

## Progreso económico en medio de la devastación ambiental

Juan Sebastián Aranzazu Marín

Kevin Esneyder Guasaquillo Quinaya

Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación

Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

El sector energético es un factor influyente en el crecimiento económico, por tal razón es bastante atractivo el estudio y ejecución de proyectos de inversión en esta área. La importancia de este sector en la economía colombiana y la creciente demanda de energía eléctrica ha incentivado el aumento de nuevas centrales generadoras, proyectos de interconexión con otros países como SINEA (Sistema de Interconexión Eléctrica Andina) que busca la interconexión eléctrica entre Colombia, Chile, Perú, Ecuador y Bolivia o como IPC (Interconexión Colombia-Panamá) y nuevas formas de generación que permitan el avance en la transición energética que si bien no es un tema nuevo en Colombia, ya que desde inicios del siglo XXI comenzaron a surgir discusiones formales para la diversificación de la matriz energética, no fue sino 14 años después que surgió la Ley 1715 del 2014 que promueve el desarrollo de energías renovables no convencionales (solar, eólica, biomasa, geotérmica) y establece incentivos fiscales para impulsar la inversión en este tipo de proyectos. A partir de esta ley, la transición energética se volvió bandera principal para los gobiernos sucesores. Colombia genera la mayor parte de su electricidad a través de fuentes hidroeléctricas y termoeléctricas. La generación térmica tiene una capacidad de 2827 MW con gas natural, 1649 MW en carbón y 1180 MW a partir de combustibles líquidos entre los que se incluyen 268 MW de gasolina, 861 MW de diésel y 51 MW de jet. En este sentido, la energía eléctrica producida por las plantas térmicas representa el 36 % de participación en el mercado nacional (Asociación Nacional de Empresas Generadoras [ANDEG], 2023), (Unidad de Planeación Minero-Energética [UPME], 2022), (Ministerio de Minas y Energía [Minenergía], 2023).

La Generadora y Comercializadora de Energía del Caribe S.A. E.S.P. – Gecelca es una empresa colombiana dedicada a la generación y comercialización de energía eléctrica, fue fundada el 6 de abril de 2006 y comenzó su operación comercial en el mercado mayorista de energía de Colombia el 1 de febrero de 2007. Actualmente es propietaria, opera y mantiene cuatro unidades de

GIPEM 07, octubre (2024)  
pp. 69-79  
[www.gipem.co/revista-gipem](http://www.gipem.co/revista-gipem)  
[gipem\\_fiarman@unal.edu.co](mailto:gipem_fiarman@unal.edu.co)  
©Derechos patrimoniales  
Universidad Nacional de Colombia

generación térmica, dos en la central Termoguajira con una capacidad efectiva neta de 275 MW y dos en la central Gecelca 3 con una capacidad efectiva neta de 434 MW, teniendo una capacidad total instalada de 709 MW equivalente al 9 % de la demanda de energía eléctrica a nivel nacional y el 31 % de la demanda de la región Caribe. Además, el cuerpo de trabajo de sus centrales térmicas es el carbón, haciendo de esta empresa la mayor productora de energía eléctrica con este mineral a nivel nacional. La central termoeléctrica Gecelca 3 ubicada en el municipio de Puerto Libertador, departamento de Córdoba, representa ante el mercado de energía la capacidad de la unidad GECELCA 3 con 164 MW de energía neta, la cual tiene obligaciones de energía firme asignadas hasta el año 2032 y la unidad GECELCA 3.2 con 270 MW, que tiene asignación de obligaciones de energía firme hasta el año 2035. Esta empresa entiende la importancia de la generación termoeléctrica para la confiabilidad y seguridad del SIN (Sistema Interconectado Nacional), es así como Gecelca 3 ha sido un pilar fundamental para satisfacer la demanda creciente de energía eléctrica en la región Caribe y en el SIN, manteniendo su apuesta de ser un soporte térmico para el país, especialmente en momentos de hidrología crítica y fenómenos naturales como El Niño. Gecelca ha asegurado el suministro eléctrico durante momentos críticos y se ha establecido como uno de los principales proveedores de energía en el mercado energético del país gracias a su papel fundamental en la producción de sus plantas térmicas. No obstante, esto plantea algunos interrogantes que serán tratados más adelante: ¿Qué afectaciones e impactos ha tenido la central Gecelca 3 en el entorno? ¿Cuál es el verdadero impacto ambiental de sus operaciones? ¿Vale la pena sacrificar la sostenibilidad por la confiabilidad y seguridad del sistema? Es complejo encontrar respuesta a este tipo de interrogantes, el equilibrio entre la necesidad y la responsabilidad ambiental debe ser un criterio de evaluación en este tipo de proyectos; sin embargo, persiste el debate de qué se debe superponer; el crecimiento de la economía como vía de desarrollo de un país o la protección ambiental de un territorio que alberga vida. ¿Representa Gecelca 3 como unidad generadora de energía eléctrica una preeminencia desde una perspectiva económica y de desarrollo nacional o un desafío ambiental que puede conllevar consecuencias negativas significativas a través del tiempo? (Gecelca, 2019) (Tirado, 2024).

