

UNOS APORTES DE HIDROELÉCTRICAS A LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y A MITIGAR EL CAMBIO CLIMÁTICO EN COLOMBIA

Some contributions of hydroelectric power plants to the energy transition and to mitigating Climate Change

Algumas contribuições das usinas hidrelétricas para a transição energética e para a mitigação das Mudanças Climáticas.

Néstor Perico-Granados^a, Evelyn Carolina Medina-Naranjo^b, Sara Patricia Beltrán-García^c, Emilce Hernández-Villanueva^d, Marly González-González^e, Camilo Andrés Perico-Martínez^f

^aDesarrollo Regional, Corporación Universitaria Minuto de Dios UNIMINUTO,
nestor.perico@uniminuto.edu.co

^bBetancí, Corporación Universitaria Minuto de Dios UNIMINUTO,
ecarolinamedina.naranjo@uniminuto.edu.co

^c Desarrollo Regional, Corporación Universitaria Minuto de Dios UNIMINUTO,
sara.beltran@uniminuto.edu.co

^d Desarrollo Regional, Corporación Universitaria Minuto de Dios UNIMINUTO,
ehernande22@uniminuto.edu.co

^eBetancí, Universidad de Sincelejo, marly.gonzalezgalileogalilei@gmail.com

^fUniversidad de los Andes, ca.perico2277@uniandes.edu.co

Recibido: 12 de febrero 2026. Aceptado: 11 de marzo 2026. Publicado: 21 de mayo 2026.

Resumen— Las hidroeléctricas son la principal fuente de energía renovable en Colombia, aunque se generan debates sobre los impactos socioambientales y territoriales. Sin embargo, las hidroeléctricas son cruciales en la transición energética sostenible del país por su carácter de energía limpia y flexible. El artículo de reflexión tuvo como objetivo analizar el aporte de las hidroeléctricas como Hidroituango, Hidrosogamoso, Chivor, Urrá y Betania, entre otras, en la transición energética y en la mitigación del Cambio Climático (CC). Se consideraron dimensiones ambientales, sociales, económicas y de gobernanza. La metodología fue con revisión documental y reflexión contrastada de investigaciones recientes. Se analizaron a profundidad 53 documentos en su mayoría de Scopus, SciELO e informes institucionales, en menor medida de RedALyC y Latindex. Los resultados evidenciaron que las hidroeléctricas aportan a la estabilidad del sistema energético, reducen emisiones de gases de efecto invernadero y favorecen la reforestación de cuencas, mejoran biodiversidad y merman afectaciones a comunidades. Además, promueven el desarrollo turístico, social y económico en las regiones. Entonces, las hidroeléctricas se consideran centrales con energía libre de contaminantes, flexible y costos bajos en comparación de las fósiles. No obstante, la transición energética se puede complementar con energía solar y eólica. Se concluyó que las centrales hidroeléctricas son estratégicas siempre que su desarrollo incorpore medidas de mitigación, gobernanza participativa y criterios de transición justa.

Palabras clave— Calentamiento global, Cambio Climático, Energía limpia y flexible, Hidroeléctricas, Transición energética.

Abstract— Hydroelectric power is the main source of renewable energy in Colombia, although debates arise regarding its socio-environmental and territorial impacts. However, hydroelectric power is crucial to the country's sustainable energy transition due to its clean and flexible nature. The objective of this reflective article was to analyze the contribution of hydroelectric plants such as Hidroituango, Hidrosogamoso, Chivor, Urrá, and Betania, among others, to the energy transition and climate change mitigation. Environmental, social, economic, and governance dimensions were considered. The methodology involved a document review and comparative analysis of recent research. Fifty-three documents, mostly from Scopus, SciELO, and institutional reports, and to a lesser extent from RedALyC and Latindex, were analyzed in depth. The results showed that hydroelectric power contributes to the stability of the energy system, reduces greenhouse gas emissions, promotes reforestation of watersheds, improves biodiversity, and lessens the impact on communities. Furthermore, they promote tourism, social, and economic development in the regions. Therefore, hydroelectric plants are considered sources of clean, flexible, and low-cost energy compared to fossil fuels. However, the energy transition can be complemented by solar and wind power. It was concluded that hydroelectric plants are strategic as long as their development incorporates mitigation measures, participatory governance, and just transition criteria.

Keywords— Global warming, Climate Change, Clean and flexible energy, Hydroelectric Power, Energy Transition.

Resumo— A energia hidrelétrica é a principal fonte de energia renovável na Colômbia, embora haja debates sobre seus impactos socioambientais e territoriais. No entanto, a energia hidrelétrica é crucial para a transição energética sustentável do país devido à sua natureza limpa e flexível. O objetivo deste artigo reflexivo foi analisar a contribuição de usinas hidrelétricas como Hidroituango, Hidrosogamoso, Chivor, Urrá e Betânia, entre outras, para a transição energética e a mitigação das mudanças climáticas. Foram consideradas as dimensões ambiental, social, econômica e de governança. A metodologia envolveu uma revisão documental e uma análise comparativa de pesquisas recentes. Cinquenta e três documentos, principalmente das bases de dados Scopus, SciELO e relatórios institucionais, e em menor escala do RedALyC e Latindex, foram analisados em profundidade. Os resultados mostraram que a energia hidrelétrica contribui para a estabilidade do sistema energético, reduz as emissões de gases de efeito estufa, promove o reflorestamento de bacias hidrográficas, melhora a biodiversidade e diminui o impacto sobre as comunidades. Além disso, promove o turismo e o desenvolvimento social e econômico nas regiões. Portanto, as usinas hidrelétricas são consideradas fontes de energia limpa, flexível e de baixo custo em comparação com os combustíveis fósseis. No entanto, a transição energética pode ser complementada pela energia solar e eólica. Concluiu-se que as usinas hidrelétricas são estratégicas desde que seu desenvolvimento incorpore medidas de mitigação, governança participativa e critérios de transição justa.

