

Efectos sociales, ambientales y económicos en la implementación de una pequeña central hidroeléctrica en Colombia.

ANDRES MAURICIO JOYA DELGADO

EMAIL: andresjoya.uis@gmail.com

Departamento de Ingeniería Civil. Universidad Federal Fluminense.

ORLANDO CELSO LONGO

Departamento de Ingeniería Civil. Universidad Federal Fluminense.

LUCIANE ALCOFORADO

Academia da Força Aérea: Pirassununga.

RESUMEN

El presente artículo tiene como finalidad realizar una recopilación bibliográfica de artículos científicos, libros, tesis e informes como base documental, donde se tenga presente los impactos sociales, ambientales y económicos generados por los proyectos de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH) en Colombia. Se escogieron documentos recientes que son relevantes en la temática propuesta y los datos se extrajeron de los informes gubernamentales e independientes más actuales. Serán examinadas en detalle las pico centrales (Potencia < 5 KW). Así la contribución del presente escrito es aportar teóricamente estableciendo una metodología clara y eficaz para beneficio de todos los actores implicados. La participación de la comunidad en la fase de estudios previos es fundamental para el éxito de la implementación de una PCH y se concluye que esta tecnología de bajo costo es ideal para electrificar zonas rurales en lugares aislados. Se propone un enfoque multidisciplinario analizando la tecnología y sus implicaciones sociales.

**PALABRAS
CLAVES:**

Energías renovables, generación energía hidroeléctrica, pequeña central hidroeléctrica, impactos sociales, impactos ambientales.

Social, environmental and economic effects in the implementation of a small hydropower plant in Colombia.

ABSTRACT

The purpose of this article is to conduct a bibliographic review of scientific articles, books, theses, and reports as a documentary basis, considering the social, environmental, and economic impacts generated by Small Hydropower Projects (SHP) in Colombia. Recent and relevant documents on the proposed topic were selected, and data were extracted from the most up-to-date governmental and independent reports. A detailed examination will be conducted on peak hydropower plants (Power < 5 kW). Thus, the contribution of this paper is to theoretically support the establishment of a clear and effective methodology for the benefit of all stakeholders involved. Community participation in the preliminary study phase is essential for the successful implementation of an SHP and it is concluded that this low-cost technology is ideal for electrifying rural areas in remote locations. A multidisciplinary approach is proposed, analyzing the technology and its social implications.

KEYWORDS:

Renewable energies, hydroelectric power generation, small hydroelectric power plant, socio-environmental impacts.



Febrero 2025-RECIBIDO

APROBADO-Diciembre 2026

Esta obra está bajo una licencia internacional creative commons attribution-noncommercial 4.0



01 INTRODUCCIÓN

El suministro de energía eléctrica es fundamental en una comunidad para garantizar su crecimiento económico y social. En este sentido, el uso de la energía Hidroeléctrica como una de las fuentes de mayor uso, se ha implantado de manera significativa en los últimos tiempos, por ser sistemas generadores de impactos sociales favorables y dependiendo de su escala, bajos impactos ambientales; es decir, que representan sistemas compatibles con la naturaleza que favorecen la economía así como también aportan en la reducción de deforestación, creación de empleo local y mejorando de la resiliencia energética en zonas aisladas (Acero y Sánchez, 2017). Es importante el estudio de las pico centrales, generadoras de menos de 5 KW, ya que pueden representar una alternativa real y asequible de electrificar viviendas o pequeñas comunidades aisladas de zonas rurales en Colombia.

En virtud de los problemas ambientales asociados al uso y extracción de los combustibles convencionales (carbón, petróleo y gas natural principalmente), como también a su alto costo, existe en el mundo una tendencia a la utilización de fuentes de energía renovables y de bajo costo. Acorde con Pautas ambientales sectoriales para un diseño ambientalmente sostenible solido (ESD)- Energía a pequeña escala, elaborado por (USAID, 2018), las fuentes de energía convencionales, y la demanda de seguridad energética, están impulsando las inversiones en eficiencia energética, energía renovable y tecnología de energía limpia. De acuerdo con el informe Energías renovables de (IDAE, 2020), donde propone que las energías renovables son recursos limpios y casi inagotables que proporciona la naturaleza. Además, este estudio es relevante en cuanto a la definición de la (ONU, 2015) y su objetivo 7 de desarrollo sostenible el cual propone garantizar el acceso de energía asequible, y no contaminante.

Según el informe (USAID, 2018), la energía renovable puede tener un gran número de beneficios, como el mayor acceso a energía en países en desarrollo, mejoras en salud pública, mitigación del cambio climático, etc. Sin embargo, para obtener esos beneficios, deben abordarse varias consideraciones de sostenibilidad en el diseño, como el costo, regulaciones en el país anfitrión, gobernanza ética y eficiente, y los desafíos que surgen durante la operación del proyecto.

Como todo proyecto, la producción de energía en una Pequeña Central Hidroeléctrica (PCH en adelante), también produce impactos ambientales y sociales asociados al desarrollo de este, los cuales pueden ser positivos como negativos. Dependiendo de las consideraciones de sostenibilidad establecidas en la formulación y desarrollo del proyecto es posible evitar en el futuro desenlaces negativos por la instalación de la PCH.

De acuerdo con (Osorio, 2017), una PCH trae consigo efectos positivos sobre el entorno en el que opera, como lo son la generación de empleo, la conexión de poblaciones alejadas a la red eléctrica del país, la mejora de la confiabilidad del sistema eléctrico en todo el territorio nacional, la generación de ingresos para los municipios vía impuestos y beneficios sociales para la región, a través de la construcción de una carretera, un centro de salud o un colegio por parte de los desarrolladores del proyecto. Estos promotores del desarrollo del proyecto deben tratar de analizar y explicar, de qué manera se pueden potencializar estas obras con el fin de determinar la mejor manera de compensar a la población afectada por la implementación del proyecto.

Según las estadísticas presentadas en el informe (REN21, 2023) el uso de las energías renovables va en aumento y globalmente alcanzó el 30% del total de la producción de energía a nivel mundial en 2022. Esto permite ver la transición en cuanto a la implementación de estas tecnologías y su mayor

utilización alrededor del mundo. Son evidentes los beneficios ambientales que ofrece la utilización de las energías renovables como la disminución de los gases efecto invernadero, reducción de explotación de minerales y uso de fuentes de energía que están naturalmente disponibles en la mayoría de regiones del mundo.

Las PCHs son una de las fuentes de generación de energía que más impacta en la economía de Colombia, dado que genera un crecimiento en el área de influencia y en las comunidades beneficiarias de la energía producida (Acero y Sánchez, 2017). En este momento es necesario desarrollar nuevas fuentes e instalaciones energéticas dado que se pronostica que habrá un incremento anual del 4.5% en el consumo de energía en el País y presenta la oportunidad para la industria dedicada a este asunto (Cornare, 2020). El gobierno nacional ha regulado el mercado energético con leyes que promueven el desarrollo y utilización de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER), como las leyes 141 y 143 de 1994 y la Ley 1715 de 2014, con el objetivo de tener un mayor aprovechamiento del potencial energético del país y crear una matriz energética distribuida.

El actual gobierno colombiano, en su documento, Colombia Potencia Mundial de la Vida: Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 (DNP Colombia, 2023), habla de posicionar a las PCHs como una herramienta para democratizar el acceso a energía limpia, reducir brechas rural-urbanas y avanzar en la descarbonización del sistema energético nacional.

Conviene analizar los impactos sociales que trae la construcción de esta clase de centrales hidroeléctricas en la producción de energía. Teniendo en cuenta que es un proyecto que desde el punto de vista técnico y científico tiene grandes beneficios y sobre todo respecto a la transición hacia la producción de energías renovables, es fundamental tener una perspectiva completa para analizar cómo afectarían estos cambios a las poblaciones, comunidades y en general al país donde se llevará a cabo la implementación de estas plantas productoras de energía renovable. Este análisis se puede extender a un entorno global, donde en ciertos lugares existen poblaciones sin acceso a la energía eléctrica y tienen condiciones geográficas e hidrológicas similares a Colombia. Entonces, se plantean preguntas con el fin de conocer los efectos y conclusiones a las que es posible llegar a través de los informes que van a ser presentados a continuación.

Las siguientes preguntas pueden ser planteadas a partir del análisis anterior: (1) ¿Qué impactos ambientales conlleva? (2) ¿Qué cambios se presentan en las poblaciones donde se implementan las PCHs (Impactos Sociales)? (3) ¿Hay beneficios en el momento de que una población se vea afectada en el proceso de construcción de una PCH? (4) ¿Las poblaciones aisladas pueden tener acceso este tipo de tecnologías?

02 REFERENCIAL TEÓRICO

DEFINICIÓN DE PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS (PCHS)

De acuerdo con lo planteado por el Ministerio de Minas y Energía (de dónde) en su Resolución 0309 de 2018: Licenciamiento Ambiental para PCHs, define una PCH legal y técnicamente como una instalación de generación de energía eléctrica que aprovecha la fuerza del agua en cauces naturales, con una capacidad instalada entre 1 MW (megavatio) y 20 MW, según la clasificación establecida por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) y alineada con los estándares de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).

CLASIFICACIÓN DE PCH

No existe un consenso mundial sobre lo que se considera una instalación de pequeña escala para la producción de energía. La definición va a depender del grado de desarrollo de la tecnología en el país en que se quiera desarrollar la instalación. (¿esta afirmación de dónde salió? Si es resultado del análisis de documentos sugiero declararlo así para no ser categórico y que se evidencie el resultado de la aplicación de un método científico).

Para el presente estudio se tomará como base la clasificación adoptada por la Unidad de Planeación Minero Energética de Colombia, consignada en el Atlas de potencial hidroenergético de Colombia 2015 (UPME, 2015). En la tabla 1 se muestra la clasificación sugerida por la Organización latinoamericana de energía (OLADE) para hidroeléctricas.

