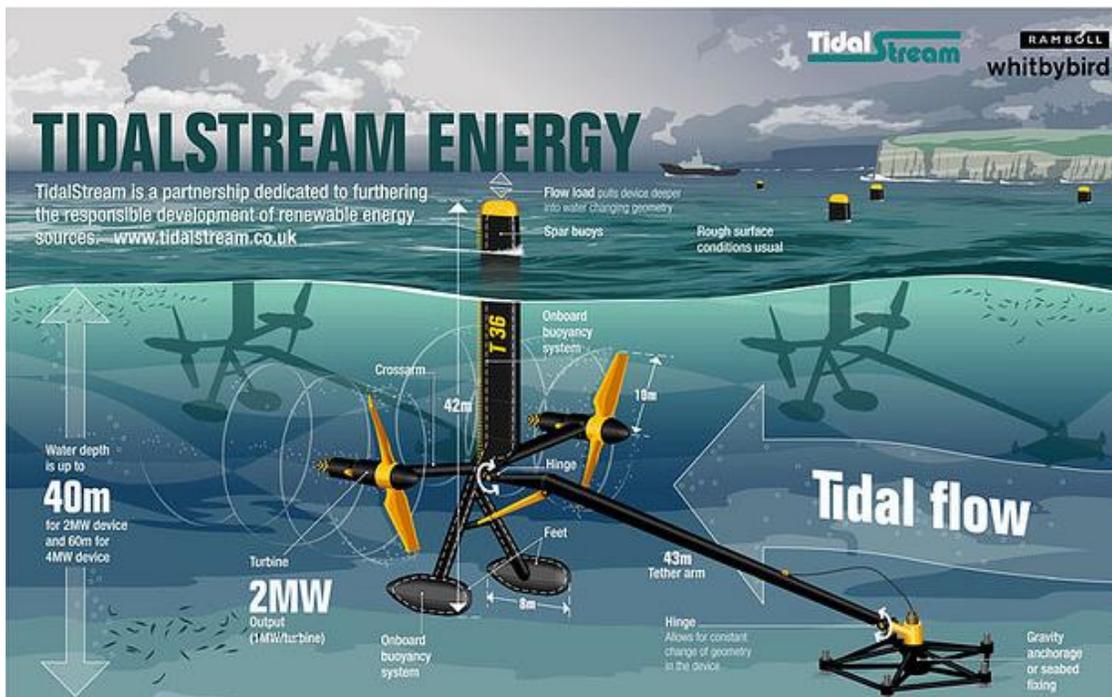
Existen otros tipos de generación de menor recurrencia e implementación en el país tal es el caso de la tecnología de energía de almacenamiento por bombeo, la cual proporciona un pico de suministro de carga, en el que el aprovechamiento de agua que se cicla entre un depósito inferior y superior por medio de bombas, que permiten utilizar la energía excedente del sistema en momentos de baja demanda (**Figura 1-12**). Cuando la demanda de electricidad es alta, el agua se libera de nuevo al depósito inferior a través de las turbinas para producir electricidad, así mismo, la energía hidroeléctrica en alta mar, en la que se utilizan las corrientes de marea o la fuerza de las olas para generar electricidad a partir del agua de mar, como se ilustra en la **Figura 1-13** (International Hydropower Association, 2016).

**Figura 1-12:** Esquema básico de Centrales de Bombeo



Fuente: [elperiodicodelaenergía.com](http://elperiodicodelaenergía.com) (2018)

**Figura 1-13:** Esquema básico de Centrales de corrientes de marea



Fuente: [tidalstream.co.uk](http://tidalstream.co.uk). (2018)

Paralela a la anterior clasificación de hidroeléctricas, existe una categorización según la capacidad de generación, la cual es asumida por las instituciones colombianas, a partir de

la propuesta de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). En esta clasificación aparecen cinco categorías, los cuales se describen en la **Tabla 1-1**.

**Tabla 1-1:** Categorías de Hidroeléctricas por capacidad de generación

Características	Pico-centrales	Micro-centrales	Mini-centrales	Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH)	Centrales hidroeléctricas (CH)
<b>Capacidad Instalada (kW ó MW)</b>	Entre 0,5 y 5 kW	Entre 5 y 50 kW	Entre 50 y 500 Kw	Entre 500 y 10000 kW	> 20 MW
<b>Tipo de operación</b>	A filo de agua	Embalses			
<b>Zona de aplicación</b>	Zonas no Interconectadas	Zonas no Interconectadas	Zonas no Interconectadas	Zonas no Interconectadas/ Zonas Interconectadas	Zonas Interconectadas
<b>Planta Típica</b>	Central de 5 kW	Central de 50 kW	Central de 500 kW	Central de 10000kW (10 MW)	Centrales de 20 MW y 600 MW

Fuente: Elaboración propia con información de la Unidad de Planeación Minero Energética UPME (2018)

### 1.3.2 Principales centrales hidroeléctricas

En Colombia la generación hidroeléctrica se beneficia de las condiciones topográficas del territorio donde existen importantes variaciones de nivel, característica de gran importancia para obtener un gran potencial hidroeléctrico, sumado a los escenarios geográficos de alta montaña y valles profundos, los cuales facilitan la construcción de presas para aprovechar el potencial de caída del agua.

Las centrales hidroeléctricas de embalse son de mayor tamaño con respecto a las demás categorías, por ende, su implementación y entrada en funcionamiento presentan una gran complejidad en términos técnicos, dado la ocupación de grandes extensiones de territorios y las modificaciones sobre los ecosistemas, razón por la cual, este trabajo se enfocara en este tipo de generación; a continuación, se especifican las más representativas, discretizando, la capacidad de generación instalada, la generación eléctrica, sus fuentes hídricas, el volumen del embalse y el área utilizada para el mismo.

**Tabla 1-2:** Principales centrales Hidroeléctricas (C.H.) de embalse en Colombia (2018)

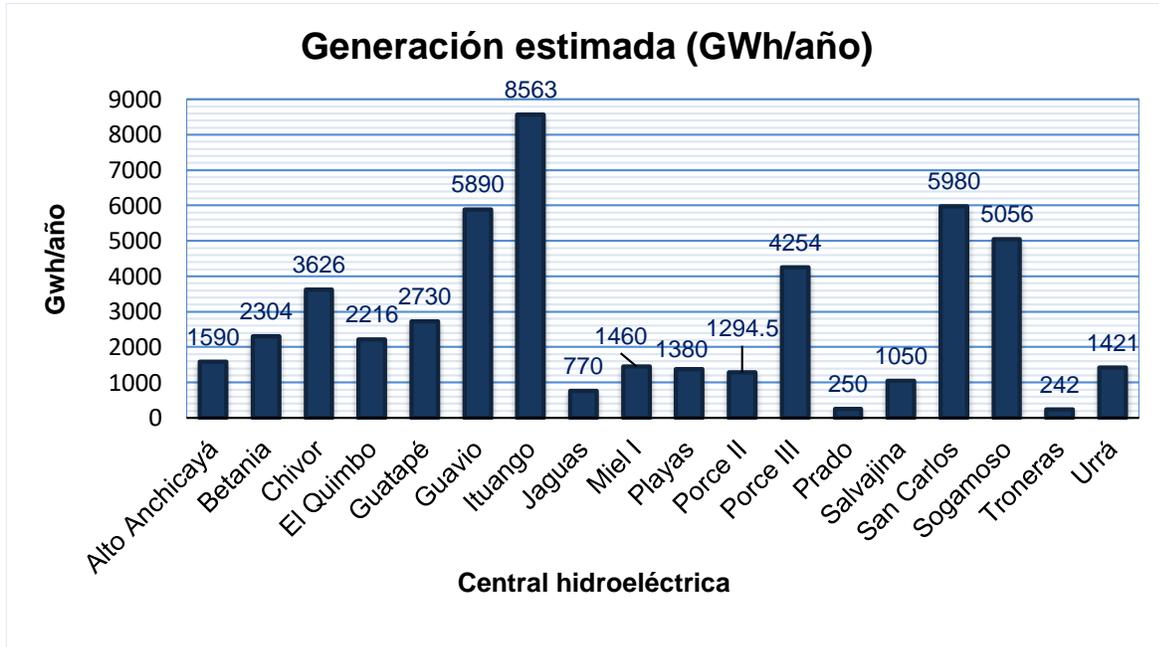
Nombre	Localización	Capacidad instalada (MW)	Generación (GWh/año)	Fuente	Embalse (x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Área inundada (ha)
<b>Betania</b>	Huila	540	2304,0	Río Yaguará	1971,0	7400
<b>Chivor</b>	Boyacá	1010	3626,0	Río Batá	760,0	1300
<b>Guatapé</b>	Antioquía	560	2730,0	Río Nare	1071,7	6340
<b>Guavio</b>	Cundinamarca	1840	5890,0	Río Guavio	1043,0	15000
<b>Jaguas</b>	Antioquía	170	770,0	Río A. San Lorenzo	208,0	1060
<b>Miel I</b>	Caldas	375	1460,0	Río La Miel, desvío Río Guarino, desvío Río Manso	571,0	1213
<b>Porce II</b>	Antioquía	405	1294,5	Río Porce	142,7	890
<b>Porce III</b>	Antioquía	660	4254,0	Río Porce	170,0	575
<b>Prado</b>	Tolima	51	250,0	Río Prado	966,2	1254
<b>Salvajina</b>	Cauca	270	1050,0	Río Cauca	764,7	2031
<b>San Carlos</b>	Antioquía	1240	5980,0	Río San Carlos	72,0	340
<b>Troneras</b>	Antioquía	40	242,0	Río Concepción	1235,0	6400
<b>Urrá</b>	Córdoba	340	1421,0	Río Sinú	1890,0	7400
<b>Alto Anchicayá (Alban)</b>	Valle Del Cauca	340	1590,0	Río Anchicayá, Río Digua.	45,0	170
<b>El Quimbo</b>	Huila	420	2216,0	Río Páez	3215,0	8250
<b>Ituango</b>	Antioquia	2400	8563,0	Río Cauca	2720,0	3800
<b>Sogamoso</b>	Santander	820	5056,0	Río Sogamoso	4800,0	7000
<b>Playas</b>	Antioquía	200	1380,0	Río Guatapé	77,3	650

Fuente: Elaboración propia a partir de recopilación de datos de las empresas operadoras de cada central (2018).

En la **Figura 1-14** se presenta la relación de las hidroeléctricas con respecto a lo proyectado en su contribución a la generación eléctrica del país; en primer lugar, se encuentra la hidroeléctrica Ituango, que actualmente está en proceso de construcción y se espera que sea la mayor central hidroeléctrica, una vez sea finalizada la construcción, sin embargo, esta ha atravesado por momentos críticos como la inundación de la casa de

máquinas y la obstrucción de los túneles, hasta dejar en niveles mínimos el segundo río más caudaloso del país, en segundo lugar, se encuentra la central de San Carlos, seguida de las hidroeléctricas del El Guavio e Hidrosogamoso, como las cuatro más importantes de generación de energía.

**Figura 1-14:** Generación estimada de electricidad de las principales hidroeléctricas



Fuente: Elaboración propia a partir de recopilación de datos de las empresas operadoras de cada central (2018).

A continuación, se presenta una descripción de las hidroeléctricas consideradas más importantes por su capacidad de generación, sumadas a aquellas que en el país han tenido más resonancia mediática por las implicaciones sociales que se presentan, como es el caso El Quimbo, la más reconocida por sus impactos ambientales y sus múltiples inconvenientes desde la concepción hasta la puesta en operación. De igual manera, la Hidroeléctrica - Ituango, que presentó inconvenientes con sus túneles de desviación, generando una amenaza para los pobladores de los municipios ubicados aguas abajo de la presa y la cual tiene en curso investigaciones por los problemas desde su contratación hasta su construcción.

- **Porce III**

El proyecto embalsa las aguas del río Porce, mediante la construcción de una presa de enrocado con cara de concreto de 151 m de altura y una longitud de la cresta de 400 m. Tiene un vertedero tipo canal abierto localizado en la margen izquierda, con capacidad de 11.350 m<sup>3</sup>/s, controlada por cuatro compuertas radiales y con un deflector para la disipación de energía.

Complementa el esquema las obras de desviación y la descarga de fondo, así como las obras de generación consistentes en un pozo y túneles, una central subterránea conformada por dos cavernas (máquinas y transformadores), las galerías de cables y ventilación, la galería de compuertas y un túnel de descarga que restituye las aguas al río mediante un canal de disipación. La central tiene una capacidad instalada de 660 MW en cuatro unidades. (INGETEC Ingenieros Consultores, 2017)

- **San Carlos**

Con más de 30 años de operación comercial, es la central de mayor capacidad instalada del país con 1.240 MW (Megavatios), distribuidos en ocho unidades de 155 MW cada una y con la infraestructura necesaria para la instalación de dos unidades adicionales. La primera etapa entró en funcionamiento en 1984 y la segunda en 1987.

Está localizada en el departamento de Antioquia, en jurisdicción del municipio de San Carlos, cerca al corregimiento El Jordán. El embalse sobre el río Guatapé tiene 3,4 kilómetros cuadrados y capacidad de almacenamiento de 72 millones cúbicos. La presa Punchiná es del tipo gravedad en tierra con 70 metros de altura y 800 metros de longitud. (ISAGEN S.A. E.S.P., 2017)

- **Central Guatapé**

Pertenece al aprovechamiento del río Nare, regulado por el embalse El Peñol - Guatapé. Está ubicada en el sitio conocido como La Araña, jurisdicción del municipio de San Rafael, al Oriente del departamento de Antioquia, a 100 kilómetros de Medellín. Su capacidad

instalada es de 560 MW (nominal y efectiva) entregados por ocho unidades generadoras de igual capacidad, accionadas por turbinas tipo Pelton de eje vertical.

La central hidroeléctrica Guatapé utiliza las aguas del río Nare, que se desvía al río Guatapé para aprovechar una diferencia de nivel de 810 metros entre las cuencas de estos dos ríos. La primera etapa fue puesta en servicio entre 1971 y 1972 y la segunda en 1979. Cada etapa está compuesta por cuatro unidades generadoras. Esta central contribuye al sistema con 2.730 GWh de energía media anual, y una Obligación de energía Firme asignada para el 2011, de 1945.5 Gwh-año. Cabe destacar que El embalse Peñol - Guatapé es el de mayor regulación del país, con una capacidad de almacenamiento total de 1.071,7 millones de metros cúbicos. (Grupo empresarial EPM, 2016)

- **Hidrosogamoso**

La Central utiliza las aguas del río Sogamoso en la generación de energía eléctrica, para la cual se construyó una presa de 190 m de altura y una casa de máquinas subterránea con las tres unidades de generación más grandes de Colombia. Con 820 MW de capacidad instalada y una generación media anual de 5.056 GWh-año, es la cuarta hidroeléctrica con mayor capacidad instalada en el país que incrementó la producción de energía alrededor del 60% y pondrá al servicio de los colombianos cerca del 8,3% de la energía que consumen en un año.

La Central se encuentra ubicada en Santander, en el cañón donde el río Sogamoso cruza la Serranía de La Paz, 75 km aguas arriba de su desembocadura en el río Magdalena y 62 km aguas abajo de la confluencia de los ríos Suárez y Chicamocha.

La presa Latorra y el embalse Topocoro están en jurisdicción de los municipios de Girón, Betulia, Zapatoca, Los Santos, Lebrija y San Vicente de Chucurí, que, junto con los municipios de Barrancabermeja, Puerto Wilches y Sabana de Torres, ubicados aguas abajo del sitio de presa, conforman el área de influencia del Proyecto (Isagen Energía Productiva, 2016).

- **Hidro-Ituango**

El Proyecto Hidroeléctrico Ituango se localiza sobre el río Cauca, en el llamado “Cañón del Cauca”, situándose al noroccidente del departamento de Antioquia, a unos 170 kilómetros de la ciudad de Medellín. La presa se localiza a unos 8 km aguas abajo del puente de Pescadero, sobre el río Cauca y a 600 m arriba de la cota del río Cauca. Las obras principales del proyecto, la presa y la casa de máquinas se encuentran en jurisdicción de los municipios de Ituango y Briceño, al norte del departamento, hacia el sur el embalse recorre territorios de los municipios de Liborina, Sabanalarga, Buriticá, Peque y Toledo, así mismo los municipios de Santa Fe de Antioquia, Olaya, San Andrés de Cuerquia, Valdivia y Yarumal aportan predios para el proyecto con la instalación de campamentos, vías y líneas de transmisión (Hidroeléctrica- Ituango S.A. E.S.P., 2011)

- **La Miel I**

La central Miel I, localizada en el municipio de Norcasia, forma parte del potencial hídrico del oriente del departamento de Caldas, región conformada por las cuencas de los ríos Guarinó, La Miel, Moro, Manso, Samaná Sur y afluentes menores como los ríos Pensilvania y Tenerife. La Central tiene una capacidad instalada de 396 MW (Megavatios) en tres unidades. Inició su operación comercial en diciembre de 2002.

Desde el 2010 la Central cuenta con el Trasvase Guarinó en operación comercial, el cual aumentó la capacidad de generación de la Central en 308 GWh/año (gigavatios hora por año), mientras en 2013 inició la operación del Trasvase Manso, el cual aumenta la capacidad de la Central en 104 GWh/año. Para la conexión al Sistema de Transmisión Nacional (STN), la energía se evacua hacia la subestación Miel I a 230 kV. Por su parte, la presa Patángoras está construida sobre el río La Miel, es una estructura del tipo gravedad en concreto compactado con rodillo con 188 metros de altura (la segunda más alta del mundo) y 340 metros de longitud en la corona, formando el embalse Amaní (1.220 hectáreas), con una capacidad de almacenamiento de 571 millones de metros cúbicos (Isagen Energía Productiva, 2016).

- **El Quimbo**

La central hidroeléctrica El Quimbo está situada en el departamento del Huila, sur de Colombia, entre las cordilleras central y oriental a 70 Km al sur de Neiva. Se encuentra ubicado aguas arriba del embalse de Betania, también de Emgesa, y cuenta con un área de influencia abarca los municipios de Altamira, El Agrado, Garzón, Gigante, Paicol y Tesalia.

Esta central tiene una capacidad de generación de energía aproximada de 400 MW (2.216 GWh/año) producidos por dos turbinas tipo Francis de eje vertical, situadas en una casa de máquinas construida a cielo abierto a 230 metros del pie de presa. El embalse tiene una cota máxima de 720 msnm y cubre un área de 8.250 hectáreas con un volumen útil de 2.354 hm<sup>3</sup>. Las obras principales de El Quimbo han sido terminadas al 100% y desde finales de 2015 se encuentran completamente operativas. (Emgesa S.A. E.S.P., 2016).

## 2. Impactos ambientales de las hidroeléctricas

El desarrollo de toda actividad, obra o proyecto genera modificaciones al entorno y consecuencias denominadas impactos ambientales, según la Real Academia de la Lengua Española, esta define el impacto ambiental como “*el conjunto de posibles efectos sobre el medio ambiente de una modificación del entorno natural, como consecuencia de obras u otras actividades*”. Ahondando en esta definición, los impactos pueden ser de índole negativos o positivos, producto de una transformación favorable o desfavorable, conforme a la línea base o al contexto existente presente en diferentes campos como son los geofísicos, biofísicos, culturales, sociales, económicos, entre otros. En ese sentido, las hidroeléctricas están obligadas a presentar, ante la autoridad ambiental competente, Un Estudio de Impacto Ambiental (EslA), por ser generar modificaciones al entorno, razón por la cual, el Gobierno Nacional de acuerdo al Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiental N°1076 del 2015, exige que se determinaren las afectaciones que se producen en el ambiente y así solicitar la Licencia Ambiental (L.A.) previa al desarrollo del proyecto, obra o actividad.

De acuerdo con Rojas (2015), los estudios de impacto ambiental de los proyectos deben abarcar la identificación y la valoración de los impactos potenciales, además, deben considerar la evaluación y descripción de todos los componentes dentro del área de influencia determinado para el mismo. En tal dirección, dichos estudios deben tener la capacidad de identificar los aspectos, tanto positivos como negativos, así como aquellas medidas para prevenir, mitigar, corregir y evitar los impactos negativos, con el fin de realizar un proyecto ambientalmente viable.

Por su parte del Decreto 1076 de 2015, Artículo 2.2.2.3.5.1. define el Estudio de Impacto Ambiental de la siguiente manera:

*Del Estudio de Impacto Ambiental (EIA). El Estudio de Impacto Ambiental (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. Este estudio deberá ser elaborado de conformidad con la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales de que trata el artículo 14 del presente decreto y los términos de referencia expedidos para el efecto, el cual deberá incluir como mínimo lo siguiente:*

- 1. Información del proyecto, relacionada con la localización, infraestructura, actividades del proyecto y demás información que se considere pertinente.*
- 2. Caracterización del área de influencia del proyecto, para los medios abiótico, biótico y socioeconómico.*
- 3. Demanda de recursos naturales por parte del proyecto; se presenta la información requerida para la solicitud de permisos relacionados con la captación de aguas superficiales, vertimientos, ocupación de cauces, aprovechamiento de materiales de construcción, aprovechamiento forestal, recolección de especímenes de la diversidad biológica con fines no comerciales, emisiones atmosféricas, gestión de residuos sólidos, exploración y explotación de aguas subterráneas.*
- 4. Información relacionada con la evaluación de impactos ambientales y análisis de riesgos.*
- 5. Zonificación de manejo ambiental, definida para el proyecto, obra o actividad para la cual se identifican las áreas de exclusión, las áreas de intervención con restricciones y las áreas de intervención.*
- 6. Evaluación económica de los impactos positivos y negativos del proyecto.*
- 7. Plan de manejo ambiental del proyecto, expresado en términos de programa de manejo, cada uno de ellos diferenciado en proyectos y sus costos de implementación.*
- 8. Programa de seguimiento y monitoreo, para cada uno de los medios abiótico, biótico y socioeconómico.*
- 9. Plan de contingencias para la construcción y operación del proyecto; que incluya la actuación para derrames, incendios, fugas, emisiones y/o vertimientos por fuera de los límites permitidos.*
- 10. Plan de desmantelamiento y abandono, en el que se define el uso final del suelo, las principales medidas de manejo, restauración y reconfiguración morfológica.*
- 11. Corregido por el art. 5, Decreto Nacional 1956 de 2015. Plan de inversión del 1%, en el cual se incluyen los elementos y costos considerados para estimar la inversión y la propuesta de proyectos de*

*inversión, de conformidad con lo dispuesto en el Decreto 1900 de 2006 o la norma que lo modifique, sustituya o derogue.*

*12. Plan de compensación por pérdida de biodiversidad de acuerdo con lo establecido en la Resolución 1517 del 31 de agosto de 2012 o la que modifique, sustituya o derogue.*

En afinidad con lo planteado por el decreto y las centrales hidroeléctricas debido a sus dimensiones y a las actividades generadas para la realización de la obra, inevitablemente modifican de una manera drástica los ecosistemas y tienen repercusiones de importancia sobre las comunidades donde se ubican sus centrales, razón por la cual se hace necesario un análisis al actual modelo de generación, teniendo en cuenta que este se fundamenta en mecanismos de obtención de electricidad mediante las grandes centrales las cuales, dentro del ámbito energético, son considerada como una tecnología invasiva en los ecosistemas.

Considerando la importancia de la energía hidroeléctrica es fundamental para el desarrollo del país, teniendo en cuenta la demanda creciente, de la que habla el informe de las Naciones Unidas, WWAP (2014), que hace énfasis en la toma de decisiones concernientes a la gestión, el uso y la producción de energía, asumiendo que la relación entre ellas puede tener un impacto significativo, heterogéneo y de amplio alcance, que con frecuencia repercute de manera positiva o negativa. Por ende, se deben analizar las implicaciones desde dos vías, i) contexto nacional ii) contexto regional, teniendo en cuenta las poblaciones aledañas a los proyectos, donde los impactos son más acentuados, adicionalmente, en áreas más extensas donde existen impactos potenciales debido a la complejidad y relación de los ecosistemas fluviales, como es el caso de la sedimentación y el régimen del río, por lo tanto, esta clase de proyectos debe velar en conjunto por los intereses nacionales y regionales.

De acuerdo con Glynn et al (1999), entre las formas de producción, es la energía hidroeléctrica la menos dañina para el ambiente en el sentido de que rara vez se producen efectos químicos, no obstante, se presentan cambios considerables a nivel regional, producto de la inmersión de tierras, pérdida de hábitat animal, variaciones en la hidrología local y alteraciones locales en el río que pueden transformar el flujo hasta su desembocadura. Según Graf (1999), las represas segmentan ríos y fragmentan las cuencas en los sistemas fluviales y ribereños que se encuentra en equilibrio, teniendo

impactos hidrológicos e hidráulicos en los ríos, teniendo en cuenta los cambios climáticos y que los reservorios son proyectados con una vida útil de dos o tres décadas.

A continuación, se presentan los principales impactos ambientales que son generados por este tipo de proyectos, con énfasis en los producidos sobre el recurso hídrico y sus componentes. Igualmente se relacionan impactos que se presentan en medios bióticos y físicos, que traen como consecuencia efectos a nivel social, los cuales a nivel nacional son objeto de estudios concretos y de gran difusión, sin embargo, existen otras modificaciones que son poco referenciadas a nivel nacional, pero que a nivel internacional han sido estudiados en una mayor medida.

## **2.1 Principales beneficios de las hidroeléctricas**

El desarrollo de hidroeléctricas proporciona beneficios en varios campos relacionados de manera principal su tamaño, el tipo de tecnología empleado y la zona donde se realice este tipo de proyectos. En términos generales, este tipo de generación es mucho más limpia que la producción de energía a partir de centrales termoeléctricas o aquella generación que se basa en la utilización de combustibles fósiles.

De acuerdo con el Atlas de Potencial Hidro energético de Colombia elaborado por la Unidad de Planeación Minero-Energética UPME, (2015), el agua es considerada un recurso natural renovable, por lo tanto, la energía eléctrica generada a partir de los aprovechamientos hídricos es considerada una energía limpia y renovable. Mediante el manifiesto de compromiso con la sostenibilidad de la hidroelectricidad en Colombia 2017, las empresas generadoras consideran haber contribuido a que este tipo de tecnología se haya convertido en una fuente confiable, asequible y renovable.

Por su parte Espejo et al. (2010), resalta los beneficios de la obtención de energía a través de minicentrales hidroeléctricas, por su baja generación de gases de efecto invernadero, lo que las ha convertido en uno de los sistemas de producción energética más limpio y respetuoso con el ambiente, porque que no tiene que almacenar volúmenes considerables de agua, ni inundar grandes extensiones de tierra previniendo procesos de descomposición vegetal que generan gases. De igual manera, bajo la consideración de los caudales ecológicos, Diez et al, (2008) recalcan que las minicentrales hidroeléctricas se

convierten en uno de los sistemas de producción energética más limpio y respetuoso con el medio ambiente, si se tienen en cuenta la realización de este tipo de estructuras bajo la consideración de los caudales ecológicos eficaces de flujo, incorporando premisas ambientales sólidas.