La sostenibilidad ambiental es un aspecto crítico en el análisis y evaluación de cualquier proyecto, en especial proyectos termoeléctricos. Estas plantas deberían ser diseñadas y construidas siguiendo criterios que minimicen su impacto ambiental, con el objetivo de reducir los efectos negativos sobre el entorno y mejorar la calidad de vida de las comunidades cercanas. La operación de la Central Gecelca 3 se sustenta en el suministro de carbón proveniente de la Mina Las Palmeras, mina a cielo abierto ubicada al noreste del municipio de Puerto Libertador, a 33 km de la central la cual tiene una producción estimada de 600,000 toneladas de carbón por año. La minería de carbón es una actividad productiva muy común en distintos departamentos del territorio nacional, uno de ellos es el departamento de Córdoba donde para el 2022 esta actividad representó el 4.2% del PIB departamental siendo un motor importante en la economía de la región. Justamente el municipio de Puerto Libertador limita con tres extensas áreas de exploración y explotación a base de este mineral como son las minas Sator, La Escondida y Las Palmeras, siendo ésta última la que provee a la central térmica Gecelca 3. A raíz de esto surge una problemática que se ha convertido en una de las mayores preocupaciones a nivel mundial, y es con respecto a la contaminación del aire en estas zonas mineras, debido a los gases de efecto invernadero y material particulado (partículas PM10 y PM2.5) que se emiten a la atmósfera; el material particulado es una mezcla de partículas sólidas y líquidas que se encuentran en el aire en donde PM 10 son partículas de 10 micrómetros y PM2.5 son de 2.5 micrómetros. Según la OMS, entre el 1 % y el 4 % de la mortalidad de la población se atribuye al material particulado PM10 y PM2.5 suspendido en el aire, y es que este tiene concentraciones de partículas y gases contaminantes que superan los límites permisibles para el ser humano y consecuentemente con el entorno natural. Este PM afecta directamente a la vegetación retrasando su producción e impidiendo la biodiversidad en

los hábitats, reduce la calidad del aire, acidifica suelo y agua afectando la flora y fauna de los respectivos ecosistemas y aunque este material particulado no son gases de efecto invernadero, su composición indirectamente aporta al cambio climático (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo [MINCIT], 2024), (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2005), (Ramos, 2008).

De acuerdo con un informe del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente) de 2021, se revela que el costo ambiental de la contaminación del aire representa cerca del 1% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional, solo por detrás de la contaminación del agua y los desastres naturales. Entre los principales contaminantes identificados se encuentran los óxidos de carbono (CO y CO<sub>2</sub>), que son particularmente relevantes debido a su relación con el cambio climático y el calentamiento global. Los óxidos de azufre (SO<sub>2</sub> y SO<sub>3</sub>), también mencionados en el análisis, son conocidos por contribuir a la lluvia ácida y causar enfermedades respiratorias, mientras que los óxidos nitrosos (NO y NO<sub>2</sub>) afectan negativamente tanto a los ecosistemas como a la salud humana. En el caso específico de las centrales termoeléctricas como Gecelca 3, se ha reportado que estas instalaciones emiten alrededor de 0.4 toneladas de material particulado (PM<sub>10</sub>) por gigavatio-hora (GWh) generado, según el Informe Nacional de Calidad del Aire de 2019. Además, el impacto es mayor debido a la minería de carbón asociada, que incrementa las emisiones de partículas menores a 2.5 micras (PM<sub>2.5</sub>), afectando la calidad del aire local. Adicionalmente, estas plantas consumen grandes volúmenes de agua, generando aguas residuales contaminadas y residuos químicos. A pesar de los esfuerzos de Gecelca 3 por operar de manera más limpia y sostenible, el proceso de extracción y generación en la mina Las Palmeras, desde las voladuras hasta el transporte y apilamiento del mineral, continúa teniendo un impacto ambiental significativo, como lo demuestran estudios recientes del sector. Estos factores subrayan la necesidad de una mayor regulación y adopción de tecnologías más limpias en el sector energético colombiano, incentivando al uso de estas nuevas tecnologías mediante subsidios o créditos “verdes”, realizando inversión en programas de educación ambiental, entre otras acciones conjuntas entre el estado y la comunidad, para afrontar estos problemas (Fedesarrollo, 2021), (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [Minambiente], 2021), (Rodríguez & Vergara, 2021), (Sandoval et al., 2019).

