

## **¿La regulación ambiental actual en Colombia promueve la mitigación de los gases de efecto invernadero de la generación eléctrica?**

Jorge Leonardo Rico Ortiz - Luis Alejandro Toro Hernández  
Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación  
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

La producción de energía eléctrica es fundamental para el progreso de las sociedades contemporáneas, ya que permite el funcionamiento de hogares, empresas y servicios básicos. Sin embargo, la paradoja que nos encontramos es que la mayoría de la generación de energía se ha basado en fuentes convencionales de energía fósil como el gas natural, el petróleo y el carbón, las cuales, aunque son eficientes, también son consideradas unas de las principales culpables de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial. A pesar de que las fuentes de energía convencionales han sido cruciales para abastecer la creciente demanda de energía en las sociedades modernas, su quema para generar electricidad resulta en la liberación considerable de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otros gases de efecto invernadero como el metano, hidrofluorocarbonos, óxidos de nitrógeno y vapor de agua. Estas emisiones de gases de efecto invernadero se han identificado como uno de los principales impulsores del cambio climático a nivel mundial con consecuencias perjudiciales que incluyen el aumento de las temperaturas globales, el derretimiento de los casquetes polares, el aumento del nivel del mar y la intensificación de fenómenos climáticos extremos. (Giraldo, 2018).

GIPEM 05, diciembre (2023)  
pp. 59-67  
[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

Es bien sabido que el 70 % de las emisiones de gases de efecto invernadero en Colombia provienen de la producción de energía eléctrica mediante fuentes convencionales. Esto indica que el país tiene un gran potencial para reducir sus emisiones mediante la transición a una generación de energía eléctrica más limpia y sostenible, logrando progresos en la regulación ambiental de la producción de energía eléctrica en Colombia, todavía hay importantes debilidades en el impulso a la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero, por eso es necesario abordar de manera inmediata estas carencias mediante la implemen-

tación de políticas más enérgicas y efectivas que promuevan la transición hacia fuentes de energía más ecológicas y sostenibles. Cabe recalcar que las plantas hidroeléctricas representan el 68 % de la oferta energética en Colombia y estas plantas generan menos gases de efecto invernadero en comparación con las fuentes de energía no renovables como el carbón, el petróleo y el gas natural las cuales representan (50, 40 y 25) veces más respectivamente, este es un aporte importante para cumplir con los compromisos internacionales y contribuir al enfrentamiento del problema del cambio climático. Los objetivos más importantes para enfrentar el problema de gases de efecto invernadero, radica en la legislación dirigida a convertir el sistema eléctrico colombiano en un sistema sostenible, el cual ayude a mitigar los gases de esta índole. En este contexto, las regulaciones ambientales son cruciales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de la generación de energía eléctrica. (Giraldo, 2018)

Además, las normas actuales han establecido objetivos ambiciosos como la disminución del 20 % de las emisiones para el año 2030, lo que demuestra un compromiso firme en la lucha contra el cambio climático, estas normativas han introducido diversas estrategias para lograr estos propósitos, como la instauración de un sistema de incentivos destinado a estimular proyectos de energía renovable, el posicionamiento de un mercado de carbono y el establecimiento de estándares técnicos para mejorar la eficiencia energética. Aunque la aplicación de estas herramientas ha tenido un impacto positivo en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en la producción de energía en Colombia, es necesario perfeccionar su implementación para cumplir con los objetivos climáticos del país. Por lo tanto, se resalta la importancia de fortalecer las regulaciones medioambientales como un avance fundamental para que Colombia cumpla con sus compromisos en materia climática y avance hacia la neutralidad de carbono. La neutralidad de carbono implica equilibrar las emisiones de carbono con acciones que eliminan o compensan una cantidad equivalente de emisiones. Esto podría lograrse a través de la reforestación, el uso de tecnologías de captura de carbono, y otras estrategias que reduzcan la huella del país, fortaleciendo las regulaciones medioambientales para garantizar el cumplimiento de estos compromisos y avanzar hacia un desarrollo sostenible y respetuoso con el medio ambiente. (Reyes. 2023)