Uno de los mayores beneficios de este tipo de tecnología es de carácter económico y financiero, porque el uso de la energía potencial de la caída de agua disminuye los gastos operacionales comparados con otro tipo de tecnologías. Según Alarcón, (2018), aunque las hidroeléctricas se caracterizan por tener una inversión inicial considerablemente alta, los gastos de operación y mantenimiento son bajos, además este tipo de tecnología puede ser empleada, para la obtención de energía, y otros usos con fines recreativos, manejo de inundaciones o para sistemas de riego, lo cual genera una mayor rentabilidad de este tipo de obras.

Los beneficios de las hidroeléctricas generalmente se desprenden de sus implantaciones físicas. Según Úsuga, (2014), los mayores beneficios del desarrollo de hidroeléctricas es el mejoramiento de la infraestructura, lo cual se ve reflejado en la mejora y la construcción de vías, sistemas de acueducto y alcantarillado, construcción de colegios y centros de salud, entre otras, lo cual mejora en cierto grado las condiciones de vida de las familias que se encuentran cercanas al proyecto y que no contaban con este tipo de beneficios.

De la misma forma traen beneficios a la economía mediante la entrada de capital extranjero, lo que se traduce, en el fomento de la inversión y la generación de una confianza y una confiabilidad del mercado, que tiene como consecuencia una estabilidad económica para el país, de acuerdo con Fernández et al, (2017) “ *La relevancia del sector hidroeléctrico como motor del desarrollo económico en Colombia se ve reflejada al observar el PIB, que, de 2006 a 2009, fue de 9,7%; durante el período 2010 a 2013, de 11,2%; y de 2014 a 2016, de 13,43%, con lo cual se evidencia que ha sido el desarrollo del sector*”. Esto parte fundamentalmente la presencia de un potencial importante de la generación del sector hidroeléctrico sumado a la disponibilidad de recursos, mano de obra y confiabilidad en el país dado sus tratados comerciales y sus relaciones comerciales que generan una facilidad en el intercambio de tecnologías.

De la misma manera, el desarrollo hidroeléctrico, presenta mediante la implantación a pequeña escala, la opción de generación en zonas apartadas del país mediante las pequeñas centrales hidroeléctricas, de acuerdo con Morales et al, (2013) a nivel Nacional existe un gran potencial para la implantación de este tipo de tecnologías, más aún es necesario que se presente una mayor acción por parte del estado para que se incentive la realización de este tipo de estructuras, la cuales presentan un auge, en especial en los países de economías emergentes, que van ligados a las mejoras en la calidad de vida y a su industria.

## **2.2 Principales efectos / impactos ambientales de las hidroeléctricas**

En la actualidad la generación de energía, a partir del aprovechamiento de la caída del agua es considerada beneficiosa y responsable con el ambiente, dado que sustituye el uso de energías tradicionales que son consideradas energías de mayor impacto, como el caso del petróleo, el gas o el carbón. Más aún, si se considera que Colombia exporta una cantidad considerable de estos recursos, tal y como reflejan estudios de la UPME & BID, (2015), según los cuales sale del país aproximadamente un 69% de la explotación primaria, en especial el carbón mineral (aprox. el 94% del total producido), petróleo (aprox. el 66% del total producido), mientras que el restante es demandado internamente, del cual el 78% corresponde a recursos fósiles y el 22% a recursos renovables. Sumado a lo anterior, la explotación de los recursos naturales no renovables es bastante cuestionable, por sus efectos sobre la economía y la salud de acuerdo con Pulido Iriarte (2014), en el caso de extracción de carbón, *“En Colombia sobresale la contaminación del aire y del agua por el polvo del carbón rico en cenizas y CO<sub>2</sub>; por ello es fácil visualizar la conexión existente entre medio ambiente y salud, lo cual implica evaluar la explotación de los bienes y los males ambientales causados”*.

Sin embargo, existe una fuerte discusión sobre la energía hidroeléctrica, la WWF (2011) considera que pese a que este proceso es presentado como una energía renovable, en muchos casos es necesario la construcción de estructuras de un tamaño considerable, y pese a que emite relativamente menos carbono que otras fuentes, se requiere de represas para generarla, lo que demanda un tratamiento cuidadoso de asuntos clave como los

impactos sociales, culturales, biofísicos y económicos de los proyectos relacionados, tanto individualmente como de forma acumulativa, de manera que el concepto de precaución se convierte en una noción clave. No obstante, ser reconocida como una energía limpia en su concepción, como consecuencia de la escala de implementación puede ser generadora de impactos ambientales significativos, más aún sí se desconocen o se omiten las diferentes dimensiones de la biodiversidad y pluriculturalidad innatas de nuestro país.

Los impactos que se generan por este tipo de obras se clasifican en los diversos estudios por categorías: física, social, biótico, económico y cultural. Sin embargo, a diferentes niveles estos impactos interaccionan generando un sistema de redes que se complementan entre sí, generando una simbiosis entre los mismos. A continuación, se presentarán las afectaciones más representativas de este tipo de proyectos.

De acuerdo con la comisión mundial de represas (2000), las grandes represas causan impactos negativos, los cuales son complejos, variados y profundos, donde inclusive se han alcanzado niveles de pérdida de ecosistemas y especies de una manera irreversible, dado que la complejidad de los proyectos no permite prever de manera precisa los posibles cambios que se producen. En ese sentido la comisión señala que en los ecosistemas se pueden presentar impactos hasta de tercer orden, teniendo en cuenta que: i) impactos de primer orden: implican las consecuencias físicas, químicas y geomorfológicas de bloquear un río y alterar la distribución y periodicidad naturales de su caudal; ii) Los impactos de segundo orden: implican cambios en la productividad biológica primaria de ecosistemas, incluyendo efectos en la vida vegetal fluvial y ribereña y en el hábitat río abajo, como humedales y que iii) Los impactos de tercer orden: implican alteraciones en la ictiofauna debido a un efecto de primer orden o a un efecto de segundo orden, producto de los bloqueos en la migración o en la disminución de alimento. Cabe mencionar que el orden de los impactos no implica de manera obligatoria la significancia de los mismos.

### **2.2.1 Afectaciones físicas**

Las afectaciones físicas producto de la implementación de las hidroeléctricas están en la mayoría de los casos asociadas al reservorio de agua o represa. Según la UPME (2015), en este tipo de centrales se embalsa un volumen considerable de agua mediante la construcción de una o más presas que forman lagos artificiales, toda vez que el embalse

permite regular la cantidad de agua que pasa por las turbinas, con el fin de unificar las variaciones temporales de los caudales afluentes en el río. Sin embargo, no son estas las únicas que presentan modificaciones, también se presentan en actividades como aquellas anexas necesarias para el asentamiento de los trabajadores y la construcción de la presa, casa de máquinas, túneles y demás obras complementarias para el funcionamiento, como es el caso de los campamentos, vías, obras exploratorias entre otras, es decir, se presentan modificaciones durante todo el ciclo de vida de la hidroeléctrica.

Según Oscoz et al (2006), los efectos que las centrales tienen sobre la comunidad fluvial incluyen cambios en los patrones de caudal, régimen de temperaturas, alteración de los hábitats y variaciones en la disponibilidad de recursos tróficos, lo cual trae como consecuencia que algunos taxones desaparezcan o van reducida su abundancia, mientras que otros la aumentan debido al cambio de condiciones ambientales por la imposición de las hidroeléctricas.

Una de las afectaciones iniciales tiene que ver con el cambio en el calidad y estado de las aguas, como se observa en el embalse de la C. H. de Betania, de acuerdo con Duque (1988) es que es un ecosistema cálido con tendencia a la estratificación en capas, tanto por diferencias de densidad, producidas por cambios de temperatura, como de sólidos disueltos. Esta segregación permite diferenciar hasta tres capas: una superior conformada por el epilimnion, una capa intermedia que produce una alta demanda bioquímica de oxígeno, aumento de CO<sub>2</sub> y oxidación de azufre, que contribuyen a la disminución de oxígeno y una capa profunda (Hipolimnion). En ese orden de ideas, Navarro et al (2010), destaca que en las represas *“llega un momento en que se establece una zona que separa las aguas superficiales, menos densas, de las profundas, más densas. Esa capa, la termoclina (línea imaginaria que separa dos masas de agua de temperatura diferente), limita el movimiento vertical de los organismos y la difusión del oxígeno y otras sustancias disueltas. Durante esa época, si las cantidades de biomasa generada durante la primavera es excesiva, el oxígeno acumulado en el hipolimnion será consumido por la descomposición de la biomasa”*, lo anterior, siendo una consecuencia directa del cambio de la calidad de agua relacionada con la disminución en la cantidad de oxígeno disuelto. De la misma forma, otros parámetros de la calidad son afectados, generando repercusiones sobre el cuerpo hídrico, en especial si cerca de la presa se presentan

descargas de aguas residuales que potencializan el consumo de oxígeno disuelto presente en el río.

Para el contexto colombiano, se destacan las observaciones hechas por Silva et al (2008), quienes en una evaluación de la calidad del agua para el embalse de Porce III a partir de la influencia de la descarga de la hidroeléctrica Porce II, determinaron que posiblemente se presentará un grado de eutrofia con una probabilidad de ocurrencia superior al 50% y de hipereutrofia de 30% dado que se aumenta la cantidad de nutrientes que llega al embalse. Por su parte, García (2007), señala que en el proceso de la construcción de la presa de Aguamilpa, ubicada en México, se detectó que mientras se encontraba en el periodo de construcción y los primeros años de embalsamiento, las aguas presentaron condiciones polisaprobias, donde el aumento del nitrógeno generó un ambiente de estrés para los organismos presentes, es decir, se presentaron grandes cantidades de aguas residuales originadas de la construcción y la puesta en marcha de la represa, lo cual repercutió en una disminución en la calidad del agua. De forma similar, en el estudio de impacto ambiental realizado para la hidroeléctrica de Sogamoso, por parte de INGETEC S.A. (2008), se resalta la afectación que se tiene sobre las aguas en el proceso de llenado de la presa, considerando que existe una gran incertidumbre en el aporte de nutrientes al agua embalsada proveniente de la biomasa, lo cual puede traer como consecuencias un proceso de eutrofización por los nutrientes de los afluentes.

Uno de los casos más emblemáticos acerca de problemas con la calidad del agua es la hidroeléctrica El Quimbo, cuya represa es de las más controversiales a nivel nacional dadas sus reiteradas modificaciones de la licencia ambiental y por sus múltiples incumplimientos ante la normativa; de acuerdo con Martínez Silva et al. (2018), los valores presentados de oxígeno disuelto en el agua presentan una clara tendencia a la eutrofización, debido a la materia orgánica en descomposición que afecta al río Magdalena. Lo anterior es constatado por Ramos (2018), quien da relevancia al fenómeno de eutrofización del embalse, que genera efectos negativos sobre la calidad del agua e incentiva la proliferación de algas y material vegetal flotante. Cabe anotar que la eutrofización de las aguas genera un impacto biológico sobre las condiciones adecuadas para los otros organismos vivos, en especial, está relacionaao con la mortandad de peces

y la calidad del agua que llega a las personas que tienen como suministro para el consumo estas fuentes de aguas.

Dentro de las afectaciones físicas, además de la modificación de la calidad del agua, se presentan cambios de la sedimentación del río, relacionada con el lugar donde se establece el embalse y en aquellos lugares aguas abajo de la misma, en razón de la modificación del equilibrio del cuerpo de agua dado que se cambia la carga de sedimento, el tamaño del grano y en algunos casos hasta la geomorfología de las riberas aguas abajo. Para Brant (2000), y por Petts (1987), el cambio físico del canal aluvial ocurrirá por la nueva descarga de agua y las condiciones de carga del sedimento, lo anterior implica cambios en el ancho, la profundidad y el nivel del piso del canal, así como cambio en el tamaño del grano de las partículas transportadas e inclusive la forma de este, lo cual puede traer como consecuencia cambios en la fauna acuática aguas abajo. Kunz et al (2011), refieren un estudio realizado en la represa Itezhi-Tezhi, ubicada en Zambia en el río Zambezi, en la que se determinó que la represa produjo cambios abruptos en los perfiles del sedimento, lo cual es un indicador del cambio del régimen de sedimentación de la presa asimilándose a un lago donde, a una distancia de diez (10) kilómetros de las entradas principales del río, se produjo un aumento fuerte en la densidad aparente del suelo y un decrecimiento en las concentraciones de carbono orgánico, en incremento de nitrógeno, lo cual genera afectaciones sobre los organismos vivos presentes en esta zona.

Entre los proyectos más emblemáticos se encuentran aquellos a lo largo del río Mekong en China, donde se proyectan varios proyectos hidroeléctricos a gran escala, al respecto Kummu (2007), señala que las presas cambian el flujo natural de los ríos, por ejemplo, en temporada seca es probable el aumento del promedio del río inundando ecosistemas importantes, las cuales pueden afectar la productividad biológica de las pequeñas llanuras inundables, de igual forma, se puede producir en las temporadas húmedas retrasos en la llegada de inundaciones y periodos más cortos afectado a los ecosistemas. Para Dai (2013), en la represa de las tres gargantas ubicada en el río Yangtze, China, se comprobó que diez años después de entrar en funcionamiento, la sedimentación y la morfología del canal se modificó y el nivel de agua a través del río aguas abajo disminuyó, así mismo, la descarga de sedimentos suspendidos y el contenido disminuyó de manera notable, por lo cual hace un llamado a evaluar los impactos ambientales producto de las consecuencias que ha generado la presa en el delta del río y las regiones de estuarios.

Igualmente, se han presentado otros problemas importantes en relación con las hidroeléctricas de menor envergadura, como advierte Cuervo (2012), al mencionar que en la hidroeléctrica la Miel I, se realizó el transvase de dos cuencas el río Manzo y el río Guarín para lograr obtener el nivel deseado de la represa, sin embargo, se presentaron problemas con las microcuencas de los alrededores por efectos de infiltración que generaron que fuentes de abastecimiento se secaran. Durante el desarrollo del trasvase del río Manso, uno de los problemas en el momento de llevar a cabo el transvase fue un cálculo erróneo y la no aplicación del principio de prevención. En efecto ISAGEN identificó caudales de infiltración por encima de los 300 litros por segundo (l/s), cifra superior a la estimada durante la planeación de la obra (20 l/s).

Dentro de los impactos físicos también se destacan la generación de gases que, en algunos de los casos generan olores ofensivos por la descomposición de material orgánico, de igual forma, genera gases de efecto invernadero, como lo resalta Castro- González et al, (2015) en un estudio realizado en el reservorio de Prado (Departamento del Tolima), donde cuantificaron la concentración de metano y óxido nitroso, llegando a la conclusión de que la nitrificación del embalse colaboró a que se presentaran concentraciones moderadamente altas y que la sobresaturación estimada para ambos gases en el agua sugieren que se están liberando grandes cantidades de gases efecto invernadero a la atmosfera. Al respecto, Mayor (2016) afirma que los embalses hidroeléctricos en el país presentan un aporte entre el 10% y el 20% a los gases de efecto invernadero mayor al presupuestado por parte de las entidades gubernamentales.

Uno de los argumentos a favor de las hidroeléctricas era considerarlas energías limpias y renovables, sin embargo, resulta que el embalsamiento del agua y la descomposición de la materia orgánica que se produce en las represas generan gases de efecto invernadero, tal y como ocurre con el metano (CH<sub>4</sub>) que según Paucar, (2014) “ *está formado por bacterias que descomponen la materia orgánica de aguas con bajo contenido de oxígeno y de los sedimentos presentes en el fondo del embalse. La capa de agua que se encuentra en la parte más profunda de los embalses tropicales tiene cantidades reducidas de oxígeno. Una porción del metano se oxida convirtiéndose en CO<sub>2</sub> al subir a la superficie de embalse*”, a lo que Fearnside (2018), agrega que las hidroeléctricas emiten gases principalmente gas metano durante todo el periodo de generación del proyecto, con

un mayor porcentaje en el periodo de construcción y llenado pero posteriormente se sigue produciendo por lo menos diez años más, lo cual, genera un impacto sobre el calentamiento global debido a que el metano perdura cerca de doce años en la atmosfera, sumado a que se ha demostrado que las hidroeléctricas en zonas ecuatoriales generan una mayor cantidad de estos gases.

En tal dirección Demarty (2011), señala que la hidroelectricidad ha disminuido su calidad de energía renovable dado sus altas emisiones de CH<sub>4</sub>, las cuales cuentan con un alto potencial para el calentamiento global, siendo una variable a tener en cuenta en el ciclo de vida del reservorio, más aún cuando los estudios de emisiones de CH<sub>4</sub>, advierten que éstas son más altas los embalses en latitudes cálidas, es decir, aquellas más cercanas al ecuador, como es el caso de nuestro país.

### **2.2.2 Afectaciones Biofísicas**

Las afectaciones físicas que generan las grandes hidroeléctricas en muchos de los casos van encadenadas a afectaciones sobre el medio biótico, en especial sobre la fauna íctica, que sufre disturbios por la presencia de embalses, específicamente en aquellas especies que realizan la reproducción y desove aguas arriba, en otros casos por el mal cálculo al momento de llenado del embalse, el cual llega a interrumpir el flujo de agua en la parte baja, ocasionando una gran mortandad de peces.

Se realizó un análisis comparativo de las cuatro principales hidroeléctricas en el país, adelantado por Viviescas (2014), para la determinación de los impactos presentados, teniendo en cuenta los de mayor relevancia y los de mayor consideración en el momento de otorgar la licencia ambiental por parte de la autoridad encargada, lo cual determinó los siguientes impactos comunes: *"Los principales efectos generados en este componente y que son comunes para las cuatro licencias, hacen referencia a la pérdida de cobertura vegetal debido a la remoción de grandes áreas de bosques y otras coberturas; la afectación a la fauna terrestre a causa de la intervención en sus hábitats y a la fragmentación de ecosistemas, en conexión con el impacto anterior; la alteración de las comunidades hidrobiológicas, en términos de pérdida de variedad y la abundancia ictiológica, la pérdida*

*de zonas de desove y la alteración en las dinámicas reproductivas de algunas comunidades de peces."*

A lo anterior se suman las consideraciones de Jiménez et al (2014), quienes señalan que la distribución altitudinal potencial de los embalses a lo largo del eje altitudinal de los cauces en la cuenca generará impactos acumulativos a lo largo de la cuenca que afectarán a las poblaciones de especies migratorias y aquellas endémicas que se encuentran en cauces arriba de los 1300 msnm. Este ha sido un impacto que ha sido evidenciado en varios lugares, por ejemplo en Francia, donde se ha producido un descenso continuo y creciente en las poblaciones de especies diádromos (peces migratorios que se mueven entre el mar y las aguas dulces), atribuido a la construcción de represas que impiden la migración aguas arriba sin obstáculos (FAO Fisheries Technical Paper, 2001).

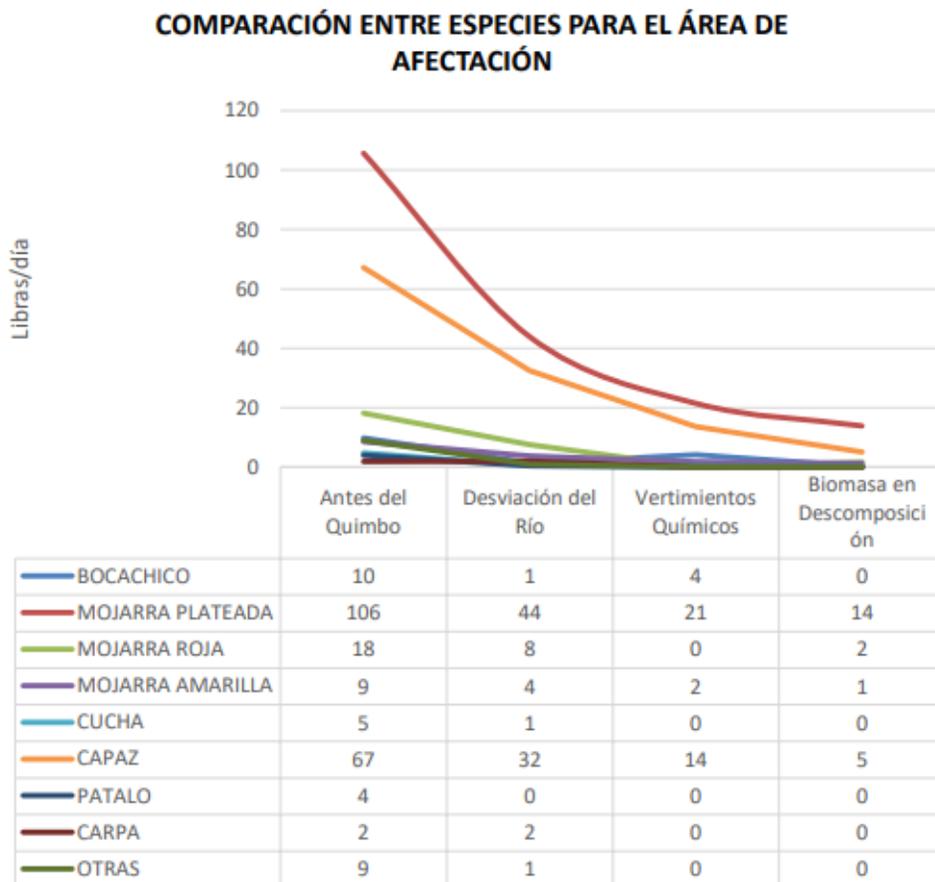
De acuerdo con Gutiérrez (2016), las especies migratorias de peces son afectadas; al cambiarse la oferta alimenticia *"que no es la misma a lo largo del año, lo que se empieza a reflejar en términos de reproducción"*. Por otra parte, el represamiento del río reducirá su caudal, disminuyendo o eliminando *"las conexiones menores entre caños, ríos y ciénagas"*. Uno de los ejemplos aparece consignado en el libro rojo de los peces dulceacuícolas que afirma que el proyecto hidroeléctrico de Urrá I, ubicado en la cuenca alta del río Sinu, *"interrumpió completamente la ruta migratoria del bocachico, dejando poblaciones aisladas aguas arriba y abajo del frente de presa"*.

Para el caso del río Magdalena con Walschburger et al (2015), advierten que la operación del sector de hidroenergía puede afectar seriamente a la composición de especies sobre el río, en especial en las épocas de sequía, donde las presas retendrán el agua dado que las represas están condicionadas por los factores climáticos, por lo cual en épocas de sequía, puede disminuir sustancialmente los caudales en los ríos durante grandes periodos, afectando principalmente los ecosistemas presentes en las planicies inundables, lo anterior, puede generar una disminución en la calidad y cantidad de peces, muchas de estas especies pertenecen a especies comerciales que son el sustento de familias pesqueras. Según Baigún et al (2011), una vez terminada la fase de surgimiento trófico, la cual puede ser variable de acuerdo con la morfometría del embalse, clima y condiciones de la cuenca, se ingresa en una fase donde la paulatina desaparición de especies

migratorias, o bien su desplazamiento hacia los tributarios o áreas fluviales del embalse, deteriora la pesquería.

De acuerdo con Amado y Díaz (2017), la represa El Quimbo afectó de manera importante la ictiofauna, generando una disminución sustancial en las especies comerciales, las cuales eran fuente fundamental para la pesca artesanal. Según los autores, el bocachico (*prochilodus magdalenae*) y el capaz (*pimelodus grosskopfii*), desaparecieron de la pesca artesanal del municipio del Hobo, dado que son especies que tienen mayor adaptabilidad a sistemas loticos o de movimiento, y aunque otras especies como la mojarra plateada (*oreochromis niloticus*), presentaron mayor adaptabilidad a sistemas lenticos, de la misma manera presentaron una reducción considerable hasta del 83%. (ver **Figura 2-1**)

**Figura 2-1:** Comparación de especies icticas de la represa El Quimbo en sus fases.



Fuente: Tomado de determinación de la afectación aguas debajo de la represa del Quimbo sobre la ictiofauna de importancia económica. (2019)

De la misma manera, las empresas constructoras han admitido las afectaciones sobre la fauna ictica. Las empresas Públicas de Medellín EPM, (2016) considera en su plan de manejo que en el momento en que el río se desvíe y su cauce se comience a secar, es posible que en algunos charcos y pozos de agua queden algunas especies de peces. De allí que tengan previsto un programa de rescate, utilizando nasas y redes, los peces se dispondrán en canecas plásticas con agua para ser trasladados en vehículos hasta el sitio de su liberación, aguas arriba del río, sin embargo, pese al plan no se considera como un problema el cambio de régimen del agua, dado a que se pasa de un ecosistema que tiene sus propias dinámicas y se modifica por un ecosistema léntico, lo cual puede afectar su reproducción porque la mayoría de las especies son migratorias.

La omisión de los posibles impactos o aquellos que se encuentran relacionados con las licencias ambientales de los proyectos, presentan inconvenientes jurídicos, tal como es el caso de la hidroeléctrica El Quimbo, la cual tuvo que detener su operación, por inconvenientes con la presentación e implementación del estudio de impacto ambiental, a lo cual, la Procuraduría General de la Nación, solicitó de manera expresa a los entes gubernamentales y al Ministerio de Ambiente de abstenerse de dar la licencia ambiental, de acuerdo con la Procuraduría, (2009) el proyecto impactaría de manera negativa el ambiente, a razón que el 95% de la hidroeléctrica El Quimbo, se sitúa dentro de la Reserva Forestal de la Amazonía, ante esta situación el Gobierno Nacional, en diversas ocasiones realizó comunicados para dejar entrar la represa en operación, a la fecha esta se encuentra funcionando, pese a diversas tutelas instauradas en su contra.

Las afectaciones mencionadas anteriormente sumadas a la omisión de los planes de mitigación y compensación han generado diversas manifestaciones y actuaciones sociales, entre la que se encuentra la creación de grupos ambientalistas como es el caso del Movimiento Ríos Vivos Colombia y Censat Agua Viva- Amigos de la Tierra, entre otras. De igual forma, desde diferentes estamentos estatales han surgido respuestas como la formulada por la Gobernación de Antioquia mediante el Decreto 2016 07 000 1606 en el cual se admiten las dificultades sociales, económicas y ambientales que han aparecido como consecuencia del megaproyecto de Hidroituango y realza la importancia de las actuaciones gubernamentales por la conservación ambiental de ecosistemas.

### 2.2.3 Afectaciones socio económicas

Los impactos que se generan tanto en los medios bióticos, como en los medios físicos, generalmente se asocian a impactos a nivel social y económico, debido a que los sitios donde se desarrollan los proyectos son lugares en los que en general las comunidades asentadas tienen vocaciones agrícolas y pesqueras, y estas aptitudes son forzadas a cambiar. Uno de estos impactos negativos está condicionado por los conflictos relacionados con el agua, como lo resalta Mussetta, (2013). Uno de los grandes generadores de conflictos por el agua es el desarrollo industrial (mineras, manufactureras, biológicas, etc.) y la construcción de obras (presas, puentes, carreteras). De forma similar, Martínez-Alier (2004) presenta un punto de vista, desde el denominado "metabolismo social", planteando la economía como un sistema abierto a la entrada de energía y materiales y a la salida de residuos. Desde ese punto de vista, se presenta el problema de distribución del agua y de los ríos, teniendo en cuenta que en diversos casos se presenta un conflicto de intereses, que se ve plasmado en movimientos contra las grandes represas para la hidroelectricidad. A partir de estos elementos teóricos se presentan los principales impactos sociales en el país.