Tabla 1 . Clasificación de Centrales Hidroeléctricas, Atlas de potencial Hidroenergético de Colombia (UPME, 2015).

Clasificación	Potencia instalada (kW)
Pico Central	0,5 - 5
Micro Central	5 – 50
Mini Central	50 - 500
Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH)	500 - 20.000
Centrales Hidroeléctricas (CH)	> 20.000

En este estudio se definen las pico centrales hidroeléctricas como las instalaciones de menor potencia (Potencia<5KW) y generalmente son utilizadas para electrificar hogares, fincas o pequeñas comunidades. Entonces la atención de este estudio estará centrada en este tipo de aprovechamientos y sus implicaciones ante la sociedad y el ambiente. Las recientes innovaciones en el desarrollo de equipos para la generación de energía hidroeléctrica a pequeña escala han hecho de esta tecnología una fuente económica y confiable incluso para los lugares más pobres e inaccesibles (Maher y Smith, 2001), considerándola también una opción muy versátil, es decir, es adaptable a variedad de condiciones y entornos.

PCH EN COLOMBIA

Colombia es un país con un gran potencial hidroeléctrico enorme, en el Atlas de potencial Hidroenergético de Colombia (UPME 2015), dividieron el territorio en varias subzonas hidrográficas donde se seleccionaron los tramos de los ríos en los cuales se presenta mayor potencial hidroeléctrico aprovechable. Los resultados se presentan en la siguiente tabla categorizadas por tipo de central y define el potencial a desarrollar de forma teórica, es decir, el estudio no tomó en cuenta el efecto acumulado de instalar las centrales de generación, lo que indica es la potencial de generación de energía en cada subzona determinada. Lo más importante de este estudio es que se determinaron los totales de potencial hidroenergético por subzona, por ejemplo, para el interés de este estudio, las pico centrales pueden generar 1533 kilovatios de potencia en todo el país.

Tabla 2. Potencial hidroenergético acumulado por tipo de central y por sitio identificado para aprovechamiento, en kilovatios (UPME 2015).

Área Hidrográfica	Tipo de Central					
	Pico	Micro	Mini	Pequeñas	Grandes	
					20 - 40 MW	> 40 MW
Amazonas	285	2.799	26.948	903.311	1.518.300	9.522.541
Caribe	210	1.935	16.843	436.476	749.309	2.922.066
Magdalena Cauca	514	5.229	47.567	1.646.204	2.808.652	17.713.622
Orinoco	360	3.599	35.789	1.230.958	2.205.013	10.227.236
Pacífico	165	1.647	15.984	568.657	831.949	2.743.598
Total por tipo de Central	1.533	15.209	143.132	4.785.606	8.113.222	43.129.063

Estos datos indican que aún hay un camino largo por recorrer en cuanto al uso de la energía disponible de forma natural y por tanto representa una oportunidad para el gobierno, inversionistas o comunidades que quieran hacer parte de la producción de energía. Los aspectos básicos a considerar para la formulación y el desarrollo de proyectos con PCH expuestos por (ESHA, 2006) son:

- Topografía y geomorfología del sitio.
- Evaluación del recurso hídrico y su potencial de generar de energía.
- Elección del sitio y del esquema básico del aprovechamiento.
- Selección de las turbinas y generadores, así como de sus equipos de control.
- Evaluación del impacto ambiental y estudio de las medidas para su mitigación.
- Evaluación económica del proyecto y su potencial de financiación.
- Marco institucional y procedimientos administrativos para obtener las autorizaciones.

Como en todo proyecto, la formulación, el desarrollo y la operación de una pico central hidroeléctrica genera alteraciones o impactos ambientales, sociales y económicos en el área de influencia del proyecto los cuales deben ser considerados en la Evaluación de Impactos Ambientales (EIA). Esta evaluación es requerida para otorgar la licencia ambiental para su proyección y operación ante la autoridad ambiental. Es también fundamental para asegurar la correcta ejecución del proyecto y sostenibilidad del mismo en todas las etapas, igualmente considerando los desarrollos tecnológicos del país donde se desea implantar la central productora de energía, teniendo en cuenta toda la normativa que los regula ya que cada país tiene su propio marco legal y regulatorio.

Por otra parte, como la tecnología utilizada en las PCH depende de las condiciones hidrológicas y topográficas, se debe prever que esta tecnología no está disponible en todos los sitios de ejecución del proyecto. Aun así, según (Morales et al, 2014) la posible expansión de la cobertura del proyecto a largo plazo está limitada por el recurso hídrico del sitio ya que su producción máxima depende de éste. Otro aspecto a tener en cuenta es que los periodos climáticos impactan directamente la energía generada, lo cual limita la cobertura en todos los periodos del año. De acuerdo con (Ávila et al 2014), el incremento en la frecuencia de eventos meteorológicos extremos afecta directamente el flujo de los ríos y corrientes de agua.

ETAPAS DE UN PROYECTO DE PCH

A continuación, se describe una metodología que describe el proceso para el adecuado desarrollo de un proyecto de PCH (Morales et al., 2014):

- **Inventario:** Se buscan las comunidades que no cuentan con el servicio de energía eléctrica y los lugares más adecuados para la implementación de una PCH.
- **Reconocimiento:** Se realizan visitas al sitio propuesto y se define la posible ubicación de la obra.
- **Prefactibilidad:** Este estudio evalúa el potencial de generación en toda la cuenca, estudia alternativas existentes y se realiza una estimación de los costos de cada aprovechamiento.
- **Factibilidad:** Tiene como objetivo definir la viabilidad del emprendimiento, teniendo en cuenta sus principales dimensiones: técnicas, económicas, financieras, sociales y ambientales. En este punto se determina si es posible el desarrollo de la instalación o es mejor buscar otras alternativas.
- **Diseño:** Cuando el estudio de factibilidad es favorable comienza esta etapa que se caracteriza por el desarrollo de la ingeniería en detalle, dimensionando las diferentes obras del proyecto y delimitando los alcances del mismo.
- **Construcción:** Es la etapa en que se materializan las obras propuestas de acuerdo al cronograma de obra.
- **Fase de operación:** Luego de terminar todas las obras requeridas para el funcionamiento de la central, se prueban los equipos para verificar que la planta está lista para entrar en operación.

EVALUACIÓN DEL CAUDAL ECOLÓGICO (CE)

El caudal ecológico o ambiental es el régimen hídrico que ocurre en un río para mantener los ecosistemas y sus beneficios, donde hay usos competitivos del agua o los caudales están regulados. Mantener el caudal ecológico es fundamental para la salud del río, el desarrollo económico y la disminución de la pobreza. Así se asegura la disponibilidad de la mayor parte de los beneficios que los ríos saludables y los sistemas de agua subterránea proporcionan a la sociedad y la naturaleza.

Las normas relativas a la expedición de licencias para las PCHs en Colombia plantean criterios de diseño hidrológico que considera los requerimientos ecológicos del flujo en los tramos fluviales afectados por la detracción del caudal. El caudal ecológico (CE) debe ser considerado como una restricción ecosistémica al aprovechamiento hidroeléctrico y puede ser evaluado satisfactoriamente mediante métodos confiables. Es posible compatibilizar la producción de energía hidroeléctrica con la preservación de un estado ecológico aceptable (Diez e Olmeda, 2008). Estos criterios eco-hidrológicos evaluadores de CEs en PCHs hacen posibles aprovechamientos rentables económicamente y defendibles en términos ambientales. Estos caudales ecológicos son únicos para cada lugar y pueden ser establecidos con alto grado de confiabilidad siguiendo la **metodología IFIM (Instream Flow Incremental Methodology)**, donde se analiza la morfología del lecho fluvial, el régimen de flujo de la corriente de agua, los organismos objetivo (Bio-indicadores) y considera

también los intereses de todos los actores involucrados. Todo esto se hace de acuerdo al análisis temporal puesto que los caudales naturales varían considerablemente de temporada seca a temporada de lluvias que son los ciclos estacionales en Colombia.

Es fundamental para el diseño de un proyecto hidroeléctrico definir la disponibilidad del recurso hídrico, sobre todo en las épocas secas donde el caudal llega a sus niveles mínimos. En estas épocas del año todas las corrientes de agua disminuyen considerablemente, entonces el diseño se debe basar en estos valores mínimos y los sitios adecuados serán los que tengan altos rendimientos hídricos y cuencas con tamaños suficientes que garanticen cierta regulación y la permanencia del agua en la corriente, todo esto con el fin de disminuir posibles sobrecostos de instalación y altas variaciones en el ecosistema.

IMPACTOS GENERADOS POR LA INSTALACIÓN DE UNA PCH

Puesto que el proceso de producción de energía en una PCH implica la afectación de un curso natural de agua y por consiguiente su ecosistema, se genera un impacto directo sobre el medio ambiente que rodea al aprovechamiento que se pretende establecer; Este impacto puede ser positivo o negativo y es necesario hacer una evaluación completa de la afectación real, actual y futura del proyecto. Esta evaluación debe hacerse por parte de los encargados del diseño de la central. Se deben delimitar el área de influencia directa (AID) y el área de influencia Indirecta (AII). La primera es referente al lugar donde se va a construir las instalaciones del proyecto, la segunda se refiere a los territorios que constituyan la cuenca hidrográfica generada a partir del punto de captación del proyecto (Osorio, 2017). También es necesario tramitar diferentes permisos para realizar la implementación del proyecto tales como aprovechamiento forestal, concesiones de aguas, permisos de vertimientos y permisos de ocupación de cauce.

