

Análisis del impacto ambiental de la creación de una central hidroeléctrica en Caldas

“Revolución de los ríos y el entorno”

José Luis Urbano Guerrero - Eduar Alejandro Betancur Gómez
Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

Las centrales hidroeléctricas se han convertido en una planta importante de generación de energía en todo Colombia; este país cuenta con una geografía privilegiada que le permite aprovechar los recursos hídricos para la producción de energía eléctrica, sin embargo, la construcción y operación de estas centrales no están libres de generar impactos ambientales significativos, por lo que, a continuación, se analizará el impacto ambiental de una central hidroeléctrica en el departamento de Caldas, Colombia, considerando sus efectos en el ecosistema acuático, la biodiversidad terrestre y la calidad del aire, así como sus implicaciones sociales (Gómez, M. 2013). La generación de energía eléctrica es un pilar fundamental para el desarrollo económico de cualquier país, sin embargo, la producción de ésta también conlleva un importante costo ambiental, ya que muchas de las fuentes de energía convencionales, como los combustibles fósiles, contribuyen significativamente al cambio climático y la degradación del medio ambiente. Por lo que, las centrales hidroeléctricas han surgido como una alternativa más sostenible, a comparación con las demás fuentes de energía eléctrica, debido a su baja emisión de gases de efecto invernadero, el uso de recursos renovables, el almacenamiento de energía, y la larga vida útil y bajo costo operativa de las mismas (Rico. G. 2018). Se plantea la creación de esta central en el departamento de Caldas y los interrogantes que son importantes para conocer su impacto ambiental y la transición hacia una composición energética más limpia y sostenible.

En Colombia, las centrales hidroeléctricas han sido consideradas como sinónimo de progreso gracias a su topografía y recursos hídricos, por lo tanto, estas son consideradas como un potencial extremadamente alto para desarrollar proyectos hidro energéticos, cabe destacar que la generación eléctrica del país depende aproximadamente en un 70 % de las hidroeléctricas (González. D 2022). En el departamento de Caldas, se

GIPeM 05, diciembre (2023)
pp. 12-18
www.gipem.co/revista-gipem
gipem_fiarman@unal.edu.co
©Derechos patrimoniales
Universidad Nacional de
Colombia

cuenta con una gran riqueza hídrica dada por tres sistemas acuíferos importantes; un sistema acuífero es una formación geológica que consiste en un conjunto de rocas, precipitaciones y otros materiales subterráneos que almacenan agua en sus grietas y fisuras, estos sistemas son fundamentales para el suministro de agua dulce en muchas partes del país, ya que actúan como un depósito natural de agua subterránea. Los tres sistemas acuíferos mencionados son: (Acuífero de Santágueda – km 41, Acuífero del Río Grande del Magdalena, Acuífero del Río Risaralda) (Cifuentes, L. 2020). Lo que convierte al departamento en una zona de alto potencial para el desarrollo de proyectos de generación hidroeléctrica, Sin embargo, en el Oriente de Caldas entre un 15 y 30 % de sus habitantes son víctimas de desplazamiento social, debido al incremento de las hidroeléctricas en este territorio. En dichas zonas rurales del Oriente caldense, tanto campesinos y comunidades étnicas han sido vulnerados y alterados por proyectos de generación hidráulica, sumando a la biodiversidad del lugar, entre los años 1997 y 2019.

Las centrales hidroeléctricas, tienen un menor impacto ambiental en comparación con las fuentes de energía más contaminantes. Esto se debe a que aprovechan la energía cinética del agua en movimiento, sin emitir grandes cantidades de gases de efecto invernadero. (Malagón. E. 2017). Además, estas centrales suelen tener una vida útil larga y proporcionan energía constante, lo que contribuye a la estabilidad del suministro eléctrico del sistema interconectado del país. La construcción de este tipo de central específicamente en el departamento de Caldas, representa un importante avance en la búsqueda de una composición energética más limpia. Algunos de los beneficios asociados incluyen la generación de empleo laboral, la mejora de la infraestructura, y la reducción de la dependencia de fuentes de energía más contaminantes. Sin embargo, no se puede ignorar que toda obra de esta amplitud tiene un impacto negativo; uno de los principales problemas asociados a las centrales hidroeléctricas es la alteración de los ecosistemas acuáticos y terrestres. La construcción de represas puede inundar grandes áreas de tierra, afectando la flora y la fauna local, además, el cambio en el flujo del agua puede tener consecuencias negativas en la biodiversidad de los ríos y arroyos cercanos. El cambio de los estándares naturales de los ríos puede afectar a las especies de peces migratorios y a las comunidades pesqueras que dependen de ellos para su subsistencia (Soto, J. 2020). La modificación de los ecosistemas acuáticos puede afectar la calidad del agua y, en última instancia, la salud de los ecosistemas.