El represamiento de aguas puede generar una necesidad amplia de terrenos, lo cual genera en muchos de los casos, afectaciones y conflictos entre las comunidades y las empresas que tienen como objetivo el desarrollo de la obra. Una de las diferencias surge a partir de las discrepancias entre la mirada local que tiene la comunidad y la mirada de la institucionalidad que presentan las empresas. Este caso, por ejemplo, se ha generado por el desarrollo hidroeléctrico de la represa de Hidrosogamoso. Este conflicto se presenta en el Río Sogamoso a unos 70 kilómetros aproximadamente antes de su confluencia con el Río Magdalena, en este proyecto se han presentado quejas, específicamente sobre los problemas socioeconómicos que generó el desarrollo de la obra en su primera fase, según afirma Roa Avendaño & Duarte, (2013) a los pescadores se les restringieron las áreas de pesca y la oferta de pescado ha disminuido. Lo que ocasionó que los pescadores y sus familias, que se encargaban de distribuir y comercializar el pescado, disminuyeran su calidad de vida. Jiménez et al, (2014), destacan que el desarrollo de embalses como proveedores de energía hidroeléctrica no es un mecanismo óptimo para la conservación de la ictiofauna dulce acuícola presente en la cuenca de los ríos Magdalena-Cauca, lo cual se traduce en una disminución en la cantidad de pescado que se puede obtener con el método tradicional de pesca.

Las consecuencias para los pescadores no son únicamente de nivel de abastecimiento. Según Estrada, (2016) los pescadores sienten que tienen una cultura propia basada en su relación con el río y en el tipo de interacciones que se establecían gracias a la actividad pesquera, lo que significa que al reubicar a los pescadores en otra actividad como la agrícola y piscícola, se les está cambiando el tejido social y sus visiones del mundo y de la naturaleza, de forma similar, se le modifican los hábitos de vida, porque que cada actividad tiene tiempos y esfuerzos de desarrollo diferentes. De acuerdo con Andrade Pérez et al. (2016), no se presentan acciones concretas que generen un sentido de reconocimiento y recuperación de los conocimientos tradicionales de los pescadores artesanales, los que se ven severamente afectados por la disminución de los peces debido a los megaproyectos.

Para Vélez et al, (2019), las Hidroeléctricas acumulan deudas con las comunidades adyacentes, porque existe una estrecha relación entre el agua y los ciclos de producción y consumo a escalas comunitarias, como en el caso de la represa de la Salvajina, en la cual las transformaciones producto de la misma, desarticulaban las relaciones entre las lógicas de subsistencia y los ciclos de la ecología, donde se presentó un detrimento en la forma de vida local basada en la agricultura familiar con aprovechamiento de los bosques para la obtención de maderas, la pesca y la minería.

En la hidroeléctrica de El Quimbo, en el momento de realización del estudio de impacto ambiental, no se evaluaron de manera efectiva las modificaciones en las relaciones sociales a las cuales se vieron sometidos los habitantes del área de influencia, lo que trajo como consecuencia importantes impactos a nivel socio cultural. Según Dussan Calderon, (2017) en el departamento del Huila se presentó un incremento progresivo de la conflictividad social por la falta de respuesta y solución a las demandas sociales. La respuesta del Estado ha sido emplear medidas de represión como el uso excesivo de la fuerza, hasta llegar a causar lesiones personales a varios de los pobladores. Durante la construcción de la represa El Quimbo han sido ya más de 3.000 las personas desplazadas de sus tierras o del territorio donde laboraban. Mediante la difusión de las problemáticas ambientales de la represa, se determinó que el grado de impacto es alto e importante, a tal punto que la Corte Constitucional intervino mediante la Sentencia T-135/13 y sentó jurisprudencia al emitir las razones por las cuales consideraba que la empresa ENGESA

vulneró los derechos de los habitantes de la región, al no incluir a todos los pobladores afectados en los conteos de reparaciones; De esta manera la Corte Constitucional, (2013) declaró que es necesaria la participación de los grupos de población que puedan ser afectados a causa de mega obras de infraestructura, como las Hidroeléctricas; teniendo en cuenta que las mismas suponen:

*“el surgimiento de una situación extraordinaria para el grupo de personas, que se enfrentan a una modificación grande de sus vidas. Ese cambio, que surge por causa de una decisión gubernamental, que tiene que ver con una visión del interés general (con ella se busca satisfacer las necesidades energéticas de todo el país), amenaza por sí misma derechos fundamentales de dichas personas y puede ponerlos en situación de violación”.*

Otro de los factores que se modifican con la implementación de este tipo de proyectos, son las condiciones a las cuales están sometidas las personas oriundas, dado que, al implementarse este tipo de proyecto de grandes magnitudes, son modificadas drásticamente aspectos como el costo de vida y las relaciones personales, porque que las comunidades donde generalmente se implementan, están constituidas por grupos de pequeñas personas y con poca densidad.

De acuerdo con Torres et al, (2014), el proyecto hidroeléctrico Ituango, puede generar una ruptura en las relaciones que articulan la vida de las comunidades, rompiendo de forma definitiva las relaciones sociales y económicas desarrolladas de forma ancestral en esta zona. Una situación similar se presenta en la hidroeléctrica de Belo Monte, en Brasil, ya que se tienen planes para implementar una serie de centrales en la amazonia, de acuerdo con Uharte, (2016), lo que se puede presentar con este tipo de proyectos es la llegada masiva de miles de personas buscando trabajo, lo cual genera un colapso social de altas proporciones, en una zona del país con infraestructuras muy deficientes.

La vulnerabilidad de las comunidades ante este tipo de proyectos a nivel social es alta, de acuerdo con Diaz Polanco et al. (2015), por este tipo de proyectos y teniendo en cuenta la complejidad en la restauración de los medios de subsistencia se pueden presentar graves consecuencias sobre el tejido social de comunidades como las indígenas presentes en el área de influencia del proyecto del Quimbo. Según Leguizamón, (2015) en la construcción

de la hidroeléctrica de Urra, las comunidades campesinas del Alto Sinú que fueron reubicadas se enfrentaron al drama de abandonar sus terruños para ser llevados a lugares carentes de oferta de servicios públicos básicos y expuestos a enfermedades y riesgos, lo cual modifica el sentido de pertenecía y la calidad de vida de las comunidades.

Estos impactos son los más representativos a nivel nacional, sin embargo, hay otros impactos que afectan a los ecosistemas y las poblaciones, por lo cual, es necesario debatir, si son asumibles los costos ambientales generados por esta forma de producción y a la escala que se plantea en proyectos como Hidroituango e Hidro-Sogamoso. De acuerdo con Ángel Maya, (2000), *“La crisis ambiental no exige, por tanto, un retorno a las formas biológicas de adaptación. No exige la renuncia a la tecnología, pero sí su cambio de signo. La tecnología no puede seguir siendo un brazo desarticulado del cuerpo social”*. Por lo tanto, los proyectos deben tener en cuenta en mayor medida las condiciones ambientales presentes en los territorios de implantación. Los impactos potenciales están relacionados con los factores ambientales, por lo tanto, se debe tener en cuenta la variabilidad climática, para un análisis de la viabilidad de este tipo de proyectos, como se describe en el siguiente capítulo.



### **3. Vulnerabilidad del servicio eléctrico relacionado con la variabilidad climática**

La fuente principal de suministro de energía eléctrica en el país es la hidroelectricidad, obtenida de centrales en su mayoría del tipo de embalse, es decir, su potencial está específicamente relacionado con la capacidad de almacenamiento de la represa, por consiguiente, su aporte a la producción de electricidad se relaciona de manera directa con los eventos meteorológicos. Estos a su vez han causado incertidumbre en la prestación del servicio en dos épocas diferentes, por los bajos niveles de acumulación de agua, a causa de la baja precipitación en determinados lapsos, sumado a las altas temperaturas, consecuencia directa del fenómeno ENSO o Fenómeno del Niño.

De acuerdo con IPCC (2014), la definición de la vulnerabilidad comprende la propensión o predisposición a ser afectado negativamente. La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño, así como la falta de capacidad de respuesta y adaptación. Este concepto que es ampliado por Aldunce (2008), quien lo asume como una variable que se encuentra en función de la exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa del sistema, donde se define la exposición como la actividad, grupo, región o recurso expuesto a variaciones climáticas significativas, mientras la sensibilidad como el grado de afectación del sistema, negativa o positiva; y la capacidad adaptativa a la habilidad para ajustarse a la variabilidad climática y los eventos extremos.

Según Toro (2009; 2012), la vulnerabilidad se expresa de diferentes maneras dependiendo del punto de vista de las diversas disciplinas, en general el concepto hace alusión a como el ambiente cultural y natural puede responder a eventos externos y a la vez dan información sobre los impactos ambientales potenciales de los proyectos. Teniendo en cuenta la capacidad adaptativa en la vulnerabilidad, Gómez (2001) referencia que los daños que se causan por diferentes fenómenos naturales pueden generar diferentes

impactos dependiendo el grado de desarrollo de los países y otras variables, mientras según Magaña (s. f), aplica la definición de vulnerabilidad aplicada a un país determinado ante condiciones extremas en el clima, a partir de una relación inversa con: i) la difusión y comprensión de los pronósticos climáticos ii) la capacidad técnica para aplicar medidas preventivas y iii) la disponibilidad de recursos financieros para aplicar estas medidas.

Para el análisis del servicio de eléctrico en el país, se considera que la vulnerabilidad está directamente relacionada con el grado de exposición a los fenómenos meteorológicos, a la variabilidad climática y a la presencia de eventos extremos, los cuales son considerados como una amenaza latente al sistema. Al respecto, Lavel (s.f.) define una “amenaza” como la posibilidad de la ocurrencia de un evento físico que puede causar algún tipo de daño a la sociedad, ya sean propias de la naturaleza como las asociadas a las dinámicas geológicas, atmosféricas, oceanográficas, entre otras o antropogénicas que son las asociadas a la actividad humana. Además de la exposición a fenómenos meteorológicos, la sensibilidad del sistema se encuentra en función de la capacidad para la producción de electricidad, la cual tiene una relación directa con los niveles de los embalses de abastecimiento de las centrales hidroeléctricas, por último, se incluye la capacidad adaptativa del sistema, que corresponde al grado de dependencia del sistema hacia una tecnología de producción, es decir, cuando se disponen de diversas fuentes de generación, si alguna se encuentra en riesgo de producción la otra puede suplir con la demanda, mientras la otra suple sus falencias. Ello reviste importancia en la medida en que cuando la producción depende de una fuente, la posibilidad que el sistema colapse aumenta considerablemente.

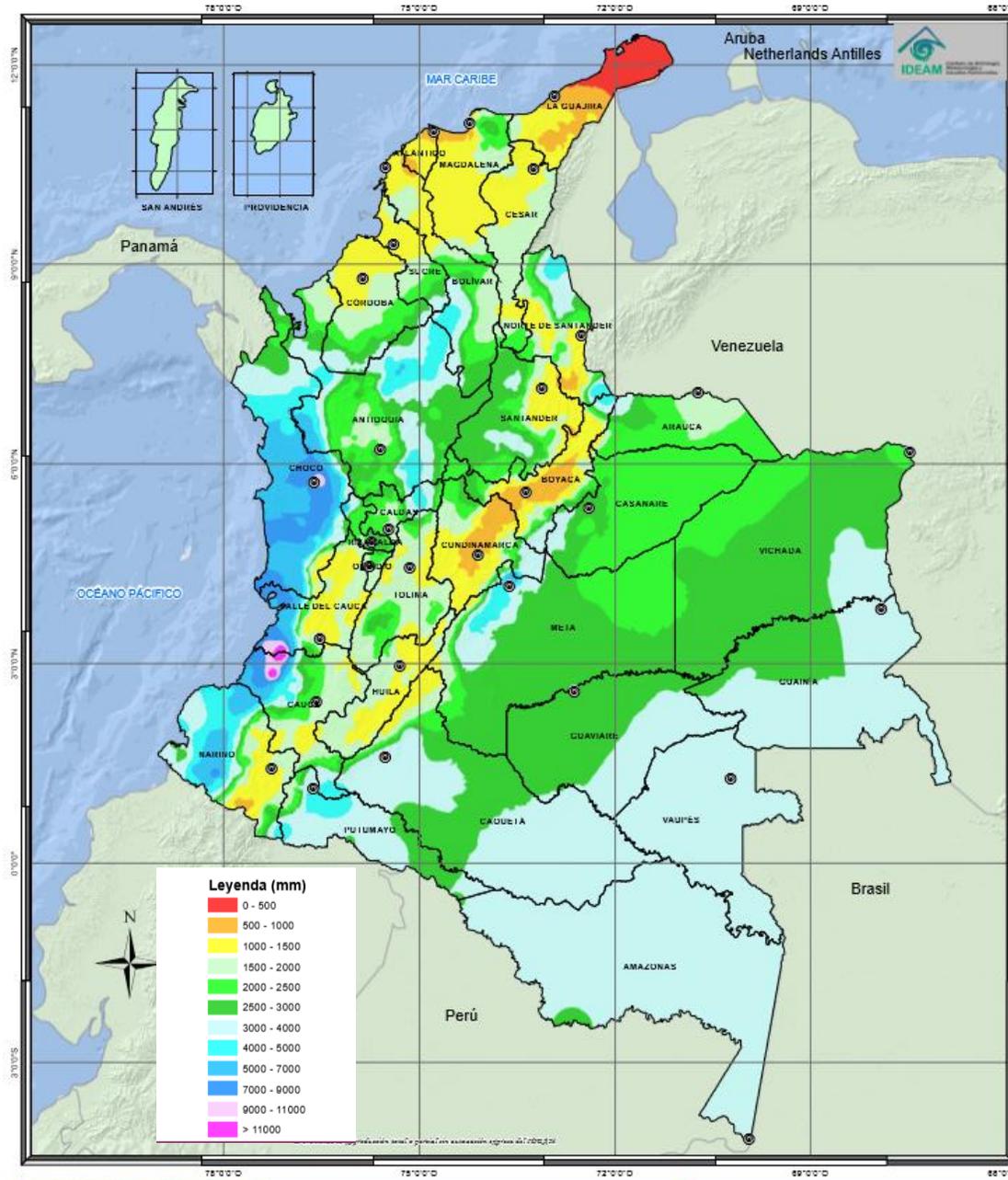
### **3.1 Potencial hídrico de Colombia**

Colombia es un país destacado por su importancia mundial en términos de biodiversidad ecosistémica, producto de diversos factores como ubicación geográfica, topografía escalonada y heterogénea, que posibilita contar con la mayoría de los pisos térmicos. Dentro de estas propiedades se resalta de manera especial, la riqueza hídrica, según la CEPAL, (2000), el país tiene una precipitación media anual de 3.000 mm, mientras que el promedio mundial, es de 900 mm y 1.600 mm de para Suramérica; sumado a lo anterior, en términos de escorrentía se presenta un caudal de 58 l/s/km<sup>2</sup>, comparado con 21 l/s/km<sup>2</sup> para Suramérica y 10 l/s/km<sup>2</sup> a nivel mundial, constituyéndose así en una prueba de su

---

potencial, siendo de tres a seis veces mayor que el promedio mundial, lo que deriva en una alta disponibilidad del recurso, representado en sus diversas fuentes como ríos, lagos, lagunas, quebradas, mares y acuíferos.

En Colombia la mayoría de zonas geográficas poseen un promedio considerable de lluvias, como se puede observar en el **Figura 3-1**, en la que se presenta el promedio de precipitación anual en milímetros; en la mayoría de zonas geográficas acumulan más de 1000 mm, con excepciones en el departamento de la Guajira y algunas zonas específicas de la región Andina, en contraste con otras regiones como la Costa Pacífica, donde se presentan precipitaciones mayores a los 6000 mm, lo anterior prueba el gran potencial que posee el país en términos hídricos.

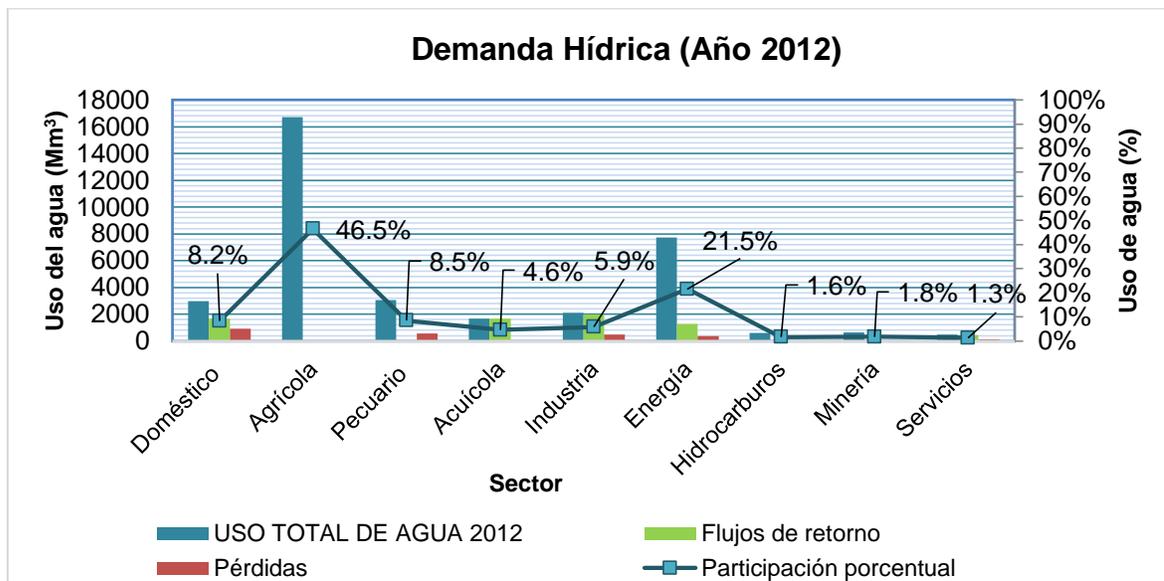
**Figura 3-1:** Precipitación Media Total Anual- Promedio Multianual 1981-2010.

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM 2014.

El recurso hídrico en Colombia presenta diversos usos, como se grafica en la **Figura 3-2**, siendo el sector agrícola el de mayor demanda con el 47% del total, seguido del sector de la energía con el 21,5 %, ambos sectores son los más representativos en el aprovechamiento. Cabe resaltar que para diversos sectores como la minería o los hidrocarburos los datos no son los más precisos o no se tiene información completa acerca

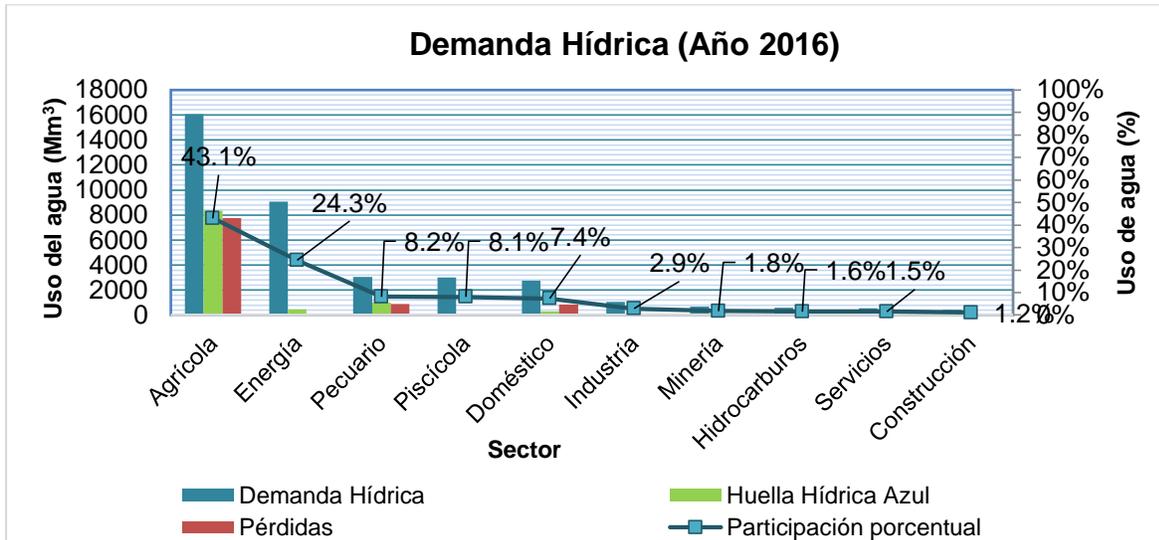
de los mismos. En relación con el sector hidroeléctrico y según el IDEAM, (2015), 42.857 millones de m<sup>3</sup> de agua se utilizaron en las grandes centrales, mientras 1.880 millones de m<sup>3</sup> se usaron en las pequeñas centrales hidroeléctricas; si bien la mayor parte de esta demanda es reincorporada al sistema hídrico, se presentan pérdidas causadas por el embalse del agua. La primera corresponde a la evaporación del fluido y la segunda hace referencia al agua que queda embalsada y que no tiene la opción de uso inmediato en otra actividad, ya sea agrícola, ganadera o para el consumo humano.

**Figura 3-2:** Demanda hídrica del año 2012



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IDEAM Estudio Nacional del Agua 2014.

Dentro de los datos presentados por en el Estudio Nacional del Agua del año 2018, se presenta una similitud en la demanda hídrica sectorial, de acuerdo a la gráfica **Figura 3-3**, el sector agrícola sigue siendo el sector de mayor demanda con un 43.1% del total, seguido por el sector energía, el cual demanda el 24.3%, lo cual nos indica que con respecto al año 2014, el sector energético aumentó en tres puntos porcentuales, llegando al uso de 9069 millones de metros cúbicos, más aún, la mayor parte del agua utilizada en el sector retorna su flujo al sistema, razón, por la cual, pasa a ser la tercera si se tiene en cuenta, la denominada huella hídrica azul, en la cual, la actividad pecuaria la supera. El aumento de la demanda del sector energético principalmente se atribuye a la entrada en funcionamiento de dos de las represas para la generación más representativas, El Quimbo e Hidrosogamoso.

**Figura 3-3:** Demanda hídrica del año 2016

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IDEAM Estudio Nacional del Agua 2018.

Lo anterior demuestra la importancia del recurso hídrico en el país, teniendo en cuenta que se derivan diversos usos y aplicaciones y es un eje fundamental para las comunidades. No obstante, aunque se tiene una gran disponibilidad espacial y temporal, hay zonas donde el recurso en general es escaso y zonas donde se tiene una presión importante sobre el recurso por la gran cantidad de población y actividades que se desarrollan su interior.

### 3.2 Variabilidad climática en Colombia

Ante la ubicación del país cerca al paralelo ecuatorial, en el norte de Suramérica, y en la zona intertropical, bordeado por aguas marítimas, tanto al norte como en el occidente, el territorio nacional se convierte en un lugar propenso a las diversas manifestaciones climáticas que son producto de los diferentes eventos naturales. De acuerdo con Montealegre et al (2002):

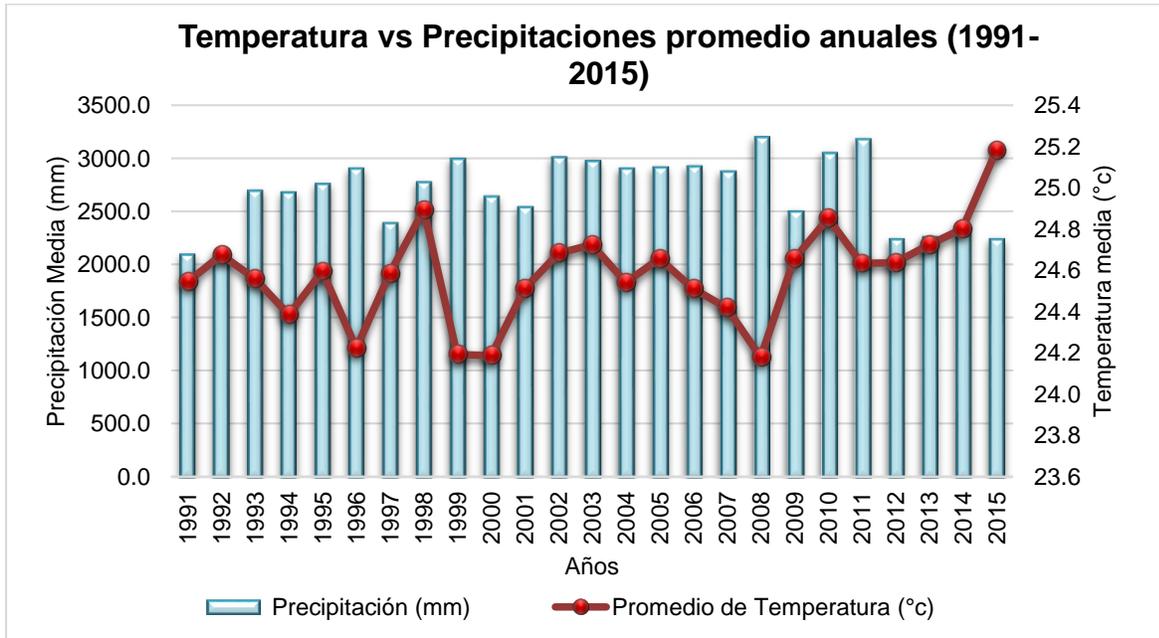
*“los factores determinantes del clima se refieren a las condiciones físicas y geográficas, que son relativamente constantes en el tiempo y en el espacio que influyen en el clima en aspectos relacionados con la transferencia de energía y calor. Los de mayor importancia son la latitud, la elevación y la distancia al mar”.*

Dentro de estos factores se encuentran los vientos marítimos o alisios y el calentamiento de las aguas del mar. Según León et al (2000) la circulación atmosférica a nivel mundial se mueve dentro de un esquema de equilibrio termodinámico, lo cual representa que en estas latitudes se presenten circulaciones confluyentes concentradoras de masa de aire y que se convierten en reguladoras del tiempo y del clima en el país, lo cual significa que en el territorio continental se presenta un aumento o una disminución en las precipitaciones. Las interacciones de los diferentes factores producen el clima, de acuerdo con Pabón, (1998):

*“Este se puede definir como las condiciones predominantes en un lugar, región o en el planeta durante un periodo dado, las cuales están controladas por los denominados factores forzantes y factores determinantes”.*

Se resalta la importancia de la definición de variabilidad climatológica y el concepto de cambio climático, según Poveda (2004), el primero hace referencia a un amplio rango de escalas espaciales y temporales, donde las escalas espaciales incluyen desde la escala planetaria a la local y puntual, mientras las escalas temporales abarcan desde la escala paleo-climática, correspondiente a millones de años hasta la escala diurna. En el segundo y según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992), se entiende como “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.”