ESTUDIOS RELEVANTES PARA EL DESARROLLO DE UNA PCH

Estos estudios deben ser realizados en la fase de estudio de factibilidad del proyecto y son necesarios para el correcto diseño y dimensionamiento de las instalaciones a construir (Madrigal, 2018):

- **Estudios de cartografía y topografía:** Primero se verifica la información existente en los institutos destinados para tal fin y otras entidades que hayan desarrollado proyectos en la región. Si no hay datos disponibles, se realiza el levantamiento topográfico que permite conocer el terreno y localizar de manera óptima las instalaciones.
- **Estudio de la Demanda:** Con este estudio se obtendrá la demanda energética actual de la población a atender y su proyección en el plazo establecido para el funcionamiento de la central.
- **Estudio de geología y geotecnia:** Se elabora para conocer las características físicas y mecánicas del suelo.
- **Estudio Hidrológico y Pluviométrico:** Se buscan los datos estadísticos de los caudales en series de tiempo anuales. Si no se cuenta con esta información, se utiliza la información pluviométrica para obtener el caudal aproximado.
- **Estudio de potencial Hidroenergético:** Con los datos obtenidos en los anteriores estudios como el caudal, caída neta y el rendimiento de los equipos electromecánicos de producción

de energía se obtiene la Potencia teórica posible. Sin embargo, la determinación de la potencia de diseño es función de factores como las medidas ambientales establecidas, la energía requerida, el costo de la infraestructura y los parámetros operacionales de los equipos de la PCH.

- **Estudio de Impacto Ambiental (EIA):** Es una manera de medir el impacto que el proyecto tiene sobre el medio ambiente con el fin de proponer alternativas para reducirlo, mitigarlo o evitarlo en el mejor de los casos.
- **Estudio Socioeconómico:** Se deben considerar los efectos directos e indirectos sobre la sociedad, teniendo en cuenta la cultura y hábitos de los pobladores de las áreas de influencia del proyecto.
- También se realiza una evaluación financiera con el fin de definir su viabilidad económica.

IMPACTOS AMBIENTALES

Entendiendo los impactos ambientales como aquellos que se derivan tanto de la construcción como de la puesta en acción de estas centrales es posible comenzar a hablar de distintos factores que se presentan en el momento de la instalación de una PCH en Colombia.

Existen restricciones de carácter social y ambiental que no intervienen en el comportamiento físico y mecánico del sistema, pero restringen o condicionan legalmente su aprovechamiento. Las variables que imponen esta condición son las siguientes: la existencia de parques, reservas naturales o áreas protegidas y las zonas de páramos, manglares y humedales. Por esto es fundamental revisar todos los anteriores aspectos para el correcto desarrollo de la instalación ya que una omisión de alguno de ellos puede representar pérdidas económicas o la cancelación del proyecto.

En el estudio de impacto ambiental se debe identificar, prever, interpretar y estimar o medir las consecuencias ambientales de la instalación de la PCH. Es necesario identificar el medio existente y las acciones a ejecutar para poder observar las posibles alteraciones y estar en capacidad de valorarlas. Los impactos pueden ser expresados de forma cuantitativa o cualitativa dependiendo del aspecto que se esté analizando.

Según el estudio, Biodiversidad 2016: Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia (Instituto Von Humboldt, 2017), Colombia ha perdido una parte significativa de su biodiversidad en las últimas décadas y proyectos de PCH contribuyen a esta tendencia. Se estima que el 50% de los ecosistemas acuáticos del país están en riesgo debido a la intervención humana, incluyendo la construcción de hidroeléctricas. Por esto se resalta la importancia de concentrar la producción de energía en pequeñas centrales (Pico Centrales) distribuidas a lo largo del cauce del afluente que generan impactos ambientales mínimos que se pueden mitigar y manejar. El problema principal de las Hidroeléctricas es el almacenamiento de grandes cantidades de agua lo que implica múltiples impactos ambientales y sociales, con la generación a pequeña escala se elimina este problema. Especies de peces como el Bocachico (*Prochilodus magdalenae*), especie migratoria clave en la cuenca del magdalena (Jiménez-Segura, L. F., et al., 2016), el Bagre rayado (*Pseudoplatystoma magdaleniatum*) y el Nicuro (*Pimelodus blochii*), que son endémicos de esta cuenca han sido afectados como consecuencia de la fragmentación de sus hábitats y a la alteración de los flujos naturales de los ríos (Mojica et al., 2012).

El cambio climático es una realidad a la que la humanidad tiene que enfrentarse, causa mayores eventos extremos como sequías e inundaciones que dificultan la producción de energía. Estos valores mínimos y máximos deben ser evaluados en el análisis de la implementación del proyecto como factores críticos de diseño.

Es esencial establecer un plan de manejo ambiental que puede ser presentado en forma de ficha. Este plan debe plantear un conjunto de programas o proyectos encaminados a la prevención, mitigación, corrección y compensación de los impactos que fueron identificados como negativos en la evaluación ambiental. Es importante también potenciar los impactos positivos en todas las etapas del proyecto y formular al menos un programa como medida de manejo para cada impacto establecido. A continuación, se muestra un formulario para la presentación para los planes de manejo ambiental y de monitoreo en una PCH.

Respecto a las limitaciones ambientales, se debe desarrollar un estudio de impacto ambiental riguroso con el fin de establecer cualquier riesgo para el ecosistema que se pueda generar durante la etapa constructiva y operativa de la instalación. Este documento debe ser evaluado por la autoridad ambiental previo a la aprobación del proyecto quien será el encargado de definir las medidas necesarias de mitigación o compensación cuando fuesen necesarias. Los impactos ambientales más comunes en una PCH se describen en la tabla 3.

Tabla 3. Aspectos ambientales a tener en cuenta para el establecimiento de una PCH Adaptado de (Osorio, 2017).

Aspecto Ambiental	Descripción de la afectación
	PROCESOS GEOFÍSICOS
Erosión	Es el proceso por el cual se produce pérdida física del suelo en grado variable, puede producirse al final del proceso
Estabilidad de Laderas	La firmeza de un alud frente a la falla por deslizamiento o colapso bajo condiciones normales y depende del terreno
	SUELOS
Uso del suelo	Es la actividad que está definida para llevarse a cabo en dicha región, el proyecto puede afectar esta sectorización de la producción
	ECOSISTEMAS TERRESTRES
Flora	La flora puede verse afectada debido a la disminución del recurso hídrico
Fauna	La fauna puede verse afectada debido a la disminución del recurso hídrico
Corredores biológicos	El tránsito de las especies puede ser afectado por el funcionamiento de la central
	ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

Aspecto Ambiental	Descripción de la afectación
Perifiton	El conjunto de bacterias, hongos, algas y protozoos presentes en los cuerpos de agua del proyecto. Esta comunidad es sensible tanto a la disponibilidad como a la calidad de agua, y cambios en ella pueden desencadenar dinámicas poblacionales en otros puntos de la cadena trófica.
Hábitat acuático	El nicho ecológico de cada una de las especies presentes en los ecosistemas acuáticos del área de influencia, incluyendo todas las variables abióticas y bióticas que lo componen.

Existen diversas metodologías para evaluación ambiental y en Colombia, según la ley 99 de 1993, se aprueban las siguientes para PCH: Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), Evaluación de Línea Base Ambiental, Evaluación de Servicios Ecosistémicos y la Evaluación de Biodiversidad.

IMPACTOS SOCIALES

Se debe realizar un estudio donde se detallen los efectos sociales de la implantación de cualquier tipo de proyecto. Allí se deben establecer las afectaciones presentes y futuras derivadas de la construcción y puesta en marcha de la central hidroeléctrica. Los impactos sociales se refieren a las consecuencias que puede generar un determinado proyecto sobre la población que lo rodea y se debe realizar el mayor esfuerzo que permita potenciar, prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos. Estas acciones dirigidas a todas las partes participantes en el proceso y deben estar encaminadas hacia el desarrollo sostenible para las comunidades. Es fundamental establecer relaciones armónicas entre el proyecto y los actores sociales del área de influencia con la utilización de estrategias comunicativas de manera oportuna y precisa, acordes a las necesidades particulares de información de los grupos de interés; siendo esto el objetivo general del estudio social en un proyecto (Osorio, 2017).

Entre los impactos positivos de la implementación de una PCH, es importante destacar el mejoramiento de vías rurales y la construcción de nuevas carreteras en las áreas de influencia de dichos proyectos (Cornare, 2020). Estas obras han facilitado la movilidad de los pobladores y la comercialización de sus productos. También han ejecutado obras de infraestructura educativa, de salud, saneamiento básico y otras acciones encaminadas a temas deportivos y culturales. Ha servido también como una fuente de empleo, especialmente en la etapa de construcción (Agudelo, 2018). En el estudio social es preciso fomentar canales de comunicación de doble vía con el intercambio de información clara y precisa a través de la creación de espacios comunicativos para la participación y concertación entre los diferentes grupos de interés. Para minimizar las expectativas y la tergiversación de la información se deben utilizar estrategias comunicativas acordes a las necesidades particulares informativas de los interesados en el proyecto.

En cuanto a la categorización de los impactos sociales, es posible agrupar los impactos según las siguientes categorías (Duque, 2021):

- Cambios sociales.
- Conflictos Sociales.

- Afectaciones en la producción y en el modo de vida.
- Enfermedades.
- Alteración de la seguridad alimentaria.
- Transformación de ecosistemas.