A parte del impacto ambiental, las centrales hidroeléctricas también pueden generar consecuencias socioeconómicas; aunque generan empleo durante su construcción y operación, pueden desplazar a comunidades locales y afectar sus medios de vida tradicionales, como la pesca y la agricultura. Otros aspectos importantes a destacar sobre los impactos negativos, se pueden desarrollar en los siguientes puntos de vista: Efectos en el ecosistema acuático, una de las consecuencias más evidentes de la construcción de una central hidroeléctrica es la alteración del ecosistema acuático actual. El represamiento del río para la creación del embalse suele tener un impacto inmediato en la calidad del agua y en la vida de los organismos y/o seres acuáticos. La retención del agua altera los patrones naturales de flujo, lo que puede provocar la acumulación de nutrientes, ya sean nitratos y nitritos en grandes cantidades, afectando la potabilidad del agua y el equilibrio ecológico en ambientes acuáticos. (Sánchez, J. 2019). Además, la construcción de la presa y el desvío del flujo del río pueden interrumpir las rutas de migración de los peces, lo que afecta a las poblaciones de especies nativas. Esto puede tener un impacto negativo en la pesca local y en la biodiversidad acuática. Para mitigar estos efectos, se requieren medidas de manejo adecuadas, como la construcción de pasos para peces y la implementación de programas de monitoreo de la calidad del agua. Biodiversidad terrestre, otro aspecto importante a considerar es el impacto en la biodiversidad terrestre; la construcción de infraestructuras asociadas a una central hidroeléctrica, como carreteras de acceso y líneas de transmisión eléctrica, puede dividir los ambientes naturales y afectar a la fauna local. La deforestación de áreas cercanas para dar paso a la construcción también puede tener un impacto negativo en la biodiversidad, ya que se destruyen entornos naturales que son vitales para muchas especies (Mejía, R. D. 2021). Además, la operación de la central hidroeléctrica suele requerir un flujo constante de agua, lo que puede influir en los regímenes naturales de inundación de las áreas de eventos para su ciclo de vida, como la reproducción y la

alimentación. Es crucial implementar medidas de conservación y mitigación, como la reforestación de áreas impactadas y la creación de conectores naturales, para minimizar estos efectos en la biodiversidad terrestre.

Un ejemplo de lo mencionado anteriormente es la calidad del aire; si bien las centrales hidroeléctricas son consideradas como una fuente de energía más limpia en comparación con las centrales térmicas, aún pueden tener impactos en la calidad del aire. Durante la construcción, se pueden generar emisiones de gases y partículas contaminantes, como sedimentos en el proceso de construcción de la represa, y residuos de construcción, así como el desgaste del suelo, por excavaciones y creación de embalses (Rosado, C. A. 2018). Además, la descomposición de materia orgánica en los pantanos, puede liberar gases de efecto invernadero, como dióxido de carbono. Para disminuir estos efectos, es importante implementar prácticas de construcción sostenibles, implementando un sistema eficiente de gestión de residuos, para reducir la cantidad de desechos generados, igualmente, se deben monitorear y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero durante la operación de la central. La inversión en tecnologías limpias y la promoción de la energía renovable son estrategias clave para minimizar el impacto en la calidad del aire.

Igualmente, las implicaciones sociales y económicas, el impacto de una central hidroeléctrica no se limita solo al medio ambiente, sino que también tiene implicaciones sociales y económicas. Estas centrales pueden generar empleo en las comunidades locales durante la construcción y operación, lo que puede ser beneficioso para la economía regional. Sin embargo, también pueden provocar la reubicación de comunidades enteras, lo que conlleva a desafíos sociales y culturales significativos (Sánchez, M. 2008).