Otro proceso llevado a cabo en la minería es el de lixiviación con sustancias químicas (tales como cianuro, ácido sulfúrico, mercurio, etc.) para separar las partes solubles de las insolubles, estas operaciones no sólo requieren un uso desmesurado de agua y energía, también provocan la contaminación de los recursos acuíferos y daños irreparables en el entorno ambiental, dichos impactos afectan negativamente la salud y el bienestar de las personas que viven en áreas cercanas a las minas, en este contexto, los habitantes del municipio de Puerto Libertador al estar rodeados de tres áreas mineras y una central termoeléctrica como Gecelca 3 son propensos a desarrollar enfermedades respiratorias crónicas disminuyendo así su calidad de vida. Estos problemas ambientales están estrechamente relacionados con las condiciones de salubridad de los ciudadanos como lo demuestra el Hospital de Suba según la vigilancia epidemiológica realizada por esta institución, se registró un aumento del 15 % en los casos de Enfermedades Respiratorias Agudas (ERA) en niños menores de 5 años y un incremento del 12 % en adultos mayores de 60 años en comparación con el año anterior, en total el hospital documentó 3,500 casos de ERA en estos grupos vulnerables. Además, se observó un aumento del 10 % en la incidencia de enfermedades cardiovasculares en la población general con más de 2,000 nuevos diagnósticos durante el año, los datos también revelan que el 65 % de los pacientes con enfermedades respiratorias crónicas como bronquitis y neumonía residen en áreas con altos niveles de contaminación del aire. Estos registros ponen en evidencia cómo la exposición a contaminantes ambientales puede desencadenar un ciclo de enfermedades crónicas que afectan gravemente la salud pública y la calidad de vida de las comunidades cercanas a estas actividades industriales

(Ceceña, 2004), (Méndez, 2021), (Organización y Gestión Integral de Mantenimiento [OGIM], 2004), (Rojas et al., 2023), (Zuluaga, 2014).

Los procesos de reducción y fragmentación de hábitats naturales son apuntados por la comunidad científica como una de las principales causas de la actual crisis global de biodiversidad. En este contexto, se han realizado diversas revisiones sobre los efectos negativos de dichos procesos sobre la dinámica de poblaciones y la conservación de organismos silvestres asociados a determinados hábitats. La minería a cielo abierto es una industria que se basa en la explotación de recursos no renovables encontrados debajo de la corteza superficial de la tierra. La mina Las Palmeras se caracteriza por ser de este tipo, en donde para iniciar la exploración y posterior explotación del mineral, se llevaron a cabo procesos para preparar el terreno implicando la pérdida, degradación y fragmentación del hábitat, modificando la estructura poblacional de las especies en la región y obligándolas a migrar o adaptarse a nuevos entornos disminuyendo su diversidad, así como la destrucción de la flora y zonas verdes periféricas. Además, la eliminación de la vegetación, el suelo y las rocas que cubren los depósitos minerales, degrada severamente el paisaje, afectando eventualmente la calidad del aire y el agua de la región. La actividad minera, debido a su naturaleza extractiva y devastadora, forja este tipo de eventos que se traducen en calamidad. Para precisar lo que implica la fragmentación de hábitats naturales, es que muchas especies animales dependen de corredores migratorios para desplazarse estacionalmente en busca de alimento, refugio o para reproducirse. La actividad minera puede bloquear o destruir estos corredores, forzando a los animales a buscar rutas alternativas o adaptarse a nuevas condiciones, y también provocando consigo la introducción de especies invasoras que pueden competir con las especies nativas por recursos limitados, aumentando así la presión sobre la fauna. La contaminación y la pérdida de hábitat pueden afectar a las presas y a las especies vegetales que forman parte de la dieta de los animales, lo que puede tener repercusiones en cascada en toda la cadena alimentaria (Cushman, 2006), (Fahrig, 2003), (Primack, 2002), (Saunders et al., 1991).