Dentro de los conflictos sociales más comunes encontrados en Colombia podemos enumerar los siguientes con un caso documentado:

- **Desplazamiento y re ubicación de comunidades:** Cuando la PCH implica inundación de tierras siempre hay desplazamiento de comunidades locales (Ulloa, A., 2016).
- **Pérdida de medios de vida:** Cuando las comunidades dependen de la pesca, la agricultura o el turismo se ven afectados por la alteración de los ríos y la pérdida de Biodiversidad (Franco, J. 2013).
- **Falta de consulta previa:** En Colombia la mayoría de las veces las comunidades (indígenas y afrodescendientes) no son tenidas en cuenta para la toma de decisiones ONIC (Organización Nacional Indígena de Colombia, 2017).
- **Conflictos por el uso del agua:** Al alterar el cauce natural de los ríos se generan disputas entre las comunidades locales y las empresas por el acceso al agua para riego, consumo humano y actividades productivas (García, L., 2014).
- **Impactos culturales y espirituales:** Para algunas comunidades indígenas y afrodescendientes, los ríos son sagrados y tienen gran valor cultural y espiritual. La instalación de una PCH afecta estos valores intangibles (Chaves, M., & Zambrano, M., 2010).
- **Protestas y movilizaciones sociales:** Las comunidades afectadas han organizado resistencia frente a proyectos que afectan su modo de vida o cosmovisión (CENSAT Agua Viva., 2016).
- **Impactos en la salud:** La alteración de los ríos y la contaminación asociada a la construcción de la PCH puede afectar la salud de las comunidades locales, ya sea por pérdida de fuentes de hídricas, afectación de la seguridad alimentaria de la población, enfermedades asociadas al asentamiento temporal durante la etapa de construcción o la afectación psicológica que las nuevas condiciones representan. (Oviedo-Ocaña, 2018).
- **Conflictos interétnicos:** En algunas zonas, se han presentado tensiones entre comunidades campesinas, indígenas y afrodescendientes por el acceso a recursos naturales (ONIC, 2018).
- **Falta de compensaciones adecuadas:** Las compensaciones ofrecidas por las empresas a las comunidades involucradas en el proyecto suelen ser insuficientes o no se cumplen (Duque, 2021).

Un caso conocido es el de la PCH la vuelta, en el departamento de Antioquia. Con una capacidad de 16600 KW (16,6 MW), clasifica como Pequeña central, es un proyecto que ha generado conflictos

sociales y ambientales significativos. Ubicada en el municipio de Guadalupe fue construida por la empresa Celsia, filial del grupo Argos y es una central a filo de agua. Se produjo desplazamiento de comunidades ya que implicó compra de tierras a poblaciones locales. Estas compensaciones fueron criticadas ya que se calificaron como insuficientes para recuperar los medios de vida (Duque, 2021). Aunque no hay represa ya que es a filo de agua, las comunidades denunciaron que la desviación del río redujo el acceso al agua para riego y consumo humano aguas abajo de la PCH, lo que afectó cultivos de pan coger y generó conflictos por el agua (CENSAT, 2018). También se conoció que las poblaciones del área de influencia no fueron consultadas adecuadamente violando el derecho a la participación establecido en la constitución colombiana.

La comunidad se organizó y en 2017 por medio del movimiento “Guardianes del Rio Guadalupe”, campesinos y pescadores hicieron bloqueos en las vías de acceso al proyecto exigiendo compensaciones justas y la protección del río (CENSAT Agua Viva, 2018). Finalmente, la población logró que la empresa Celsia realizara ajustes en el diseño de la PCH para minimizar los impactos, sin embargo, persisten los reclamos por los daños no reparados, como la pérdida de fertilidad de zonas agrícolas.

Se resalta la importancia de consultar a las comunidades afectadas, de manera efectiva y buscando usar sus medios de difusión, para llegar a acuerdos con las empresas o entidades promotoras del proyecto, se ha observado en la mayoría de casos documentados en esta sección que la mayoría de problemas asociados con la implementación de la PCH se generan a partir del desconocimiento de la comunidad implicada. Se recomienda realizar asambleas, reuniones y juntas de amplia difusión para que la comunidad sea tenida en cuenta al momento de desarrollar la instalación.

IMPACTOS ECONÓMICOS DE LAS PCHS

Referentes a la Sociedad

Los impactos económicos son los cambios en la economía de la región desde la construcción de la instalación hidroeléctrica. El número de empleos que puede generar en su etapa de construcción y operación es función de la potencia instalada.

Cuando una comunidad tiene acceso a la energía eléctrica se pueden desarrollar actividades de mayor nivel a las practicadas tradicionalmente por los pobladores de las regiones que no contaban con este recurso energético que en este momento de la historia se considera esencial. Por ejemplo, se puede usar la energía para accionar máquinas que lleven a industrializar los procesos que se hacen de forma manual, que requieren mucho tiempo y esfuerzo, lo que representa una ventaja económica y productiva para la población. También mediante el uso de la electricidad es posible contar con servicios de salud de calidad, tener una sociedad conectada con el internet y permitiendo el así acceso de los estudiantes a diversos medios de información, lo que representa una mejora en la educación y consecuentemente en un futuro se verá materializado en un mayor desarrollo para la región. Observando la situación desde ese punto de vista, el acceso a la energía, se convierte en un motor para las economías de las regiones que históricamente han sido olvidadas por el estado ya que pueden obtener el recurso de una manera económica, ecológica y sostenible. El recurso energético se materializa con mejor calidad de vida y más posibilidades de desarrollo en zonas rurales.

Entonces poder tener acceso al recurso energético mejora la calidad de vida de las comunidades dada la posibilidad de acceder a los servicios públicos básicos, mejorar los servicios hospitalarios, acceder a programas recreativos o de capacitación y sobre todo transformando la percepción de una población respecto a su región de residencia.

En muchas regiones de Colombia los ríos han sido claves para el desarrollo de las economías regionales dado el gran potencial turístico que poseen. Esto permite que muchas familias basen su economía en el turismo y han sido afectadas sustancialmente a causa de la construcción de PCHs (Duque, 2021). Esto se presenta ya que no son realizados los estudios correspondientes para la correcta implementación, teniendo en cuenta todos los actores involucrados en el área de influencia de la instalación. Este estudio pretende ser una guía donde se establecen los pasos a seguir en el proceso de instalación de una PCH.

Referentes a la Instalación

Para la evaluación de proyectos hidroeléctricos en Colombia se plantean criterios económicos como el costo de la generación (\$/kWh), la tasa interna de retorno (TIR), el valor presente neto de la inversión (VPN), relación costo/beneficio y el tiempo de retorno de la inversión (Osorio, 2017).

Generalmente en la construcción de una PCH, alrededor del 60% de la inversión está representada en las obras civiles necesarias para su funcionamiento. Los costos de los equipos electromecánicos para la producción de energía están sobre el 20% del valor del proyecto, 8% para la construcción de las líneas de transmisión, 5% para la instalación de la tubería de presión, 3% para los diseños y la ingeniería, y el restante servicios, contratos y estudios relevantes a la instalación (Gielen, 2012).

Los estudios necesarios para la correcta proyección de la central son los estudios geológicos, geomorfológicos, topográficos, cartográficos, hidrológico y de impacto ambiental. Normalmente estos estudios pueden significar entre el 1 y el 7% de los costos de inversión (UPME, 2014).

En la siguiente tabla comparativa se pueden observar los valores estimados para la producción de energía por fuente renovable. Se observa que la PCH presenta uno de los menores costos posibles, superada solamente por la Solar fotovoltaica.

Tabla 4. Comparación entre costos estimados para la instalación de una planta generadora de energía

Comparativo de Costos por Kilovatio hora (kWh) en Colombia			
Fuente de Energía	Costo por kWh (USD)	Consideraciones Clave	Referencias
Hidroeléctrica PCH	0.03 – 0.07	- Requiere estudios de caudal y geotécnicos. - Impacto ambiental regulado. - Alto costo inicial pero larga vida útil (50+ años).	UPME (2021) IRENA (2022)
Eólica	0.04 – 0.09	- Mayor potencial en La Guajira y zonas costeras. - Depende de velocidad del viento (> 6 m/s). - Costos de transmisión elevados.	CORE (2020) Enel Colombia
Solar Fotovoltaica	0.02 – 0.06	- Menor costo en zonas de alta radiación (La Guajira, Cesar). - Bajo mantenimiento. - Escalabilidad rápida.	IRENA (2022) XM Colombia
Biomasa	0.06 – 0.12	- Disponibilidad de residuos agrícolas (caña de azúcar, palma). - Requiere logística de suministro. - Emisiones controladas.	Fedebiocombustibles UPME (2020)

Se puede inferir que la viabilidad y rentabilidad de las PCH en el sector eléctrico, se puede realizar a partir de la estimación de los costos asociados a obras civiles y equipos básicos de generación y de los beneficios asociados a las ventas de la energía generada por el proyecto. De acuerdo con (Smith & Angel 2004), con el fin de determinar indicadores financieros que permitan comparar y calificar la inversión; estos indicadores se obtienen a partir de los estados financieros del proyecto, los cuales son construidos en el modelo tanto para el período pre-operativo o de construcción como para el período operativo; estos indicadores se estiman a partir de los beneficios y costos del proyecto analizado. Así como (Morales & Castaño, 2017) mencionan que en el análisis de los costos se tienen en cuenta dos factores fundamentales que lo conforman, estos son los costos preoperativos y los

operativos. En primer lugar, los costos preoperativos están conformados por todas aquellas inversiones que son requeridas para la puesta en marcha del proyecto, mientras que los costos operativos están conformados por todas aquellas inversiones fijas o variables que se requieren para el buen funcionamiento de la planta.

Por último, de acuerdo con (Villar, 2006), la inclusión de los costos de falla, los cuales permiten el cálculo de los beneficios de operación, además de la generación de energía, la capacidad de crédito, los costos de operación y mantenimiento, otros costos / ahorro. Además, depende de la condición y de la expectativa de vida de determinado componente o subsistema, el tiempo de evaluación restante y un sistema de cuando una falla se espera que ocurra, como fue evaluado durante la inspección de la planta.

Empleos generados en la construcción y operación de una PCH

Para tener una referencia cuantitativa, se analizaron tres proyectos diferentes desarrollados en Colombia y se obtuvieron los datos mostrados en la tabla 6.

Tabla 5. Personal requerido para instalación de PCH en Colombia (Osorio, 2016).