Es esencial que los proyectos hidroeléctricos se desarrollen con la participación activa de las comunidades locales y se consideren sus intereses y preocupaciones. Se deben implementar medidas de compensación y desarrollo comunitario para reducir los impactos negativos y promover el bienestar de las poblaciones afectadas. A causa de la llegada de los proyectos de desarrollo para la generación hidro energética entre 1997 y 2019, se originaron conflictos de orden ambiental; éstos se generan por la apropiación de bienes naturales y comunes, donde unos actores se benefician, quienes tienen facilidad, poder y capital para apropiarse con plena libertad de los territorios, mientras que las personas que habitan en dicho lugar son afectados y desplazados, además de impactos socio-culturales para la comunidad, decrece la producción agrícola (González. G. 2008).

El mayor impacto ambiental para la comunidad fue la pérdida de caudales en nacimientos y quebradas que contribuyen al desarrollo agrícola de la región, además de que estas cuencas abastecen tanques para el consumo doméstico y humano de las familias rurales, por lo que conlleva a resistencias sociales representadas en diferentes mecanismos de participación ciudadana; Asamblea Departamental de Caldas, derechos de petición y tutelas (Corredor, G. 2009). Un ejemplo de estas problemáticas es la transferencia de agua del río manso, que redirecciona el cauce de éste hacia el Embalse Amaní, con el objetivo de ayudar mantener el nivel del embalse en tiempos de sequía, este proyecto dejó como consecuencia aproximadamente 18 quebradas secas, una parcialmente seca y tres con caudales reducidos (Vargas. 2018). Además, para poder desviar el cauce del río fue necesaria la construcción de un túnel de 4015 metros de longitud y 300 metros de profundidad, lo cual desafortunadamente ocasionó la contaminación y desagüe de acuíferos cercanos. Todas estas afectaciones a los recursos hídricos trajeron grandes problemas a las comunidades que se beneficiaban de ellos, ya que no podrían continuar con sus actividades tradicionales de producción agrícola al no poder contar con la cantidad suficiente de agua para hacerlo.

Las incidencias sociales y ambientales van desde la alteración de los ecosistemas acuáticos y terrestres, despojo de tierras, afectaciones a la pesca y agricultura, como también afectación a la composición del agua, zonas forestales, desalojo territorial, violencia, hasta afectaciones económicas y psicológicas de la

población. En el afán de utilizar energías limpias, no se ha tenido la suficiente consideración de las consecuencias y efectos que traen consigo. Por lo tanto, es de gran importancia un correcto seguimiento con el fin de asegurar la funcionalidad a futuro de los proyectos, no solo en términos de rentabilidad, sino también de sostenibilidad (Higuera, M. 2022). La problemática tratada anteriormente, se puede demostrar con lo que sucedió en el mismo departamento de Caldas en la construcción de la Central La Aurora en el municipio de Marulanda. Esta planta ha provocado la pérdida de tierras y recursos naturales de las comunidades locales, así como la alteración del flujo de agua, y la pérdida de biodiversidad. Igualmente, su construcción generó conflictos sociales y políticos debido a la desigual distribución de los beneficios y costos, a pesar de que este proyecto generó empleos y mejoró la infraestructura local, los impactos negativos en las comunidades locales y el medio ambiente deben tomarse en cuenta.

Actividades como la agricultura y ganadería se ven perjudicadas por la construcción de este tipo de centrales, ya que los procesos hidroeléctricos limitan el acceso a recursos terrestres e hídricos, impidiendo el desarrollo de la vida rural. Además, las inundaciones de grandes áreas de tierra causadas por el represamiento de agua, generan un cambio en las propiedades del suelo, haciéndolo inapropiado para las actividades mencionadas, e incluso pueden generar alteraciones en el estado de salud de las comunidades que habiten cerca, por los cambios del suelo (Mejía, R. D. 2021). Para intentar disminuir al máximo estos impactos socio-ambientales, desde hace algunos años las empresas que se dedican a la generación de energía hidroeléctrica han estado implementado diferentes alternativas las cuales pretenden crear un equilibrio entre los beneficios de este tipo de plantas y sus impactos negativos, algunas de estas alternativas son los estudios de impacto ambiental (EIA), son un proceso fundamental que se realiza antes de la construcción de una central hidroeléctrica, jugando un papel esencial en la protección del medio ambiente y en el desarrollo sostenible. El principal objetivo de estas evaluaciones es identificar y analizar los posibles impactos negativos que la central hidroeléctrica podría tener en el medio ambiente, los ecosistemas circundantes y las comunidades locales. Los EIA se convierten en una herramienta crucial para anticipar y comprender los riesgos ambientales potenciales y al mismo tiempo, permitir el diseño de estrategias efectivas para mitigar y minimizar estos impactos negativos, también, las EIA brindan la oportunidad de involucrar a diversas partes interesadas, como la comunidad local, organizaciones ambientales y expertos en la materia, en el proceso de toma de decisiones. Participación comunitaria, las empresas interesadas en la generación hidroeléctrica generalmente intentan involucrar a las comunidades que se van a ver afectadas por esta práctica en la toma de algunas decisiones importantes para la construcción y manejo de las plantas, además de llegar a acuerdos los cuales buscan reducir y compensar las afectaciones que estas comunidades van a sufrir.