El método de extracción en Las Palmeras es la técnica pala-camión que consiste en usar palas excavadoras de gran tamaño para extraer el carbón y posteriormente cargarlo en camiones para procesarlo y enviarlo a la central Gecelca 3. Esta técnica es muy común en minas a cielo abierto para la extracción de los minerales que están cerca de la superficie, inclusive ha sido la opción predominante para el carguío y transporte en la industria minera durante décadas, destacándose por su flexibilidad, alta movilidad, eficiencia y capacidad para operar en terrenos difíciles, así como su menor inversión comparada con otras alternativas como correas transportadoras y trenes. Estas máquinas, alimentadas principalmente por combustibles fósiles como el diésel, son vitales para el funcionamiento eficiente de las operaciones mineras a gran escala. Sin embargo, la operación constante de estos equipos en minas a cielo abierto puede provocar la compactación del suelo y la erosión, alterando la estructura del suelo y afectando la capacidad de los ecosistemas para proporcionar servicios vitales como la retención de agua y la absorción de nutrientes. Además, los derrames accidentales de combustible y lubricantes asociados con la operación de los equipos pala-camión pueden contaminar el suelo y las aguas superficiales, causando daños a los recursos hídricos locales. Adicionalmente el uso de motores diésel emiten gases de efecto invernadero y material particulado en grandes cantidades, y aunque se conoce su toxicidad y afectación para la salud humana y el entorno natural, la alta demanda de combustible por parte de los vehículos de carga, exacerba los desafíos relacionados con la sostenibilidad y la mitigación de los efectos adversos en el medio ambiente (Araujo, 2018), (Arenas, 2021), (Danilo, 2017), (Vera, 2014).

La deliberación acerca de los impactos de la actividad minera, especialmente la minería a cielo abierto, sobre el medio ambiente conduce a una disyuntiva difícil de hacer compatible. Desde un enfoque técnico y político se reconoce la importancia del ámbito energético para el crecimiento económico y el desarrollo nacional, así como la necesidad de satisfacer la creciente demanda de energía en un mundo progresivamente sometido a ella; sin embargo, este impulso económico no puede producirse a expensas de la pérdida de la sostenibilidad ambiental y la calidad de vida de la sociedad. El caso de la central termoeléctrica de Gecelca 3 y su actividad a partir de la minería a cielo abierto propicia múltiples disyuntivas que de forma general se resume en el siguiente cuestionamiento; ¿Hasta dónde están dispuestas las comunidades a tolerar los impactos ambientales y los costos sociales de la extracción de recursos naturales para mantener la seguridad y confiabilidad del sistema eléctrico y fomentar el desarrollo económico? En una era de globalización en donde el concepto de transición energética se vuelve una bandera a alcanzar a nivel mundial, es de vital importancia replantear el modelo actual de producción de energía, ya que, si bien la generación de electricidad es esencial para el funcionamiento y desarrollo de la sociedad, la sostenibilidad ambiental y el neo concepto de ecologismo como movimiento social, que pretende fomentar la concientización sobre las problemáticas ambientales y propiciar la participación ciudadana en la toma de decisiones que afecten al medio ambiente, hace inevitable un cambio en la forma de generar este servicio (Gómez & Rodríguez, 2020), (Santos & Tellería, 2006).

La información y datos presentados sobre los efectos ecológicos que causa la minería a cielo abierto, en especial la mina Las Palmeras, desde la alteración del paisaje y la contaminación del aire y el agua hasta la pérdida de la biodiversidad y la interrupción de los sistemas biológicos, obliga a reflexionar acerca de la necesidad y forma de generar energía. Aunque la exigencia de garantizar un suministro eléctrico confiable, robusto y estable es justificable, se debe buscar nuevas alternativas que limiten las consecuencias negativas sobre el medio ambiente y las poblaciones cercanas; la transición hacia fuentes de energía más limpias y sostenibles como las energías no convencionales (solar, eólica, hidráulica, mareomotriz, entre otras), se presenta como una medida factible para disminuir la dependencia de los derivados del petróleo y aliviar los impactos ambientales de la generación de energía eléctrica a partir de carbón. Además, es de vital importancia promover prácticas mineras más responsables y sostenibles, que consideren no sólo los aspectos económicos y políticos, sino también los impactos sociales y ambientales que se pudiesen presentar. El equilibrio entre el desarrollo económico y la protección ambiental es tema complejo y hasta desafiante que requiere de un análisis y un enfoque integral en donde no se superponga un interés particular si no que se trabaje de manera articulada con todos los entes de la sociedad, desde los gobiernos y las empresas hasta la población civil y las comunidades locales, para encontrar soluciones innovadoras y equitativas que permitan satisfacer las necesidades energéticas sin comprometer el futuro del planeta y generaciones futuras (Ayala et al., 2019), (Martínez & Pérez, 2021).