Central	Ubicación	Capacidad (MW)	Personal para etapa de construcción	Personal para etapa de operación
Aures Bajo	Sonsón, Antioquia	20	250	12
Magallo	Concordia, Antioquia	5.9	80	6
Cocuyo	Versalles, Valle del Cauca	0.8	20	4

Ingresos para el municipio y corporaciones regionales

Dentro del presupuesto operativo de la PCH debe incluir los costos de ley que deberán ser cancelados por el organismo generador al estado. La Unidad de planeación minero energética establece que según el artículo 45 de la ley 99 de 1993, define que según el artículo 45 de la Ley 99 de 1993 (Congreso de Colombia, 1993) –Creación del medio ambiente–, se debe destinar un valor por tasa de utilización del agua equivalente a COP 1550/L/s-mes, para una capacidad instalada menor de 10 MW; el valor de Industria y Comercio equivale a COP 294.85/kW instalado al año predial operativo, que corresponde al 150 % del impuesto predial vigente para todos los predios del proyecto y se aplica un 0.6 a 1.5 veces el avalúo catastral. La sobretasa ambiental es un gravamen establecido por la Ley 99 de 1993, que permite a los municipios aplicar, como tope, hasta un 2.5 % del avalúo catastral de los predios, y cada año un 0,25 % al avalúo catastral.

Las PCHs producen la mayor cantidad de transferencias del sector eléctrico a los municipios del área de influencia y su respectiva corporación autónoma regional (En Colombia estas entidades son las encargadas del manejo de licencias ambientales a nivel regional). El costo de ley por transferencia representa el 6% del valor total de la energía generada, dirigiendo el 3% para la administración municipal y el 3% restante se destina para la Corporación. De estos impuestos recaudados por la operación de la planta, el 90% serán para inversión social y el restante será de libre destinación, es decir, lo que la municipalidad considere importante en el momento.

La barrera económica más importante puede ser en la mayoría de los casos la inversión inicial para la implementación del proyecto y es importante resaltar que diferentes entidades o empresarios que decidan invertir en el campo de las energías renovables pueden apalancarse de diferentes fondos de financiamiento, incentivos y mecanismos de apoyo enfocados en energías renovables impulsados por el gobierno colombiano, entidades internacionales o el sector privado.

De parte de los programas gubernamentales, está la ley 1715 de 2014 o Ley de Energías renovables (Congreso de Colombia, 2014), donde existen incentivos tributarios como la Deducción de la inversión en impuesto de renta hasta por 5 años, la exclusión del Iva para los equipos importados y la depreciación acelerada de los activos (hasta 20% anual). El fondo Bancoldex tiene una línea de crédito verde para la financiación de producción de energías renovables con tasas preferenciales y plazos hasta de 15 años. El fondo Findeter tiene financiamiento para infraestructura sostenible y cuenta con apoyo a proyectos de generación renovable en zonas no interconectadas (ZNI) y manejan un enfoque en electrificación rural con energía solar y micro hidroeléctricas.

A nivel internacional está el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) con el fondo verde para el clima que financia proyectos que reduzcan emisiones, como parques eólicos y solares. También el Banco de Desarrollo de América Latina con sus programas de Transición Energética apoya proyectos solares y eólicos, con énfasis en innovación con monto hasta de 10 Millones USD. La NDC Partnership (Apoyo a las Contribuciones Nacionales) tiene fondos para cumplir metas del Acuerdo de París, con el financiamiento técnico y económico para proyectos alineados con la reducción de carbono.

El sector privado con Bancos como Bancolombia, BBVA, Davivienda tienen créditos verdes y planes de financiamiento con condiciones especiales para las energías renovables. Fondos de inversión como Celsia (Grupo Argos) invierte en proyectos solares y eólicos, especialmente en el Caribe y Antioquia o Ecoelectric (Enel Colombia) que por su parte financia proyectos comunitarios de energía renovable en zonas rurales. También existen Plataformas Colaborativas (Crowdfunding) como Tricla, que es una plataforma para financiar proyectos sostenibles, incluyendo energías renovables y Lendera que realiza préstamos colectivos para instalaciones solares en hogares y negocios.

Existen también otros mecanismos gubernamentales como Subastas de Energía a Largo Plazo y Programa de Uso Racional de Energía (PROURE) que subsidia la eficiencia energética.

Otra barrera importante podría ser la resistencia de una población a cambiar su modo de vida y costumbres, en este caso hay que tener en cuenta a la comunidad para anteponer el bienestar común y la preservación de su cultura al beneficio económico.

La Ley Transición Energética, La Ley 2099 de 2021 en Colombia fortalece los incentivos para las PCHs (Congreso de Colombia, 2021) y otras fuentes renovables, actualizando y ampliando beneficios previstos en la Ley 1715 de 2014 (Tabla 6).

Tabla 6. Incentivos de ley para implementación de PCH en Colombia.

Principales Incentivos para PCHs en la Ley 2099 de 2021		
Incentivo	Descripción	Requisitos
Exclusión de IVA	Exención del IVA en la importación o compra de equipos, maquinaria y servicios para Construcción y operación de PCHs.	Proyectos registrados ante la UPME y certificados como parte de las FNCER (Fuentes No Convencionales de Energía Renovable).
Deducción de Renta	Deducción del 50% del impuesto sobre la renta por 15 años (vs. 5 años en la Ley 1715).	- Inversiones en activos para generación renovable. - Certificación de la UPME.
Depreciación Acelerada	Permite depreciar aceleradamente los Activos (hasta 20% anual en 5 años).	Aplicable a maquinaria, equipos y obras Civiles asociadas al proyecto.
Exención de Gravamen Arancelario	Exención de aranceles de importación para Equipos no producidos en Colombia.	Listado de equipos autorizados por el Ministerio de Comercio.
Prioridad en conexión al SIN	Acceso preferencial a la red del Sistema Interconectado Nacional (SIN) para proyectos De FNCER, incluyendo PCHs.	Cumplir con requisitos técnicos de la CREG (Comisión de Regulación de Energía y Gas).
Financiamiento preferencial	Acceso a créditos con tasas subsidiadas a través de Bancóldex, Findeter y banca comercial.	Presentar estudios de viabilidad y garantías.
Simplificación de trámites	Reducción de plazos para licencias ambientales Y permisos de construcción.	Proyectos con impacto ambiental controlado (categoría "Menor" según ANLA).

04 METODOLOGÍA

El presente trabajo se presenta como una revisión bibliográfica sobre los impactos sociales, ambientales y económicos generados por la implantación de una PCH en Colombia. Se revisaron 3 libros, 17 artículos de investigación, 5 tesis, 3 leyes de la república de Colombia y 19 informes oficiales de entidades públicas y no gubernamentales. Se consultaron bases de datos como Scielo, JCR y Scopus, así como también búsqueda por la Web con palabras clave como “Pequeñas centrales hidroeléctricas Colombia”, “energía renovable Colombia”, “Impactos sociales, ambientales y económicos PCH” y “energías renovables comunidades rurales”. Se seleccionaron artículos del año 2014 al 2023, libros relacionados sin importar fecha de publicación y los informes con los datos más actuales referentes a los temas mencionados. Tiene un enfoque cualitativo en el sentido que propone analizar las realidades subjetivas que se presentan entre los diferentes grupos de interés (Comunidad, inversionistas, autoridades ambientales y administraciones municipales), son realidades diversas que pueden ser entendidas desde un punto de vista holístico, donde la realidad es vista como un todo en la que sus elementos interactúan continuamente. A continuación, se presenta un diagrama de flujo con el proceso para la selección del material bibliográfico.

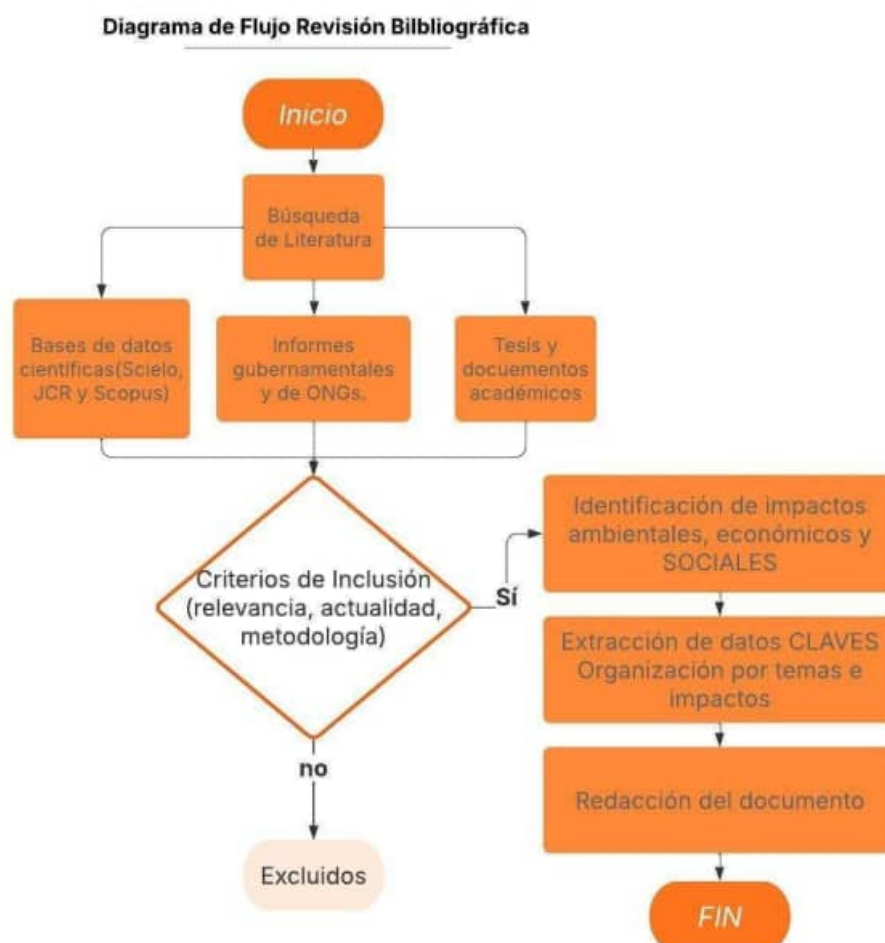


Figura 1. Diagrama de Flujo de la metodología para la selección de los documentos a estudiar

Este estudio también es una propuesta de diagnóstico descriptivo ya que “busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población” (Hernández et al, 2014). La definición de estas tendencias se logra a través

de las informaciones documentadas en los textos revisados y exponen las realidades particulares de cada proyecto. Se pretende mantener un enfoque interpretativo sobre los datos hallados en la revisión de la literatura. Se propone un enfoque multidisciplinario donde se abordan los desarrollos en el funcionamiento de la tecnología y también de qué manera son afectadas las poblaciones que resultan inmersas en las áreas de influencia de dichos proyectos.