La restauración del hábitat, es una estrategia fundamental que algunas empresas implementan para compensar el impacto ambiental causado en las áreas aledañas a una presa u otro proyecto de desarrollo (Rivera, L. G. 2013). Estos proyectos de restauración generalmente tienen como objetivo recuperar y mejorar los ecosistemas afectados por la construcción y operación de hidroeléctricas. Dos de las prácticas más habituales en este sentido son la reforestación y la restauración de zonas degradadas que han sido eliminados o dañados, esto ayuda a recuperar la cubierta forestal y restaurar los ecosistemas, además de la reforestación, la restauración de las áreas afectadas implica la recuperación de hábitats específicos como humedales ribereños de ríos o zonas degradadas. Este proceso incluye la reintroducción de plantas y animales nativos (Dorado, A. 2021). Estos proyectos de restauración no sólo ayudan a compensar el impacto ambiental negativo de la construcción de presas, sino que también pueden tener beneficios adicionales como promover la biodiversidad, conservar los recursos hídricos y mejorar la calidad del agua, aire y suelo en el entorno. Diseño y tecnología avanzada, el diseño e implementación de tecnologías avanzadas en proyectos hidroeléctricos juegan un papel crucial en la reducción del impacto socioambiental en las áreas circundantes. Estos enfoques son esenciales para maximizar la eficiencia de la producción de electricidad y minimizar los efectos negativos en el medio ambiente natural y las comunidades locales (García, O. 2021). Algunas de las particularidades importantes de esta estrategia son los siguientes: La optimización del diseño de la energía hidroeléctrica,

que implica una selección cuidadosa de la ubicación, la capacidad y el tipo de la presa para minimizar los impactos ambientales; esto puede incluir la consideración de factores como la topografía, la hidrología y la geología. para garantizar que la presa se adapte adecuadamente al medio ambiente. Tecnologías avanzadas de generación de energía, la implementación de tecnologías avanzadas como turbinas de mayor eficiencia, sistemas de control inteligentes y más equipos de generación de energía de mayor eficiencia que permitan aprovechar mejor los recursos (Higuera, M 2022). Monitoreo ambiental en tiempo real, la tecnología avanzada también facilita el monitoreo en tiempo real de los impactos ambientales y permite una respuesta más rápida a cualquier problema que pueda surgir. El surgimiento de las Centrales Hidroeléctricas en el departamento de Caldas, plantea el aumento de la capacidad de generación eléctrica en el Sistema Interconectado del país, pero también trae incidencias de orden socio-cultural, ambiental y económico para las comunidades que allí habitan dado que, desde la ingeniería es inusual la visión social de los proyectos que se desarrollan; conscientes ya no solo de estas situaciones contradictorias como ventajas e inconvenientes, se llega a la reflexión desde el marco de las humanidades, que la creación y uso de estas hidroeléctricas deben impulsar una ética en el desarrollo sostenible que emplee tecnologías en favor de las comunidades que serán víctimas de estos procesos de desarrollo (Osorio, A. 2020).