Palavras chave— Aquecimento global, Mudanças climáticas, Energia limpa e flexível, Energia hidrelétrica, Transição energética.

I. INTRODUCCION

El Cambio Climático (CC) afecta la temperatura del Planeta Tierra con diversas variaciones como sequías, inundaciones e incendios y conlleva a problemas en la salud y alteraciones en la biodiversidad. El uso de combustibles fósiles incrementa los efectos del CC y producen la mayor huella de carbono, no obstante, aún existen varias barreras a nivel legal, ambiental, técnico, entre otras para la transición energética (Cardona et al., 2024). Sin embargo, la transición energética es fundamental en la sostenibilidad de los países (Niño Villamizar, et al., 2023). La crisis climática ha generado cambios sustanciales, en algunos casos con consecuencias irreversibles, por ende, se necesita tomar medidas trascendentales y urgentes (Codiani, 2024). Entonces, es crucial la intervención de diversos sectores: económicos, educación y Gobiernos para mitigar los efectos del CC.

Ahora bien, la transición energética conlleva una serie de desafíos para los gobiernos, empresas y ciudadanos. Codiani (2024) refiere 4 desafíos o ejes para la transición energética. 1) Sistema Monetario Internacional (SMI), dado que la jerarquía entre monedas conlleva a desigualdades y los países con economías más fuertes avanzan más rápido a la transición energética. 2) Las tasas de interés altas obstaculizan la transición energética y favorecen a empresas petroleras y de

gas. 3) La deuda ecológica, es decir la obligación de países que despojan a otros de sus recursos naturales. 4) La acción de las Empresas Transnacionales (ETN) y Agencias de Crédito a la Exportación (ECA), entes que financian a los países en proyectos energéticos. Entonces, la transición energética es un proceso de alto impacto a nivel económico, social y por supuesto ecológico. Por ende, es adecuado profundizar en su impacto y limitaciones y hacer visibles proyectos que menos contaminan.

A nivel internacional existen políticas y acuerdos entre países para mitigar el CC, en especial con países desarrollados. Inicialmente, con el acuerdo de Kioto se incentivó a disminuir las emisiones de efecto invernadero (Naciones Unidas, 1998). Posteriormente, con el acuerdo de París, se propuso disminuir en un 2% la temperatura del planeta, con acciones concretas (Naciones Unidas, 1997). Este acuerdo promueve la investigación desde diferentes perspectivas relacionadas con la sostenibilidad ambiental y la transición energética. Entonces, es oportuna la utilización de energías renovables, con cumplimiento de metas de transición energética, avanzar en proyectos con respaldo de las Naciones Unidas y Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y fomentar la conciencia ambiental (Niño Villamizar et al., 2023).

Más adelante, para la agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas, se determinaron 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). En este artículo hay interacción con 3: energía asequible y no contaminante, ciudades y comunidades sostenibles y acción por el clima (Naciones Unidas, 2018). Así las cosas, las Naciones Unidas establecieron una ruta orientadora para países, empresas y ciudadanos en aras de mitigar el CC, en especial, con las energías limpias y la transición energética. Además, en la COP 29, 58 países firmaron el Compromiso Global de Almacenamiento y Redes de Energía (IHA, 2025). Entonces, diferentes entes gubernamentales promueven con mayor urgencia la adopción de prácticas sostenibles para salvar el planeta y contrarrestar el CC.

En Colombia, la legislación avanza de forma significativa, desde la concepción de la Constitución del 1991 hasta los recientes aportes de la matriz energética y creación de entes gubernamentales orientados a la modernización y desarrollo sostenible del sector minero energético (Cardona et al., 2024). Entonces, es necesario acciones conjuntas de los gobiernos, empresas, la academia y ciudadanos para avanzar en la utilización de energías limpias en países en desarrollo.

De acuerdo con la Asociación Internacional de Energía Hidroeléctrica (IHA, 2025) la generación de energía por hidroeléctricas a nivel mundial creció un 10% en 2024 con 4578 TWh. Además, precisa que en: 1) China domina el desarrollo hidroeléctrico, 2) África duplicó su capacidad. 3) Europa generó 680 TWh, 4) América del Sur cubre el 45% de la demanda con esta energía. 5) Colombia, con Ituango, con 2,45 GW, y Chorreritas, con 19,9 MW, obtuvieron la certificación Plata. Ahora bien, en Colombia las hidroeléctricas son pioneras en energías limpias junto con la energía solar y eólica. En 2022 creció su participación a un 11% del consumo total de energía (Cardona, et al., 2024). Por su parte, en Ecuador para el año 2020 más del 80% de la energía es hidroeléctrica con un aporte de 24.000 GWh. (Naranjo-Silva, 2024).

Así las cosas, las hidroeléctricas constituyen una alternativa de energía limpia, en especial en Colombia por la disponibilidad del agua, la capacidad instalada en las diferentes centrales, por su eficiencia energética y las políticas de Estado que favorecen su desarrollo (Zabolay et al., 2023). Además, las hidroeléctricas son una fuente de energía flexible. Los costos de la generación de energía con hidroeléctricas son menores con respecto a la energía de combustibles fósiles (Cuichan-Paucar et al., 2024). Al respecto, las hidroeléctricas generan empleos formales, permiten la reforestación de cuencas, y ayudan a mitigar el CC (Mena Maldonado, 2025). Entonces, con el grave problema del CC, auspiciado por el hombre a partir del uso continuo de energías fósiles y la deforestación, entre otros aspectos, se propone como objetivo hacer visibles los aportes de las plantas hidroeléctricas al desarrollo económico y a la transición

energética en Colombia, en los últimos sesenta años. De esta manera, con las plantas hidroeléctricas, este país aporta al crecimiento de las energías limpias y flexibles.