05 ANÁLISIS DE RESULTADOS

En esta sección del estudio se realizará un análisis de cada uno de los aspectos sociales, ambientales y económicos encontrados durante la revisión de la literatura, determinando si el impacto genera efectos positivos o negativos para los actores involucrados. Si el impacto es considerado positivo, se definirá una o más acciones para potenciar su efecto, si por el contrario el impacto es negativo se establecerán medidas de mitigación para disminuir o eliminar este aspecto.

Estas siguientes tablas se responden las preguntas (1) y (2) formuladas en el presente estudio referentes a cuáles son los impactos ambientales y sociales que se generan a con la construcción de una PCH.

Tabla 7. Impactos Ambientales con sus medidas de mitigación o potencialización

Factores Ambientales	Tipo de Impacto	Medidas de Mitigación	Medidas de Potencialización
Tala de arboles	Negativo	Siembra masiva y conservación de bosque nativo en los alrededores de la central	-----
Reducción de aguas superficiales	Negativo	Se debe evaluar correctamente el Caudal ecológico y respetarlo en la instalación	-----
Tecnologías ambientales	Positivo	-----	Continuar en la lucha por disminuir el impacto al ecosistema
Bio-construcción	Positivo	-----	Se pueden utilizar los materiales del sitio para disminuir el impacto ambiental y costo
Fuente de energía no contaminante	Positivo	-----	Profundizar en el conocimiento sobre energías renovables con la comunidad
Cambio de dinámica ambiental en la zona	Negativo	Hacer un buen diseño y localizarlo adecuadamente contribuye a disminuir el impacto sobre la cuenca	-----

Tabla 8. Impactos Sociales con sus medidas de mitigación o potencialización

Factores sociales	Tipo de Impacto	Medidas de Mitigación	Medidas de Potencialización
Generación de empleo	Positivo	-----	Encaminar programas institucionales hacia el uso de mano de obra local
Calidad de Vida	Positivo	-----	Acceso a tecnología, menos trabajos manuales de acciones repetitivas
Salud pública	Positivo	-----	Acceso a servicios de salud de mejor calidad
Medidas de mitigación del cambio climático	Positivo	-----	Realizar talleres de capacitación respecto al cambio climático y las energías renovables
Conflictos por presencia del proyecto	Negativo	Buscar alternativas que solucionen las diferencias encontradas	-----
Generación de expectativas	Negativo	Crear canales de comunicación de doble vía con intercambio de información clara	-----
Inversión en la comunidad	Positivo	-----	Es necesaria la participación activa de la comunidad para poder conocer y satisfacer sus necesidades
Desplazamiento de la población	Negativo	Aunque no son inundadas grandes áreas, en las PCH pueden ser afectadas algunas familias. Debe haber una compensación real acorde a la afectación realizada	-----

Acceso a servicios públicos básicos	Positivo	-----	Mejorar los servicios públicos y aumentar la conectividad a internet
Acceso a programas recreativos y de capacitación	Positivo	-----	Crear programas Educativos de carácter social
Afectación al Paisaje	Negativo	Realizar diseños armónicos con el medio ambiente y usar la bio-construcción (Construcción con materiales naturales)	-----
Socioculturales	Positivo/Negativo	Cambios en las labores del campesino tradicional	Pueden llegar a desempeñar actividades de mayor nivel
Aumento de la Población extranjera	Positivo/Negativo	Pueden llegar personas con malas intenciones al lugar. Fortalecer la comunicación entre la comunidad	Llegan nuevas personas con nuevas idea. Pueden traer soluciones a los problemas locales
Incremento de centros de diversión nocturnos	Negativo	Esta es una consecuencia al desarrollo de la sociedad. Crear programas de prevención de enfermedades sexuales	-----

Tabla 9. Impactos Económicos con sus medidas de mitigación o potencialización.

Factores Económicos	Tipo de Impacto	Medidas de Mitigación	Medidas de Potencialización
Oportunidades para la industrialización	Positivo	-----	Se deben crear incentivos por parte del estado para potenciar unidades productivas en las áreas de influencia
Desarrollo de empleos de mayor nivel	Positivo	-----	Es necesario encaminar los empleos operativos

			de la central a personal local
Activación de la economía a nivel local	Positivo	-----	La presencia de la PCH funciona como un motor para la economía
Sistema interconectado	Positivo	-----	Tener un sistema eléctrico con generación distribuida es más confiable y eficiente
Aumento del consumo de energía	Positivo	-----	Genera más posibilidades para los inversionistas.
Mejoramiento y construcción de malla vial	Positivo	-----	Se deben crear planes para el mantenimiento y reparación de las vías
Turismo	Negativo	Realizar diseños armónicos con el medio ambiente para no alterar el paisaje del sitio y disminuir la afectación al turismo	-----

05 CONCLUSIONES

Actualmente se desarrollan en todo el mundo experimentos intensivos con diferentes alternativas de producción de energía renovable. La energía producida por una Pico central hidroeléctrica está a la vanguardia de estas opciones porque es considerada la tecnología de producción más rentable para proporcionar electricidad a las zonas rurales y permitir la generación de energía utilizando caudales y saltos bajos (1 l/s y 1m respectivamente) (Lahimer, A. et al 2012). Esta tecnología puede jugar un papel crucial en la electrificación de comunidades aisladas del sistema interconectado de energía, con la fuente energética derivada del mismo suministro de agua doméstico.

Los objetivos de desarrollo sostenible son una serie de 17 metas globales adoptadas por las naciones unidas en 2015, haciendo parte de la agenda 2030 para el desarrollo sostenible (Naciones Unidas, 2015). Una PCH implementada correctamente representa una forma efectiva de cumplir con el objetivo # 7 que implica producción de energía asequible y no contaminante. El propósito de esta agenda es enfrentar los desafíos más urgentes que enfrenta la humanidad, promoviendo un equilibrio entre el progreso social, crecimiento económico y la protección del medio ambiente.

En Colombia se han establecido metas ambiciosas de descarbonización como parte de su compromiso con el acuerdo de París y la lucha contra el cambio climático. Se propone la reducción del 51% en las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) para 2030 (Minambiente, 2022), la

neutralidad en carbono para el año 2050 y llegar a la meta de cero deforestación neta para 2030. También se plantea una transición energética importante al proyectar que el 50% de la matriz energética del país funcione mediante fuentes renovables.

Para responder a la pregunta (3) se van a describir los beneficios aportados por la construcción y operación de una PCH en una comunidad. Como primer aspecto, se genera empleo que es mayor en la etapa de construcción y disminuye en la etapa de operación, aunque son empleos de mayor nivel. También es posible hacer aprovechamientos que requieren muy poca agua y caída lo que representa una tecnología accesible y económica donde son necesarios pocos materiales y mano de obra mínima para su construcción, en contraste con una gran central Hidroeléctrica. La calidad de vida es mejorada en cuanto es posible acceso a la educación mediante tecnologías de comunicación, uso de maquinarias industriales, acceso a servicios de salud de alta calidad, posibilidad de aumentar la productividad en el trabajo y la educación gracias a la iluminación nocturna y en general un aumento de la calidad de vida.

La instalación de una PCH representa también una medida de mitigación al cambio climático y la sociedad debe ser consciente de ello. Debido a las regulaciones en Colombia, los desarrolladores de proyectos hidroeléctricos deben hacer unas inversiones sociales materializadas en obras públicas para solucionar las necesidades de la comunidad, lo que implica beneficios directos para la población. Con motivo del desarrollo generado por la PCH en la región, se mejora en gran medida el acceso a servicios públicos básicos, programas recreativos y de capacitación. Otro cambio perceptible luego de la instalación de una PCH en una zona rural es que aumenta la población externa o extranjera, esto puede significar un cambio en las costumbres del lugar en un mundo globalizado donde existe un gran número de personas que llegan a lugares rurales de países en desarrollo para vivir en contacto con la naturaleza. Estos nuevos pobladores pueden traer nuevas ideas que logren las transformaciones necesarias en las comunidades aisladas que han sido históricamente olvidadas por el estado en cuanto a suministro y comunicación.

Precisamente, (Agudelo, 2018) hace énfasis en las afectaciones culturales de las PCH y recomienda la necesidad de seguir explorando este tema con ejercicios de investigación que se desarrollen cerca de las comunidades, que indaguen por sus intereses, por sus miedos, cambios y expectativas. Sugiere que otros estudios incluyan la voz de todos los actores involucrados, analizar el discurso y las acciones de las empresas que ponen en marcha este tipo de proyectos para promover análisis diferenciados del papel que juegan las distintas instituciones del Estado en la regulación de este tipo de emprendimientos.

En cuanto a las barreras ambientales, se deben desarrollar estudios rigurosos de impacto ambiental con el propósito de establecer riesgos a especies e impactos al medio que se puedan generar durante la etapa constructiva y operativa del proyecto. Estos documentos deben ser previamente evaluados por la autoridad ambiental y la comunidad, quienes definirán las medidas necesarias de mitigación o compensación.