La construcción y operación de una central de este tipo en el departamento, es un paso significativo hacia el cambio a una composición energética más sostenible. Sin embargo, no se puede pasar por alto el impacto ambiental significativo que conlleva en el ecosistema acuático, la biodiversidad terrestre y la calidad del aire (Cifuentes, L. 2020). Es muy importante que se lleven a cabo evaluaciones ambientales y se implementen medidas de reducción adecuadas para minimizar el impacto en los ecosistemas locales. Dichas consecuencias se pueden controlar y reducir mediante medidas adecuadas de manejo ambiental y una planificación cuidadosa. Además, es fundamental considerar las implicaciones sociales y económicas, y trabajar en colaboración conjunta con las comunidades locales para asegurar que se vean beneficiadas y no perjudicadas a largo plazo. Por último, también cabe recalcar la gran importancia de las hidroeléctricas para mantener la estabilidad energética de Caldas y del país, además para la transición hacia fuentes de energía más limpias y sostenibles es fundamental para reducir el impacto ambiental de la generación de energía en el país. Todo esto con el objetivo de encontrar el equilibrio adecuado entre el desarrollo económico y la conservación ambiental, garantizando que las generaciones tanto actuales como futuras, disfruten de un suministro de energía confiable y la capacidad de generar energía más limpia y sostenible, contribuyendo a la reducción del cambio climático, hasta el impulso económico mediante la creación de empleos y el desarrollo de infraestructuras locales. Las hidroeléctricas en Caldas ofrecen una solución a largo plazo para satisfacer las necesidades energéticas de la región y sentará las bases de un crecimiento sostenible, sustentable y responsable (García, J. 2019).

Referencias

- Osorio, A. y Cifuentes, L. (2020). *Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH) en el Oriente del departamento de Caldas. "Impactos ambientales y resistencias sociales en el posconflicto"*. *Revista Jurídicas*, 17(2), 180-198
- Pineda, D. (2019). *El manejo del embalse de Guatapé estaría afectando el ecoturismo de la región*. *Revista Infobae*. Pineda, D. (2019). *El manejo del embalse de Guatapé estaría afectando el ecoturismo de la región*. *Revista*. Recuperado de <https://www.infobae.com/america/colombia/2021/01/28/manejo-del-embalse-de-guatape-estaria-afectando-el-ecoturismo-de-la-region/>
- Guacaneme, W., & Layton, A. (2021). *Diseño para la conversión tecnológica de las plantas térmicas de generación de energía eléctrica a carbón por un sistema de generación fotovoltaico del departamento de la Guajira*. *Repositorio Institucional de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas*. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/12028/1/Examen%20Complejivo%20Estudio>

%20de%20Caso%20Econ%20%20Oscar%20Marcel.pdf

- Higuera, M. (2022). Los planes que tienen las termoeléctricas en sostenibilidad. *Revista La República*. Recuperado de <https://www.larepublica.co/especiales/hacia-la-transicion-energetica/los-planes-que-tienen-las-termoelectricas-en-sostenibilidad-3497909>
- Herrera, G., López, C., & Sánchez, M. (2008). Diagnóstico de las centrales hidroeléctricas en Colombia y evaluación de alternativas tecnológicas para el cumplimiento de la norma de emisión de fuentes fijas. *Épsilon - Revista de las facultades de ingeniería*, 010, 49-55. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/955/95501006.pdf>
- García, J. (2019). *Análisis de la viabilidad de la hidroelectricidad en Colombia*. Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá. Facultad de Ciencias Económicas. Recuperado de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/76470/JavierBacca.2019.pdf?sequence=1>
- Soto, J. (2020). ¿Por qué la termoeléctrica no es energía limpia? *Revista Greenpeace*. Recuperado de <https://www.grn.cl/impacto-ambiental/impacto-ambiental-de-las-plantas-termoelectricas.html>
- Granados, G. (2023). Éxtasis y martirio para el carbón colombiano. *Revista El País*. Recuperado de <https://elpais.com/economia/negocios/2023-03-08/extasis-y-martirio-para-el-carbon-colombiano.html>
- Ferreira, S., & Campos, M. (2014). *Impacto económico y ambiental del uso del gas natural en la generación de electricidad en el Amazonas*. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532015000200011.
- Galvis, J. (2016). Comparación del impacto ambiental de los sistemas energéticos a base de nuclear, biomasa y gas utilizando el análisis del ciclo de la vida. Recuperado de <https://www.grn.cl/impacto-ambiental/impacto-ambiental-de-las-plantas-termoelectricas.html>
- Jaramillo, C. & Escobar, L. (2022). *Proyección: Demanda, Energía Eléctrica, Gas Natural y Combustibles Líquidos*. República de Colombia - Unidad de Planeación Minero-Energética.
- Moreno, A. & Contreras, H. (2019). Valoración económica de la captura de carbono como un servicio ambiental en la cuenca hidrográfica Quebrada Jui, municipio de Tierralta, Córdoba - Colombia. Universidad Santo Tomás.
- Rico, G. (2018). Hidroeléctricas en Colombia: entre el impacto ambiental y el desarrollo. Recuperado de <https://es.mongabay.com/2018/06/hidroelectricas-colombia-hidroituango/>
- Corredor, G. (2009). "Tablero de comando" para la promoción de los biocombustibles en Colombia. Repositorio Digital.
- Rincón, C., Guerrero, O., & Ovalle, J. (2020). *El carbón: fuente de energía de la Región Central de Colombia*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- García, H., Corredor, A., Calderón, L., & Gómez, M. (2013). *Análisis costo-beneficio de energías renovables no convencionales en Colombia*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