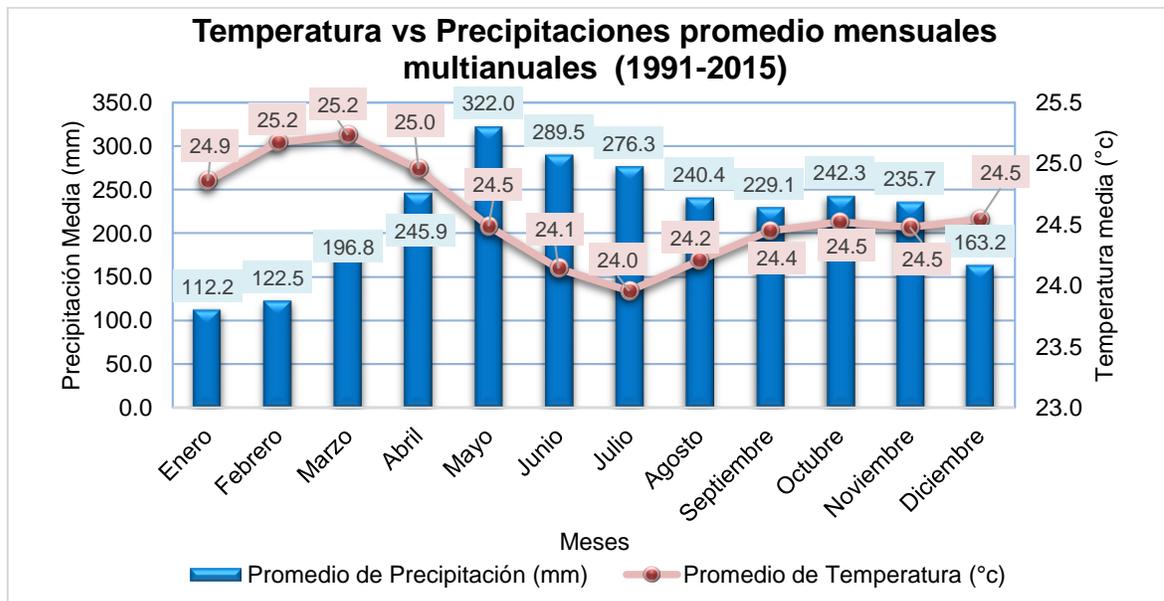
Dentro de la variabilidad climática se presentan fenómenos como es el caso del ciclo de ENOS- el Niño Oscilación del Sur, que según Montealegre & Pabón (2000), se produce cuando se observa un debilitamiento de los vientos alisios, lo cual trae como consecuencia una disminución en la fuerza de empuje que la atmósfera impone al agua superficial oceánica, originándose un retorno de las aguas cálidas desde Australia hasta las costas Sudamericanas. Este fenómeno produce dos efectos en Sudamérica, en especial en los países cercanos al Ecuador, en Colombia produce una disminución sustancial en las precipitaciones, mientras que en Perú y Ecuador genera un aumento en las mismas.

**Figura 3-4:** Comparación de temperaturas y precipitaciones anuales (1991-2015)

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del grupo del Banco Mundial (2018)

Existe una relación entre la temperatura y la cantidad de precipitaciones, tal y como se aprecia en la **Figura 3-4**, en la que se presenta la tendencia promedio de las temperaturas anuales en el país, las cuales son comparadas con la cantidad de precipitación anual media, entre la década de 1990 y la mitad de la segunda década de los años 2000. De acuerdo con los datos, en los últimos años es más notoria la tendencia al incremento de las temperaturas, lo cual es una tendencia a nivel mundial y signo de preocupación por los efectos que conlleva sobre algunos ecosistemas bastante sensibles a este cambio. Se deduce que este aumento repercute en la cantidad de precipitaciones, una condición que varía según los meses y las regiones en las cuales se analiza, pero en términos generales el comportamiento es similar.

**Figura 3-5:** Comparación mes a mes de precipitaciones y temperaturas anuales. (1991-2015)

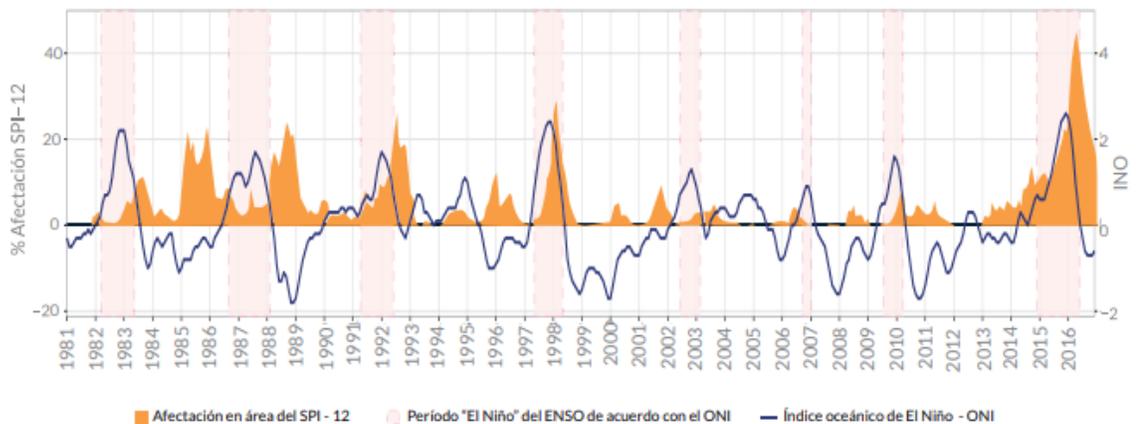


Fuente: Elaboración propia a partir de datos del grupo del Banco Mundial (2018)

Analizando los datos a una escala mensual en un promedio de temperaturas y precipitaciones, se deduce de acuerdo a la **Figura 3-5**, que los primeros meses del año son los que presentan mayores temperaturas y menores valores de precipitación, mientras que los meses de mayo y abril, presentan una tendencia de altas concentraciones de lluvias. En todo caso, habría que tener en cuenta las observaciones de Arango et al (s.f.), según las cuales la distribución de las precipitaciones para la región Andina se encuentra en un régimen bimodal, es decir, posee dos lapsos de tiempo en el cual predominan las lluvias, mientras que la región pacífica y los llanos orientales poseen una tendencia unimodal, en contraste a la región andina presenta dos épocas históricas de precipitaciones, en especial, hacia los meses de abril y octubre, este comportamiento se puede apreciar en la **Figura 3-6**.



**Figura 3-7:** Relación del porcentaje de afectación anual y el índice oceánico del Niño ONI



Fuente: Tomado de IDEAM Estudio Nacional del Agua 2018.

En las épocas de sequía, como lo plantea García et al, (2012) los efectos de los fenómenos naturales que se presentan en el país no han sido nada despreciables, por ejemplo en épocas del fenómeno del Niño, en la cuenca del Magdalena- Cauca se ha presentado hasta un 26% de disminución en los caudales, y en otras regiones, se han presentado reducciones hasta de un 40%, lo cual es significativo teniendo en cuenta que sobre estas regiones se ubican la mayoría de la represas hidroeléctricas.

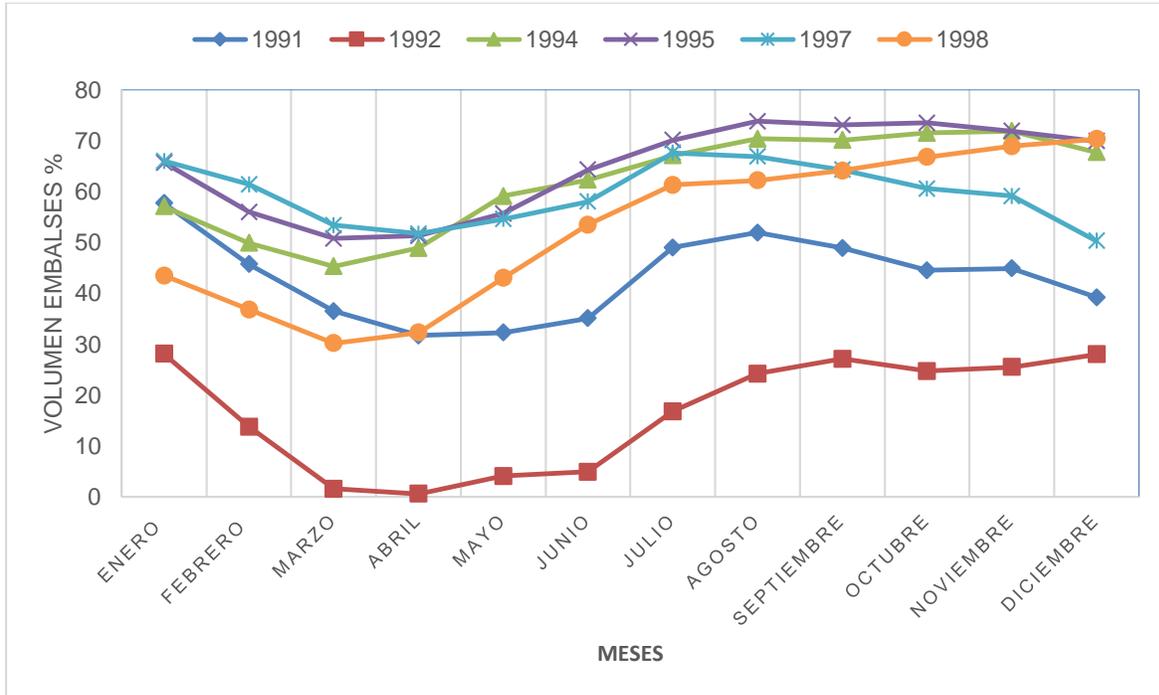
### 3.3 Vulnerabilidad del sistema ante los desabastecimientos

La presencia de estos fenómenos naturales cuenta con una manifestación cíclica en el país, de aproximadamente cada siete a diez años, lo cual genera un aumento de la vulnerabilidad si se tiene en cuenta que fenómenos como el cambio climático magnifican este tipo de eventos. Particularmente uno de los momentos en que el sistema fue más sensible al fenómeno del niño, fue en los años 90, en el periodo comprendido entre inicios del año 1992 y principios de 1993.

El año de 1992 fue crítico para la generación de energía eléctrica, en concordancia con los datos de la **Figura 3-8**, que reflejan como el comportamiento de la precipitación fue significativamente atípica, con respecto a los demás años de la década. En los meses de

marzo, abril y mayo, se presentaron niveles de sequía absoluta en los embalses del país, lo que llevó al Gobierno Nacional a actuar de una manera drástica, concretamente en la toma de una serie de medidas drásticas para mitigar el inconveniente

**Figura 3-8:** Volúmenes de agregados de embalses en porcentaje para los años 90.



Fuente: elaboración propia a partir de datos tomados de XM (2018).

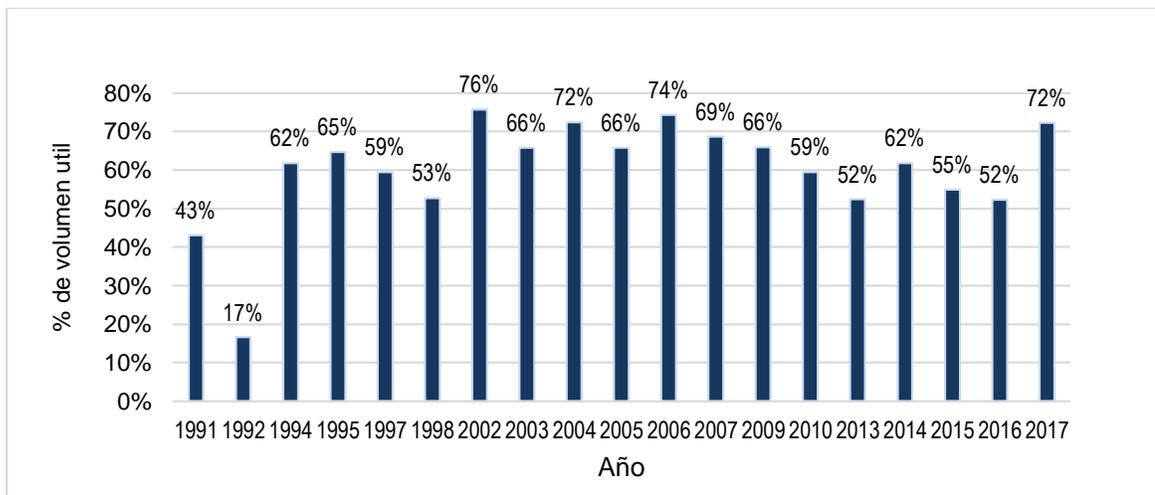
De acuerdo con López (2017), el problema presentado en el año 1992 permite concluir que no se debe depender de la hidrología, dadas las implicaciones negativas para el país, que se manifiestan, por ejemplo, en racionamientos de cerca de nueve horas nocturnas y hasta tres diarias, afectando las pequeñas y medianas empresas y negocios, que redujeron su producción hasta el 30% solamente en un mes. Razones por las cuales se tomaron medidas de choque, como cambiar el huso horario, modificándose en una hora para aprovechar en mayor medida la luz solar y economizar energía ante el desabastecimiento.

De acuerdo con Guerrero, (2004), a raíz de este problema de desabastecimiento y racionamiento, entraron en vigor las leyes 142 (ley de servicios públicos) y 143 (ley eléctrica) de 1994, para establecer las condiciones que permitieran que su desarrollo estuviese determinado bajo la sana competencia, en especial, las leyes emitidas hablan acerca de la regulación del mercado, para evitar el monopolio e incrementos excesivos en

las tarifas de la prestación del servicio, además de impulsar y facilitar la conexión entre las diferentes empresas generadoras, más aún, esta leyes no desincentivaron la generación a partir de la hidroelectricidad, sino, por el contrario se impulso la creación de más centrales para la expansión del sistema a corto y mediano plazo.

La presencia del Fenómeno del Niño entre año 2016 e inicios del año 2017, recordó los impactos sucedidos durante el apagón de 1992. Según Dataifx.com, (2016) el nivel agregado de los embalses del país llegó a un 28,01%, en consecuencia, las plantas nunca había generaron con niveles de embalsamiento tan bajos, desde de que entrara en vigor las leyes regulatorias de la energía eléctrica. Por consiguiente, se prendieron las alarmas gubernamentales, expresadas en reacciones de preocupación y promoción del ahorro energético para no llegar a extremos de racionamiento.

**Figura 3-9:** Volúmenes útil agregado de embalses en porcentaje.

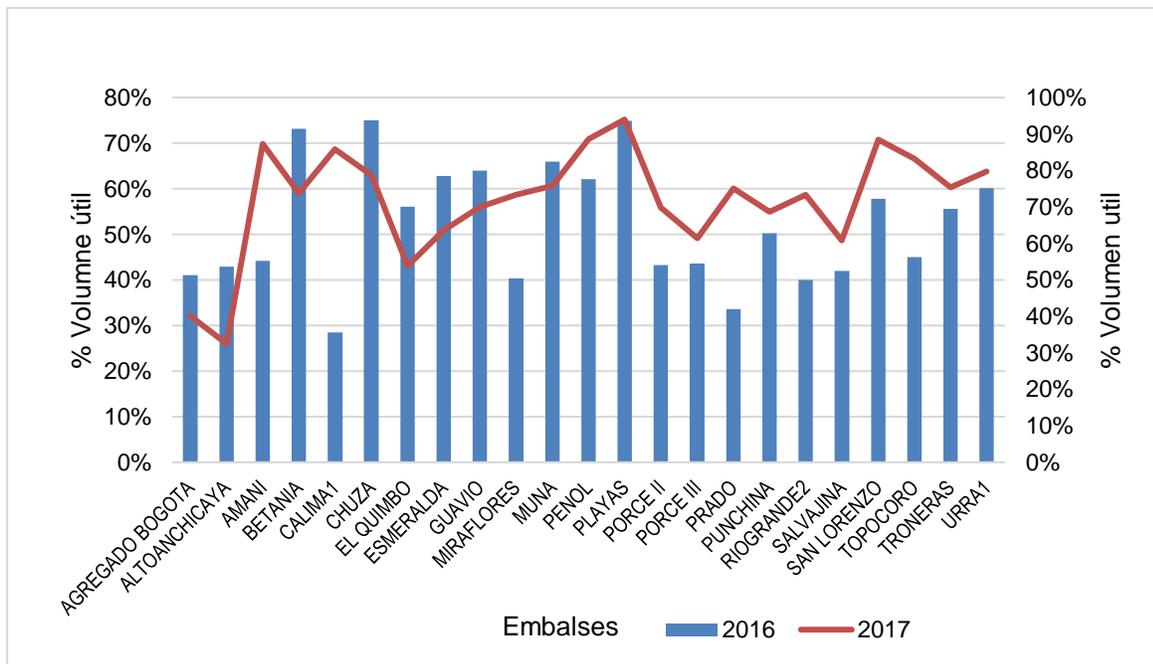


Fuente: elaboración propia a partir de datos tomados de XM (2018).

En relación con los volúmenes útiles de los embalses, estos han presentado rangos de variación entre 17% en el año de 1992 hasta 76 % en el año 2002, según datos que corresponden al agregado de todos los meses del año y de todos los embalses en operación, conforme se puede observar en la **Figura 3-9**, en la que se evidencia del año 2010 al año 2016, se presentó una disminución aproximadamente del 10% con respecto a la década anterior, es decir, se ha presentado una disminución en la disponibilidad del recurso para la generación de energía.

De acuerdo con la **Figura 3-10**, en el año 2016 la mayoría de las hidroeléctricas funcionaron a penas con el 40% o 50% de la capacidad total de sus embalses, teniendo en cuenta que estos se ubican en diferentes regiones y cuencas geográficas del país, razón por la cual, no todas las centrales se vieron afectadas por una reducción en su capacidad operativa, análogamente, se debe tener en consideración que este es el agregado de los doce meses del año, lo cual significa que en determinados momentos, los niveles de los embalses estuvieron por debajo de los niveles promedio para el año.

**Figura 3-10:** Volúmenes útil agregado en porcentaje por embalse (2016-2017).

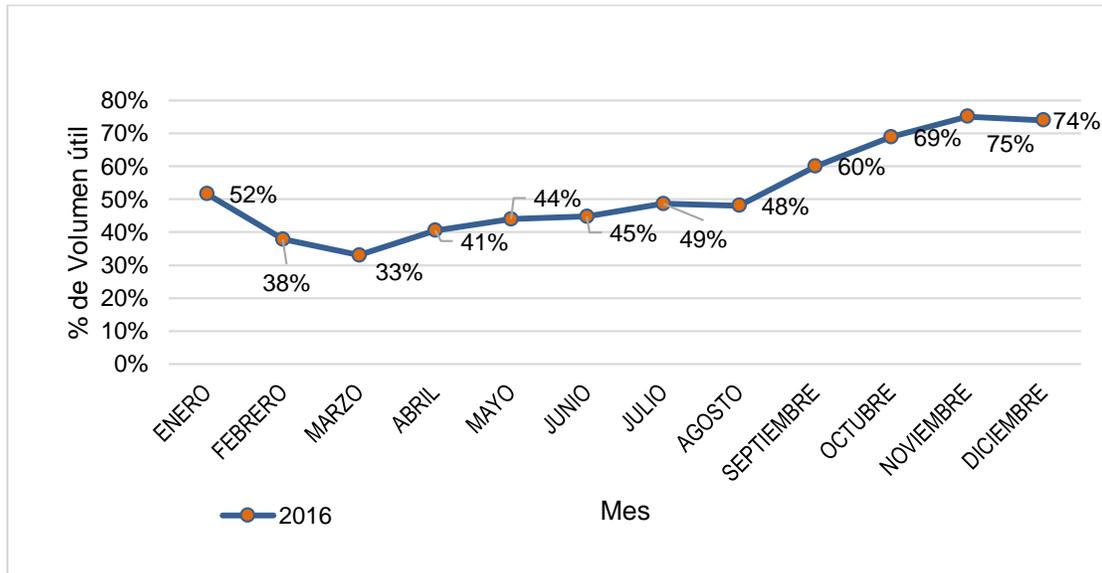


Fuente: elaboración propia a partir de datos tomados de XM (2018).

Respecto a la **Figura 3-11**, se observa que el fenómeno del niño, tuvo sus mayores efectos en los meses de febrero y marzo del año 2016, más aún en siete meses se tenía los niveles almacenamiento por debajo de la mitad de la capacidad que pueden albergar, pese a que los embalses no funcionan con el 100% de la capacidad durante la totalidad del año, mantener estos niveles inferiores al 50%, le reduce eficiencia al sistema, en vista de esto, se puso de nuevamente en tela de juicio, al sistema eléctrico nacional y su eficiencia, pues bien la generación se basa principalmente en una única tecnología que depende

directamente de los niveles de los embalses, los cuales son bastante susceptibles a los cambios climatológicos como es el fenómeno del niño.

**Figura 3-11:** Volúmenes útil agregado en porcentaje por mes año 2016



Fuente: elaboración propia a partir de datos tomados de XM (2018).

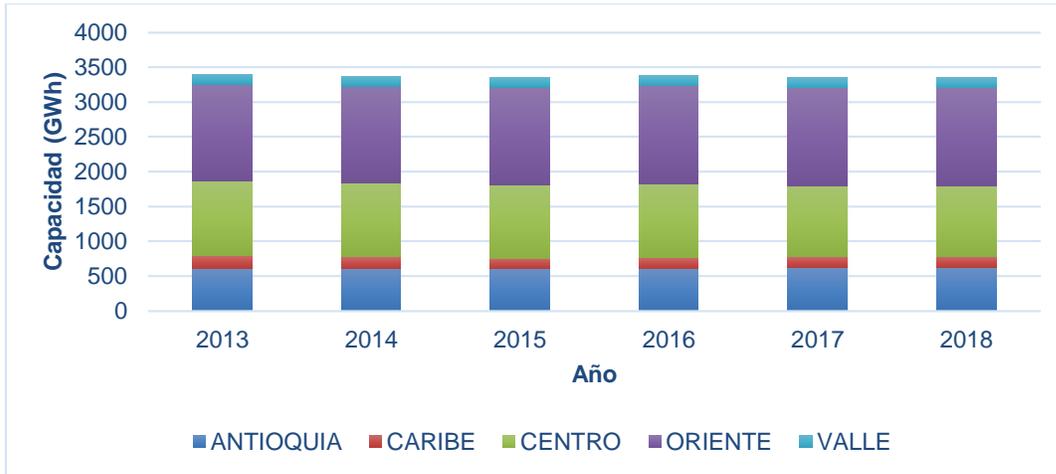
### 3.4 Vulnerabilidad regional del sistema

La generación del sistema eléctrico nacional que obtiene su energía a partir del recurso hídrico, se divide principalmente en cinco regiones ( Antioquía, Caribe, Centro, Oriente y Valle), las cuales tienen el conglomerado de las principales represas con las cuales cuenta el país, dentro la región Antioquía se consideran los embalses de Amaní, Miraflores, el Peñol, Playas, Porce II, Porce III, Punchina, Riogrande 2 , San Lorenzo y Troneras, dentro de la región Caribe se encuentra Urra I, para la región Centro se encuentran Agregado Bogotá, Betania; El Quimbo, el Muña; Prado y Toporoco, para la región Oriente se encuentran la Chuza, Esmeralda y el Guavio, mientras para la región Valle se encuentra Altoanchicaya, Calima y la Salvajina.

Las cinco regiones aportan entre 3300 Gwh y 3400 Gwh, , la región de Antioquía aporta cerca del 18% de la capacidad, equivalente aproximadamente a 612 Gwh, la región Caribe aporta apenas el 5%, equivalente a 170 Gwh, la región Centro aporta el 31%, equivalente a 1054 Gwh convirtiéndose en la segunda en importancia, la región Oriente aporta el 42%,

equivalente a 1428 GWh, siendo esta la zona con mayor capacidad del país mientras la región Caribe se considera la de menor capacidad, tal y como puede observarse en de acuerdo a la **Figura 3-12**.

**Figura 3-12:** Promedio de capacidad útil de energía GWh (2013-2018)



Fuente: elaboración propia a partir de datos tomados de XM (2018).

Teniendo en cuenta lo anterior, se plantea analizar la vulnerabilidad del sistema, desde las regiones, a partir de la premisa, que cada región presenta condiciones climatológicas diferentes inclusive en el mismo mes del año, aunque en conjunto son las generadoras de la cantidad principal de energía que se consume en el país, para el análisis se propone una valoración de acuerdo a la **Tabla 3-1**, la cual tiene como base, la metodología propuesta por Toro, (2009; 2012) para el cálculo de la importancia de la vulnerabilidad, en los estudios de impacto ambiental.

**Tabla 3-1:** Valores para el cálculo de la vulnerabilidad

Valoración Cualitativa	Sigla	Valoración Cuantitativa Vulnerabilidad	Rango de volumen útil diario (%)
Vulnerabilidad Baja	VB	1	100-80
Vulnerabilidad Moderada Baja	VMB	2	79-60
Vulnerabilidad Moderada Alta	VMA	4	59-40
Vulnerabilidad Alta	VA	5	39-20
Vulnerabilidad Crítica	VC	7	19-0

Fuente: Adaptación a partir de Toro, 2009

De acuerdo con Carvajal et al, (2011) la generación hidroeléctrica se afecta cuando se presentan periodos de sequía prolongados, dado que nivel de los embalses disminuye y afecta el balance entre la demanda y la oferta, la cual puede afectar el óptimo desarrollo del Sistema Interconectado Nacional, generando también un aumento de los precios, como ocurrió en el año 2009, cuando se presentó el fenómeno del niño. Por su parte Barrientos et al, (2012), expresan que el precio de la energía es inversamente proporcional al nivel de los embalses, por esta razón, se escogió como variable para realizar el análisis el volumen útil diario de los embalses, además, porque este se encuentra directamente relacionado con los caudales de sus afluentes, teniendo en cuenta que entre mayores sean los caudales menores es el impacto, sobre la fauna acuática y la calidad de agua.

En la **Tabla 3-1**, se consideraron cinco tipos de valoraciones cualitativas y cuantitativas, las cuales van desde una vulnerabilidad baja a una vulnerabilidad crítica, a cada una se asoció un rango porcentual. Ahora bien, de acuerdo a los niveles de los embalses, se escogió intervalos de 20 %, dado que entre 80% y 100 %, es el porcentaje óptimo para la operación continua de las centrales mientras que, por el contrario, tener los embalses a niveles inferiores a 20% corresponde a una situación crítica.

En base de los criterios establecidos, se realizó la valoración de las cinco regiones, en cada uno de los meses del año, para la identificación de los meses más críticos de operación en cada una de ellas, esta valoración se realizó para el año 2016 donde se presentó el fenómeno del niño, para el año 2017, donde ya no se encontraba presente y para el compilado de los años desde el 2013 al 2018.

De acuerdo a la **Tabla 3-2**, es posible observar que en el año que se presentó el fenómeno del niño, el sistema tuvo unos niveles bajos de los embalses, en cuatro de las cinco regiones, donde el promedio del año, presentó una tendencia a una vulnerabilidad moderadamente alta, más aún la región centro que es la segunda más importante presentó una vulnerabilidad moderadamente baja, paralelamente, la región Valle fue la que presentó mes a mes las menores tasas de niveles, los meses de febrero, marzo, abril y mayo, son los meses que se presentan menores volúmenes útiles diarios.