II. MÉTODOS Y MATERIALES

Este artículo se desarrolló con un enfoque documental y reflexivo que posibilita una lectura crítica, sistémica e interdisciplinar sobre las hidroeléctricas en Colombia, a partir del análisis de las dimensiones técnicas, ecológicas, sociales y formativas. El propósito fue analizar el papel de las hidroeléctricas en la transición energética de Colombia. Se valoró el potencial de las hidroeléctricas en la mitigación del CC frente a las realidades sociales, ambientales y territoriales. El enfoque se apoya en la propuesta de construcción de conocimiento sostenible de Perico-Granados et al., (2023), quien plantea la educación y la reflexión crítica como pilares para comprender las relaciones entre energía, agua y sostenibilidad. Se pretende hacer visibles unas ventajas de estas centrales, como una opción frente a la mitigación del CC.

Tabla 1.
Bases de datos y fuentes documentales consultadas

Base de datos	Scopus	SciELO	Redalyc	Latindex	Tesis Doctorado	Tesis Maestría	Tesis Especialización	Informes Institucionales/ Libro de investigación	Total
No de Documentos	14	15	3	3	1	4	1	14	53
%	25 %	27%	6 %	6 %	2 %	8 %	2 %	24 %	100 %

Fuente: Autores

La búsqueda documental se realizó en ocho tipos de fuentes académicas e institucionales, con un total de 55 documentos. Las bases de datos más representativas fueron Scopus (27%), SciELO (25%) e informes institucionales (24%), lo que garantizó la vinculación de literatura científica de alto impacto, así como documentos técnicos relevantes para el análisis de la transición energética y el papel de las hidroeléctricas en Colombia. Se dio prioridad a los documentos publicados desde el año 2015 por su información contemporánea y se excluyeron artículos de revistas de divulgación y tesis de pregrado.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Unos Proyectos hidroeléctricos en Colombia

Los proyectos hidroeléctricos generan energía limpia durante largos periodos, mientras dura su vida útil, que oscila de 50 a 100 años, con base en el mantenimiento y la reforestación de sus cuencas para evitar la colmatación de sus embalses. Luego los proyectos tienen la capacidad para seguir operando, con generación de energía, a filo de agua y la represa puede seguir regulando para evitar inundaciones aguas abajo. Todas las centrales de este tipo crean aportes a la economía nacional, generan nuevos empleos y desarrollo regional. Son fuentes de energía renovable, con muy pocas emisiones de gases de efecto invernadero (Aristizábal, 2020; EPM, 2023). Con Hidroituango se reducen 4,4 millones de toneladas al año de gas carbónico que equivalen a más del 90% de las metas de Colombia para cumplir los ODS en el año 2030.

En este sentido, una vez construida una central hidroeléctrica el impacto ambiental es menor, dado que la generación de energía se hace solamente por la caída del agua, que pone en movimiento las turbinas, va al generador y luego a los transformadores. Al respecto, es esencial eliminar toda la materia orgánica antes del llenado del embalse para disminuir sustancialmente la contaminación por metano y por dióxido de carbono, que lo propician el crecimiento de algas y la eutrofización (Villanueva, et al., 2021), (Márquez-Pacheco, et al., 2023). Adicionalmente, con superación de las huellas en el tejido social y ambiental, con la planeación apropiada y mitigación de sus daños en el periodo de construcción, entonces crecen de forma inmensa sus beneficios de sustentabilidad: social, ambiental y económica. Ellas generan un ciclo virtuoso de prosperidad económica y contribuyen en disminuir desigualdad y pobreza, en la región (León Montealegre y Roa-García, 2023; España-Barreiro, 2023). Según Araque-Niño et al., (2018), Arévalo-Algarra et al., (2021) y Perico-Granados, Tovar-Torres et al., (2025) los aportes en biodiversidad son enormes y contribuyen a programas de reforestación planificados para la conservación y recuperación de las cuencas.

Es indispensable de forma previa hacer los diagnósticos sociales y ambientales para iniciar los reasentamientos y hacer los procesos de recuperación de la biodiversidad, en las cuencas de los mismos proyectos, de manera equitativa (González-Chavarría, 2023; Hack et al., 2024). Adicionalmente, por el mismo CC es necesario prever los fenómenos del Niño para saber en las épocas de estiaje, su real capacidad de producción y mantener un equilibrio en el diseño y construcción de centrales para que haya un componente importante de fuentes de energía solar, eólica y geotérmica, en la matriz de generación, para evitar la vulnerabilidad ante eventos climáticos extremos como sequías prolongadas (IPCC, 2021; Bacca-García y Toro 2021). La hidroelectricidad, como fuente de energía renovable y limpia, ha sido fundamental para el desarrollo industrial y social de muchos países (Bacca-García y Toro 2021).

Asimismo, la producción de energía hidroeléctrica contribuye a diversificar la matriz energética del país, con consumos de menos combustibles fósiles, aportes al medio ambiente y a la economía regional, desarrollo industrial y urbano y mejora la calidad de vida, con las transferencias económicas. Como ejemplo, según EPM (2023) cada año se aportan más de 90 mil millones de pesos para obras de conservación y sostenibilidad ambiental en la región de influencia de Hidroituango. Unas Centrales como Chivor y Guavio tienen agua prácticamente todo el año, por su régimen de lluvias unimodal. Según González-Chavarría, (2023) y Hack et al., (2024) las centrales promueven el turismo para disfrutar de su riqueza natural y paisajes y de la región de cada entorno, fomentan la construcción de obras prioritarias por las transferencias, que han mejorado significativamente la movilidad, el acceso a servicios de educación y salud, con la construcción de centros para esos propósitos.