- Barrios, E., & Dorado, A. (2021). *Evaluación de la eficiencia del consumo de gas natural para la generación de energía eléctrica en Colombia*. Monografía - Universidad de Córdoba.
- Sánchez, J. (2019). *Generación de energía eléctrica mediante fluidos hidráulicos*. Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano.
- Montenegro Coral, F. A., & Ortiz Chamorro, A. X. (2015). *La Geotermia, Fuente de Energía Alternativa para el Departamento de Nariño: Potencialidad, Usos y Beneficios*. En *Las Energías Sustentables y Sostenibles en el Departamento de Nariño* (pp. 20-37). Editorial UNIMAR.
- Ceballos Mejía, R. D. (2021). *Efectos socio-ambientales del proyecto hidroeléctrico El Edén en los municipios de Pensilvania y Manzanares-Caldas*. En *Las Hidroeléctricas: efecto social y su impacto ambiental* (pp. 20-37). Editorial UNIMAR.
- Duque Daza, J. M., Galeano Ureña, C. A., & Mantilla González. (2008). *Análisis del esquema de generación distribuida como una opción para el sistema eléctrico colombiano*. En *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia* (Vol. 44, pp. 97-110). Editorial UNIMAR.
- Saavedra Jurado, K. F. (2023). *Evaluación de la viabilidad técnico-económica de producción de energía e hidrógeno en el corregimiento de Chcunes-Nariño basado en la tecnología Power to Gas*. Repositorio Institucional Séneca. Manizales, Colombia.
- Osorio Rosado, C. A. (2018). *Impactos ambientales de los proyectos hidroeléctricos en Colombia: el caso del Quimbo*. *Revista Ingeniería y Desarrollo*, 34(2), 101-115. Bogotá, Colombia
- Cuesta, N. K. (2015). *Análisis de la cadena de abastecimiento de la energía eléctrica en Colombia*. Bogotá: Universidad del Rosario. Págs. 51-55.
- García Morales, I. (2017). *Fallos en el Despacho Hidrotérmico (DHT) y su impacto en el costo de operación*. Tesis de grado, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia
- López López, C., & Sánchez Quitián, M. V. (2007). *Diagnóstico de las centrales termoeléctricas en Colombia y evaluación de alternativas tecnológicas para el cumplimiento de la norma de emisión de fuentes fijas*. *Ciencia Unisalle*, 1(10), 52-63.
- Bacca-García, J. O. (2021). *Análisis de vulnerabilidad de la hidroelectricidad en Colombia*. *Gestión y Ambiente*, 24(supl. 2), 27-45. Recuperado de [doi:https://doi.org/10.15446/ga.v24nsupl2.92923](https://doi.org/10.15446/ga.v24nsupl2.92923)
- Buitrago Rivera, L. G. (2013). *Análisis de la eficiencia de la normatividad ambiental en la operación de los proyectos de generación de energía de la Central Hidroeléctrica de Caldas*. Tesis de grado, Universidad de Manizales, Manizales, Colombia.
- Ortiz, C. (2018). *El sector eléctrico en Colombia: sin graves riesgos ante el cambio climático*. *Tecnología Investigación y Academia*, 21(2), 54-65.
- Benavides, G. (2022). *Evaluación del funcionamiento para optimizar la producción energética en la hidroeléctrica El Verde*. *Revista Tecnológica de la Facultad de Ingeniería*, 25(1), 1-12.
- Osorio, A., & Cifuentes, L. (2020). *Impactos sociales y ambientales de las pequeñas centrales hidroeléctricas en Caldas*. En A. Osorio & L. Cifuentes (Eds.), *Incidencias socio-ambientales, económicas y culturales de las hidroeléctricas en el Oriente de Caldas*.