Para empezar, los desafíos ambientales inherentes a la generación de energía eléctrica a través de fuentes convencionales en Colombia, es esencial comprender que estas fuentes han desempeñado un papel fundamental en la satisfacción de la demanda energética y el fomento del crecimiento económico en el país. La disponibilidad de recursos fósiles ha asegurado un suministro ininterrumpido de electricidad, habilitando el florecimiento de la industria y contribuyendo a una mejora en la calidad de vida de la población. Colombia es rico en recursos naturales, destacando la energía hidroeléctrica en un 68 %, los cuales tienen el potencial de complementar la producción energética convencional y al mismo tiempo, reducir su impacto ambiental. Colombia se encuentra en una posición privilegiada para aprovechar estos recursos, lo que le permite mantener un equilibrio en su matriz energética, pero el desafío central radica en hallar la armonía entre la creciente demanda energética y la reducción de los efectos ambientales. La diversificación de la matriz energética y la inversión en tecnologías más amigables con el medio ambiente pueden ser vías a seguir para Colombia en esta búsqueda, aunque no debemos pasar por alto la invaluable contribución histórica de las fuentes convencionales al progreso del país.

Con respecto a lo anterior, las emisiones de gases de efecto invernadero debido a su fuerte dependencia de la quema de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica, Colombia enfrenta importantes problemas ambientales en el país como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que se libera durante la combustión de carbón, petróleo y gas natural, la elevación del nivel del mar, que representa una amenaza directa para las áreas costeras, y la agravación de las sequías e inundaciones, que tienen un impacto significativo en la agricultura y la disponibilidad de agua dulce. La biodiversidad de Colombia es extraordinariamente rica y diversa, ubicándose entre las más destacadas a nivel mundial. Esta riqueza se debe a la variedad de ecosistemas presentes en el país, que incluyen selvas tropicales, páramos, manglares, sabanas y diversos tipos de bosques. La conservación de la biodiversidad en Colombia y en

todo el mundo requiere esfuerzos concertados para mitigar el cambio climático, proteger hábitats críticos, implementar prácticas sostenibles y fomentar la adaptación de las especies a las nuevas condiciones ambientales. La comprensión y concienciación sobre estos problemas son esenciales para abordar estos desafíos y proteger la valiosa biodiversidad del país. (Rangel, 2015)

Por lo tanto, es necesario utilizar fuentes de energía más limpias y sostenibles, como la energía solar, y eólica, para contrarrestar estos efectos negativos y cumplir con los compromisos internacionales de reducción de emisiones. Las opciones mencionadas no solo permitirán disminuir las emisiones, sino también disminuir los efectos del cambio climático en Colombia. La contaminación atmosférica debido a la quema de combustibles fósiles no solo provoca el cambio climático, sino que también produce contaminantes nocivos en la atmósfera. Estos contaminantes, que incluyen partículas finas, dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), tienen efectos negativos significativos en la calidad del aire y la salud de las personas. La exposición prolongada a estas sustancias está relacionada con enfermedades respiratorias, como el asma y la bronquitis, así como enfermedades cardiovasculares y en algunos casos, cáncer. También, la contaminación del aire tiene un impacto desproporcionado en las áreas vulnerables y desfavorecidas, lo que agrava las desigualdades sociales en Colombia. (Ladrián, 2018)

Es por esto que el Ministerio de Salud y Protección Social del país informó que la contaminación del aire causó alrededor de 13,000 muertes prematuras en 2022. Alarantemente, la exposición a contaminantes producidos por la generación de energía eléctrica es responsable del 20 % de estas muertes. Esto enfatiza la urgencia de disminuir la dependencia de los combustibles fósiles y utilizar tecnologías más verdes para generar energía eléctrica. El agotamiento de recursos naturales en la economía de Colombia depende en gran medida de la extracción de combustibles fósiles, que proporciona una gran cantidad de energía. Los recursos como el petróleo, el gas natural y el carbón son esenciales para el progreso industrial y económico de la nación. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la extracción insostenible de estos recursos puede causar graves daños ambientales como la degradación ambiental, contaminación del agua y del aire, impacto en la Salud humana, Conflicto y desplazamiento, entre otros, además de poner en peligro su disponibilidad en el futuro. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2022)