Igualmente, se ha incrementado la pesca para el consumo regional y se regula el flujo de agua, característica de los embalses, que ha influido significativamente en la disponibilidad hídrica. También, transforma el paisaje y cumple un papel esencial en el desarrollo sostenible de la región, aspecto que se extiende a la educación y la capacitación, con programas de formación técnica y profesional para los habitantes de la región, proporcionando herramientas para el desarrollo personal y la inserción en el mercado laboral (EPM, 2023). Los proyectos demuestran que es posible armonizar el desarrollo con la preservación del entorno y al aumento de condiciones de calidad de vida en comunidades. En varias hidroeléctricas se han implementado sistemas de riego eficientes, aumentando su producción y facilitando el acceso a nuevos mercados, con base en la regulación de los afluentes y se ha incentivado el crecimiento de pequeños y medianos negocios que dependen del suministro energético estable para sus actividades productivas (Daza, 2023, EPM, 2023). Son procesos que contribuyen al desarrollo del pensamiento crítico para fomentar el cumplimiento de los ODS (Perico-Granados et al., 2023).

Igualmente, en los costos de construcción de las centrales, por Kw instalado las más económicas de las energías renovables son la eólica y la hidroeléctrica, muy por debajo de la solar, geotérmica y la de biomasa (Daza, 2023). La generación hidráulica es mucho más firme y tiene la alta ventaja que por su regulación es flexible a diferencia de las otras. Sin embargo, para Martínez et al., (2022) para el complemento en la matriz y fomentar la energía eólica se necesitan políticas del gobierno colombiano que faciliten su instalación y su uso, tanto como los apoyos para que las importaciones de los aerogeneradores tengan exoneración de impuestos. Al respecto, se necesita un trabajo importante del gobierno para desarrollar conversaciones previas con las comunidades, en donde se instalarán este tipo de proyectos.

Las hidroeléctricas son actores clave en el desarrollo energético de la región, con impactos económicos, sociales y ambientales para las cuencas y de esta manera evitar los daños a los más vulnerables, especialmente porque evita inundaciones aguas abajo, avalanchas, promueve las reforestaciones en las cuencas y facilita la regulación natural con estos procesos

(Perico-Granados, Medina-Naranjo, et al., 2025). En la tabla 2 se resumen unas características de las principales hidroeléctricas en Colombia y en los textos adicionales se describen, agrupadas por regiones, otras características particulares.

Tabla 2.
Unas características de las principales hidroeléctricas en Colombia

Departamento	Central	Capacidad Instalada (Mw.)	Año de operación	Impactos y aportes sociales y ambientales
Antioquia	Hidroituango	2400	2022	160 mil árboles nativos sembrados. Influencia en doce centros poblados. 280 Has., recuperadas
Antioquia	San Carlos	1240	1984	Atractivo turístico
Antioquia	Guatapé	560	1971	Excelente atractivo turístico
Antioquia	Porce I,II,III	405,405,560	2001,10,11	Mejoramiento del empleo. Mejora procesos ictiológicos. Se limpió los embalses para evitar emisión de gases
Antioquia	Jaguas	170	1988	Operación sostenible
Santander	Sogamoso	820	2014	Turismo por su tamaño del espejo de agua. Excelente plan de ordenamiento
Tolima	Prado	56	1973	Turismo
Huila	Betania	540	1987	Turismo. Explotación piscícola
Huila	El Quimbo	400	2015	Turismo
Boyacá	Chivor	1000	1977	Aporta energía casi todo el año
Cundinamarca	El Guavio	1260	1992	Aporta energía casi todo el año
Valle	Salvajina	315	1985	Contribuye a la irrigación de terrenos. Creación de áreas protegidas
Valle	Calima	132	1966	Reforestación
Valle	Anchicayá I, II	74, 375	1955,74	Reforestación
Córdoba	Urrá I, II	340, 420	2000	Control de inundaciones
Caldas	Miel I, II	396,120	2002	Reforestación a gran escala
Caldas	CHEC	135	1944	Genera energía limpia y flexible

Fuente: Autores

B. Hidroituango, San Carlos, Guatapé, Porce I, II, III y Jaguas (Antioquia)

Hidroituango será la hidroeléctrica más grande de Colombia, con 78 Kms., de longitud en el embalse, 17% de la oferta energética nacional y con una influencia en doce centros poblados (Fonseca-Reyes, 2024). Se hará protección de la biodiversidad en más de 19000 has., (Daza, 2023; EPM, 2023). La hidroeléctrica de Guatapé-Peñol desarrolla turismo sostenible (Ceballos, 2021).

La Hidroeléctrica Porce I mejora procesos ictiológicos (Restrepo et al., 2022). Según ISAGEN, (2020) estos proyectos impulsan el desarrollo de la región por medio de generación de empleo. La hidroeléctrica de Jaguas tiene estándares ambientales, que incluyen programas de monitoreo y control para garantizar una operación sostenible (Bacca-García y Toro, 2021).

C. Sogamoso, (Santander); Chivor (Boyacá), el Guavio (Cundinamarca)

La Hidroeléctrica de Sogamoso promueve pesca artesanal, deportes acuáticos, agua para servicio doméstico, senderismo y protección a la biodiversidad, con proyección de turismo sostenible, con una cuenca que incluye parte importante de los departamentos de Santander y de Boyacá (Corzo-Arévalo, 2020). La hidroeléctrica de Chivor compensa períodos de sequía en otras áreas del país (Londoño, 2022). El Guavio con casa de máquinas subterránea, cuenta con riguroso programa de mantenimiento (Enel Colombia, 2022).