**Tabla 3-2.** Valoración de la vulnerabilidad a partir del promedio de volumen útil diario % (2016)

Mes/Región	Antioquia	Val. cuantitativa	Val. cuantitativa	Caribe	Val. cuantitativa	Val. cuantitativa	Centro	Val. cuantitativa	Val. cuantitativa	Oriente	Val. cuantitativa	Val. cuantitativa	Valle	Val. cuantitativa	Val. cuantitativa
Enero	41%	VMA	4	61%	VMB	2	63%	VMB	2	56%	VMA	4	37%	VA	5
Febrero	41%	VMA	4	42%	VMA	4	71%	VMB	2	41%	VMA	4	36%	VA	5
Marzo	37%	VA	5	59%	VMA	4	57%	VMA	4	29%	VA	5	41%	VMA	4
Abril	29%	VA	5	32%	VA	5	65%	VMB	2	25%	VA	5	43%	VMA	4
Mayo	48%	VMA	4	37%	VA	5	73%	VMB	2	40%	VMA	4	72%	VMB	2
Junio	49%	VMA	4	44%	VMA	4	66%	VMB	2	46%	VMA	4	63%	VMB	2
Julio	38%	VA	5	57%	VMA	4	69%	VMB	2	68%	VMB	2	42%	VMA	4
Agosto	53%	VMA	4	64%	VMB	2	68%	VMB	2	84%	VB	1	53%	VMA	4
Septiembre	48%	VMA	4	76%	VMB	2	53%	VMA	4	82%	VB	1	36%	VA	5
Octubre	47%	VMA	4	76%	VMB	2	56%	VMA	4	74%	VMB	2	34%	VA	5
Noviembre	60%	VMB	2	81%	VB	1	77%	VMB	2	77%	VMB	2	53%	VMA	4
Diciembre	63%	VMB	2	84%	VB	1	80%	VB	1	73%	VMB	2	54%	VMA	4
Promedio	46%	VMA	4	59%	VMA	4	66%	VMB	2	58%	VMA	4	47%	VMA	4

Fuente: elaboración propia a partir de datos tomados de XM (2018).

El año que no se presentó el fenómeno del niño, la región Antioquía presentó el volumen más óptimo, presentando una vulnerabilidad baja en ocho de los meses y una vulnerabilidad moderadamente baja en los cuatro restantes, por el contrario, la región Valle, presenta una condición moderadamente mejor que el año con presencia del fenómeno del niño, más aún, presenta en los últimos meses del año una vulnerabilidad moderadamente alta, lo cual indica que esta es la región con porcentajes más bajos de eficiencia del país. Por su parte, la región Centro, es la que presenta menor variación en el porcentaje de sus embalses, entre los años con y sin fenómeno del niño, como se puede observar en la **Tabla 3-3**.

**Tabla 3-3:** Valoración de la vulnerabilidad a partir del promedio de volumen útil diario % (2017)

Mes/Región	Antioquia	Val, cuant,	Val. Cualit,	Caribe	Val, cuant,	Val. Cualit,	Centro	Val, cuant,	Val. Cualit,	Oriente	Val, cuant,	Val. Cualit,	Valle	Val, cuant,	Val. Cualit,
Enero	81%	VB	1	84%	VB	1	70%	VMB	2	69%	VMB	2	62%	VMB	2
Febrero	63%	VMB	2	68%	VMB	2	59%	VMA	4	51%	VMA	4	47%	VMA	4
Marzo	72%	VMB	2	69%	VMB	2	75%	VMB	2	42%	VMA	4	64%	VMB	2
Abril	69%	VMB	2	70%	VMB	2	70%	VMB	2	36%	VA	5	63%	VMB	2
Mayo	83%	VB	1	81%	VB	1	76%	VMB	2	59%	VMA	4	76%	VMB	2
Junio	91%	VB	1	87%	VB	1	76%	VMB	2	79%	VMB	2	85%	VB	1
Julio	85%	VB	1	89%	VB	1	82%	VB	1	94%	VB	1	75%	VMB	2
Agosto	82%	VB	1	79%	VMB	2	62%	VMB	2	94%	VB	1	55%	VMA	4
Septiembre	81%	VB	1	92%	VB	1	52%	VMA	4	93%	VB	1	54%	VMA	4
Octubre	81%	VB	1	76%	VMB	2	49%	VMA	4	84%	VB	1	34%	VA	5
Noviembre	86%	VB	1	93%	VB	1	68%	VMB	2	79%	VMB	2	58%	VMA	4
Diciembre	75%	VMB	2	70%	VMB	2	64%	VMB	2	68%	VMB	2	43%	VMA	4
Promedio	79%	VMB	2	80%	VMB	2	67%	VMB	2	71%	VMB	2	60%	VMA	4

Fuente: elaboración propia a partir de datos tomados de XM (2018).

De otro lado, es posible identificar que los meses más vulnerables del año para el sistema, son los meses de febrero, marzo y abril, tal y como se observan en la **Tabla 3-4**, en los cuales se presentan una valoración de vulnerabilidad moderadamente alta o alta; para las cinco regiones, la región del Valle es la que presenta mayor vulnerabilidad con un promedio anual de 48%, asimismo, la región de Antioquía, presenta una vulnerabilidad moderadamente alta, en la mayoría del año, por el contrario, la región centro y la región oriente presenta vulnerabilidades moderadamente bajas, aunque con porcentajes cercanos a los límites inferiores.

**Tabla 3-4:** Valoración de la vulnerabilidad a partir del promedio de volumen útil diario % (2013-2018)

Mes/Región	Antioquia	Val, cuant,	Val. Cualit,	Caribe	Val, cuant,	Val. Cualit,	Centro	Val, cuant,	Val. Cualit,	Oriente	Val, cuant,	Val. Cualit,	Valle	Val, cuant,	Val. Cualit,
<b>Enero</b>	61%	VMB	2	74%	VMB	2	61%	VMB	2	60%	VMA	4	49%	VMA	4
<b>Febrero</b>	53%	VMA	4	56%	VMA	4	57%	VMA	4	46%	VMA	4	45%	VMA	4
<b>Marzo</b>	48%	VMA	4	44%	VMA	4	58%	VMA	4	36%	VA	5	43%	VMA	4
<b>Abril</b>	44%	VMA	4	35%	VA	5	62%	VMB	2	32%	VA	5	49%	VMA	4
<b>Mayo</b>	58%	VMA	4	49%	VMA	4	65%	VMB	2	42%	VMA	4	56%	VMA	4
<b>Junio</b>	56%	VMA	4	56%	VMA	4	68%	VMB	2	67%	VMB	2	60%	VMB	2
<b>Julio</b>	52%	VMA	4	63%	VMB	2	70%	VMB	2	87%	VB	1	55%	VMA	4
<b>Agosto</b>	54%	VMA	4	70%	VMB	2	61%	VMB	2	93%	VB	1	50%	VMA	4
<b>Septiembre</b>	59%	VMA	4	77%	VMB	2	51%	VMA	4	92%	VB	1	36%	VA	5
<b>Octubre</b>	66%	VMB	2	82%	VB	1	52%	VMA	4	84%	VB	1	42%	VMA	4
<b>Noviembre</b>	73%	VMB	2	88%	VB	1	70%	VMB	2	82%	VB	1	46%	VMA	4
<b>Diciembre</b>	70%	VMB	2	84%	VB	1	66%	VMB	2	73%	VMB	2	47%	VMA	4
<b>Promedio</b>	<b>58%</b>	<b>VMA</b>	<b>4</b>	<b>65%</b>	<b>VMB</b>	<b>2</b>	<b>62%</b>	<b>VMB</b>	<b>2</b>	<b>66%</b>	<b>VMB</b>	<b>2</b>	<b>48%</b>	<b>VMA</b>	<b>4</b>

Fuente: elaboración propia a partir de datos tomados de XM (2018).

De acuerdo a la definición considerada de vulnerabilidad, se concluye que el sistema de abastecimiento de energía presenta una vulnerabilidad moderadamente alta, en especial cuando se presentan alteraciones climatológicas como el Fenómeno del Niño, lo cual representa un escenario desfavorable teniendo presente el alto grado de dependencia de este tipo de tecnología (70% del sistema eléctrico), como ya se evidenció en diversos periodos donde el racionamiento fue eminente o los embalses estuvieron generando a niveles bajos, casi al punto de desabastecimiento.

Si bien es cierto que el país cuenta con un gran potencial hídrico, fortalecido por factores geográficos y topográficos, las cuales contribuyen al aprovechamiento de la caída de agua, la presencia cíclica de fenómenos naturales, producen franjas de desabastecimiento en los embalses, fomentando la incertidumbre acerca de la prestación del servicio. Lo anterior, obedece a la falta de flexibilidad del sistema, al no involucrar sustitutos para la

diversificación de la generación, que se ve reflejada en una matriz energética altamente dependiente de la generación hidroeléctrica.

Los fenómenos climatológicos no sólo son importantes, por estar relacionados al abastecimiento de las centrales hidroeléctricas, sino por la relación descrita en el segundo capítulo, donde se argumenté que, en escenarios de disminución de caudales, los impactos presentan una tendencia hacia la magnificación de sus consecuencias, en especial aquellos que tienen su accionar sobre la fauna ictica.



## 4. Caso Hidrosogamoso

Ante la presentación de las tecnologías de generación eléctrica y la alta dependencia hidroelectricidad en Colombia, así como los impactos ambientales asociados a este tipo de tecnología y su grado de vulnerabilidad ante la presencia de los factores y fenómenos hidroclimatológicos, a continuación se abordará el caso de Hidrosogamoso, en el cual se pueden apreciar las implicaciones ambientales de la puesta en marcha de este tipo de proyectos, de acuerdo a las dinámicas ecológicas y sociales que se ven alteradas con los mismos. El abordaje del caso se hará teniendo en cuenta la metodología desarrollada por el Observatorio de Conflictos Ambientales OCA del Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, en la cual se aborda el conflicto desde un punto de vista sistemático, mediante una revisión metódica de diferentes fuentes de información secundaria sobre el tema, teniendo en cuenta, tres tipos de fuentes diferentes, en primer lugar, la prensa y los periódicos, en la cual se incluyen los medios nacionales, regionales, locales y alternativos, en sus diferentes formatos y presentaciones, sean físicas o digitales (audios, escritos, videos, entre otros) generando una caracterización de los actores y una identificación de sus respectivas visiones y de formas de gestionar el territorio, cuya contraposición explica el surgimiento de conflictos. En un segundo lugar, se analizan las normas, reglamentos, leyes y demás fuentes normativas que tengan relación con la puesta en marcha del proyecto; y finalmente, revisar sistemáticamente informes, libros y artículos científicos. Lo anterior relacionado con una cronología, para visibilizar las acciones y hechos a través del tiempo, lo cual permite generar una línea de tiempo del caso, en la que se pueda vislumbrar la dinámica del conflicto y los actores involucrados.

De la misma manera, al inicio se realiza una descripción técnica del proyecto y la caracterización de la zona de influencia, para poner en contexto las dinámicas sociales que han surgido a partir de la implementación de la represa.

## 4.1 Ubicación de Hidrosogamoso

La central hidroeléctrica denominada como HidroSogamoso, se encuentra ubicada en el departamento de Santander, a una distancia aproximada de 30 km de la capital del departamento, Bucaramanga. De acuerdo con ISAGEN (2015), la central se encuentra ubicada exactamente en el cañón donde el río Sogamoso cruza la Serranía de La Paz, 75 km aguas arriba de su desembocadura en el río Magdalena y 62 km aguas abajo de la confluencia de los ríos Suárez y Chicamocha (**Figura 4-1**). Por consiguiente, dentro del área de influencia de la represa, se encuentran los municipios de Girón, Betulia, Zapatoca, Los Santos y San Vicente de Chucurí, Barrancabermeja, Puerto Wilches y Sabana de Torres.

**Figura 4-1:** Localización general de la central hidroeléctrica Sogamoso

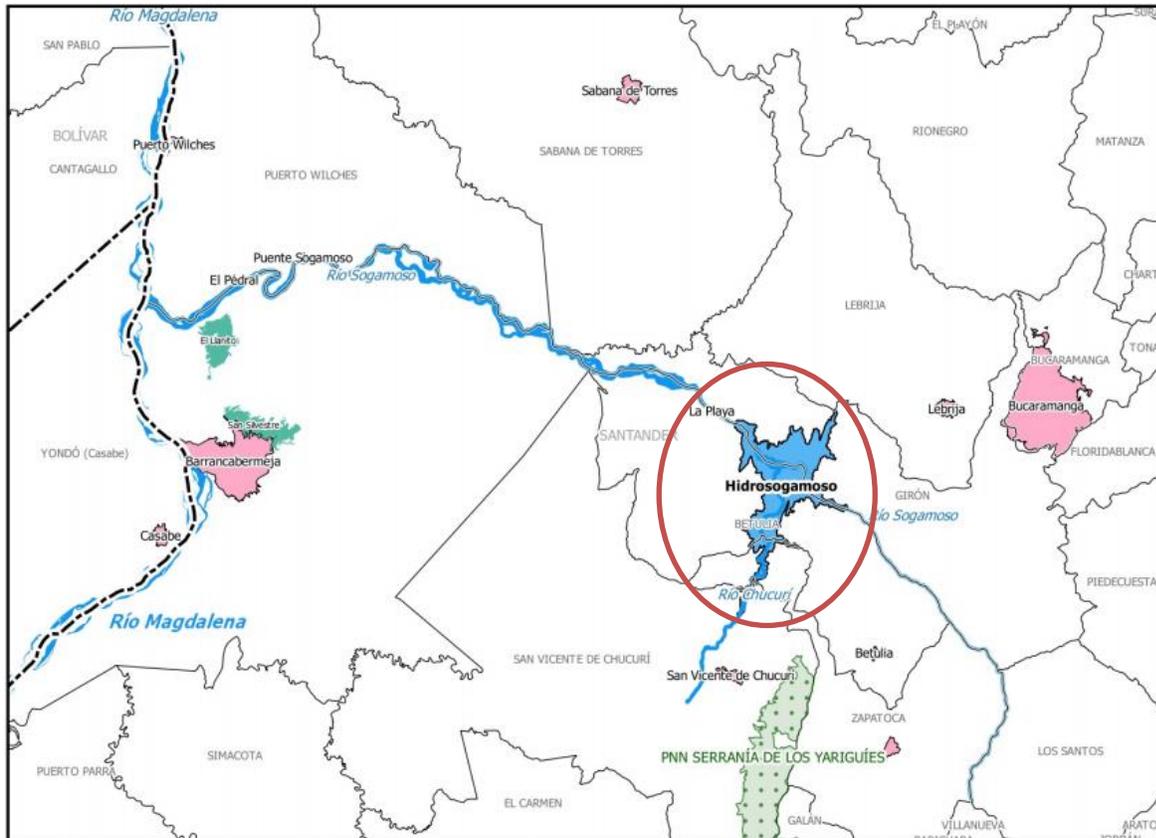


Fuente: Adaptación de Google Earth, <https://www.isagen.com.co/SitioWeb/html/buena-energia/boletin1/articulo-principal1.html> (2019)

La represa se encuentra ubicada en las faldas de cordillera oriental, las cuales delimitan al valle del Magdalena Medio, además estando ubicada en proximidades del Parque Nacional Natural Serranía de los Yariguíes, el cual según Donegan et al, (2010) incluye seis zonas de vida según Holdridge: Bosque Húmedo Tropical (vertiente occidental: 150–1.000 m), Bosque Seco Tropical (vertiente oriental y valle del río Chucurí: 150–1.000 m), Bosque Húmedo Premontano (1.000–1.500 m), Bosque Premontano Muy Húmedo (1.500–2.250 m), Bosque Montano Muy Húmedo (2.250–2.750 m) y Bosque Pluvial Montano (2.750–3.400 m). Cabe destacar El 39% de las 500.000 ha de la Serranía permanece conservado con hábitats prístinos, principalmente por encima de 1.500 m en la vertiente occidental y sobre el filo de la Serranía, mientras que el restante 61% corresponde a tierras principalmente de uso agropecuario.

## **4.2 Caracterización de la zona de influencia**

De acuerdo con estudio de impacto ambiental elaborado por INGETEC (2008), la presa y el embalse se encuentran ubicados en la jurisdicción de cinco municipios, los cuales son Girón, Betulia, Zapatoca, Los Santos y San Vicente de Chucurí, sin embargo, su impacto se extiende hasta zonas aguas abajo hasta la desembocadura del río Sogamoso en el río Magdalena, zona perteneciente a jurisdicción de Barrancabermeja, por lo tanto, en el análisis realizado por su ubicación, se considera como zona de influencia directa los cinco municipios nombrados anteriormente y como zona indirecta se consideran otros tres municipios cuya jurisdicción se encuentra aguas debajo de la presa, Barrancabermeja, Sabana de Torres y Puerto Wilches. Tal y como se aprecia en la **Figura 4-2**.

**Figura 4-2:** Localización específica de la central hidroeléctrica y la represa

Fuente: Adaptación de Mapa de Observatorio de Conflictos Ambientales (OCA)

**Tabla 4-1:** Población del área directa de influencia (años 2005, 2010, 2015)

Municipio	Urbano			Rural		
	2005	2010	2015	2005	2010	2015
Girón	117.986	138.909	161.451	17.874	18.158	18.926
Betulia	5.159	5.509	5.817	11.566	11.655	11.725
Zapatoca	5.786	5.719	5.673	3.663	3.428	3.256
Los Santos	1.547	1.739	1.899	9.430	9.853	10.286
San Vicente de Chucurí	12.705	13.269	13.667	20.562	20.697	20.973
<b>TOTAL</b>	<b>145.188</b>	<b>167.155</b>	<b>190.522</b>	<b>65.100</b>	<b>65.801</b>	<b>67.181</b>

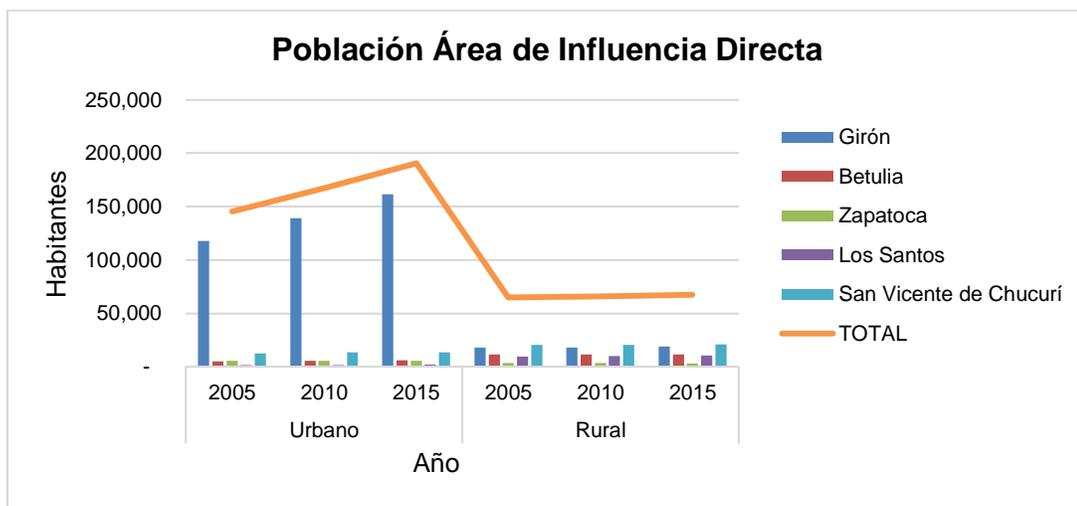
Fuente: Elaboración propia con información del DANE (2005)

El municipio de mayor número de habitantes en la zona es Girón el cual poseía a la fecha de inauguración de la represa (2015), una población urbana cercana al 83%, sin embargo,

este municipio se encuentra distante de la represa y con la mayoría de sus habitantes localizados en la cabecera urbana, por el contrario, los municipios de Los Santos, San Vicente de Chucurí, y Betulia, presentan poblaciones principalmente rurales y los dos últimos están geográficamente más cercanos a la zona del embalse. Para el año 2010, fecha en que se adelantaba la construcción de la represa, la población rural de estos tres municipios sumaba 32.205 habitantes, lo cual corresponde aproximadamente a la mitad de la población rural ubicada en la zona de jurisdicción del embalse.

En la zona de influencia directa, donde se encuentra ubicado el embalse, la población a nivel urbano ha presentado un crecimiento desde el año 2005, con una tendencia al crecimiento lineal, en especial en el perímetro urbano de Girón, presentando un incremento de 44 mil habitantes en diez años, mientras tanto, en el sector rural se ha presentado una tendencia a mantener una población constante en los últimos años sin mayor variación, representando el sector más representativo de los demás municipios, tal como se observa en la **Figura 4-3**.

**Figura 4-3:** Población urbana y rural del área de influencia directa (años 2005,2010, 2015)



Fuente: Elaboración propia con información del DANE (2005)

La zona de influencia indirecta está conformada por tres municipios, ubicados geográficamente aguas debajo de la presa, entre los cuales se destaca Barrancabermeja, que posee una población urbana de cerca de doscientos mil habitantes, de acuerdo al

censo, destacándose por presentar un comportamiento urbano principalmente. Por su parte, los otros dos municipios de la zona de influencia, Puerto Wilches y Sabana de Torres, presentan una población rural y urbana similares, mucho menor a la presentada en el primer municipio.

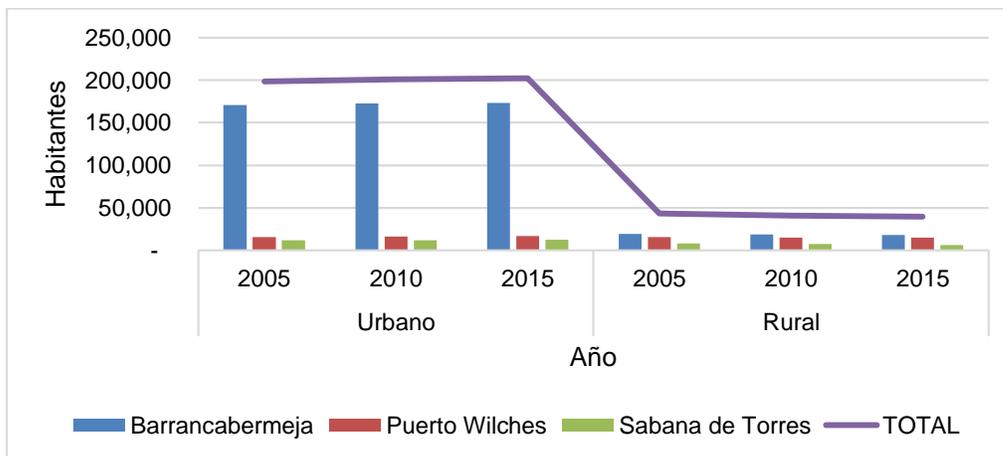
**Tabla 4-2:** Población del área indirecta de influencia (años 2005, 2010, 2015)

Población Área de Influencia Indirecta						
Municipio	Urbano			Rural		
	2005	2010	2015	2005	2010	2015
Barrancabermeja	170.821	172.778	173.424	19.248	18.720	18.344
Puerto Wilches	15.705	16.429	16.851	15.798	15.069	14.660
Sabana de Torres	11.659	12.019	12.236	8.113	7.299	6.416
<b>TOTAL</b>	<b>198.185</b>	<b>201.226</b>	<b>202.511</b>	<b>43.159</b>	<b>41.088</b>	<b>39.420</b>

Fuente: Elaboración propia con información del DANE (2005)

De acuerdo con la **Figura 4-4**, la población del área de influencia indirecta presenta un comportamiento lineal y sin mayor variación, tanto en la zona rural como en la zona urbana, en contraste con la tendencia que muestra la **Figura 4-3**, en la que la zona de influencia directa presenta una clara tendencia en el aumento de la población urbana de los municipios en especial el de Girón.

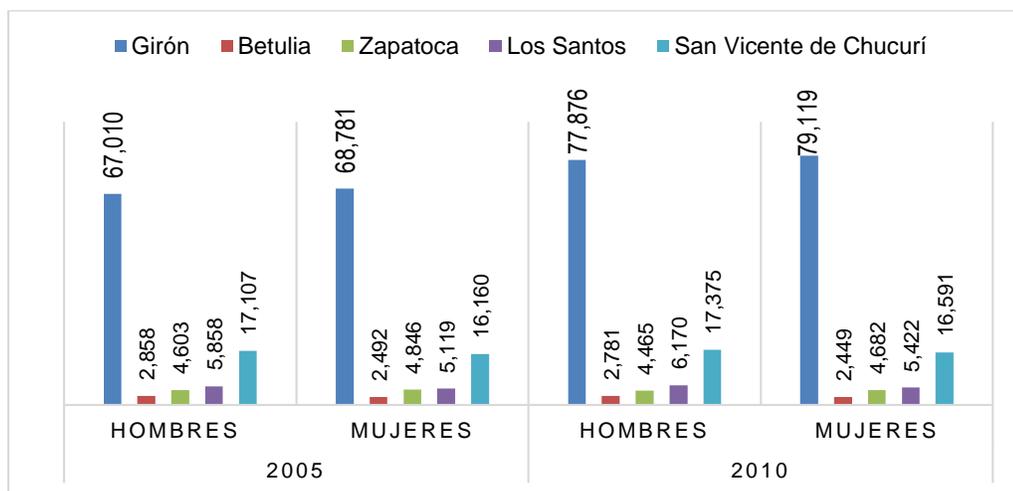
**Figura 4-4:** Población urbana y rural del área de influencia indirecta (años 2005, 2010, 2015)



Fuente: Elaboración propia con información del DANE (2005)

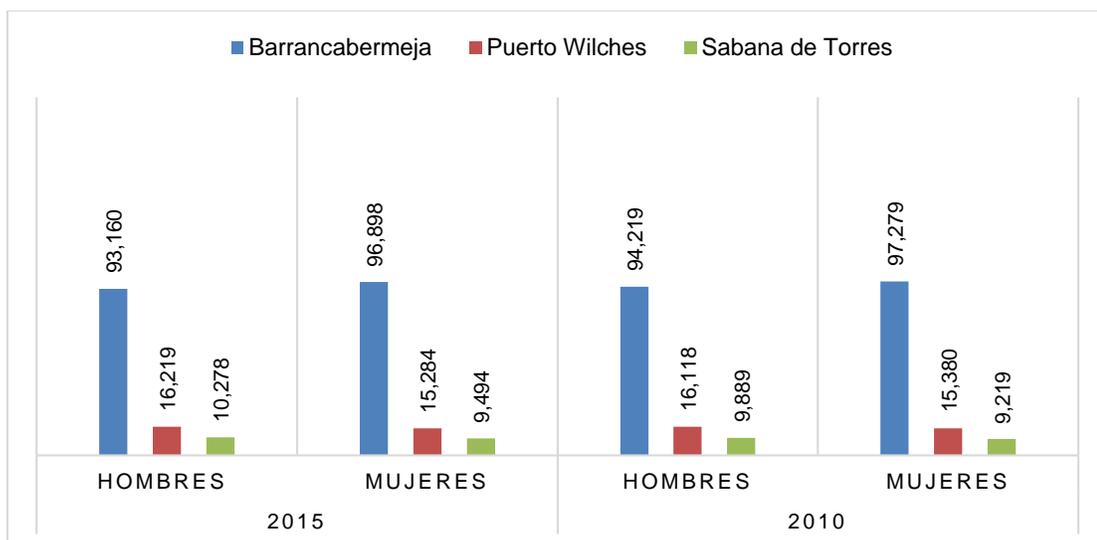
De otra parte, en la **Figura 4-5**, es posible observar la distribución de género entre hombres y mujeres, la cual presenta una distribución equitativa en los municipios de la zona de influencia directa, cercano a un porcentaje de 49% para los hombres y un 51% de mujeres, para los municipios de Girón, y Zapatoca, por el contrario en los municipios de Betulia, los Santos y San Vicente de Chucurí, se presenta un mayor índice de masculinidad. En la zona de influencia indirecta, por su parte, la distribución de género es similar a la presentada en la zona de influencia directa (ver **Figura 4-6**).