Por ejemplo, en cuanto al agotamiento de los recursos naturales no renovables, si no se gestiona de manera responsable, la explotación intensiva de estos recursos puede terminar rápidamente las reservas existentes. Esta situación no solo pone en peligro la seguridad energética y económica de la nación a largo plazo, sino que también puede tener efectos perjudiciales en el medio ambiente como se mencionó anteriormente. La pérdida de estos recursos es un problema que tendría un impacto en una variedad de áreas de la sociedad y podría obstaculizar el progreso sostenible, la extracción de petróleo y gas natural implica el peligro de derrames que pueden causar daños significativos al medio ambiente. Los derrames de petróleo pueden afectar la biodiversidad local, los ecosistemas terrestres y los cuerpos de agua. Estos eventos pueden afectar la salud de los ecosistemas a corto y largo plazo, así como la recuperación de la flora y fauna afectada.

Por lo tanto, es esencial que se lleve a cabo de manera responsable para garantizar que estos recursos estén disponibles a largo plazo y reducir los efectos ambientales de su extracción y transporte. Esto implica la adopción de prácticas y tecnologías más limpias y seguras, así como regulaciones más estrictas para prevenir derrames y reducir sus efectos ambientales. A medida que Colombia se enfrenta a los desafíos del agotamiento de recursos y la preservación del medio ambiente, la gestión sostenible de los recursos no solo protegerá el entorno natural, sino que también contribuirá a la seguridad y estabilidad económica del país como la diversificación económica, la cual ayuda a reducir la dependencia de la economía en recursos no renovables mediante la diversificación económica, invertir en sectores como las energías renovables, el turismo sostenible, la agricultura y la tecnología verde, la resiliencia ante fluctuaciones en los precios de los recursos, estos involucran a los precios de los recursos naturales los cuales son volátiles y pueden verse afectados por factores globales, diversificar la economía reduce la

vulnerabilidad del país a estas fluctuaciones, proporcionando una base más estable para el crecimiento económico, la generación de empleo sostenible que puede generar empleo a largo plazo, especialmente en áreas como las energías renovables y la conservación del medio ambiente.

Por otro lado, la deforestación de áreas naturales, la alteración de los cursos de agua, la pérdida de hábitats, la pérdida de biodiversidad natural y la degradación del suelo, debido a la construcción y operación de centrales eléctricas tradicionales, pueden causar alteraciones directas a los ecosistemas, y estos son aspectos comunes de la construcción de infraestructuras energéticas, es aquí donde entran en funcionamiento las normativas para la mitigación y mejora de todos los aspectos negativos y perjudiciales que se mencionaron anteriormente. La infraestructura es un aspecto importante para respaldar el crecimiento de las energías renovables en Colombia que no se puede ignorar durante este proceso de transición. Esto implica la creación de nuevas redes de distribución y transmisión que puedan transportar la energía renovable a los centros de consumo de manera eficiente. Incluso cuando existe la voluntad de adoptar tecnologías más limpias, la falta de infraestructura adecuada puede perjudicar la expansión de las fuentes de energía renovable. Es por esto que se requiere la adquisición de estas infraestructuras y así poder tener viabilidad con respecto a energías renovables y también ofrece la posibilidad de modernizar y mejorar el sistema energético en general.

También, los límites a las emisiones de contaminantes en Colombia tienen regulaciones que restringen estas emisiones porque juegan un papel importante en la disminución de los efectos ambientales de la producción de energía eléctrica. Estas regulaciones son esenciales para combatir la contaminación del aire y reducir los efectos perjudiciales que tiene en la salud humana y el medio ambiente. La Resolución 909 de 2023 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia es un ejemplo notable de estas regulaciones, las cuales establecen limitaciones precisas a la cantidad de gases y partículas contaminantes que las centrales eléctricas, las plantas industriales y otras instalaciones pueden liberar a la atmósfera. Los límites establecidos abordan tanto las emisiones de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), los contaminantes atmosféricos, como las partículas finas, el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y el óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), los cuales fueron mencionados anteriormente con sus respectivas afectaciones. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023)