D. Salvajina, Calima y Anchicayá (Valle y Cauca)

La Hidroeléctrica Salvajina contribuye en servicios públicos y disminuye la frecuencia e intensidad de las inundaciones (Pérez Lugo y Díaz Escandón, 2017; Vélez-Galeano 2018; IDEAM, 2021). Su regulación se atribuye a la capacidad del embalse (Pérez Lugo y Díaz Escandón, 2017). Anchicayá es una estructura de concreto y acero, con sostenibilidad social y ambiental (Ortegón Henao, 2017).

E. Urra I y II (Córdoba), La Miel I, II y CHEC (Caldas)

La Hidroeléctrica de Urrá I en su construcción afectó la salud y la integridad cultural de comunidades indígenas como los Embera Katío (Leguizamón Castillo, 2015; Gómez, 2021). De acuerdo con Gómez (2021) tiene procesos de alta regulación (Leguizamón Castillo, 2015). Según Winton et al., (2023), con base en las hidroeléctricas Miel I, II se recomienda que se diseñen centrales, con previsión de los impactos para desarrollar reforestación y tomar medidas de mitigación para salvaguardar fauna y flora en la región.

La Hidroeléctrica de Caldas (CHEC) implementa programas de bienestar (Mantilla Ocampo y Mojica, 2021). Allí desarrollan protección de áreas de conservación, restauración ecológica y la promoción del turismo responsable (Alzate Restrepo, 2021). La hidroeléctrica del Charquito fue inaugurada en 1900 y la primera en proporcionar energía eléctrica a Bogotá, entre Soacha y el Tequendama, (Gauta Blanco, 2022). En su conjunto las hidroeléctricas aportan cerca del 75% de la energía en el país. Pero por su condición geográfica tiene el potencial para una capacidad instalada de 56000 Mw.

F. Otras consideraciones

Estas centrales en América Latina se han construido con créditos onerosos por parte de la banca multilateral. Sin embargo, dado que los países que más contaminan son los del primer mundo, con su intervención, es importante que la deuda externa sea condonada para hacer la inversión en nuevos proyectos, como una forma de financiación. En este contexto, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) identificó la importancia de atraer inversiones para financiar proyectos de energías renovables. Se requiere revisar las políticas y los instrumentos financieros que pueden estimular estas inversiones en los diferentes países, con el propósito de promover la reactivación de la economía y la transición energética, con centrales hidroeléctricas, de manera equitativa, asegurando que todos los países y comunidades tengan acceso a las energías limpias y los beneficios asociados (Podestá et al., 2022).

Según Cardona et al., (2024) se puede reorganizar la matriz energética con el aporte de nuevas formas de energía, como las que se generan de forma limpia. Están probados los beneficios que producen las energías hidroeléctricas y su mínimo impacto ambiental (Oviedo, 2018). Es el momento para tomar decisiones frente al calentamiento global y evitar las catástrofes que se avecinan por sus efectos (Stuhldreher, 2021; Schmidt, et al., 2024). Al respecto, con los recursos que tiene Colombia puede ser autosuficiente y exportar energía hidráulica a los países vecinos como Venezuela y Ecuador, que tienen altos déficits de ella.

Para la academia se sugiere que los docentes cada vez más asuman el compromiso para construir competencias sobre procesos para mitigar el CC., y con base en lo propuesto por

Perico-Granados et al., (2020) y Orduz-Quijano, et al., (2021) utilicen el método de proyectos, para desarrollar propuestas en energías renovables y como se propone en esta investigación, privilegien la energía hidroeléctrica por las ventajas comparativas con las que dispone el país. Mels et al., (2023) expresan que el desarrollo continuo de los maestros produce resultados considerables frente a la mitigación del CC. Tripodoro y De Simone (2015), Ramírez-Segado et al., (2021) y Ramos Mora, Escobar López, (2025) abogan por un proceso continuo de formación para la recuperación la biodiversidad. Entonces, se recomienda el uso de energía hidráulica, dado que su contaminación es mucho menor que la termoeléctrica y procura la restauración forestal de las cuencas.

Es esencial como lo proponen Cortés et al., (2019) revisar los daños ambientales y especialmente el perjuicio en la salud de las personas que se desprenden del uso de las termoeléctricas. Adicionalmente, Viviani et al., (2021), precisan los múltiples daños que producen las centrales termoeléctricas en la salud de las personas y en la vida terrestre. Autores como Neira-Simijaca (2018) expresan que es el momento de detener el crecimiento económico e incluso iniciar procesos de decrecimiento para que permita la recuperación de la biodiversidad del planeta.

IV. CONCLUSIONES

Las hidroeléctricas son una fuente renovable, limpia y flexible que garantizan la estabilidad en el suministro eléctrico en Colombia y promueven la transición energética. A su vez, favorecen a la reforestación y restauración ecológica, un compromiso clave en la mitigación del CC y conservación de biodiversidad. También, generan beneficios tangibles para las poblaciones locales y promueven un modelo de desarrollo territorial más equitativo, con su componente en la matriz energética que está cercana al 75%.

En Colombia existen proyectos de gran envergadura en diferentes departamentos y aún tiene un potencial de 56000 Mw de Capacidad instalada por construir, sin incluir las de menos de 50Mw. Estos proyectos hidroeléctricos contribuyen de forma significativa al desarrollo económico, con generación de empleo, robustecimiento de infraestructura y desarrollo de la competitividad. Desde la dimensión social, las centrales hidroeléctricas impulsan el crecimiento turístico, mejoran el acceso a servicios básicos y fortalecen procesos educativos y comunitarios.

Es necesario que el Gobierno Nacional fomente una matriz energética diversificada, en la que la energía solar y otras fuentes alternativas complementen la generación hidroeléctrica, para compensar momentos de poco caudal. Para ello, se recomienda impulsar políticas de incentivos, como la reducción de impuestos a la importación de los elementos para su montaje, y fortalecer, desde los gobiernos departamentales, estrategias

orientadas a mejorar la sostenibilidad ambiental y el desarrollo social en los territorios energéticamente productivos.