**Figura 4-5:** Población por género en el área de influencia directa.



Fuente: Elaboración propia con información del DANE (2005)

**Figura 4-6:** Población por género en el área de influencia indirecta.

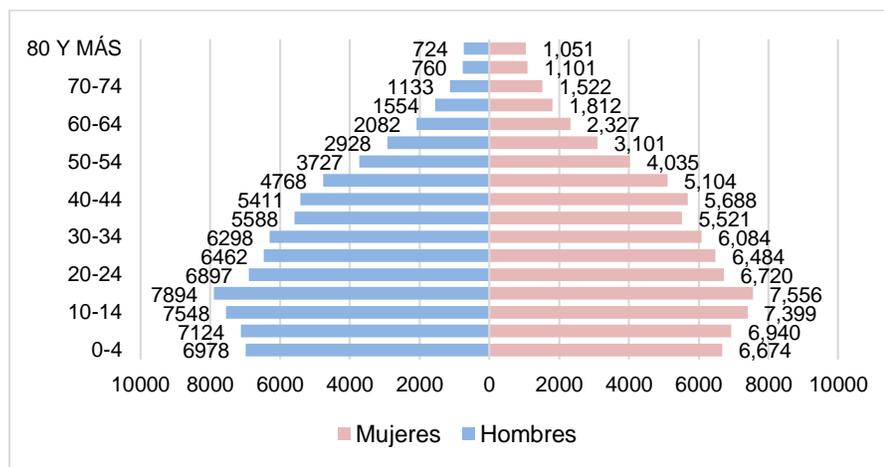


Fuente: Elaboración propia con información del DANE (2005)

Dando continuidad a la caracterización de la población, buscando brindar un contexto de los habitantes a quienes el proyecto impacta, a continuación, se presenta la representación etaria por edad para los municipios del área de influencia directa.

En la representación etaria para el municipio de Girón, se tiene como grupo importante los jóvenes, tanto para los hombres como las mujeres, siendo el rango entre los quince años y los veinte años, la mayor representatividad, de igual modo, se destaca que el 70% de la población tenga una edad inferior a 45 años, de acuerdo a la **Figura 4-7**.

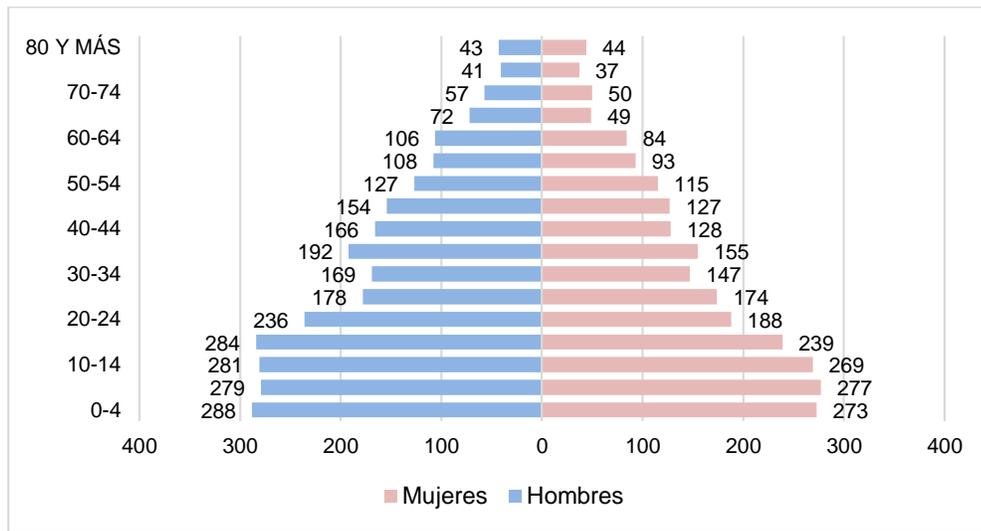
**Figura 4-7:** Representación etaria del municipio de Girón (2010)



Fuente: Elaboración propia con información del DANE (2005)

En el municipio de Betulia, habita una población infantil representativa, con cerca de 2200 menores de edad, de 5200 pobladores en total, según se puede observar en la **Figura 4-8**. Lo anterior, significa que la población es joven, es decir, se encuentra en una etapa de susceptibilidad alta, ante la llegada de nuevas costumbres y formas de comportamiento ajenas a las tradicionales para los niños campesinos.

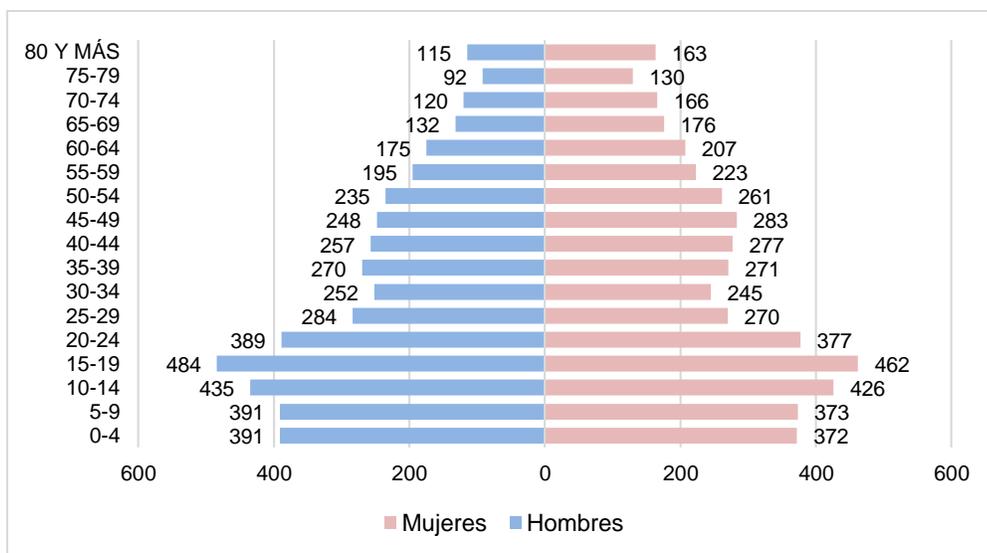
**Figura 4-8:** Representación etaria del municipio de Betulia (2010)



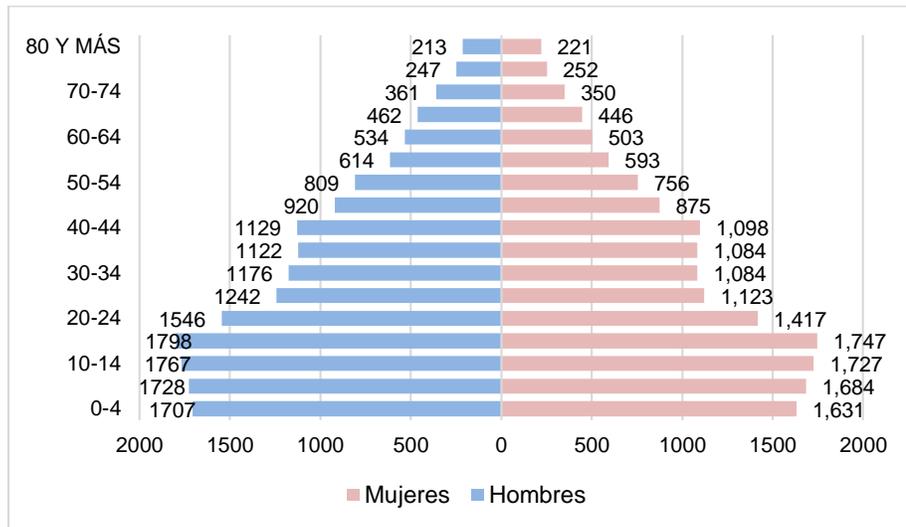
Fuente: Elaboración propia con información del DANE (2005)

Tanto para el municipio de Zapatoca como para el municipio de San Vicente de Chucurí, se presenta una población joven representativa, donde la población menor de veinticinco años representa la mitad del total de los habitantes, mostrando una distribución similar tanto en hombres como en las mujeres (ver **Figura 4-10** y **Figura 4-9**).

**Figura 4-9:** Representación etaria del municipio de Zapatoca (2010)

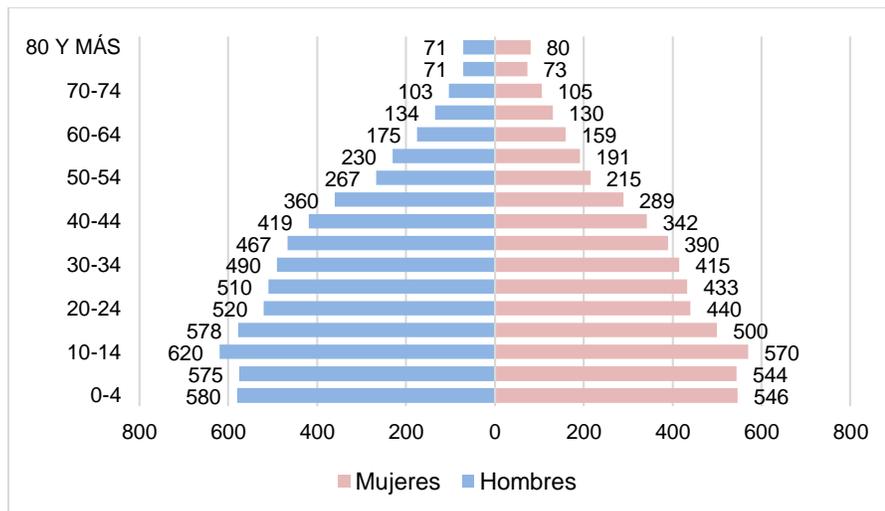


Fuente: Elaboración propia con información del DANE (2005)

**Figura 4-10:** Representación etaria del municipio de San Vicente de Chucurí (2010)

Fuente: Elaboración propia con información del DANE (2005)

Finalmente, el municipio de Los Santos presenta una proporción equilibrada entre población joven y adulta, en comparación con los demás municipios del área de influencia directa, de acuerdo con la **Figura 4-11**. Según se desprende de la gráfica de la representación etaria, dentro del área de influencia, los niños y los jóvenes, representan a la mayoría de la población, siendo los niños considerados vulnerables ante los cambios sociales que se puedan presentar en sus entornos, en sus costumbres y en la forma como se desarrolla la forma de pensamiento.

**Figura 4-11:** Representación etaria del municipio de Los Santos (2010)

Fuente: Elaboración propia con información del DANE (2005)

De acuerdo con Radovich (2011), es fundamental tener claros los aspectos de género, edad, identidad étnica, entre otros para la planificación de la mitigación de los impactos sociales productos de las hidroeléctricas. Como se visualiza en los párrafos posteriores, las afectaciones sociales recaen sobre la población más vulnerable, en especial considerando que las dinámicas sociales y económicas giran en torno a una cooperación familiar, en la cual, el hombre realiza por ejemplo la pesca o las siembras y las mujeres son las encargadas de realizar las ventas de estos productos, mientras que los niños estudian y realizan las labores de la casa; situación que se modifica ante la llegada de los proyectos, dado que se presenta un aumento drástico en la población, que desestabiliza la dinámica social, dado la inclusión repentina de costumbres asociadas a una forma de vida urbana. A continuación, se presenta, los hechos más relevantes en el desarrollo y la implantación de la central HidroSogamoso.

De manera general, las zonas en las cuales se instauró el proyecto cuenta con una alta población en las zonas rurales, las cuales son las zonas más afectadas ante la implementación del proyecto, por lo tanto, esto es un indicador de las afectaciones a gran parte de la población de la zona, como se ve reflejada en apartes siguientes de este documento, de la misma, manera la población es una población joven lo cual indicativo de que es una Población Económicamente Activa (PEA) y la cual, es afectada dado que en su mayoría presenta una vocación agrícola y pescadora.

### **4.3 Características del proyecto**

Hidrosogamoso presenta unas características técnicas por las que es considerada como una de las mega obras de ingeniería desarrolladas en el país, razón por la cual es indispensable revisar los datos más importantes para hacer esta categorización como, por ejemplo, el ser “[considerada] una de las cinco centrales más grandes del país que incrementará la producción de energía en un 50% y pondrá al servicio de los colombianos el 10% de la energía que consume el país en un año. Además, se presentan datos importantes para el sistema Interconectado Eléctrico Nacional como la magnitud de la generación de energía y las obras realizadas para el aprovechamiento de estas: al respecto, cabe mencionar que la hidroeléctrica “comenzó la generación de energía en diciembre del 2014, tuvo un costo de 4,1 billones de pesos y produce 5.056 gigavatios por

hora al año. Las unidades que componen el sistema energético tienen una capacidad instalada de 820 megavatios y están situadas en la vereda La Putana, en jurisdicción de Betulia, a 50 kilómetros de Bucaramanga, en la vía a Barrancabermeja. En el lugar se encuentra la presa de 190 metros de alto, equivalente a la altura de un edificio de 85 pisos y una subestación de energía que con una inversión de 86,4 millones de dólares (cerca de 180.000 millones de pesos en el año 2014) conecta a la hidroeléctrica sobre el río Sogamoso con el Sistema de Transmisión Nacional” (El Tiempo,09/04/2015).

Al ser esta hidroeléctrica una obra importante y parte del sistema de interconexión del país, se clasificó como una obra de interés nacional para el desarrollo energético. Asumiendo que para generar tal cantidad de energía es necesario almacenar una gran cantidad de agua, la represa hace parte importante de los componentes técnicos de la misma aún más, sabiendo que es un componente de afectación considerable, por lo tanto es indispensable referenciar en el momento de la entrada a la fase de operación que la represa “...soporta [o almacena ] 4'800 millones de metros cúbicos de agua”, lo que implica la necesidad de disponer de una gran extensión de terrenos que en la práctica conllevaron a la inundación de “casi 7.000 hectáreas [de Tierra]” (El Tiempo, 27/04/2017) . De otra parte, es importante referenciar las fuentes de las cuales se abastece la misma la cual corresponde a los “...los ríos Fonce, Suárez y Chicamocha, que hacen parte de la lista oficial de los 10 ríos más contaminados de Colombia” (Senado, 07/04/2015). Ante la dimensión y magnitud de la obra, es necesario evaluar la implementación de los planes de contingencia y mitigación, a razón que la comunidad ha considerado impertinente la realización de la obra en la región, dado que se han presentado conflictos fruto de los impactos ambientales.

Para la ejecución y puesta en marcha de la hidroeléctrica, se ejecutaron actividades para el desarrollo de los elementos de esta, los cuales fueron contemplados dentro de la actualización de los diseños y del estudio de impacto Ambiental, adelantado por parte de la compañía INGETEC S.A. (2008), los cuales se describen a continuación.

El principal componente es la presa, la cual pertenece al tipo de gravas con cara de concreto con una altura de 190m, 345m de longitud, la mayoría de los materiales de esta proviene de la zona aledañas al proyecto y de las excavaciones en el sitio para realizar otras obras del proyecto, dentro de la presa quedo incorporada la ataguía, la cual cuenta con una altura de 54m, para la realización de la misma, se removieron los depósitos

coluviales y aluviales hasta la profundidad de la roca, la remoción de este material se produjo para evitar los asentamientos excesivos y que pudiesen traer complicaciones a la estabilidad del elemento.

**Figura 4-12:** Represa Hidrosogamoso en construcción (2014)



Fuente: Propia (2014)

El siguiente elemento es el vertedero, el cual consiste en un rebosadero de canal abierto en el estribo izquierdo del río, con un ancho constructivo de 72m y un ancho útil de 60m, con compuertas y el cual finaliza con un deflector salto de esquí; la estructura de control está constituida por un azud, tres pilas y dos estribos y es controlada por cuatro compuertas radiales de 15m de ancho por 20m de altura. El caudal de descarga máximo en caso de apertura accidental por cada compuerta es de 2424 m<sup>3</sup>/s.

En el proyecto se contempla una descarga de fondo para garantizar el suministro de un caudal ecológico aguas abajo, el cual se determinó en 300 m<sup>3</sup>/s, esta descarga únicamente es para garantizar este canal y no funciona para la operación de vaciado del embalse, esta tiene una forma circular con un radio de curvatura de 4.65m y funciona bajo presión en una longitud de 250 m, con una cota de descarga de 10 m sobre el fondo del lecho.

Para la realización de la presa fue necesario generar obras de desviación, para lo cual se realizó dos túneles de desviación con diámetro de 10.30 m, una preatagüa de enrocado con manto arcilloso y cresta a la cota de 173 msnm y una contra atagüa de enrocado con manto arcilloso, con cresta a la cota de 163 msnm. Otro de los elementos importantes corresponde a la bocatoma, el esquema de toma propuesto está constituido por seis niveles de rejillas, y a nivel de la plazoleta de captación existen tres conductos de carga con una longitud aproximada de 57,72 y 86 m, construidos desde una cámara de operación de compuertas donde se encuentran instalados los equipos electromecánicos. (INGETEC S.A. 2008).

**Figura 4-13:** Represa Hidrosogamoso aguas abajo (2014)



Fuente: Propia (2014)

## 4.4 Modificaciones y cambios al EIA

Proyectos con características similares a Hidrosogamoso ya han presentado diversos inconvenientes en el orden ecosistémico y cultural en las regiones donde se implementan, un ejemplo de esto es la Hidroeléctrica el Quimbo (Huila), en donde fueron tantas y tan evidentes las afectaciones sobre las comunidades que la Corte Constitucional sentó jurisprudencia al emitir Sentencia T-135/13 sobre la presunta vulneración de derechos en que habría incurrido EMGESA "al no incluir a los accionantes en el censo de población afectada por la represa". Por lo tanto, se hace necesaria la participación de los grupos de población que puedan ser afectados a causa las Hidroeléctricas, tal como se discutió en apartados anteriores.

De allí que la Evaluación de Impacto Ambiental entre a jugar un papel determinante, dado que en ella se consignan los posibles impactos que se pueden generar y las comunidades afectadas por la misma: justamente, acá es donde se presenta un primer cuestionamiento por parte de entidades como la Defensoría del Pueblo, considerando las sucesivas modificaciones a las licencias otorgadas por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales –ANLA-.

En efecto, uno de los aspectos que más llamó la atención de la Defensoría fueron “las repetitivas modificaciones a las licencias ambientales (LA) y a los planes de manejo ambiental (PMA) que registran las hidroeléctricas. La que más reportes acumula es El Quimbo, con un récord de 117 modificaciones, Amoyá con 14, Ituango (que pese a estar en alistamiento y tener una influencia sobre 11 municipios de Antioquia) completa 13 modificaciones, Porce III con 11 novedades, Betania con 10 y Sogamoso con nueve en total” (Defensoría,18/08/2016).

Para el caso de Hidrosogamoso, este obtuvo la licencia ambiental mediante la Resolución 0476 del 17 de mayo de 2000, la cual fue otorgada por parte del Ministerio de Ambiente, a la empresa ISAGEN S.A. posteriormente se presentó la modificación mediante la resolución 0898 del 26 de septiembre de 2002, la cual fue originada para modificar los plazos de las obras y las actividades del plan de manejo ambiental.

Ante la no iniciación de las obras del proyecto, en un tiempo posterior a tres años desde la modificación de la Licencia Ambiental, el Ministerio de Ambiente, solicitó que se presentará nuevamente el estudio de impacto ambiental con su respectiva actualización mediante la Resolución 1709 del 30 de septiembre de 2008; este nuevo estudio debía entregarse como mínimo cinco meses antes de iniciar la construcción del proyecto. Ante esta situación, la empresa ISAGEN S.A. contrató a la empresa INGETEC. S.A. Ingenieros Consultores, quienes desarrollaron las actualizaciones de los diseños y el estudio ambiental de la hidroeléctrica.

De acuerdo al curso del trámite, la Dirección de Licencias , permisos y trámites Ambientales evaluó la información presentada para la actualización de la Licencia Ambiental, dando el visto bueno, por tanto, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo

Territorial, mediante la resolución n°0206 del 09 de febrero del 2009, da la autorización a la modificación de la Licencia Ambiental, teniendo en cuenta la actualización de los diseños y señalando en el artículo quinto lo siguiente: “ Durante la fase de construcción del proyecto la empresa ISAGEN S.A. ESP, deberá realizar un seguimiento ambiental permanente con el fin de supervisar las actividades y verificar las obligaciones señaladas en el Estudio de Impacto Ambiental, en el plan de Manejo Ambiental y la presente resolución...”(Minambiente,09/02/2009).

En el proceso de construcción y operación de la hidroeléctrica, se han dictado otra serie de resoluciones ambientales, como en la resolución 0960 del 05 de agosto de 2015, en las que se realizan modificaciones a lo establecido en la Licencia Ambiental Inicial, como por ejemplo, lo citado a continuación.

Luego de efectuadas "las visitas técnicas (...) entre 23 al 25 de abril de 2014, revisada la documentación [del] expediente [, de emitir] el Concepto Técnico 3445 del [10/07/2015]", entre otras consideraciones; la ANLA resuelve mediante Resolución 0960 de 2015- suprimir las medidas de manejo (Art. 1° y Núm. 4.11 del Art. 4° de la Resolución 1497 del 31/07/2009) "relacionados con los residuos sólidos y la construcción de un rellenos sanitario" (Art. 1°). Asimismo, suprimir "la construcción de una planta para la producción de mezcla asfáltica a ser utilizada en el riego de la vía de acceso a la Hacienda La Flor" (Art. 2°). Finalmente, aparte de ordenar la notificación de la decisión a los actores interesados, la ANLA señala que "[los] demás términos, condiciones y obligaciones contenidas en la [Licencia otorgada en] mayo de 2000 [y sus posteriores modificaciones] continúan plenamente vigentes" (Art. 3°) (ANLA, 05/08/2015).

Lo arriba expuesto es un ejemplo de las varias modificaciones a la licencia ambiental otorgada a Hidrosogamoso, cambiando las medidas del Plan de manejo Ambiental, lo cual ha generado reclamos por parte de la comunidad, cuyos miembros se ha encargado de poner en conocimiento los problemas, que sobrevienen a la puesta en marcha del proyecto y a las sucesivas modificaciones de las que ha sido objeto, mediante diversas estrategias de comunicación a diferentes entidades estatales como ocurrió, por ejemplo, en el Foro Temático Hidrosogamoso celebrado en San Vicente de Chucurí a instancias del Congreso

de la República, en el que los asistentes expresaron "algunas expectativas por conocer el nivel de compromiso e información que manejaban los [Congresistas]" sobre esta mega obra. Durante el Foro, pobladores de la zona -con estadísticas y testimonios- alertaron de las implicaciones de esta intervención sobre el río Sogamoso, enfatizando la necesidad de trascender los análisis fundamentados en "la variable Costo-Beneficio [pues,] en un proyecto de gran impacto social y ambiental, este modelo de evaluación no aplica". Al final de la jornada, se cuestionó la asimetría en la distribución de los tiempos para las intervenciones ya que voceros de las comunidades se vieron opacados por intervenciones de la institucionalidad.

Análogamente a los cuestionamientos realizados y las comunicaciones de los diversos sectores de la comunidad afectada por el proyecto Hidrosogamoso, señalan que el mismo no se adapta a la forma de vida de ellos, al tiempo que critican duramente al Gobierno y a los políticos de la región por el apoyo que le han brindado. Por lo tanto, manifiestan que "[este] proyecto ha sido caballito de batalla en todas las campañas políticas, [donde] nunca se debatía el verdadero impacto[;] ya que los primeros estudios de impacto ambiental elaborados en 1996, nunca fueron socializados para poder aprobar una licencia [que sería] muy cuestionada en el momento en que [fueron publicados] los verdaderos daños, como viene ocurriendo desde [2008] y que (...) ha formado una cultura de inconformismo debido a la falta de transparencia por parte de los promotores" (A.P. Rural, 07/09/2009).

Cabe resaltar que, de acuerdo con la Defensoría del Pueblo, en el proyecto de la central hidroeléctrica, después de un año de la entrada de operación del embalse y puesta en marcha de la central, aún se encontraba en proceso de construcción y pendiente de entrega los acueductos para el abastecimiento de la población aledaña y las redes para prestar el servicio público de energía, lo anterior, es un reflejo de la parsimonia, para cumplir las promesas y obligaciones planteadas antes de la construcción de la misma y que aumenta el descontento social a este tipo de obras.

## **4.5 Importancia del territorio y descontento social**

El inconformismo social del cual se hacía mención anteriormente refleja la importancia del territorio para los pobladores y su ubicación estratégica para las comunidades que viven de la pesca y la importancia que tiene el sistema de ictiofauna de la región. En efecto "El

territorio del Sogamoso, es un ecosistema de tierras productivas, cercano al Parque Nacional Natural Serranía de los Yariguíes, del cual dependen familias campesinas, pescadores y personas de escasos recursos dedicadas a la extracción de arrastre del río y al cultivo de pan coger en las vegas de su cuenca. El río alimenta un sistema de ciénagas ubicado en Barrancabermeja de donde se deriva la subsistencia de más de 400 familias de pescadores y es el hábitat donde se reproduce el bocachico antes de ir río arriba a desovar” (Aldeah, 21/05/2010).

En ese orden de ideas, "la Hidroeléctrica Sogamoso [impacta] irreversiblemente los ecosistemas que dependen de la cuenca. En el Estudio de Impacto Ambiental -EslA- entregado por Isagen al Ministerio de Ambiente se reconoce, entre los impactos que sufrirá el medio biótico y abiótico: la pérdida de cobertura vegetal, de hábitats y la muerte y migración de animales. Adicionalmente, “[la] pérdida o alteración de suelos, la potenciación y aceleración de procesos de inestabilidad en la periferia del embalse, contaminación de corrientes superficiales de agua por aporte de sedimentos...” (Aldeah, 21/05/2010) sentando bases para el inicio de un conflicto, aún más cuando estos cambios en el entorno generan a su vez impactos socioeconómicos sobre los habitantes.

De allí que, ante la envergadura del proyecto, la comunidad comenzara a cuestionarse los efectos que generaría, en especial en los ecosistemas y en las condiciones socio económicas, dado que las características culturales y las tradiciones de los pobladores fueron se transformándose por la llegada del proyecto. Entre las razones que soportan la oposición de las comunidades frente a Hidrosogamoso, destaca la distribución de beneficios que supone su construcción pues, según ellos, "[se] argumenta (...) la necesidad de producir energía eléctrica para el país [:] sin embargo, las comunidades cercanas que carecen del servicio no la podrán utilizar pues [ésta] será vendida en lo que llaman 'bloques' para ser exportada; también se dice que será un atractivo turístico y con cultivo de peces pero[,] desde luego [, ello] estará en manos privadas". Además, señalan que "[el] represamiento de agua disminuye considerablemente el nivel del caudal río abajo, con lo cual se afectará la ciénaga de El Llanito que puede aumentar la sedimentación [, acabando] con la pesca, igual que lo que sucederá río abajo de la represa [; al tiempo que] modifica la temperatura de los alrededores, por lo que también los cultivos y la producción se afectarán, dejando a estos campesinos sin actividad económica"(A. P. Rural, 21/04/2009).