En ampliación, en Colombia los Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y Minas y Energía (MME) están a cargo de la regulación ambiental de la producción de energía eléctrica. Estas organizaciones han establecido varias regulaciones con el fin de reducir los efectos negativos que tiene la producción de energía eléctrica en el medio ambiente. Entre las principales normativas de mitigación del impacto ambiental por la generación de energía eléctrica en Colombia que se encuentran referenciadas al final del documento, como por ejemplo la Resolución 0912 de 2013 del MADS, la cual establece los requisitos ambientales para la construcción, operación y mantenimiento de centrales eléctricas. Entre los requisitos más importantes se encuentra la evaluación del impacto ambiental que se refiere a que las empresas deben realizar una evaluación del impacto ambiental de sus proyectos de generación de energía eléctrica. Esta evaluación debe considerar los posibles impactos ambientales como las emisiones de gases de efecto invernadero, la contaminación atmosférica, el agotamiento de recursos naturales, la alteración de los ecosistemas y el desplazamiento de poblaciones. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013).

Otras acciones de las compañías que deben ponerse en marcha son las de reducción, con el fin de disminuir los efectos ambientales de sus proyectos de producción de electricidad. Estas acciones podrían implicar la adopción de fuentes de energía sostenible, el cumplimiento de normativas de eficiencia energética, la disminución de emisiones de contaminantes atmosféricos y la preservación de los recursos naturales. La consulta y participación se refiere a que las empresas deben consultar y participar con las comunidades afectadas por sus proyectos de generación de energía eléctrica. Esta consulta debe realizarse de manera previa, informada y libre. La Resolución 911 de 2013 del MADS establece los requisitos ambientales para la construcción, operación y mantenimiento de líneas de

transmisión eléctrica. Entre los requisitos más importantes se destaca la evaluación del impacto ambiental, el cual informa que las empresas deben realizar una evaluación del impacto ambiental de sus proyectos de construcción de líneas de transmisión eléctrica. Esta evaluación debe considerar los posibles impactos ambientales, como la pérdida de hábitat, la fragmentación de ecosistemas y el impacto visual. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013).

En cuanto a las medidas de mitigación, se destaca que las empresas deben implementar medidas de mitigación para reducir los impactos ambientales de sus proyectos de construcción de líneas de transmisión eléctrica. Estas medidas pueden incluir la selección de rutas que minimicen el impacto ambiental, la restauración de los hábitats afectados y la compensación por el impacto visual. Mencionando la Resolución 067 de 2016 del MME, esta resolución establece los criterios para la evaluación de la calidad del aire en centrales eléctricas. Entre los criterios más importantes se encuentran los monitoreos de la calidad del aire, hace referencia a que las centrales eléctricas deben realizar un monitoreo regular de la calidad del aire. Este monitoreo debe incluir la medición de las concentraciones de gases contaminantes, como el dióxido de azufre, el óxido de nitrógeno y las partículas finas. Los límites de emisión y las centrales eléctricas deben cumplir con límites de emisión para los gases contaminantes. Estos límites están diseñados para proteger la salud humana y el medio ambiente. (Ministerio de Minas y Energía, 2016).

Para el caso de las medidas de control de emisiones, son las centrales eléctricas las que deben implementar medidas de control de emisiones para reducir las emisiones de gases contaminantes. Estas medidas pueden incluir el uso de filtros y depuradores. Como se mencionó anteriormente, los combustibles fósiles han sido ampliamente utilizados durante más de dos siglos. Además de ser limitadas, estas fuentes tienen un impacto significativo en el medio ambiente, lo que contribuye al cambio climático. Debido a su eficiencia y bajo costo, siguen siendo la principal fuente de energía en la matriz energética global, a pesar de estos efectos negativos (*International Energy Agency*, 2016). A nivel global, los combustibles fósiles representan aproximadamente el 66 % de la energía, mientras que las plantas hidroeléctricas representan el 16,6 % y las plantas nucleares el 10,6 %. Las fuentes de energía no convencionales, que suelen depender de recursos renovables, sólo representan el modesto 6 %.

Por otra parte, la situación en Colombia es similar, en 2012, la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) informó que alrededor del 93 % de la producción y generación de energía del país se realizaba a través de recursos de origen fósil. El 46 % de este porcentaje se destina a la producción de carbón mineral, el 38 % a la producción de petróleo y el 9 % a la producción de gas natural, lo que deja solo un 7 % para la generación de energía a partir de fuentes renovables no convencionales. Finalmente, la información revela la importancia de fomentar y ampliar la producción de energía a partir de fuentes renovables no convencionales de manera más amplia y sostenible tanto en Colombia como en el resto del mundo. Esto es fundamental para enfrentar el cambio climático y prevenir una crisis energética en el momento en que se agoten los recursos no renovables, que como se ha venido mencionando, y como su nombre lo indica, no son renovables.