Considerando el impacto ambiental y por consecuencia el costo social que tiene la central generadora Gecelca 3 en conjunto con la mina Las Palmeras para el municipio de Puerto Libertador y sus alrededores, incluyendo su fauna y flora, hace inevitable para el gobierno nacional acelerar acciones y estrategias para la transición hacia energías sostenibles. La diversificación de la matriz energética no solo permite hacer del SIN un sistema más confiable y seguro, también fomenta el uso de fuentes de energía no convencionales en donde el impacto contaminante es considerablemente menor y se reduce la dependencia de los combustibles fósiles como el petróleo y el carbón. Además, la expansión a energías verdes promueve el desarrollo económico, ya que obliga a la innovación tecnológica y esto a su vez genera una gran oferta de empleo relacionado al sector. Sin embargo, también es evidente que la transición energética no puede llevarse a cabo de

manera abrupta, particularmente en un contexto como el colombiano, este proceso debe ser llevado a cabo de manera progresiva ya que la diversidad de factores socioeconómicos, geográficos y culturales, junto con la infraestructura actual y las dinámicas del sector energético, requieren un enfoque gradual y estratégico. Retomando el interrogante inicial, “¿Representa Gecelca 3 como unidad generadora de energía eléctrica una preeminencia desde una perspectiva económica y de desarrollo nacional o un desafío ambiental que puede conllevar consecuencias negativas significativas a través del tiempo?”, se podría decir que se tiene un punto de partida para encontrar una solución efectiva y es la generación de energía a través de fuentes no convencionales. Si se hace un enfoque en el aspecto económico y se contrasta con el tema ambiental, la balanza tiende a equilibrarse; el uso de este tipo de fuentes de energía impulsa la creación de nuevos empleos en sectores emergentes y el desarrollo tecnológico, impactando directamente en el crecimiento de la economía y la expansión de nuevas ramas de estudio especializadas en el tema beneficiando las comunidades periféricas a este tipo de proyectos. Respecto al factor ambiental, el cuerpo de trabajo para generar la energía son recursos ilimitados que se regeneran a una tasa más rápida que de la que se agota, y además están presentes en el ambiente de manera natural (sol, aire, agua) haciendo menos contaminante su transformación a energía eléctrica y siendo más tolerable con la biodiversidad de la zona (García & López, 2019), (Vera, 2019).

Para lograr una transición energética se debe trabajar de manera colectiva. La sociedad debe comprender y entender los efectos que origina el modelo actual de generación de energía para que participen en la búsqueda de soluciones efectivas, y esto se puede lograr mediante la concientización y educación desde los colegios hasta programas sociales que traten este tema, donde se refleje la importancia de la participación comunitaria la planificación y desarrollo de proyectos que los afecten. La educación ambiental promueve que las personas puedan realizar acciones conjuntas y tomar decisiones que permitan abogar por políticas sostenibles, suscitando un efecto cadena en donde el consumo energético a partir de combustibles fósiles se verá reducido cada vez más. La participación ciudadana debe ser constante y tiene que ir en la misma directriz que el gobierno nacional, presionando y exigiendo normas regulatorias, medidas de mitigación y más rigurosidad en las sanciones por incumplimiento a las empresas vinculadas al sector energético y minero. Abordar las problemáticas ambientales que desencadena la generación de energía en Gecelca 3 y la acción minera de Las Palmeras requiere un enfoque múltiple desde la educación hasta la innovación y participación de la ciudadanía y desde luego una buena gestión del gobierno (Herrera & Ramírez, 2018).

Gecelca 3, al igual que otras centrales termoeléctricas ha dejado una huella significativa en el entorno natural de Puerto Libertador, los procesos asociados con la extracción de carbón en la mina Las Palmeras como las voladuras y el transporte de material, han modificado drásticamente el paisaje contribuyendo a la erosión del suelo y la destrucción de hábitats naturales, estas alteraciones no solo afectan a la biodiversidad local, también deterioran la calidad del aire y del agua poniendo en riesgo la salud de las comunidades circundantes. Además, la central genera gran cantidad de gases de efecto invernadero y la mina que extrae el carbón para su funcionamiento concentra altas proporciones de material particulado, agravando los problemas de calentamiento global y cambio climático. Si bien Gecelca 3 cumple un rol crucial para brindar seguridad energética y confiabilidad al SIN, el costo ambiental de sus operaciones es innegable, lo que plantea la necesidad de replantear la sostenibilidad del modelo actual de generación energética. El dilema sobre si es viable sacrificar la sostenibilidad por la seguridad y confiabilidad del sistema eléctrico es de vital importancia, especialmente en el contexto de un país como Colombia que está comprometido con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), la confiabilidad y seguridad energética es fundamental para el desarrollo económico y social ya que se garantiza el suministro de electricidad necesario para la industria, el transporte, el comercio y los hogares. Sin embargo,

este objetivo no puede alcanzarse a expensas del medio ambiente y de la salud de las personas, es posible que a corto plazo Gecelca 3 ofrezca una solución eficaz para la demanda energética, pero a largo plazo las consecuencias ambientales y sociales de continuar dependiendo de fuentes de energía tan contaminantes podrían superar los beneficios obtenidos. El desafío es encontrar un equilibrio donde la sostenibilidad no sea vista como un sacrificio sino como una parte integral de un sistema energético resiliente y equitativo (Sánchez & Vargas, 2019).