Por estos motivos las organizaciones sociales hacen el llamado a salvaguardar la riqueza que tiene el país en cuanto al recurso hídrico, pues "[todas] estas aguas se esparcen por los diversos rincones del territorio nacional sustentando la agricultura familiar y las diferentes culturas que conviven en el territorio colombiano". En tal dirección, consideran que la visión de los campesinos difiere de otras visiones empresariales sobre el agua que, en sus palabras, "tiene otro significado para los mercaderes de la vida, los empresarios de la energía eléctrica, de la construcción y de la especulación, quienes han puesto sus ojos en el potencial de estas aguas para producir energía eléctrica por medio de grandes, medianas y pequeñas represas, inundando vastas zonas de producción de alimentos y desplazando a miles de pobladores rurales". De hecho, las afectaciones de las hidroeléctricas que están construidas y las proyectadas, "generan conflictos sociales e impactos socio ambientales irreversibles que, por lo general, son subestimados o invisibilizados por los Estudios de Impacto Ambiental (EslA) realizados por las propias empresas constructoras o directamente por las firmas consultoras contratadas por aquéllas" (Movimiento Ríos Vivos, 2014)

## **4.6 Relación de impactos ecosistémicos, socioculturales y económicos**

Muchas de las afectaciones del proyecto pueden ser inicialmente de índole ecosistémica, sin embargo, se puede presentar una sinergia con otras de tipo socio económico y cultural, unión que incluso puede repercutir en la salud de los habitantes del área de influencia del proyecto.

Dentro de los impactos que se originan en el orden ecosistémico, se encuentra la modificación de los ciclos de inundaciones: ciertamente, Como lo expresa Angela Gutierrez, "[cuando] tenemos épocas de lluvia, los bosques se inundan y los frutos, las semillas, las hojas y los insectos terrestres caen al agua. Esto representa una oferta de alimentos que los peces aprovechan en ciertos momentos del año. Los proyectos hidroeléctricos rompen esas dinámicas naturales, pues no se cumplen los ciclos de inundaciones" (Agencia de noticias U.N, 25/08/2010). Este impacto de la modificación a los ciclos puede generar, a su vez, un impacto directo sobre las comunidades de peces

que aprovechan estos recursos para desarrollar sus ciclos normales de alimentación y reproducción, afectando –de paso– a los pescadores de la región.

La modificación ecosistémica en las dinámicas del río genera consecuencias sobre la población de peces, los cuales presentan una disminución de manera especial de especies de ictiofauna migratoria, tal como lo explicó Bióloga de la Universidad Nacional de Colombia, Ángela Gutiérrez, quien expresa que “[la] comunidad [de peces se ve] afectada negativamente en su desarrollo reproductivo y alimentario por la intervención en las paredes hacia arriba y hacia abajo y, dependiendo de sus hábitos, la pared los afectará inmediatamente y hacia futuro porque es una trampa”. A ello se suma el hecho de que muchas de las especies migratorias “más importantes de este tramo del río Sogamoso en cercanías con Barrancabermeja se encuentran: bocachico, bagre, blanquillo, nicuro y capaz, además de la importancia ecológica, representan un buen renglón de la economía” (Agencia de noticias U.N ,15/12/2010).

Al momento del montaje y la fase de llenado del embalse, éste comenzó a generar afectaciones en sus inmediaciones y en las poblaciones ribereñas. Al respecto, “[las] comunidades del sector La Playa protestaron porque el nivel del río disminuyó notablemente [dejando], dicen, unos tres mil peces muertos”. Esto fue atribuido a un error técnico de ISAGEN que desencadenó “cambios en la calidad del agua, afectación temporal de comunidades hidrobiológicas aguas abajo; pérdida de hábitat y/o oferta alimenticia para la fauna; desplazamiento y migración de especies y desequilibrio temporal en las poblaciones receptoras de fauna”. Sobre el impasse, “la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) anunció un seguimiento al proceso, pues, aunque se habían seguido los pasos establecidos, 'se presentaron algunos inconvenientes [que fueron reconocidos] en su momento por Isagen” (El Espectador,2015).

De la misma manera, la disminución de fauna ictica, no sólo fue percibida por parte de las comunidades en la fase de llenado, sino que se presentó como queja generalizada desde el comienzo del proyecto hasta la fecha; y es que ellos consideran que se han afectado considerablemente sus medios de sustento debido a la disminución en la cantidad de pescado para comercializar, tal como lo presentan los testimonios de diversos pescadores, quienes señalan lo siguiente:

*"Antes de que Isagen desviaré el río podían pescar hasta 9 arrobas diarias en temporada de subienda. Hoy la pesca no alcanza una arroba", a lo que se le suma los alegatos de Ana Milena Orduz (comerciante pescado) quien "[lleva] 20 años vendiendo pescado acá y con eso [han] sacado a los hijos adelante. Cuando [se] dieron] cuenta que el río se secó, no [le] quedó de otra que [sentare] a llorar, el río es todo lo que [tienen], es [su] empresa, no [tienen] más. Isagen [les mintió porque les dijo] que el caudal del río [solo] se iba a reducir hasta un 30%".*

A estos testimonios se le agregan los de otros pescadores como Wilson Pérez Ramírez, quien añade que las repercusiones económicas vienen mucho de tiempo atrás:

*"Nosotros pescábamos aguas arriba y soy damnificado no por el desastre del domingo, sino desde que comenzó a construirse el proyecto porque no volvió el pescado por la zona del Limón, Mediogrande y El Tablazo. No nos quieren reconocer como pescadores con más de 30 años que llevamos viviendo de esto, y por eso estamos dando la pelea para que nos incluyan en el censo ambiental. Hicieron un censo, pero a finales de abril cuando lo lógico sería que lo hicieran en enero, que es la subienda" (Vanguardia, 11/06/2014).*

Estos testimonios ponen de manifiesto el inconformismo de los pescadores ante la forma como se realizaron las actividades del proyecto y como fue realizado el censo por parte de la empresa beneficiaria de la licencia ambiental.

Al mismo tiempo, se considera que no solo se afectó el pescador como individuo, sino que la afectación se produjo al núcleo familiar dado que se perdieron dinámicas y actividades económicas que involucraba a toda la familia. "Antes del inicio del proyecto, y la presencia de la empresa en la zona, en el año 2008, las comunidades de la zona de influencia del proyecto Hidrosogamoso vivían principalmente de la pesca y el comercio del pescado, la agricultura, y la minería artesanal de arena y piedra. En particular, la actividad del comercio del pescado representaba el principal sustento de diferentes familias de la región, pues, aunque la mayoría de las mujeres no pescaban, si se ocupaban de labores como: comercialización del pescado, venta de hielo y servicios de restaurantes (turismo comunitario) los fines de semana. Los campesinos de las veredas de los municipios de

Betulia, San Vicente de Chucurí, Zapatoca pescaban en el Río Chucurí en épocas de subienda principalmente como alimento” (Fondo de Acción Urgente, 21/06/2015).

De parte de las entidades estatales, también se han generado pronunciamientos resaltando este impacto, tal como lo hizo el director de Gestión del Riesgo de la región quien manifestó tres años después de la entrada en operación de Hidrosogamoso estar a la espera de “los proyectos productivos que envíen los alcaldes porque el embalse le ha cambiado la actividad económica a algunos corregimientos”(Vanguardia,10/05/2017)

El impacto que la obra ha tenido sobre la economía familiar en el ítem del sustento, lo cual comprende la pesca, así como la venta y consumo de pescado, comenzó desde que iniciaron las obras y no solo por la disminución del insumo per se, sino por sus afectaciones en la venta; tal como lo relata una vendedora de la región, quien advierte que, con las intervenciones en el lugar, se vio disminuida la venta de alimento. Al respecto, comentó: “Nuestra actividad la afectó muchísimo el proyecto Hidrosogamoso desde un principio, porque con tantos camiones, y volquetas que pasaban fuera de las obras de construcción se levanta un polvo impresionante y no se podía ofrecer pescado por el polvo que se hacía, además ya no podían parar los carros porque las volquetas empezaban a pitar y los carros tenían que moverse y la policía ya estaba molestando por lo mismo. En ese tiempo no se pudo vender pescado e ISAGEN no nos compensó con nada” (Estrada, 2016).

De modo paralelo, la construcción del proyecto generó otros impactos que no se limitaron únicamente a las actividades relacionadas con la venta y consumo de pescado, tal como lo presenta Claudia Ortiz Gerena, (líder del movimiento En Defensa del río Sogamoso): en efecto, a ello habría que añadir las dificultades para el riego de “los cultivos de muchos campesinos y las especies que desplazó la inundación, [las cuales] han ido a parar a muchas de nuestras fincas”(El Espectador,17/01/2015). Al respecto, los habitantes se planteaban reflexiones sobre el cambio de actividad como por ejemplo la siguiente, ¿” Se justifica inundar un valle tan fértil como el río Chucurí y la quebrada La Ramera? ¿Reubicar a cientos de familias que ancestralmente han generado arraigo en las zonas bajas del Valle del Río Sogamoso? ¿Cambiar la cultura agrícola ancestral por tiendas alrededor de un charco de agua contaminado y sin vida?”(A.P. Rural, 07/09/2009).

Las afectaciones no solo son en las áreas inundadas sino también en aquellas que vieron disminuidas los caudales para el riego del cultivo, tal como lo resalta un agricultor: “El cultivo de Palma requiere mucho consumo de agua, en este momento se encuentra afectada porque el agua está lejos, ya se ven los efectos de la sequedad. Aunque de las 10 hectáreas sembradas de Palma ya tengo menos como 8 y/o 9 hectáreas por la enfermedad de pudrición de cogollo. La producción de la palma se atrasa porque no se puede fertilizar por falta de humedad y las producciones se bajan y esto es general en todos los palmeros” (Estrada, 2016).

Pero de este impacto se deriva otro dado que muchos de los pescadores, ante la escasez del insumo, tuvieron que generar un cambio de sector al sector agrícola, sin embargo, los agricultores de la región se quejan por la baja rentabilidad de la producción, tal como lo resalta uno de ellos: "la misma problemática de siempre que son los precios bajos en la compra de nuestras cosechas, porque yo siembro 12 hectáreas de plátano, 6 hectáreas de yuca, 10 hectáreas de maíz y porque el intermediario acaba con todo. Igualmente, los precios son muy bajos. Además, yo genero mano de obra de 12 a 17 trabajadores de aquí mismo de la vereda"(Estrada, 2016).

## **4.7 Aumento de la vulnerabilidad por abertura de compuertas**

Otros impactos de gran escala se presentaron cuando la empresa ISAGEN tuvo que abrir las compuertas de la represa, ante la gran cantidad de agua que se almacenó debido a la fuerte ola invernal que atravesó el país a finales del año 2017, lo cual generó una creciente en el caudal del río que a su vez afectó a los habitantes aguas debajo de la represa tal como lo denunció el movimiento Social en Defensa de los ríos Sogamoso y Chucuri :

*“en [la] noche del 04 de diciembre de 2016 [, cuando se] dio inicio a un éxodo de las familias asentadas aguas abajo del embalse Hidrosogamoso dada la zozobra, angustia y preocupación por el aumento de niveles de las aguas de Río Sogamoso y del estruendo permanente que ha generado la apertura de los vertederos de la represa; a esta situación se suma que la comunidad no*

*ha recibido información certera por parte de la empresa ni de las unidades de riesgo que debieran haberse activado para evitar un desastre o calamidad" (Movimiento Ríos Vivos, 2014).*

Y es que la abertura de las compuertas se realizó dos veces en menos de seis meses. De acuerdo con Janeth Arcos, para ese entonces Directora (e) de la Central Hidroeléctrica Sogamoso, "al embalse [Topocoro] le entraron casi 2.000 metros cúbicos por segundo"; lo cual motivó la decisión de abrir 50 centímetros de sus 4 compuertas, "con el fin de evacuar parte del volumen de agua que contiene la represa como producto de la fuerte temporada de lluvias en la zona que llevó a alcanzar su capacidad máxima de almacenamiento (320 msnm)" La funcionaria dejó abierta la posibilidad de nuevas aberturas que "en caso de que se sigan presentando lluvias, sobre todo en el departamento de Boyacá y en Santander, pues 'los afluentes que llegan a Hidrosogamoso recogen aguas de ambos departamentos y entran al embalse; es decir, mientras continúe lloviendo en estas zonas, se tendrá mayor cantidad de agua que será necesario evacuar" (El Tiempo, 2017).

Ante esta situación, se incrementó la intensidad del conflicto entre los pobladores de la zona de influencia y la empresa, razón por la cual surgieron denuncias entre las comunidades por los efectos que trajeron este tipo de decisiones. Al respecto, el Movimiento Social en Defensa de los Ríos Sogamoso y Chucurí, emitió un comunicado en el que señala que la misma "generó alarma en la población porque fue algo sorpresivo y de improviso, no se sabía qué hacer", al tiempo que advertían que "este proyecto de desarrollo agudiza el fenómeno de la intensidad de las lluvias y está concentrando los impactos en las poblaciones que viven aguas debajo de la represa sin que hasta ahora la empresa haya reconocido sus derechos". En ese sentido, "exigen a la empresa un canal de comunicación directo con todos los que viven aguas abajo del muro, presencia de la Defensoría del Pueblo y una evaluación de la situación por parte de la [ANLA]" (El Tiempo, 27/04/2017).

Debido a la continua apertura de las compuertas y los cambios drásticos en el nivel del río se generó un impacto que no se tenía proyectado y es el desplazamiento de las comunidades, tal como lo resaltan algunos de sus miembros: "Frente a esta situación varias familias salieron de la zona buscando refugio en poblaciones vecinas y otros han perdido parte de sus pertenencias por el aumento de las aguas. La empresa tan solo ha

---

dicho que se encuentran en plan de contingencia de la operación del embalse, lo cual no es un mensaje claro para la comunidad y tan solo aumenta la preocupación de quienes viven a corta distancia del muro del embalse" (Censat,05/12/2016). Ciertamente, esta situación ha generado además de la pérdida de enseres una pérdida de estabilidad emocional dado que desde que comenzó la obra los habitantes ya no saben cuál es la dinámica del río, tal como ellos mismos lo expresan, "el aumento de las aguas genera incertidumbre y temor, no se conocen las horas o días en que el río sube a niveles altos, (en 2011 en semana santa, el río duro 17 días crecido) y en esta ocasión [ año 2017] la situación fue extrema por lo que muchos decidieron salir y muchos otros no pudieron dormir por la fuerza del agua y el ruido generado de la caída del agua ..." (Censat,05/12/2017).



## 5. Recomendaciones y conclusiones

### 5.1 Recomendaciones

El país posee un potencial en energías alternativas a partir de diversas fuentes, por ejemplo, la energía generada por el viento, las mareas o el sol, pues de acuerdo lo señalado por Toledo Arias (2013), el potencial energético solar en Colombia posee un promedio diario multianual cercano a 4,5 kWh/m<sup>2</sup>. En las regiones costeras atlántica y pacífica, en especial, en la Guajira, de acuerdo con los resultados de la evaluación del recurso solar se presenta un potencial solar promedio diario entre 5,0 y 6,0 kWh/m<sup>2</sup>, el mayor del país; en otras regiones como la Orinoquia y la Amazonia, presentan una variación ascendente de la radiación solar en sentido suroeste- noreste, verificándose valores asimilables a los de La Guajira en el noreste (Puerto Carreño), tal y como se aprecia en la **Tabla 5-1**.

**Tabla 5-1:** Potencial solar por región

Región	Radiación solar (KW/m <sup>2</sup> /año)
Guajira	1980-2340
Costa Atlántica	1260-2340
Orinoquia	1440-2160
Amazonia	1440-1800
Andina	1080-1620
Costa Pacífica	1080-1440

Fuente: Tomado de Toledo-Arias, (2013).

Colombia también presenta un potencial en cuanto a la disponibilidad del recurso eólico, siguiendo la fuente citada, esta favorabilidad se presenta de manera especial en la costa Atlántica, donde los vientos aumentan en dirección a la península de La Guajira. En la

**Tabla 5-2**, se consigna el potencial en las regiones del Bajo Magdalena y la cuenca del Cesar entre los departamentos de Bolívar, Atlántico y Norte de Santander, centro y sur del Cesar, así mismo, en sectores del golfo de Urabá, Medio Magdalena y sur del Catatumbo a la altura de Norte de Santander y en los Llanos Orientales sobre Casanare, límites entre Boyacá y Cundinamarca, y límites entre Meta, Huila y Cundinamarca.

**Tabla 5-2:** Potencial eólico por región

Región	Densidad de Potencia a 20 m (W/m <sup>2</sup> )	Densidad de Potencia a 50 m (W/m <sup>2</sup> )
<b>Guajira</b>	1000 – 1331	2744 – 3375
<b>San Andrés</b>	125 – 216	216 – 343
<b>Santanderes</b>	125 – 216	343 – 512
<b>Costa Atlántica</b>	216 – 512	729 – 1331
<b>Casanare y Llanos Orientales</b>	125 – 216	216 – 343
<b>Boyacá</b>	125 – 216	216 – 343
<b>Límites entre Tolima y zona cafetera</b>	216 – 512	512 – 729
<b>Golfo de Urabá</b>	125 - 216	343 – 512

Fuente: Tomado de Toledo Arias, (2013).

La implementación de este tipo de energías alternativas puede derivar en la disminución de impactos potenciales de la generación de electricidad, de la misma forma este tipo de alternativas consideradas como energías verdes, puede ser de gran utilidad para las regiones apartadas de Colombia, que no se encuentran inmersas en el sistema nacional interconectado.

En ese sentido es posible afirmar que el país puede contar con una oferta energética variada, sin embargo, aún se presentan inconvenientes frente al conocimiento y desarrollo de estas tecnologías verdes, dado a la poca implementación y la falta de conocimiento para el la implementación y puesta en marcha, lo cual limita su potencial considerando que muchas de estas alternativas podrían implementarse desde un nivel local hasta un nivel regional, contribuyendo a que la canasta energética se diversifique y de este modo disminuya la vulnerabilidad por la alta dependencia en una sola tecnología, en referencia, a la dependencia de la hidroelectricidad.

La vulnerabilidad presentada esta establecida para un análisis general aplicado a las regiones principales de generación, ahora bien, es necesario que se realicen más investigaciones sobre la hidroelectricidad en el país, donde se detalle la vulnerabilidad de cada uno de los proyectos, desde diversos ámbitos (social, cultural, ecosistémico, económico, etc), en especial sobre los impactos que genera cada uno de ellos en sus entornos, dado que estos proyectos se ubican en contextos disimiles, en cuanto a los ecosistemas y la cultura, no es lo mismo hablar de hidroeléctricas como Urrá I, que se encuentra a 73 m.s.nm, cercana a comunidades indígenas, que de proyectos hidroeléctricos que se encuentran a 1500 m.s.n.m, cercano a territorios agrestes y de alta montaña.

Como recomendación general, se debe analizar y estudiar a profundidad las diversas fuentes y tecnologías para el aprovechamiento de los recursos, de modo que se vea la viabilidad de la implementación de energías alternativas, para disminuir la alta dependencia que se presenta de la generación de energía eléctrica a partir de las grandes centrales hidroeléctricas, ampliando las fuentes de la canasta energética en el país, del mismo modo, cabe entrar a considerar el uso de otras tecnologías menos invasivas, tales como las hidroeléctricas a filo de agua, las cuales no tienen la necesidad de intervenir grandes extensiones de tierra y mediante una ubicación escalonada de las mismas, se obtienen una cantidad considerable de electricidad.

Es importante que el Gobierno Nacional busque incrementar y diversificar la canasta energética mediante la inclusión de mecanismos de promoción de fuentes de energía renovables (solar, eólica, y pequeñas centrales hidroeléctricas PCH), mediante el fortalecimiento del marco regulatorio, legislativo y la creación de incentivos especiales, generando un ambiente propicio para implementar y usar este tipo de tecnologías, mediante la promoción de beneficios y auxilios que generen las condiciones propicias para abatir las trabas y dificultades que conlleva la implementación de tecnologías no tradicionales y las cuales pueden ser mucho más viables de implementar en diversas regiones del territorio.

## 5.2 Conclusiones

El modelo de generación de energía predominante en el país es la hidroelectricidad, el cual cuenta con una participación cercana al 70 % del total nacional, aunque esta tecnología es considerada una alternativa de producción ambientalmente viable y renovable, dependiendo la escala de implantación tiene la potencialidad de impactar de manera significativa los ecosistemas y las comunidades, en especial, aquellas que se encuentra en el área de influencia directa de los proyectos.

La disminución drástica del caudal y el cambio de un sistema lotico a lentico de los ríos, afecta de manera importante, a la fauna ictica, en especial a las especies migratorias, tales como el bocachico, el capaz, el bagre, el capaz, las cuales hacen parte intrínseca de la cultura de las poblaciones ribereñas, tanto para el consumo como para la venta. Al generarse una disminución en la cantidad de pescado disponible para la venta, se dificulta el sostenimiento de los pescadores, dado que, en torno a esta actividad, gira todo el contexto económico familiar.

Ante la escases de recursos para realizar la actividad pesquera, las personas se ven forzadas a realizar otras actividades económicas, como por ejemplo la ganadería o la agricultura, lo cual implica también el cambio drástico de su cultura, dado que estas actividades exigen ritmos y estilos de vida diferentes a los que han tenido a lo largo de sus vidas.

La concentración del modelo de generación de energía en un solo tipo de tecnología, lo convierte, en un sistema sensible a los cambios externos que se puedan presentar, tal y como se constata los principales factores que influyen en la producción: el climatológico, el cual ha mostrado sus efectos en dos épocas diferentes, dejando en evidencia la fragilidad del sistema eléctrico, al punto que en el año de 1992 se generaron racionamientos intensos que, inclusive, trajeron medidas de contingencia como el cambio del uso horario, para el aprovechamiento de la luz del día. Por su parte, durante el periodo del 2016, se presentó nuevamente una vulnerabilidad dado que se alcanzaron niveles críticos en los embalses, lo cual puso en riesgo la operación de las centrales hidroeléctricas.

En relación con los impactos negativos atribuidos a esta modalidad de generación, una de las mayores afectaciones se desprende de la inundación de grandes extensiones de tierra, lo anterior, trae consigo desplazamientos de las comunidades aledañas y afectaciones importantes sobre los ecosistemas, donde se producen, entre otros gases y procesos de eutrofización de las aguas, por lo tanto, se debería considerar replantear, la envergadura de este tipo de proyectos a gran magnitud y empezar a considerar estudios para el aprovechamiento de centrales hidroeléctricas a filo de agua, las cuales no generan, la necesidad de importantes concentraciones de agua.

En el país se han presentado inconvenientes en la implantación de las centrales hidroeléctricas de gran envergadura, casos como la Hidroeléctrica El Quimbo, Hidro-Ituango, e inclusive Hidrosogamoso, son ejemplos, sobre la necesidad de una mayor planeación en este tipo de obras, en especial, el ámbito ambiental; lo anterior, se convierte en un llamado en especial a las autoridades ambientales, a incrementar la rigurosidad y los controles para que las lecciones aprendidas no se repitan a futuro.

De acuerdo con la conclusión anterior, se debe establecer un control más riguroso en la implementación de los planes de manejo ambiental y de los planes de prevención, mitigación, tal como, se determinó en el caso de Hidrosogamoso, en la cual eventos previsibles no presentaron un adecuado manejo, por ejemplo, en la fase de llenado del embalse, la situación fue crítica aguas abajo, ante el drástico descenso del nivel de las aguas; este impase era previsible y mitigable, si dentro de las consideraciones iniciales, se presentaba caudales ecológicos mayores o un plan de contingencia más efectivo.

La generación hidroeléctrica ha presentado impactos en el ambiente, en especial, se exteriorizando en la afectación a las comunidades, haciendo deseable analizar la formación de modelos de producción, pensados desde lo local a lo regional, y que además estén focalizados en las necesidades de los habitantes de estos sectores, más que en un sistema de mercado energético.

Ante la presencia de fenómenos meteorológicos como es el caso del ENOS, se presenta una alta vulnerabilidad al sistema hidroeléctrico, por ejemplo, en el año 2016, en los primeros meses del año (enero, febrero, marzo y abril) se presentó una vulnerabilidad alta, en las cuales se alcanzaron niveles críticos en los embalses, la región que presenta una

mayor vulnerabilidad a lo largo del año, es la región valle, por el contrario, la región más estables y bajas, son las regiones centro y oriente.

En Colombia se debe replantear la posibilidad de crear una canasta energética, a partir de otro tipo de tecnologías, como lo son las fuentes de energía solar o la energía eólica, las cuales pueden tener una gran potencialidad en algunas regiones del país, como por ejemplo en la Guajira, de modo tal, que se pueda bajar el grado de fragilidad al depender de una sola fuente de energía, lo cual implica que épocas de intensas sequías, la vulnerabilidad del sistema eléctrico sea menor y no se presente el riesgo de un desabastecimiento del país.

En ese orden de ideas, la visión desarrollista que ha primado en el país, ha dejado de lado la noción ambiental, en especial en la construcción de infraestructuras, sin embargo, muchos de los inconvenientes que se han presentado en este tipo de obras, pueden ser mitigables, si se comienza a entender y analizar más a fondo la relación entre los ecosistemas y la cultura y a entender que Colombia es un país diverso que presenta características variables, tanto en lo cultural, lo natural, lo físico y lo económico, los cuales deben considerarse en éstos y otros proyectos del régimen licenciable.

El documento comprende una mirada al tema energético, desde un punto de vista ambiental, el cual pretende generar conciencia de que se pueden explorar otras tecnologías menos invasivas, con la finalidad de dar soluciones a las diversas comunidades, dado que el modelo a partir de grandes centrales Hidroeléctricas ha producido en el país una gran cantidad de impactos, de manera especial sobre el componente agua y la fauna acuática, efectos que son magnificados por la presencia de fenómenos naturales, los cuales producen una disminución en el recurso y representan una vulnerabilidad considerable a la producción energética, manifestando la baja viabilidad de su implantación desde estos conceptos.

## Bibliografía

- Agencia prensa Rural. Por Río Sogamoso sin Represas (2009). Hidrosogamoso: Catástrofe Socio-Ambiental anunciada. 07 de septiembre de 2009. Disponible en: <http://prensarural.org/spip/spip.php?article2854> Fecha de acceso: 27/09/2017
- Alarcón, A. D. (2018). El Sector hidroeléctrico en Latinoamérica: Desarrollo, potencial y perspectivas. Nota Técnica Del BID 1405.
- Agencia prensa Rural. Por Claudio Beltrán Quesada (2009). El lado oscuro de Hidrosogamoso. 21 de abril de 2009. Disponible en: <http://prensarural.org/spip/spip.php?article2217> Fecha de acceso: 27/09/2017
- Agencia de Noticias UN (2010). Construcción De Hidroeléctrica Amenaza Especies De Peces. 15 de diciembre de 2010. Disponible en: <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/construccion-de-hidroelectrica-amenaza-especies-de-peces.html> Fecha de acceso: 27/09/2017
- Aldeah.org (2010). Documental, Colombia: La Hidroeléctrica Sogamoso. 21 de mayo del 2010. Disponible en: <http://www.aldeah.org/es/documental-colombia-la-hidroelectrica-sogamoso> Fecha de acceso: 12/11/2017
- Aldunce, P., Neri, C., & Szlafsztein, C. (2008). Hacia la evaluación de prácticas de adaptación ante la variabilidad y el cambio climático.
- Amado, A., & Diaz, D. (2017). Determinación De La Afectación Aguas Abajo De La Represa Del Quimbo Sobre La Ictiofauna De Importancia Económica (Vol. 1).
- Ambienteysociedad.org.co (2014). El proyecto hidroeléctrico de Sogamoso -Santander, plantea un conflicto ambiental, que desconoce el constitucionalizado interés superior del ambiente sano. 1 de octubre de 2014. Disponible en:

<http://www.ambienteysociedad.org.co/es/el-proyecto-hidroelectrico-de-sogamoso-santander-plantea-un-conflicto-ambiental-que-desconoce-el-constitucionalizado-interes-superior-del-ambiente-sano/> Fecha de acceso: 29/10/2017

Ángel Maya, A. (1991). Ciencia Cultura y Medio Ambiente. In Cuadernos de Agroindustria y economía rural n°26 (pp. 101–106).