En conclusión, es evidente que Colombia enfrenta grandes desafíos ambientales derivados de su dependencia en fuentes convencionales para la generación de electricidad. Si bien estas fuentes han sido clave para el desarrollo económico, la quema de combustibles fósiles está teniendo graves consecuencias como las emisiones de gases de efecto invernadero, la contaminación atmosférica y la degradación de ecosistemas. Para avanzar hacia un futuro energético más sostenible, es crucial que Colombia acelere la transición hacia fuentes renovables no convencionales como la eólica, solar, biomasa y geotérmica. Adicionalmente, se deben fortalecer los marcos regulatorios y los incentivos para promover más decididamente estas tecnologías limpias. Asimismo, es necesario adoptar medidas para mitigar el impacto ambiental de la extracción de recursos fósiles, mejorando los estándares, la vigilancia y la responsabilidad empresarial. En cuanto a las iniciativas ciudadanas y la concienciación pública en

torno a estos desafíos serán fundamentales para lograr los cambios que el país requiere con urgencia en su matriz energética, en aras de la sostenibilidad ambiental y el bienestar de las futuras generaciones.

En consecuencia, la diversificación de la matriz energética fortalece la economía nacional y reduce la vulnerabilidad a la volatilidad de los precios de los combustibles fósiles en los mercados globales. Además, la gestión sostenible de los recursos naturales no renovables es fundamental para mantener un suministro de energía a largo plazo y proteger el entorno natural y puesto que la dependencia de fuentes convencionales para la producción de electricidad en Colombia ha mostrado grandes beneficios económicos, pero también graves consecuencias ambientales que no pueden ser ignoradas. La quema de combustibles fósiles está amenazando los ecosistemas del país y comprometiendo su biodiversidad. Asimismo, las emisiones de gases de efecto invernadero ponen en riesgo el cumplimiento de los compromisos climáticos internacionales. Por esto, no se debe postergar la transición energética en Colombia y así diversificar la matriz con un mayor aprovechamiento del inmenso potencial renovable, ya que deben pasar a un primer plano. Simultáneamente, es clave fortalecer la institucionalidad y regulación ambiental del sector, asegurando prácticas sostenibles en toda la cadena de producción y consumo. Cumplir con las metas climáticas y proteger el medio ambiente debe ser una política de Estado. Sólo así se podrá garantizar el bienestar de las actuales y futuras generaciones.

## Referencias

- Arango A., M. A., & Arroyave O., 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, Páginas 190 a 215. <https://doi.org/10.46661/revmetodoscuanteconempresa.2347>
- Bacca-García, J. O., & Toro, J. (2021). Análisis de la vulnerabilidad de la hidroelectricidad en Colombia. *Gestión y ambiente*, 24(Supl2), 27-45. <https://doi.org/10.15446/ga.v24nsupl2.92923>
- Ballesteros-Ballesteros, V A, & Gallego-Torres, A P. (2019, 10 de febrero). Model of Education in Renewable Energies from the Public Engagement and the Energetic Attitude. *Revista Facultad de Ingeniería*, 28(52), 27-42. <https://doi.org/10.19053/01211129.v28.n52.2019.9652>
- Beltrán Gómez L. V. (2016). Análisis de los diferentes tipos de energías alternativas y su implementación en Colombia. *Universidad militar nueva granada*, 3-19, <http://hdl.handle.net/10654/14563>
- Castañeda Álvarez, C. (2020, 4 de febrero) Efectos económicos de la transición energética en la exportación de petróleo en Colombia. [Trabajo de grado, Fundación Universidad de América] Repositorio Institucional Lumieres. <https://hdl.handle.net/20.500.11839/8355>
- Cárdenas, C., & Alejandro, M. (2020). Estudio al respecto de la reglamentación para el uso de fuentes de energía alternativa en Colombia. Análisis de sus características, aspectos a mejorar y visión a la luz de las acciones internacionales. *Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano*, 14-19, de <http://hdl.handle.net/20.500.12010/12896>
- Compromiso de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero: Consecuencias económicas, C. de R. de E. de G. (s/f). *Archivos de economía. Gov.co*. Recuperado el 26 de octubre de 2023, de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Estudios%20Economicos/440.pdf>
- Corredor, C. A. A., Díaz, A. L. A., Lugo, D. C. R., & Sánchez, D. (2019, 31 de agosto). Propuesta para la reducción de aportes de gases de efecto invernadero, asociados a Los sistemas de transporte, utilizados por la comunidad académica de las unidades tecnológicas de santander, uts, en