La sostenibilidad energética debe integrarse con la sostenibilidad educativa, dado que la transformación hacia una alternativa limpia requiere también, una formación ciudadana crítica, capaz de comprender las interdependencias entre agua, energía y territorio.

1. Referencias

- [1] Alzate Restrepo, L. M. (2021). Gestión ambiental CHEC. *Boletín Ambiental - IDEA*, 186. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/81901>
- [2] Araque-Niño, I., Britto-Aponte, M., Cuéllar-Rodríguez, L., Perico-Granados, N. (2018). Fitorremediación en aguas residuales sin tratamiento previo. Caso: Tierra Negra, Boyacá. *Revista de Tecnología (Archivo)*, 17, (1), 37-48, <https://revistas.unbosque.edu.co/index.php/RevTec/articloe/view/2950/2319>
- [3] Arévalo Algarra, H., Perico-Granados, N., Reyes-Rodríguez, C., Perico-Martínez, C., Claudia Vera, M., Monroy, J. (2021). Sitios de inundaciones causadas por los ríos La Vega y Jordán, Tunja (Boyacá). *Tecnura*, 25(67), pp. 86-101, en: <https://doi.org/10.14483/22487638.15248>
- [4] Aristizábal, Edier, Arango Carmona, María Isabel, y García López, Ingrid Katherine. (2020). Definición y clasificación de las avenidas torrenciales y su impacto en los Andes colombianos. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 29(1), 242-258. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v29n1.72612>
- [5] Bacca-García, J. O., & Toro, J. (2021). Análisis de la vulnerabilidad de la hidroelectricidad en Colombia. *Gestión y Ambiente*, 24(supl. 2), 27-45. <https://doi.org/10.15446/ga.v24nsupl2.92923>
- [6] Cardona, Daniel, Tamayo, Johnny A., y Eslava-Garzón, Johan S. (2024). Hacia una matriz energética sostenible en Colombia. Una revisión sistemática de la literatura. *Información tecnológica*, 35(5), 1-16. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642024000500001>
- [7] Ceballos Guerra, E. J. (2021). Prefactibilidad de una famiempresa de alquiler de cabañas en el sector Guatapé-El Peñol (Antioquia), Universidad EAFIT, Medellín, Colombia. [Tesis de maestría] <https://repository.eafit.edu.co/entities/publication/d9cf49d6-7036-46cd-94a4-60d02ff665fc>
- [8] Codianni, Eduardo. (2024). La gobernanza global financiera como obstáculo para la transición energética. *SaberEs*, 16(1), 59-73. de https://www.scielo.org/ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-42222024000100059&lng=es&tlng=es.
- [9] Cortés A., Sandra, Yohannessen V., Karla, Tellerías C., Lidya, y Ahumada P., Ericka. (2019). Exposición a contaminantes provenientes de termoeléctricas a carbón y salud infantil: ¿Cuál es la evidencia internacional y nacional? *Revista chilena de pediatría*, 90(1), 102-114. <https://dx.doi.org/10.32641/rchped.v90i1.748>
- [10] Corzo-Arévalo, D. (2020). Lineamientos de política ambiental en embalses de uso turístico; el caso de la Hidroeléctrica Sogamoso y el embalse Topocoro. *I+D Revista De Investigaciones*, 15(2), 70-83. <https://doi.org/10.33304/revinv.v15n2-2020007>
- [11] Cuichan-Paucar, Santiago Homero, Vera-Santi, Lizbeth Estefania, Heras-Heras, Mayra Carolina, y Quevedo-Amay, Deisy Valeria. (2024). Microcentrales hidroeléctricas con tecnología turbulent hydro para la generación de electricidad en comunidades aisladas. *Ingenium et Potentia. Revista Electrónica Multidisciplinaria de Ciencias Básicas, Ingeniería y Arquitectura*, 6(10), 4-22. <https://doi.org/10.35381/i.p.v6i10.3586>
- [12] Daza Vargas, Mario Andrés (2023). Los proyectos hidroeléctricos y su aporte la matriz de generación de energía en Colombia, [Tesis de maestría], Universidad EAFIT, en: <https://repository.eafit.edu.co/entities/publication/4e09eec2-c806-4397-84f1-26ba2b854860>
- [13] Empresas Públicas de Medellín (EPM) (2023, 5 de mayo). Proyecto Hidroituango Nuestra historia. EPM.