Es posible hacer alianzas público – privadas con la comunidad para llevar a cabo proyectos de pico generación, en el caso documentado por (Maher, 2003) , en diciembre de 2001 donde se desarrolló un proyecto piloto para electrificar hogares de bajos ingresos en zonas rurales de Kenya y otros países subsaharianos. En este caso con el apoyo de la Comisión Europea, se financió la tubería de presión y los equipos de generación. La comunidad aportó material de construcción, cables de distribución, alambrado interno y accesorios eléctricos, postes para las redes de distribución y su mano de obra. También fue realizada una transferencia de conocimiento a los ingenieros y mecánicos africanos para

establecer capacidad local de fabricación e instalación de PCHs. Con esta experiencia es posible responder la pregunta número (4) de este estudio referente a la posibilidad de que las poblaciones habitantes de zonas aisladas del sistema nacional de energía pueden tener acceso a este tipo de tecnologías y queda totalmente demostrado que una comunidad unida junto con el apoyo de instituciones es capaz de obtener la energía de una manera limpia, confiable, económica y responsable con el medio ambiente. Es importante resaltar el compromiso de diversas instituciones y organizaciones no gubernamentales con el desarrollo sostenible del planeta, apoyando física y logísticamente la implementación de tecnologías de energía renovable. Lo más importante es buscar los recursos necesarios mediante los fondos de financiación existentes, locales y extranjeros. Una propuesta de este análisis es crear canales de comunicación entre las comunidades (con sus representantes) y las organizaciones que dan este tipo de apoyos, este canal debe ser gestionado por el estado.

En el reporte sobre el desarrollo de la tecnología de PCH emitido por las naciones unidas (ONUDI, 2016), establece que esta tecnología se ubica en el tercer puesto en el uso de energías renovables más desarrolladas a nivel mundial, luego de la eólica y la solar respectivamente. Colombia posee el mayor potencial de PCH's sin desarrollar a nivel mundial. Esto representa una gran oportunidad para las comunidades que deseen tener el acceso a la energía eléctrica o inversionistas que busquen proyectos de alta confiabilidad y por tanto rentabilidad.

Es fundamental profundizar sobre los impactos sociales referenciados anteriormente con nuevos estudios para dar más argumentos a los tomadores de decisiones y que la comunidad sea tenida en cuenta antes de la implementación de un proyecto de generación de energía. Aquí se revela la importancia de los estudios de caso que documenten de manera fiel los procesos que se han llevado a cabo en diversas PCHs en el país. Se resalta la importancia de realizar una consulta adecuada a los grupos involucrados antes de la implementación de los proyectos. Es necesario fortalecer los procesos institucionales para la expedición de licencias para que la comunidad tenga voz y voto ante la implantación de un proyecto que como vimos anteriormente puede afectar positiva o negativamente a la comunidad. Las poblaciones son claves en el desarrollo de las PCHs. Una gran variedad de estudios revisados muestra el descontento de la población con las empresas constructoras y operadoras de los proyectos energéticos. Aquí se evidencia la necesidad de la participación activa de la comunidad en el proceso previo al licenciamiento del proyecto para conocer y poder satisfacer sus necesidades.

La instalación de una PCH representa entonces una forma económica, ecológica y sostenible de producción de energía al alcance de las comunidades e inversionistas interesados en participar del mercado energético. Es fundamental hacer los estudios propuestos en este documento para el correcto diseño e implementación de una Pequeña Central Hidroeléctrica en Colombia. Las PCHs pueden democratizar el acceso a la energía en zonas rurales, pero requieren que el estudio de impacto ambiental (EIA) debe ser llevado a cabo con extrema rigurosidad de acuerdo a la metodología anteriormente descrita y es fundamental mantener el caudal ecológico de la corriente para preservar la buena salud del ecosistema. También se recalca la relevancia de tener la participación activa de la comunidad afectada para evitar conflictos socioambientales. En varios casos documentados en este estudio, se refleja cómo las PCH, aunque se promocionan como energía limpia, pueden generar conflictos graves si no se gestionan con participación comunitaria y criterios ambientales estrictos. Los beneficios económicos son evidentes puesto que la instalación de una PCH es un motor para la economía del sitio donde se lleva a cabo.

Se propone diseñar nuevas políticas públicas para promover el uso de prácticas socioambientales responsables mediante la creación de un sello de sostenibilidad para PCHs en Colombia, avalado por el Ministerio de Ambiente donde se distingan los proyectos que cumplen todos los requerimientos de Ley y los estándares actuales a nivel mundial, ofreciendo beneficios tributarios para promover este enfoque responsable.

El futuro de las PCHs en Colombia se ve prometedor ya que existen diversos incentivos en leyes y un creciente interés del sector público y privado en la generación de energía renovable. Las nuevas regulaciones como la Ley 2099 de 2021 o de Transición Energética impulsan con mayor fuerza las metas propuesta por el gobierno para el año 2030 y 2050, haciendo de Colombia un terreno fértil para la construcción de nuevos emprendimientos de PCH.

Para compensar los periodos de baja producción energética debido a la disminución de caudales, se propone continuar investigaciones en sistemas híbridos (Solar Fotovoltaica-PCH) que garanticen el suministro de energía a lo largo de todo el año incluso ante las condiciones climáticas más adversas. Esto sería tener un sistema de respaldo en caso de eventos climáticos extremos que disminuyan considerablemente los caudales de los afluentes. También las PCHs pueden tener un papel importante en la reactivación económica en la zonas que históricamente han sido afectadas por el conflicto armado. Como se puede observar, este tipo de tecnología aporta beneficios considerables para los territorios donde se implantan si se hace un diseño y ejecución responsables con la sociedad y el medio Ambiente.

Por último, se resalta la importancia de crear regulaciones ambientales más estrictas y que los entes encargados de la regulación de estos estándares sean imparciales y estén al margen de la corrupción mediante la creación de mecanismos de participación efectiva de las comunidades en la toma de decisiones.

06 REFERENCIAS

- Acero, C., y Sánchez, J.** "Estado del arte de las investigaciones sobre las centrales hidroeléctricas en Colombia y su impacto ambiental". Tesis de Grado. Universidad la Gran Colombia. Bogotá, Colombia. 2017. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11396/5524>.
- Agudelo, S.** "Cocorná: entre la energía y el campo". Tesis de Grado. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 2018. Disponible en: https://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/27368/1/AgudeloSebasti%C3%A1n_2018_Cocorn%C3%A1Energ%C3%ADaCampo.pdf.
- Ávila D. et al** "Análisis de la influencia del niño y la niña en la oferta hídrica mensual de la cuenca del río Cali". Revista Tecnura, 2014, 18(41), p. 120-133 ISSN 0123-921X [Revisado: 6 de Febrero de 2025]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123921X2014000300010.
- European Small Hydropower Association - ESHA** . "Guía para el desarrollo de una pequeña central hidroeléctrica". España. 2006. [Consultado: 6 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.yumpu.com/es/document/read/26777499/guia-para-el-desarrollo-de-una-pequena-centralhidroelectrica>.

- CENSAT Agua Viva.** "Resistencias sociales frente a proyectos hidroeléctricos en Colombia". Bogotá. Colombia. 2016. [Consultado: 6 de febrero de 2025] Disponible en: <https://censat.org/biblioteca/>.
- CENSAT Agua Viva.** "Resistencias sociales frente a PCH en Antioquia". Bogotá. Colombia. 2018. [Consultado: 6 de febrero de 2025] Disponible en: <https://censat.org/biblioteca/>.
- Chaves, M., & Zambrano, M.** "Conflictos culturales y ambientales en torno a los ríos sagrados en Colombia". Revista Colombiana de Antropología 2010, 46(2), p. 317-344. ISSN 2539-472X. [Revisado: 6 de febrero de 2025] Disponible en: <https://revistas.icanh.gov.co/index.php/rca/issue/archive/2>.
- Congreso de Colombia.** "Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y se dictan otras disposiciones". Bogotá. Colombia. 1993. [Consultado: 6 de Febrero de 2025] Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297>
- Congreso de Colombia.** "Ley 1715 de 2014 Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional." Bogotá. Colombia. 2015. [Consultado: 6 de febrero de 2025] Disponible en: https://upme.gov.co/Normatividad/Nacional/2014/LEY_1715_2014.pdf
- Congreso de Colombia.** "Ley 2099 de 2021. Por medio de la cual se dictan disposiciones para la transición energética, se dinamiza el mercado energético en el país y se dictan otras disposiciones". Bogotá. Colombia. 2021. [Consultado: 6 de Febrero de 2025] Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=166009>
- Corporación autónoma regional de las cuencas de los ríos negro y nare - Cornare.** " Estudio de impacto ambiental construcción y operación de centrales hidroeléctricas". El Santuario. Colombia. 2020. [Consultado: 6 de Febrero de 2025] Disponible en: https://www.cornare.gov.co/TramitesAmbientales/TR/Terminos_Referencia_PCH_V.01.pdf.
- Diez J.M., & Olmeda S.** "Diseño eco-hidrológico de pequeñas centrales hidroeléctricas: evaluación de caudales ecológicos". Revista Energética 2008, (39), p. 65-76. ISSN 1020-9833 [Revisado: 6 de Febrero de 2025] Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/278723013_DISENO_ECO-HIDROLOGICO_DE_PEQUENAS_CENTRALES_HIDROELECTRICAS_EVALUACION_DE_CAUDALES_ECOLOGICOS.
- Departamento Nacional de Planeación DNP.** "Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026: Colombia, Potencia Mundial de la Vida". Bogotá, D.C.: Imprenta Nacional de Colombia, 2023. [Consultado: 6 de Febrero de 2025] Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Publicaciones/plannacional-de-desarrollo-2022-2026-colombia-potencia-mundial-de-la-vida.pdf>.