- Bucaramanga, Santander, Colombia. Artículo Científico. Recuperado de <https://www.semanticscholar.org/paper/dfaea2a43b5b59e5c62efa487849dfa4072476f8>
- Di-Terlizzi-Escallón, S., Gama-Rodríguez, I. D., & Jaramillo-Quintero, T. (2021). Transición energética en Colombia: No necesariamente una realidad que se sustenta en el cambio climático. *Unilibre*, 46(2), 105-128. <https://doi.org/10.18041/0121-3474/verbaiuris.2.8493>
- García-Rodríguez, L. E., & González-Guzmán, L. G. (2022). Uso de la tecnología convencional para la reducción de agua de consumo y gases de efecto invernadero a través de la recirculación del agua residual no doméstica: Piloto Industrial en Colombia. *Economía Circular. Revista Fuentes el reventón energético*, 20(2), 75-90. Recuperado de <https://doi.org/10.18273/revfue.v20n2-2022007>
- Giraldo, M., Vacca Ramírez, R., & Urrego Quintanilla, A. (2018). las energías alternativas ¿una oportunidad para Colombia? *Punto de Vista*, 9(13). <https://doi.org/10.15765/pdv.v9i13.1117>
- Helena, G. Alejandra C., Laura C., & Miguel G. (2013). Análisis costo beneficio de energías renovables no convencionales en Colombia. *Org.co*. Recuperado el 26 de octubre de 2023, de [https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/331/Repor\\_Octubre\\_2013\\_Garcia\\_et\\_al.pdf?isAllowed=y&sequence=3](https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/331/Repor_Octubre_2013_Garcia_et_al.pdf?isAllowed=y&sequence=3)
- Landrigan, P. J., Fuller, R., Fisher, S., Suk, W. A., Sly, P. D., Chiles, T. C., & Bose-O'Reilly, S. (2018). Pollution and children's health. *Science of the Total Environment*, 650, 2389-2394. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.375>
- López, A. A. M. (2021). Manual de buenas prácticas aplicables a las actividades generadoras de emisiones de gases de efecto invernadero en las instalaciones de la empresa alico s.a - un apoyo para la gestión de la huella de carbono corporativa. *Edu.co*. Recuperado 16 de noviembre de 2023, de [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/20399/5/ArbelaezAna\\_2021\\_BuenasPracticasAmbientales.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/20399/5/ArbelaezAna_2021_BuenasPracticasAmbientales.pdf)
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2022). Informe de calidad del aire y salud 2022. *H* <https://www.minsalud.gov.co>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2023). Resolución 909 de 2023 por la cual se establecen los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones. <https://www.minambiente.gov.co>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2013). Resolución 0912 de 2013 por la cual se adoptan los criterios y parámetros para el seguimiento a los vertimientos realizados a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. <https://www.minambiente.gov.co>
- Ministerio de Minas y Energía. (2016). Resolución 067 de 2016 por la cual se establecen los criterios de evaluación de la calidad del aire y de los sistemas de ventilación de las centrales térmicas de generación eléctrica. <https://www.minenergia.gov.co>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2013). Resolución 911 de 2013 por el cual se establecen los Estándares de Calidad del Aire y se dictan otras disposiciones. Recuperado de: <https://www.minambiente.gov.co>
- Madrid, J. A. (2016). Construcción de explicaciones en torno al uso de combustibles fósiles y una posible

crisis energética global a partir del estudio de cuestiones socialmente vivas. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12209/327>