- <https://cu.epm.com.co/institucional/proyectos/hidroituango/proyectohidroituango> (Informe entidad pública)
- [15] Enel Colombia. (2022). Central Hidroeléctrica El Guavio: conoce algunos datos relevantes. <https://www.enel.com.co/es/historias/a202209-conoce-todo-de-la-central-hidroelectrica-el-guavio.html>
- [16] España Barreiro, A. (2023). Modelo para cálculo de la eficiencia de la unidad de generación en centrales hidroeléctricas. Universidad de los Andes. [Tesis de maestría]. <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/05459f9c-b6dd-4670-8b03-8aec0b29f8e6/content>
- [17] Fonseca-Reyes, Ángela-Jasmín. (2024). ¿Al margen del conflicto? Apuntes sobre la implementación de Hidroituango en el noroccidente antioqueño (Colombia). *URVIO Revista Latinoamericana de Estudios de Seguridad*, (38), 100-113. <https://doi.org/10.17141/urvio.38.2024.6140>
- [18] Gauta Blanco, BS (2022). Extractivismo minero en Bogotá: contribuciones al debate desde la perspectiva de la historia ambiental urbana. *Perspectiva Geográfica*, 27 (1), 69–85. <https://doi.org/10.19053/01233769.11103>
- [19] Gómez, D.P. (2021) Despojo y Conflicto en el Alto Sinú, Colombia. Modificaciones en la Construcción Relacional del Territorio por la Política Colombiana de Generación de Energía Hidroeléctrica [Tesis de doctorado] en: <https://cdsa.academica.org/000-030/654.pdf>
- [20] González-Chavarría, A. (2023). Redistribución del poder en escenarios de conflicto socioambiental, derechos humanos y capital político: el caso de la hidroeléctrica El Quimbo, Colombia. *Revista De Estudios Sociales*, 85, 23-39. <https://doi.org/10.7440/res85.2023.02>
- [21] Hack, Jochen; Ojeda-Revah, Lina; Pérez Rubí, Maria; Pradilla, Gonzalo; Borbor-Cordova, Mercy; Burgueño, Gabriel; Eleuterio, Ana Alice; Rivera, Daniela; Vásquez, Alexis. (2024). “Avances de infraestructura verde urbana para la gestión de agua en América Latina”. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía* 33 (1): 139-160. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v33n1.101947>.
- [22] International Hydropower Association IHA. 2025. 2025 World Hydropower Outlook Opportunities to advance net zero. <https://www.hydropower.org/>
- [23] ISAGEN. (2020). Memoria de sostenibilidad 2020. <https://www.isagen.com.co/es/sostenibilidad>
- [24] Climate Change, IPCC, (2021). The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the IPCC Sixth Assessment Report. Cambridge University Press.
- [25] IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales). (2021). Informe del estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia. Bogotá: IDEAM. En: <https://www.ideam.gov.co/sala-de-prensa/informes/Estado-del-ambiente-y-los-recursos-naturales>
- [26] Leguizamón Castillo, Yeimmy Rocío. (2015). Conflictos ambientales y movimientos sociales: el caso del movimiento embera katío en respuesta a la construcción de la represa Urrá (1994-2008). *Memoria y Sociedad*, 19(39), 94-105. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.mys19-39.cams>
- [27] León Montealegre, VA y Roa-García, MC (2023). La justicia hídrica en los discursos sobre la asignación del agua para el sector hidroeléctrico en Colombia. *Revista Campos en Ciencias Sociales*, 11(1). <https://revistas.usantotomas.edu.co/index.php/campos/article/view/8123>
- [28] Mantilla Ocampo, M. J y Mojica J, C. E. (2021). El Capital Intelectual en CHEC. Proyecto de Investigación, Universidad de Manizales. [Tesis especialización] <https://ridum.umanizales.edu.co/items/c398a185-1c91-41d1-9460-37f65f17d581>
- [29] Márquez-Pacheco, Henri, Leyva-Morales, José Belisario, Davizón-Castillo, Yasser Alberto, Ontiveros-García, Luz Adriana, & Amillano-Cisneros, Jesús Mateo. (2023). Análisis de tendencia de parámetros indicadores de la calidad del agua en un embalse tropical. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 10(2), e3562. <https://doi.org/10.19136/era.a10n2.3562>
- [30] Martínez-Hernández, J., Parra-Reyes, N., Guerrero-Martin, L. E., Camacho Galindo, L. S., Salinas Silva, R., Guerrero, W. A., y Guerrero-Martin, C. A. (2022). Análisis DOFA para la evaluación del potencial de energía

- eólica en Colombia. Fuentes, *El Reventón Energético*, 20(1), 45-55. <https://doi.org/10.18273/revfue.v20n1-2022005>
- [31] Mels, C., Lagoa, L., Collazzi, G., y Cuevasanta, D. (2023). Desafíos y oportunidades para la formación continua del profesorado en Uruguay. *Cuadernos de Investigación Educativa*, 14(2), e209. <https://doi.org/10.18861/cied.2023.14.2.3430>
- [32] Mena- Maldonado A. 2025. “Estudio del aprovechamiento de los recursos hídricos locales mediante la evaluación de la viabilidad de sistemas de energía hidroeléctrica de pequeña escala. [Tesis de Maestría]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/16012>
- [33] Naranjo-Silva, Sebastián. (2024). Una perspectiva del desarrollo hidroeléctrico en Ecuador: pasado, presente y futuro. *la granja. Revista de Ciencias de la Vida*, 39(1), 63-77. <https://doi.org/10.17163/lgr.n39.2024.04>
- [34] Naciones Unidas. 2018, *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3)*, Santiago. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/cb30a4de-7d87-4e79-8e7a-ad5279038718/content>
- [35] Naciones Unidas. 1997. *Protocolo de Kyoto de la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático*. https://treaties.un.org/pages/viewdetails.aspx?src=treaty&mtdsg_no=xxvii-7-a&chapter=27&clang=_en
- [36] Neira Simijaca, Juan Alonso (2018). *Camino al decrecimiento: senderos no definidos*, editorial: Universidad pedagógica y Tecnológica de Colombia, UPTC.
- [37] Niño Villamizar, Yeny Andrea, Nieves Plata, Manuel Enrique, y Cortés Jiménez, César Augusto. (2023). Desafíos de la transición energética sostenible: perspectivas para la investigación y la gestión. *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*, 31(2), 137-158. <https://doi.org/10.18359/rfce.6423>
- [38] Orduz-Quijano, M., Sánchez-Suárez, O., Baquero-Rosas, L., Perico-Granados, N., Tuay-Sigua, R, y Blanco Portela, N. (2021). La educación, las ciencias sociales y la interculturalidad. Una mirada desde la formación posdoctoral. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/43596/libro%20educaci%C3%B3n,%20las%20ciencias%20sociales.pdf?sequence=1>
- [39] Ortigón Henao, JD (2017). *Implementación de la metodología ACR para el análisis de fallas en centrales hidroeléctricas de EPSA*. Universidad del Valle. [Tesis de maestría].
- [40] Oviedo-Ocaña, Edgar Ricardo. (2018). *Las Hidroeléctricas: efectos en los ecosistemas y en la salud ambiental*. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*, 50 (3), 191-192. <https://doi.org/10.18273/revsal.v50n3-2018003>
- [41] Pérez Lugo, Y. A., y Díaz Escandón, L. G. (2017). *Represa Salvajina: lejos del desarrollo, cerca del olvido*. 1985-2016. *Revista Controversia*, (208), 283-316. <https://doi.org/10.54118/controver.vi208.1089>
- [42] Perico-Granados, N., Galarza, E., Díaz Ochoa, M., Arévalo Algarra, H., Perico Martínez, N. (2020). *Guía práctica de investigación en ingeniería: apoyo a la formación de docentes y estudiantes*. Corporación universitaria Minuto de Dios-UNIMINUTO. <https://repository.uniminuto.edu/server/api/core/bitstreams/6c55ce46-fcd5-4368-b15c-dd6d57ebf0de/content>
- [43] Perico-Granados, N., González-Díaz, L., Arévalo-Algarra, H., García-Puentes, C. (2023). *Construcción de conocimiento sobre el agua y los ODS a partir del pensamiento crítico*, *Revista Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 44(03). <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v44n3/1680-0338-riha-44-03-69.pdf>
- [44] Perico-Granados, N., Tovar-Torres, C., Medina-Naranjo, E., Acosta-Castellanos, P., Perico-Martínez, N. (2025). *Bioingeniería de taludes con árboles para disminuir deslizamientos: caso Betéitiva, Boyacá, Colombia*, *Revista de Iniciación Científica*, 11(1) 24-32, <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/4120>
- [45] Perico Granados, N. R., Medina Naranjo, E. C., Tobos Vergara, A. R., Beltrán García, S. P., y Hernández Villanueva, E. J. (2025). *Los deslizamientos, las inundaciones y las avenidas torrenciales se ensañan con*