- Duque Ramírez, H. A.** "Análisis de los impactos sociales de las pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH) en las comunidades del oriente antioqueño: caso PCH El Popal, municipio de Cocorná". Tesis de Maestría. Universidad de Medellín. Medellín, Colombia. 2021. https://repository.udem.edu.co/bitstream/handle/11407/6409/T_MA_490.pdf
- Franco, J.** "Conflictos socioambientales y lucha por el territorio en Colombia". CENSAT Agua Viva. 2013. [Consultado: 6 de Febrero de 2025] Disponible en: <https://censat.org/biblioteca/>.
- Gielen, D.** (2012) "Prospects for renewable power - An IRENA perspective". International Renewable Energy Agency (IRENA). Bonn, Germany. [Consultado: 6 de Febrero de 2025] Disponible en: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Events/2012/Jul/3/GIELEN_Dolf_Session_ONE.pdf
- IDAE.** "Energías renovables". 2020. Madrid. España. [Consultado: 6 de Febrero de 2025] Disponible en: <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P.** "Metodología de la investigación" (6ª ed.). McGraw-Hill, 2014. [Citado: 6 de Febrero de 2025] Disponible en: https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.** Biodiversidad 2006: Estado y tendencias de la biodiversidad en Colombia. Bogotá. Instituto Humboldt. Bogotá. Colombia. 2006. [Consultado: 6 de Febrero de 2025] Disponible en: <https://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/>
- Jiménez-Segura, L. F., Palacio, J., & López-Casas, S.** (2016). "Fragmentación de ríos y efectos sobre los peces en la cuenca del Magdalena, Colombia". Revista de Biología Tropical , 64(2), 747-761. [Revisado: 6 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/issue/view/2148>.
- Lahimer, A. et al.** "Research and development aspects of pico-hydro power". Renewable and Sustainable Energy Reviews 2012 ,16(8), 5861-5878. ISSN: 1364-0321. [Revisado: 6 de Febrero de 2025] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032112003292>.
- Maher, P., & Smith, N.** (2001). "Pico hydro for village power. A Practical Manual for schemes up to 5 kW in Hilly areas". UK Department for International Development (DfID). Reino Unido. [Consultado: 6 de Febrero de 2025]. Disponible en: https://energypedia.info/images/9/92/Ph_manual_s.pdf.

Maher, P., Smith, N. P. A., & Williams, A. S. "Assessment of pico hydro as an option for off-grid electrification in Kenya". Renewable Energy 2003, 28(9), ISSN: 1357-1369. [Revisado: 6 de Febrero de 2025] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148102002161>.

Madrigal, C. C. (2018). "Diseño de una mini central hidroeléctrica en el río Lenguazaque, municipio de Lenguazaque – Cundinamarca". Tesis de Grado. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá. Colombia. 2018. [Consultado: 6 de Febrero de 2025] Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/40a474db-da2d-4440849d4b6906885d6f/content>.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Actualización de la NDC de Colombia 2020-2030. Bogotá. Colombia. 2022. [Consultado: 6 de Febrero de 2025] Disponible en: <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/NDC%20actualizada%20de%20Colombia.pdf>.

Mojica, J. I., Usma, J. S., Álvarez-León, R., & Lasso, C. A. (Eds.). "Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia 2012". Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. [Citado: 6 de Febrero de 2025] Disponible en: <https://repository.humboldt.org.co/entities/publication/c5b76b00-d180-416b-b473-1df4534894c9>.

Morales Rodriguez, V. O., & Castaño Gamboa, N. "Desarrollo de un estudio de viabilidad técnica, administrativo, legal, ambiental y financiera de una pequeña central hidroeléctrica en la quebrada de San José – Tolima". Tesis de Grado Especialización. Universidad Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. 2017. [Consultado: 6 de febrero de 2025] Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/items/fce1e451-64f8-4a2e-94d5-92ab80591856>.

Morales, S. e. "Etapas de desarrollo de un proyecto de pequeñas centrales hidroeléctricas: Contexto y criterios básicos de implementación". Revista DYNA 2014, Vol. 81, Nº. 184, págs. 178-185 ISSN 0012-7353. [Revisado: 6 de febrero de 2025] Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4742825>.

ONIC (Organización Nacional Indígena de Colombia) - Informe sobre la violación del derecho a la consulta previa en proyectos hidroeléctricos. Bogotá, Colombia. 2017. [Consultado: 6 de Febrero de 2025] Disponible en: <https://www.onic.org.co/mediateca>.

ONIC (Organización Nacional Indígena de Colombia) - Informe sobre conflictos interétnicos por proyectos hidroeléctricos. Bogotá, Colombia. 2018. [Consultado: 6 de Febrero de 2025] Disponible en: <https://www.onic.org.co/mediateca>.

Organización de las Naciones Unidas ONU. - Objetivos de desarrollo sostenible. Nueva York, Estados Unidos. 2015. [Consultado: 6 de Febrero de 2025] Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>.

Organización de las Naciones Unidas ONU. - Informe Mundial sobre el Desarrollo de la Pequeña Central Hidroeléctrica. Nueva York, Estados Unidos. 2019. [Consultado: 6 de Febrero de 2025] Disponible en: https://www.unido.org/sites/default/files/files/2020-05/Executive%20Summary%20%20Spanish_1.pdf.

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y Centro Internacional de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (CIPCH) - Informe Mundial sobre el Desarrollo de la Pequeña Central Hidroeléctrica. Viena y Hangzhou. 2016. [Consultado: 6 de Febrero de 2025] Disponible en: [https://www.unido.org/sites/default/files/files/2020-08/WSHPDR_2016_Executive_Summary_Spanish .pdf](https://www.unido.org/sites/default/files/files/2020-08/WSHPDR_2016_Executive_Summary_Spanish.pdf).

Osorio Londoño, I. “Impactos ambientales, sociales y económicos de las pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH) en Antioquia”. Tesis de Maestría. Universidad EAFIT. Medellín, Colombia. 2017. [Consultado: 6 de Febrero de 2025] Disponible en: <https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/24b29e1a-16c0-4521-8ccaa40504c744af/content>.

Oviedo-Ocaña, E. R. (2018). Las Hidroeléctricas: efectos en los ecosistemas y en la salud ambiental. Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud. 2018. vol.50 no.3. ISSN 01210807. [Revisado: 6 de febrero de 2025] Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-08072018000300191.

REN21 (Renewables Now)- Renewables 2023 Global Status Report. París, Francia. 2023. [Consultado: 6 de febrero de 2025] Disponible en: <https://www.ren21.net/gsr-2023/>.

Rodríguez, G. A., & Rojas, J. C. “Conflictos socioambientales por la construcción de hidroeléctricas en Colombia”. Revista de Estudios Sociales 2015, 52, 52-67. [Revisado: 6 de febrero de 2025] Disponible en: <https://revistas.uniandes.edu.co/index.php/res/issue/view/399>.

- Smith, R., Gil, M. M., & Ángel, W.** (2004). "Análisis de inversión en pequeñas centrales hidroeléctricas". I CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA SAÕ PEDRO, ESTADO DE SAÕ PABLO, BRASIL, OCTUBRE 2004. Universidad Nacional de Colombia. [Revisado: 6 de febrero de 2025] Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/7931/AA3740.pdf>
- Ulloa, A. & Coronado, S.** "Extractivismos y posconflicto en Colombia: retos para la paz territorial". Bogotá: Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, Facultad de Ciencias Humanas, Departamento de Geografía, Centro de Investigación y Educación Popular Programa por la Paz. 2016. [Citado: 6 de Febrero de 2025] Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/imanimundo/article/view/65241/62886>.
- Unidad de Planeación Minero Energética UPME** - Boletín Estadístico de Minas y Energía. Bogotá. Colombia. 2016, [Consultado: 6 de Febrero de 2025] Disponible en: https://www1.upme.gov.co/PromocionSector/SeccionesInteres/Documents/Boletines/Boletin_Estadistico_2012_2016.pdf.
- Unidad de Planeación Minero Energética UPME** - ATLAS potencial hidroenergetico de colombia 2015. Bogotá. Colombia. 2011, [Consultado: 6 de Febrero de 2025] Disponible en: <https://www1.upme.gov.co/Paginas/Primer-Atlas-hidroenergetico-revela-gran-potencial-enColombia.aspx>.
- Unidad de Planeación Minero Energética UPME** - Integracion de las energias renovables no convencionales en colombia. Bogotá. Colombia. 2011, [Consultado: 6 de Febrero de 2025] Disponible en: http://www.upme.gov.co/Estudios/2015/Integracion_Energias_Renovables/INTEGRACION_ENERGIAS_RENOVANLES_WEB.pdf.
- United States Agency for International Development USAID** - Pautas ambientales sectoriales para un diseño ambientalmente sostenible solido (ESD)- Energia a pequeña escala. Washington. Estados Unidos. 2018.
- Vélez-Torres, I., & Vélez Galeano, H.** " Plexos conflictivos: una visión territorial e histórica de los conflictos ambientales en la cuenca alta del río Cauca". Revista Colombiana de Sociología 2018, 42(1), 33-58 ISSN en Línea: 2256-5485. [Revisado: 6 de Febrero de 2025] Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/recs/article/view/73181/pdf>.
- Villar Blanco, P. E.** "Evaluación del estado actual de las pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH's) de la Costa Atlántica". Tesis de Grado. Universidad de La Salle.Bogotá, Colombia. 2006. [Consultado: 6 de Febrero de 2025] Disponible en: <https://ciencia.lasalle.edu.co/items/cbcc571d-e1de-4c0e-b127fd27370d2728>].

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

ORCID de los autores

[Andres Mauricio Joya Delgado](https://orcid.org/0000-0002-2702-4999) <https://orcid.org/0000-0002-2702-4999>

[Orlando Celso Longo](https://orcid.org/0000-0002-0323-473X) <https://orcid.org/0000-0002-0323-473X>

[Luciane Alcoforado](https://orcid.org/0000-0002-9504-8087) <https://orcid.org/0000-0002-9504-8087>