Analizando netamente el efecto ambiental que conlleva la operación de la central Gecelca 3, surgen desafíos significativos que podrían tener repercusiones a largo plazo, la contaminación generada no solo afecta la salud humana, también amenaza la viabilidad de los ecosistemas los cuales son fundamentales para la sostenibilidad de las economías locales especialmente en sectores como la agricultura y la pesca. Es crucial que se implementen medidas que permitan mitigar estos impactos negativos promoviendo un desarrollo económico que no comprometa el bienestar de las generaciones futura, es evidente que la dependencia de fuentes de energía convencionales como el carbón presenta limitaciones insostenibles desde el punto de vista ambiental, la transición hacia energías renovables no solo es necesaria para reducir la huella de carbono sino también para diversificar la matriz energética, aumentar la resiliencia del sistema eléctrico y fomentar un desarrollo económico más inclusivo y sostenible, invertir en tecnologías limpias y renovables es una estrategia que no solo reducirá la dependencia de los combustibles fósiles como el carbón y el petróleo, también generará oportunidades de empleo en nuevas industrias, impulsará la innovación y en última instancia mejorará la calidad de vida de las comunidades afectadas por proyectos energéticos como Gecelca 3 (Rudas & Calderón, 2020).

## Referencias

- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2024). Conceptos básicos sobre el material particulado (PM, por sus siglas en inglés). <https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles>
- Ambiente Soluciones. (2024). Así se ve el panorama de las energías renovables en Colombia para 2024. <https://www.ambientesoluciones.com/portal/noticias-de-actualidad/asi-se-ve-el-panorama-de-las-energias-renovables-en-colombia-para-2024#:~:text=La%20Asociaci%C3%B3n%20Nacional%20de%20Empresas,energ%C3%ADa%20que%20requiere%20el%20pa%C3%ADs>
- Apaza Risco, E. D. (2017). Disminución de tiempos improductivos para incrementar la utilización de los equipos de carguío y acarreo en la mejora continua de la productividad en el tajo Chalarina en Minera Shahuindo SAC. <https://hdl.handle.net/20.500.14414/9400>
- Arango, M. A., & Arroyave, S. (2016). Análisis de combustibles fósiles en el mercado de generación de energía eléctrica en Colombia: un contraste entre modelos de volatilidad. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 22, 190-215. <https://hdl.handle.net/10419/174253>
- Araujo, R. W. (2018). Optimización de la flota de volquetes en el acarreo, para incrementar la producción en la mina los andes Perú gold-huamachuco. <https://hdl.handle.net/20.500.14414/11045>
- Asociación Nacional De Empresas Generadoras. (2023). Inicio. <https://www.andeg.org/>

- Atienza, J. C. (2004). Efectos de la reforestación en zonas agrarias sobre la fauna. <https://portalcinciaytecnologia.jcyl.es/documentos/5d1df64a29995204f766760c?lang=en>
- Barrera, L. F., Murillo, L. D., Ocaña, J., Cabrera, M., Echeverría, S. B., & Sotelo, M. A. (2020). Causas, consecuencias y qué hacer frente al cambio climático: análisis de grupos focales con estudiantes y profesores universitarios. *Revista mexicana de investigación educativa*, 25(87), 1103-1122. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-66662020000401103](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662020000401103)
- Barrientos, V. (2014). Análisis de factores operacionales en detenciones de productividad de sistema de carguío y transporte en minería a cielo abierto. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/132148>
- Barrientos, V. M. (2014). Análisis de factores operacionales en detenciones de productividad de sistema de carguío y transporte en minería a cielo abierto. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/132148>
- Buitrago, P. A., & Rodríguez, J. A. (2021). Análisis ambiental de la minería de carbón en el ecosistema estratégico de páramo (Boyacá, Colombia). *Scientia Et Technica*, 26(03), 398-405. <https://www.redalyc.org/journal/849/84969623015/html/>
- Carmona, U., Cardona, H., & Restrepo, I. (2017). Gestión ambiental, sostenibilidad y competitividad minera. Contextualización de la situación y retos de un enfoque a través del análisis del ciclo de vida. *Artículo científico Dyna*, 84(201), 50-58. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0012-73532017000200050](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532017000200050)
- Fuentes, H. J., Ferrucho, C. C., & Martínez, W. A. (2021). La minería y su impacto en el desarrollo económico en Colombia. *Revista Apuntes del CENES*, 40(71), 189-216. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-30532021000100189](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-30532021000100189)
- García, H., Corredor, A., Calderón, L., & Gómez, M. (2013). Análisis costo beneficio de energías renovables no convencionales en Colombia. <https://repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/331>
- García, S. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. España: Editorial Díaz de Santos, S.A. [https://www.google.com.co/books/edition/Organización\\_y\\_gestión\\_integral\\_de\\_man/PUoVBdLi-oMC?hl=es-419&gbpv=1&dq=gestión+de+mantenimiento&printsec=frontcover](https://www.google.com.co/books/edition/Organización_y_gestión_integral_de_man/PUoVBdLi-oMC?hl=es-419&gbpv=1&dq=gestión+de+mantenimiento&printsec=frontcover)
- Gaviria, C. F., Benavides, P. C., & Tangarife, C. A. (2011). Contaminación por material particulado (PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>) y consultas por enfermedades respiratorias en Medellín (2008-2009). *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 29(3), 241-250. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-386X2011000300004](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-386X2011000300004)
- Gecelca. (2023). Quiénes somos. <https://www.gecelca.com.co/conocenos/q-somos/>
- Gecelca. (2019). Generación. <https://www.gecelca.com.co/unidades-de-negocio/generacion-2/>