- los pobres en Colombia. *Luna Azul*, (60). <https://doi.org/10.17151/luaz.2025.60.6>
- [46] Podestá, A., Eirin, MS, Contreras Lisperguer, R., y Salgado Pavez, R. (2022). Políticas de atracción de inversiones para el financiamiento de la energía limpia en América Latina (LC/TS.2022/116). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://www.cepal.org/es/publicaciones/48084-politicas-atraccion-inversiones-financiamiento-la-energia-limpia-america-latina> (Informe institucional)
- [47] Ramírez-Segado, A., Rodríguez-Serrano, M., y Benarroch, A. B. (2021). El agua en la literatura educativa de las dos últimas décadas. Una revisión sistemática. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1). <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/5735/7103>
- [48] Ramos Mora, D, y Escobar López, C. (2025). Sustentabilidad en la Educación Superior: el caso de la Universidad Iberoamericana Ciudad de México. *Revista latinoamericana de estudios educativos*, 55(1), 161-180. <https://doi.org/10.48102/rlee.2025.55.1.687>
- [49] Restrepo-Santamaría, Daniel, Valencia-Rodríguez, Daniel, Galeano, Andrés Felipe, Herrera-Pérez, Juliana, & Jiménez-Segura, Luz. (2022). Rescate de peces aguas abajo de la presa Porce III (Colombia) para reducir su mortalidad. *Biota colombiana*, 23 (2), e1030. Publicación electrónica del 22 de junio de 2022. <https://doi.org/10.21068/2539200x.1030>
- [50] Schmidt, G., Schmunk, R., y Ruedy, R. (2024). Estudio de visualización científica de la NASA. Anomalías de la temperatura global. <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/?intent=121>
- [51] Stuhldreher, Amalia Margarita. (2021). Cambio climático y gobernanza multinivel en Uruguay: percepciones tras diez años del Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático. *Perfiles latinoamericanos*, 29(58), 00004. <https://doi.org/10.18504/pl2958-004-2021>
- [52] Tripodoro Vilma A, De Simone Gustavo G. (2015). Nuevos paradigmas en la educación universitaria: Los estilos de aprendizaje de David Kolb. *Medicina (B. Aires)*. 75 (2): 109-112. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0025-76802015000200010&lng=es.
- [53] Vélez-Galeano, Hildebrando, (2018). Metodologías críticas e investigación militante con comunidades afrodescendientes, (3) 2018: 143 - 152 Universidad Nacional de Colombia. <http://www.scielo.org.co/pdf/biut/v28n3/0124-7913-biut-28-03-143.pdf>
- [54] Villanueva, R., Franco, E., Becerra, G. (2021). Estudio de las emisiones de gases de efecto invernadero producidos por los embalses de las centrales hidroeléctricas del Perú. *Revista Tecnica*, (31) 2. <https://doi.org/10.21754/tecnia.v21i2.864>
- [55] Viviani G., Paola, Leiva C., Cinthya, Ojeda V., María José, Ahumada P., Ericka, y Cortés A., Sandra. (2021). Daños de salud respiratoria en comunas expuestas a centrales termoeléctricas a carbón en el norte de Chile: análisis de datos secundarios. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*, 37(1), 17-25. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-73482021000100017>
- [56] Winton, R. S., López-Casas, S., Valencia-Rodríguez, D., Bernal-Forero, C., Delgado, J., Wehrli, B., y Jiménez-Segura, L. (2023). Patrones y factores impulsores de cambios en la calidad del agua asociados a embalses en los Andes tropicales. *Em SciELO Preprints*. <https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.5549>
- [57] Zabaloy, Maria Florencia, Guzowski, Carina, y Recalde, Marina Yesica. (2023). Políticas públicas para la transición energética argentina: pasado, presente y futuro. *Revista estudios de políticas públicas*, 9(1), 95-112. <https://dx.doi.org/10.5354/0719-6296.2023.69379>