Arango, C., Dorado, J., Guzmán, D.; & Ruiz, J. F. (2000). Climatología Trimestral De Colombia, 19. Retrieved from <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21789/Climatología+Trimestral+para+Colombia+%28Ruiz%2C+Guzman%2C+Arango+y+Dorado%29.pdf/c2825963-c373-449a-a7cb-8480874478d9>

Asif, M., & Muneer, T. (2007). Energy supply, its demand and security issues for developed and emerging economies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(7), 1388–1413. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2005.12.004>

Autoridad Nacional De Licencias Ambientales -ANLA (2015). Resolución 960 del 2015, Por la cual se modifica vía seguimiento una Licencia Ambiental y se toman otras determinaciones 05 de agosto de 2015. Disponible en: <http://www.anla.gov.co/gaceta/resolucion-960-5-agosto-2015> Fecha de acceso: 28/09/2017

Baigún, C., Oldani, N., Van Damme, P., & Baigun, C, Oldani, N y Van Damme, P. (2011). Represas hidroeléctricas en américa latina y su impacto sobre la ictiofauna: lecciones aprendidas. *Los Peces y Delfines de La Amazonia Boliviana: Hábitats, Potencialidades y Amenazas*, 397–416. Retrieved from <http://www.faunagua.org/biblioteca/3Cap16.pdf>

Balazote, A., & Radovich, J. C. (2013). Aspectos teórico-metodológicos sobre los procesos de reasentamiento poblacional e impactos sociales de la construcción de grandes represas hidroeléctricas. *Ilha Revista de Antropologia*, 10(1). <https://doi.org/10.5007/2175-8034.2008v10n1p51>

Barrientos, J., Rodas, E., Velilla, E., & Lopera, M. (2012). Modelo para el pronóstico del precio de la energía eléctrica en Colombia, (77).

- Brandt, S. A. (2000). Classification of geomorphological effects downstream of dams, 375–401. *Catena* 40
- Carvajal, S., & Marín Jiménez, J. D. (2015). Impacto de la generación distribuida en el sistema eléctrico de potencia colombiano: un enfoque dinámico. *Revista Tecnura*, 17(35), 77. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2013.1.a07>
- Castro - González, M., & Torres-Valdés, V. (2015). Gases invernadero en aguas con bajo oxígeno en el reservorio eutrófico de Prado (Colombia). *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 39(152), 399.
- CENSAT.ORG (2016). Por Inundación Aguas Abajo De Hidrosogamoso. 05 de diciembre del 2016. Disponible en: <http://censat.org/es/noticias/alerta-por-inundacion-aguas-abajo-de-hidrosogamoso> Fecha de acceso :21/09/2017
- CEPAL -Global Water Partnership South América (2000). Proyecto GWP SAMTAC Agua para el Siglo XXI para América del sur, De la visión a la acción, [cepal.org](http://www.cepal.org). Recuperado de <http://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/5/23345/inco00200.pdf>.
- Cuervo o, C. J. (07 de Julio de 2012). Daños ambientales, los pecados de las hidroeléctricas. *UN Periódico*.
- Dai, Z., & Liu, J. T. (2013). Impacts of large dams on downstream fluvial sedimentation: An example of the Three Gorges Dam (TGD) on the Changjiang (Yangtze River). *Journal of Hydrology*, 480, 10–18. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.12.003>
- Dataifx.com. (08 de marzo de 2016). Dataifx.com. Review of <http://dataifx.com/noticias/acciones-colombia/articulo-25137-embalses-en-colombia-cayeron-al-nivel-historico-y-critico-de-2801>
- Defensoría del Pueblo.; delegada para los Derechos. Colectivos y del Ambiente. (2017). Impactos socioambientales y posible generación hidroeléctrica en Colombia.
- Delgado, G., Campos, C., & Rentería, P. (2012). Cambio Climático y el Metabolismo Urbano de las Megaurbes Latinoamericanas, 2(1), 2–25.

- Demarty, M., & Bastien, J. (2011). GHG Emissions from hydroelectric reservoirs in tropical and equatorial regions: Review of 20 years of CH<sub>4</sub> emission measurements. *Energy Policy*, 39(7), 4197–4206. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.04.033>
- DENA- Agencia Alemana de Energía. (2010). renewables-made-in-Germany. Recuperado el 12 de mayo de 2016, de <http://www.renewables-made-in-germany.com/es/renewables-made-in-germany/tecnologias/energia-hidroelectrica/energia-hidroelectrica/tecnologias-y-aplicaciones.html>
- Departamento Nacional de Planeación. DNP (2009). Bases Plan de Desarrollo Nacional 2014-2018. Documento CONPES 3582, 69. <https://doi.org/https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/La%20poltica%20generacin%20de%20ingresos/Cartilla%20Plan%20de%20Desarrollo%20Territorial.pdf>
- Díaz Polanco, F., Trujillo-Quintero, J. J., & Pérez-Bonilla, L. M. (2017). Proyecto Hidroeléctrica El Quimbo: un análisis frente al derecho a la propiedad en el Sistema Interamericano de Derechos Humanos. *Memorias*, 13(23), 21. <https://doi.org/10.16925/me.v13i23.1077>
- Díez Hernández, J. M., & Olmeda Sanz, S. (2008). La obtención de energía a través de minicentrales hidroeléctricas, por su baja generación de gases de efecto invernadero, las ha convertido en uno de los sistemas de producción energética más limpio y respetuoso con el ambiente, porque que no tiene que al. *Revista Energética*, Número 39, 65–76.
- Donegan, T. M., Avendaño, J. E., Briceño-I, E. R., Luna, J. C., Roa, C., Parra, R., ... Sharp, M. (2010). Aves de la Serranía de los Yariguíes y tierras bajas circundantes, Discusión y Conclusiones. *Notes*, (May 2014), 72–89.
- Duarte Abadía, B. A. (2013). Desarrollo Hidroeléctrico, despojo y transformación territorial: El caso de Hidrosogamoso, Santander, Colombia. *Aguas Robadas Despojo Hídrico y Movilización Social*.
- Duque, S., & Donato, J. C. (1988). Estudio del fitoplancton durante las primeras etapas de llenado del embalse de la central hidroeléctrica de Betania, Huila-Colombia. *Revista de La Facultad de Ciencias Universidad Javeriana*, I.

- Dussán Calderón, M. A. (2017). *El Quimbo Extractivismo, despojo, ecocidio y resistencia*. Bogotá D.C.: Planeta Paz.
- El espectador.com (2015). Otra Visión Sobre Hidrosogamoso. 17 de enero de 2015. Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/economia/otra-vision-sobre-hidrosogamoso-articulo-538137> Fecha de acceso: 25/09/2017
- El tiempo.com (2015). Ordenan A Isagen Limpiar El Embalse Hidrosogamoso. 9 de abril de 2015. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-15539197> Fecha de acceso: 27/09/2017
- El tiempo.com. (2017). Isagen Abrió Las Compuertas De La Represa De Hidrosogamoso. 27 de abril 2017. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/abren-compuertas-de-hidrosogamoso-tras-alcanzar-capacidad-maxima-de-almacenamiento-82044> Fecha de acceso: 22/09/2017
- Emgesa S.A. E.S.P. (2016). Proyecto el Quimbo: Avances de obras. Review of <http://www.proyectoelquimboemgesa.com.co/site/AvancesenObra.aspx>
- Espejo Marín, C., & García Marín, R. (2015). Agua y Energía: Producción hidroeléctrica en España, 51, 107–129. Retrieved from <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/783>
- Estrada Martínez, Z. patricia. (2016). Transformación de los medios de vida de los pescadores artesanales, por la puesta en marcha de la central hidroeléctrica Sogamoso. El caso de los pescadores ubicados aguas abajo del río Sogamoso en el departamento de Santander. Pontificia Universidad Javeriana.
- FAO Fisheries Technical Paper. (2001). *Dams, Fish and Fisheries. Opportunities, Challenges and Conflict Resolution*. Rome: Gerd Marmulla.
- Fearnside, M. P. (2019). Represas hidroeléctricas en la Amazonia brasileña: impactos ambientales y sociales. *Revista de Estudos Brasileños*, 6(11), 123. <https://doi.org/10.14201/reb2019611123138>
- FEDESAROLLO Centro De Investigación Económica Y Social. (2013). Análisis costo beneficio de energías renovables no convencionales en Colombia. Análisis Costo

- Beneficio de Energías Renovables No Convencionales En Colombia, 1157–1160.  
<https://doi.org/10.1109/CEIDP.2013.6748286>
- Fernández Hurtado, S. R., Ochoa Ortiz, K. A., & Martínez Martínez, L. Á. (2018). Efectos de la llegada de flujos de inversión extranjera en el sector hidroeléctrico colombiano. *Contabilidad y Negocios*, 12(24), 19–42.  
<https://doi.org/10.18800/contabilidad.201702.002>
- Fondo acción urgente. Org. Por: Claudia M. León Arango (2015). Continúa La Emergencia Ambiental, Social Y Económica Para Las Familias Afectadas Por Hidroeléctrica En Sogamoso, Santander. 21 de junio del 2015. Disponible en:  
<http://www.fondoaccionurgente.org.co/noticia-8> Fecha de acceso: 27/09/2017
- García-cabrera, J. (2007). Plancton como indicador de calidad del agua en la presa Aguamilpa, XXII, 103–116.
- García, M., Piñeros, A., Bernal, F., Ardila, E., & Instituto de Hidrología, meteorología y estudios Ambientales, I. (2012). La Variabilidad Climática y el Cambio Climático y el Recurso Hídrico En Colombia, 28. Retrieved from  
<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023778/variabilidad.pdf>
- Glyn, H. J., & Heinke, G. (1999). *Ingeniería Ambiental*. México: Prentice Hall, Inc.
- Gómez, J. J. (2001). *Vulnerabilidad y Medio Ambiente*. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe- CEPAL.
- Gobernación de Antioquía. (18 de marzo de 2016). Decreto D2016070001606. Mesa de diálogo, análisis y búsquedas de soluciones de conflictos generados por la construcción de Mega proyectos minero-energéticos.
- Graff, W. (1999). Dam Nation: A Geographic Census of American Dams and Their Large-Scale Hydrologic Impacts. *Water Resources Research*, 35(4), 1305–1311.
- Grupo Banco Mundial. (2016). [datos.bancomundial.org](http://datos.bancomundial.org). review of  
<http://datos.bancomundial.org/indicador/EG.USE.ELEC.KH.PC>
- Grupo empresarial EPM. (2016). [epm.com.co](http://www.epm.com.co). Retrieved from  
<http://www.epm.com.co/site/Home/Institucional/Nuestrasplantas/Energ%C3%ADa/Centraleshidroel%C3%A9ctricas.aspx>

- Guerrero, B. (2004). La globalización y su efecto en el sector eléctrico latinoamericano- caso interconexión eléctrica s.a. isa. Universidad de los Andes.
- Gutiérrez, Á. (2010 de 08 de 2010). Hidroeléctricas, ¿progreso vs degradación ecológica? Agencia de Noticias UN.
- Gutiérrez-C., Á. L., & Pinilla-A., G. A. (2016). Efectos de la conectividad local sobre los ensambles de peces en una planicie de inundación tropical. *Caldasia*, 38(2), 300. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v38n2.60920>
- Hidroeléctrica- Ituango S.A. E.S.P. (2011). Del sueño a la realidad Pescadero-Ituango "José Tejada Sáenz". Medellín: Santillana S.A.
- IDEAM. (2015). Estudio Nacional del Agua 2014. Bogotá, D.C.,2015. 496 páginas.
- IDEAM. (2018). Estudio Nacional del Agua 2018. Bogotá, D.C.,2018. 496 páginas.
- IPCC, G. I. de E. S. el C. climático. (2014). Cambio climático 2014, Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. Resumen Para Las Responsabilidades Políticas, 33. <https://doi.org/10.1256/004316502320517344>
- Ingetec S.A. Ingenieros consultores. (2008). Actualización de los diseños para licitación y del estudio de impacto ambiental Proyecto Hidroeléctrico de Sogamoso.
- Ingetec S.A. Ingenieros Consultores. (2017). [ingetec.com.co](https://www.ingetec.com.co). Retrieved from [https://www.ingetec.com.co/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=29:porce-iii&Itemid=35&lang=es](https://www.ingetec.com.co/index.php?option=com_k2&view=item&id=29:porce-iii&Itemid=35&lang=es)
- International Hydropower Association. IHA (2016). [www.hydropower.org](http://www.hydropower.org). Retrieved from <https://www.hydropower.org/types-of-hydropower>
- Isagen Energía Productiva. (2016). Generación Hidroelectrica: Central hidroeléctrica Sogamoso. Retrieved from <https://www.isagen.com.co/nuestra-empresa/generacion-de-energia/generacion-hidroelectrica/central-hidroelectrica-sogamoso/>

- Isagen Energía Productiva. (2016). Generación Hidroeléctrica: Central Hidroeléctrica Miel I. Retrieved from <https://www.isagen.com.co/nuestra-empresa/generacion-de-energia/generacion-hidroelectrica/central-hidroelectrica-miel/>
- Isagen S.A. E.S.P. (2017). [isagen.com.co](https://www.isagen.com.co/comunicados/Central_sancarlos_2013.pdf). Retrieved from [https://www.isagen.com.co/comunicados/Central\\_sancarlos\\_2013.pdf](https://www.isagen.com.co/comunicados/Central_sancarlos_2013.pdf)
- Irina, T., & Iriarte, P. (2014). Impacto ambiental del polvillo del carbón en la salud en Colombia Environmental impact of coal dust in health in Colombia, (1), 77–81.
- Jiménez-Segura, L. F., Restrepo Santamaría, D., López Casas, S., Delgado, J., Valderrama, M., Jonathan, Á., & Gómez, D. (2014). Ictiofauna y desarrollo del sector hidroeléctrico en la cuenca del río Magdalena-Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*, 15, 3–25.
- Kummu, M., & Varis, O. (2007). Sediment-related impacts due to upstream reservoir trapping, the Lower Mekong River. *Geomorphology*, 85(3–4), 275–293. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.03.024>
- Kunz, M. J., Wüest, A., Wehrli, B., Landert, J., & Senn, D. B. (2011). Impact of a large tropical reservoir on riverine transport of sediment, carbon, and nutrients to downstream wetlands. *Water Resources Research*, 47(12), 1–16. <https://doi.org/10.1029/2011WR010996>
- Lavel, A. (S.F.). Sobre la gestión del riesgo: Apuntes hacia una definición, 1–22.
- Leguizamón Castillo, Y. R. (2015). Conflictos ambientales y movimientos sociales: el caso del movimiento Emberá katio en respuesta a la construcción de la represa Urrá (1994-2008). *Memoria y Sociedad*, 19(39), 94. <https://doi.org/10.11144/javeriana.mys19-39.cams>
- León Aristizábal, G. E., Zea Mazo, J. A., & Eslava Ramírez, J. A. (2000). Circulación general del trópico y la zona de confluencia intertropical en Colombia. *Meteorología Colombiana*, (1), 31–38. Retrieved from [http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/content/geociencias/revista\\_meteorologia\\_colombiana/numero01/01\\_05.pdf](http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/content/geociencias/revista_meteorologia_colombiana/numero01/01_05.pdf)

- Londoño, C. L. (2006). Los recursos naturales y el medio ambiente en la economía de mercado. *Revista Científica Guillermo de Ockham*, 4(1), 25–42. <https://doi.org/10.21500/22563202.486>
- López Díez, J. C. (2017). 1992: el año en que se nos fueron las luces. *Revista Gestión y Región*, 1139.
- Magaña Rueda, V. O., & Gay García, C. (s.f.). Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos. *Gaceta Ecológica*, 65, 7–23.
- Martínez-Alier, J. (2004). Los conflictos ecológico- distributivos y los indicadores de sustentabilidad. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica (REVIBEC)*, 1, 21–30. <https://doi.org/10.4000/polis.5359>
- Martínez Silva, P. (2015). Variación Espacio-Temporal De Microalgas Acuáticas Del Embalse De Betania – Huila Y Su Relación Con La Calidad Del Agua Spatio-Temporal Variation of Aquatic Microalgae of the Embalse De Betania-Huila and Its Relation With the Quality of Water. *Revista Intropica*, 10, 11–19. <https://doi.org/10.21676/23897864.1642>
- Martínez Silva, P., Delgado Fonseca, J. F., & Muñoz yustres, J. L. (2016). Diversidad de géneros del fitoplancton del embalse de Betania, Huila y su importancia como bioindicadores. *Revista Científica*, (25), 241–251. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.RC.2016.25.a8>
- Mateus Valencia, A. C. (2016). Crisis energética en Colombia. *Tecnología, Investigación y Academia*, 4(2), 74–81. Retrieved from [http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/tia/issue/archive%0Ahttps://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/tia/issue/viewIssue/771/pdf\\_3](http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/tia/issue/archive%0Ahttps://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/tia/issue/viewIssue/771/pdf_3)
- Mayor, F. (2016). Estimación de la emisión histórica de gases de efecto invernadero por embalses hidroeléctricos en Colombia y su potencial impacto en el factor de emisión de la generación eléctrica, 62. <https://doi.org/10.1016/j.oraloncology.2010.03.005>

- Meadows, d. H., Meadows, d. L., Randers, j., & Behrens, w. W. (1972). Los límites del crecimiento: informe al Club de Roma sobre el predicamento de la humanidad. fondo de cultura económica., (1972), 1–3.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Decreto Número 1076 de 2015 “Por medio del cual se expide el Decreto único reglamentario del sector Ambiente Y Desarrollo Sostenible.”
- Ministerio de Minas y Energía. (2012). Energía Eléctrica. Memorias al Congreso de la República de Colombia 2012-2013 (Vol. 1).
- Mojica, J. I., Usma, R., Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humbolt, Universidad Nacional de Colombia, WWF, & Universidad de Manizales. (2012). Libro rojo de Peces Dulceacuícolas de Colombia (2012). Colombia.
- Montealegre, E., & Pabón, J. (2002). Seguimiento, diagnóstico y predicción climática en Colombia. *Meteorología Colombiana*, 5, 59–65.
- Montealegre, J., & Pabón, J. (2000). La variabilidad climática interanual asociada al ciclo el niño-la niña – oscilación del sur y su efecto en el patrón pluviométrico de Colombia. *Meteorología Colombiana*, 2(January 2000), 7–21. Retrieved from [http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/content/geociencias/revista\\_meteorologia\\_colombiana/numero02/02\\_02.pdf](http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/content/geociencias/revista_meteorologia_colombiana/numero02/02_02.pdf)
- Morales, S., Corredor, L., Paba, J., & Pacheco, L. (2014). Stages in the development of a small hydropower project: Context and implementation basic criteria. *Dyna*, 81(184), 178. <https://doi.org/10.15446/dyna.v81n184.39757>
- Movimiento Ríos Vivos Colombia. (2014). Ríos vivos de Colombia: una apuesta por la soberanía hídrica y energética. (B. tierra Ediciones, Ed.), *Territorios en disputa, Despojo capitalista, luchas en defensa de los bienes comunes naturales y alternativas emancipatorias para América Latina* (1° ed.). México D.F.
- Mussetta, P. C. (2013). El agua en discordia: *Revista Gestión y Ambiente*, 16(1), 113–127.
- Navarro, E., Garcia-Berthou, E., & Armengol, J. (2010). La calidad ecológica de los embalses. *Investigación y Ciencia*, 80–88.

- Oscos, J., Campos, F., & Escala M, C. (2006). Variación de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en relación con la calidad de las aguas, 25(3), 683–692.
- Pabón, J. D., Zea, J., León, G., Hurtado, G., Gonzales, C., Montealegre, E., & Ambientales, I. de H. M. y E. (1998). La atmósfera, el tiempo y el clima. *El Medio Ambiente En Colombia*, 34–113.
- Pacheco -Flórez, M., & Eliana Melo -Poveda Recibido, Y. (2015). Recursos naturales y energía. Antecedentes históricos y su papel en la evolución de la sociedad y la teoría económica. *Energética*, 45, 107–115. Retrieved from [www.revistas.unal.edu.co/energetica](http://www.revistas.unal.edu.co/energetica)
- Paucar Samaniego, M. A. (2014). Estudio De Emisiones De Metano Producidas Por Embalses En Centrales Hidroeléctricas En Ecuador, 34–35. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(91\)90236-L](https://doi.org/10.1016/0040-1951(91)90236-L)
- Pérez, M. A., & García, C. (2016). Tiempo de vidrio y de abundancia. Saberes y oficios de la cultura fluvial en el Alto Magdalena, Colombia. *Revista de Estudios Sociales* No.35, 55, 73–87. <https://doi.org/10.7440/res55.2016.05>
- Poveda, G. (2004). La Hidroclimatología De Colombia: Una síntesis desde la escala inter-decadal hasta la escala diurna. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 28, 201–222.
- Procuraduría General de la Nación. (2009). Informe de gestión. Bogotá D.C.
- Ramos, A. (2018). Evaluación del riesgo de eutrofización del embalse El Quimbo -Huila. *Logos Ciencia & Tecnología*, 10(2422–4200), 21.
- Roa Avendaño, T., & Duarte, V. (2013). Desarrollo Hidroeléctrico, despojo y transformación territorial: El caso de Hidrosogamoso, Santander, Colombia. *Aguas Robadas Despojo Hídrico y Movilización Social*.
- Rojas López, M. (2015). Evaluación de proyectos para ingenieros. Bogotá D.C.: Ecoe ediciones.

- Sala Quinta de Revisión de la Corte Constitucional (2013). Sentencia T-135/13 Obras de desarrollo y progreso frente a la protección de derechos fundamentales de las personas. 2013. Disponible en: <http://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2013/T-135-13.htm>
- Senado.gov.co. (2015). El proyecto Hidro Sogamoso y su impacto en las comunidades y su entorno. 07 de abril 2015. Disponible en: <http://www.senado.gov.co/historia/item/22354-el-proyecto-hidrosogamoso-y-su-impacto-en-las-comunidades-y-su-entorno> Fecha de acceso: 22/09/2017
- Silva Arroyave, S. M. (2008). Evaluación de la Calidad del agua del futuro Embalse Porce III Por la influencia de la descarga del embalse Porce II Modelo de simulación de calidad del agua del futuro embalse Porce III. *Gaia Ecological Perspectives For Science And Society*, (13), 21–37.
- Toledo Arias, C., & Urbina Yeregui, A. (2013). Evaluación de la energía solar fotovoltaica como solución a la dependencia energética de zonas rurales de Colombia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 114(3), 50–68. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.09.010>
- Toro J, Requena I, Zamorano M. Determining vulnerability importance in environmental impact assessment. The case of Colombia. *Environ Impact Assess Rev* 2012; 32:107–17.
- Toro Calderón, J. J. (2009). Análisis constructivo del proceso de evaluación de impacto ambiental en Colombia. Universidad de Granada.
- Torres, María Adelaida; Caballero, H.; A. G. (2014). Hidroeléctricas y desarrollo local ¿mito o realidad? caso de estudio: Hidro Ituango. *Energética*, 9833, 83.
- Uharte, L. M. (2016). EL MEGAPROYECTO HIDROELÉCTRICO DE BELO MONTE EN BRASIL: Impactos múltiples, (April 2012), 91–107.
- Unidad de Planeación Minero-Energética. UPME (2005). [siel.gov.co](http://www.siel.gov.co). Retrieved from [http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/generacion/costos\\_indicativos\\_generacion\\_ee.pdf](http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/generacion/costos_indicativos_generacion_ee.pdf)

- Unidad de planeación Minero-Energética UPME. (2014). Estudio de generación bajo escenarios de cambio climático. Upme, 8.
- Unidad de Planeación Minero-energética. UPME (2015). Informe mensual de variables de generación y del mercado eléctrico colombiano.
- Unidad de Planeación Minero-energética UPME, & BID. (2015). Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia. Ministerio de Minas y Energía. Retrieved from [http://www.upme.gov.co/Estudios/2015/Integracion\\_Energias\\_Renovables/INTEGRACION\\_ENERGIAS\\_RENOVANLES\\_WEB.pdf](http://www.upme.gov.co/Estudios/2015/Integracion_Energias_Renovables/INTEGRACION_ENERGIAS_RENOVANLES_WEB.pdf)
- Unidad de Planeación Minero energética UPME. (2016). Boletín estadístico de minas y energía 2012-2016. Retrieved from [http://www1.upme.gov.co/PromocionSector/SeccionesInteres/Documents/Boletines/Boletin\\_Estadistico\\_2012\\_2016.pdf](http://www1.upme.gov.co/PromocionSector/SeccionesInteres/Documents/Boletines/Boletin_Estadistico_2012_2016.pdf)
- Úsuga Montoya, E. (2014). Impactos sociales y económicos de la hidroeléctrica en Ituango. Universidad de Medellín.
- Vanguardia.com (2014). En manos de la ANLA estará la evaluación de impacto de Hidrosogamoso al río. 11 de junio de 2014. Disponible en: <http://www.vanguardia.com/economia/local/264311-en-manos-de-la-anla-estara-la-evaluacion-de-impacto-de-hidrosogamoso-al-rio> Fecha de acceso: 27/09/2017
- Vanguardia.com (2017). Censarán A Damnificados Por Apertura De Hidrosogamoso. 10 de mayo del 2017. Disponible en: <http://www.vanguardia.com/economia/local/397327-censaran-a-damnificados-por-apertura-de-hidrosogamoso> Fecha de acceso: 22/09/2017
- Vélez-Torres, I., & Vélez Galeano, H. (2018). Plexos conflictivos: una visión territorial e histórica de los conflictos ambientales en la cuenca alta del río Cauca. *Revista Colombiana de Sociología*, 42(1), 0–3. <https://doi.org/10.15446/rcs.v42n1.73181>
- Viviescas Santana, M. A. (2014). Caracterización de impactos ambientales y sociales generados por la construcción de grandes centrales hidroeléctricas en el país.

Universidad Militar Nueva Granada, 25. Retrieved from [http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/12036/1/Articulo Viviescas.pdf](http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/12036/1/Articulo_Alejandra_Viviescas.pdf)

Walschburger, T., Angarita, H., & Delgado, J. (2015). Hacia una gestión integral de las planicies inundables en la cuenca Magdalena-Cauca. Foro Nacional Ambiental.

World Commission Of Dams. (2000). Dams and development, a new framework for decision - making. Report.

WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). (2014). The United Nations World Water Development Report 2014- Water and Energy. Paris: UNESCO.

WWF GLOBAL ORG (World Wide Fund). (2011). WWF en Congreso mundial de la IHA: Es clave una visión a escala del bioma para fomentar un modelo energético sostenible en la Amazonía.