- Gecelca. (2019). Mina las palmeras. <https://www.gecelca.com.co/unidades-de-negocio/mina-las-palmeras/>
- Gobierno de Canarias. (2014). Central termoeléctrica: esquemas. <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/fsancac/2014/11/03/central-termoelectrica-esquemas/>
- Gurrutxaga, M & Valencia, P. (2010). Causas de los procesos territoriales de fragmentación de hábitats. Lurralde. 147-158. [https://www.researchgate.net/publication/277262094\\_Causas\\_de\\_los\\_procesos\\_territoriales\\_de\\_fragmentacion\\_de\\_habitats](https://www.researchgate.net/publication/277262094_Causas_de_los_procesos_territoriales_de_fragmentacion_de_habitats)
- Guzmán, L. F. (2016). Impactos ambientales causados por megaproyectos de minería a cielo abierto en el estado de Zacatecas, México. Repositorio institucional de la Universidad Autónoma de Zacatecas. <http://ricaxcan.uaz.edu.mx/jspui/handle/20.500.11845/1378>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). Listado de Impactos Ambientales Específicos 2021. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/04/Listado-de-Impactos-Ambientales-Especificos-2021-V.4.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). 2021: Un gran año para el sector ambiental. <https://www.minambiente.gov.co/2021-un-gran-ano-para-el-sector-ambiental/>
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia. (2019). Grupo de investigación 00000000003397. <https://scienti.minciencias.gov.co/gruplac/jsp/visualiza/visualizagr.jsp?nro=00000000003397>
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2024). Perfiles Económicos Departamentales: Departamento de Córdoba. <https://www.mincit.gov.co/getattachment/a49c0639-d5c2-4079-82fb-9f4304f25d0f/Cordoba>
- Ministerio de Minas y Energía. (2022). Plan Energético Nacional (2022-2052). [https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PEN\\_2020\\_2050/Actualizacion\\_PEN\\_2022-2052\\_VE.pdf](https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PEN_2020_2050/Actualizacion_PEN_2022-2052_VE.pdf)
- Ministerio de Minas y Energía. (2023). Colombia a través del Ministerio de Minas y Energía reafirma su compromiso para consolidar la interconexión eléctrica entre países andinos. <https://www.minenergia.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias-index/colombia-a-trav%C3%A9s-del-ministerio-de-minas-y-energ%C3%ADa-reafirma-su-compromiso-para-consolidar-la-interconexi%C3%B3n-el%C3%A9ctrica-entre-pa%C3%ADses-andinos/#:~:text=Quito%2C%20Ecuador%2C%2010%20de%20mayo%20de%202023.&text=Los%20pa%C3%ADses%20miembros%20del%20Sistema,%2C%20Per%C3%BA%2C%20Ecuador%20y%20Bolivia.>
- Ministerio de Minas y Energía. (2023). Colombia y Panamá reactivan agenda para construcción de sistema binacional de interconexión eléctrica. <https://www.minenergia.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias-index/colombia-y-panam%C3%A1-reactivan-agenda-para-construcci%C3%B3n-de-sistema-binacional-de-interconexi%C3%B3n-el%C3%A9ctrica/>

- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2023). Fragmentación de hábitats y restauración. <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/ecosistemas-y-conectividad/conectividad-fragmentacion-de-habitats-y-restauracion/fragm-documentos-grupo-trabajo.html>
- Molina, S. (2021). Modelo de optimización de un sistema pala-camión en una mina de carbón a cielo abierto. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/79649>
- Mosquera, A. M. (2019). Tendencias investigativas en educación en Colombia: revisión documental. *Sophia*, 15(1), 1-4. <https://doi.org/10.18634/sophiaj.15v.1i.908>
- Mosquera, E., Ayala, A. & Serna, L. (2019). Ultrasonido y Deshidratación Osmótica como Pretratamientos a la Liofilización de Melón (*Cucumis melo* L.). *Revista académica*, 30(3), 179-188. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000300179>
- Mosquera, H. J. A. (2023). Chocó biogeográfico colombiano: entre el extractivismo, las carencias y el desafío hacia la sustentabilidad territorial. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 8080-8099. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i1.5030](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.5030)
- Neira, S. P., & Meza, P. A. (2021). Aguas de contacto, efectos en la minería y el medioambiente. *Revista de la Facultad de Derecho*, (50) Universidad de la República. [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2301-06652021000101106](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-06652021000101106)
- Organización de las Naciones Unidas. (2021). Cambio climático: El ser humano ha calentado el planeta a un nivel nunca visto en los últimos 2000 años. *Noticias ONU*. <https://news.un.org/es/story/2021/08/1495262>
- Organización Mundial de la Salud. (2006). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre: actualización mundial 2005 (No. WHO/SDE/PHE/OEH/06.02). <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/69478/W?sequence=1>
- Paredes, O. J., Díaz, L. J., García, J. D., & Cruz, J. A. (2024). Contaminación y pérdida de biodiversidad por actividades mineras y agropecuarias: estado del arte. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 26(1), 56-66. <http://www.scielo.org.pe/pdf/ria/v26n1/2313-2957-ria-26-01-56.pdf>
- Quiñones, M. (2017). Impacto ambiental de la minería. *Eadic*. <https://eadic.com/blog/entrada/impacto-ambiental-de-la-mineria>
- Sánchez, L. D. (2023). Seguimiento a la calidad del aire, en la mina de carbón Las Palmeras, a partir del monitoreo con estación automática, en el municipio de Puerto Libertador, Córdoba. Universidad de Córdoba. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/7599>
- Secretaría Distrital de Salud de Bogotá. (2009). Boletín calidad del aire y salud: Suba. <https://www.saludcapital.gov.co/sitios/VigilanciaSaludPublica/Informacin%20general%20>

[para%20descargas/Boletines%20epidemiologicos/Boletines%20calidad%20aire%20y%20salud/2009/Suba/6%20BOLETIN%20JUNIO%20CALIDAD%20DEL%20AIRE%20Y%20SALUD.pdf](https://www.descargas.gov.co/Boletines%20epidemiologicos/Boletines%20calidad%20aire%20y%20salud/2009/Suba/6%20BOLETIN%20JUNIO%20CALIDAD%20DEL%20AIRE%20Y%20SALUD.pdf)

- Sintech Pumps. (2021). Bombas centrífugas multietapa horizontales: ¿Qué son y cómo funcionan? <https://www.sintechpumps.com/bombas/bombas-centrifugas-multietapa-horizontales-que-son-y-como-funcionan/?lang=es>
- Tirado, J. (2024). Actualización del sistema de gestión de mantenimiento del área de turbogrupo de la unidad G3.2 de la empresa GECELCA 3 S.A.S E.S.P. Universidad de Córdoba. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/324344cd-0038-4a8c-af15-44e23f6b41ae/content>
- Torres, Y., & Rodríguez, R. G. (2022). Las externalidades producidas en la minería a cielo abierto en yacimientos lateríticos y vías para su internalización. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(3), 589-596. [http://www.scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202022000300589](http://www.scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202022000300589)
- Vanegas, L. F., Vargas, N. C. & Sandoval, A. A. (2019). Evaluación de impacto ambiental para estudio de caso HSEQ - Carbones Andinos S.A.S. - Minería de carbón. [Diplomado de profundización para grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/26665>
- Vera, J. (2018). La minería en Colombia del impacto al desastre. [https://www.researchgate.net/publication/328203239\\_La\\_mineria\\_en\\_Colombia\\_del\\_impacto\\_al\\_desastre](https://www.researchgate.net/publication/328203239_La_mineria_en_Colombia_del_impacto_al_desastre)
- Zamora, G. (2022). El sector carbonífero en Boyacá: Impactos de la política de descarbonización de sus socios comerciales. *Crudotransparente*. <https://crudotransparente.com/2020/10/28/el-sector-carbonifero-en-boyaca-impactos-de-la-politica-de-descarbonizacion-de-sus-socios-comerciales/>