- Obregon, L., Valencia, G., & Duarte, J. (2019). Study on the applicability of sustainable development policies in electricity generation systems in Colombia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 492-502. <https://doi.org/10.32479/ijeep.8375>
- Palacios Mosquera, J. C., & Salazar Blandón, B. A. (2022, 16 de septiembre). Diseño de un sistema solar fotovoltaico para atender la demanda energética y reducir los gases de efecto invernadero en la población del corregimiento de Boca de León - Alto Baudó. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería*. Universidad Tecnológica del Chocó Diego Luis Córdoba Quibdó, Colombia. 3(10).
- Palazuelos, E. (2019). *El oligopolio que domina el sistema eléctrico*. Ediciones Akal. [https://books.google.cl/books?hl=es&lr=&id=aRW3DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=La+producci%C3%B3n+de+energ%C3%ADa+el%C3%A9ctrica+es+fundamental+para+el+progreso+de+las+sociedades+contempor%C3%A1neas,+ya+que+permite+el+funcionamiento+de+hogares,+empresas+y+servicios+b%C3%A1sicos&ots=8GgKEW36y0&sig=pbYmcpdBQS0WqN\\_mYfdmE8fifw](https://books.google.cl/books?hl=es&lr=&id=aRW3DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=La+producci%C3%B3n+de+energ%C3%ADa+el%C3%A9ctrica+es+fundamental+para+el+progreso+de+las+sociedades+contempor%C3%A1neas,+ya+que+permite+el+funcionamiento+de+hogares,+empresas+y+servicios+b%C3%A1sicos&ots=8GgKEW36y0&sig=pbYmcpdBQS0WqN_mYfdmE8fifw)
- Peñalosa-Bernal, J. P., & Ossa-Carrasquilla, L. C. (2023, 8 de junio). Estimación de gases de efecto invernadero emitidos por la paca biodigestora durante el tratamiento de residuos orgánicos. *Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical*, 3(1), 55-69. <https://doi.org/10.5154/r.rchsagt.2023.03.05>
- Pereira-Blanco, M. J. (2015, 1 de enero). Relación entre energía, medio ambiente y desarrollo económico a partir del análisis jurídico de las energías renovables en Colombia. Recuperado 16 de noviembre de 2023, de <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/saber/article/view/868>
- Rangel-Ch, J. O. (Ed.). (2015). *Colombia Diversidad Biótica XIV: La región de vida paramuna en Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.
- Ramos-Cárdenas, M. C., Hernández-Cipamocha, D. C., Pérez-Arenas, H. Y., & Sierra-Cárdenas, E. (2019, 20 de diciembre). análisis y perspectivas de la implementación de tecnologías limpias para la generación de energía en Colombia. *I3+*, 4(2). Vol.4 Núm. 2(2019). Recuperado de <https://doi.org/10.24267/23462329.941>
- Ramos-Sanz, A. I. (2020). Determinación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en una matriz energética sustentable mediante análisis de escenarios. Estudio de caso en zonas áridas con alto riesgo hídrico. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 22(2), 114-125. Vista de Determinación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en una matriz energética sustentable mediante análisis de escenarios. Estudio de caso en zonas áridas con alto riesgo hídrico ([ucatolica.edu.co](http://ucatolica.edu.co))
- Reyes-Gil, R. E., Turriago-Hoyos, Á., Cárdenas Piñeros, M., & Danna-Buitrago, J. P. (2023, 20 de febrero). Análisis de Políticas Públicas para la adopción de Energías Renovables No Convencionales en Colombia. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, Cuadernos Latinoamericanos de Administración, 19(36). <https://doi.org/10.18270/cuaderlam.v19i36.4052>
- Resoluciones-archivos. (s. f.). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Recuperado 16 de noviembre de 2023, de *Resoluciones archivos - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible* ([minambiente.gov.co](http://minambiente.gov.co))



- Rodríguez-Buitrago, A. M., & Gutiérrez, F. (2018, 15 de mayo). Reducción de la huella de carbono por medio de la implementación de un sistema fotovoltaico en el sector hotelero. Caso de estudio anaira hostel (Leticia-Amazonas - Colombia). *Revista de Tecnología*, 16(1), 169. <https://doi.org/10.18270/rt.v16i1.2323>
- Salazar, A. (2023, 24 de enero). Caracterización del potencial térmico RSU, para la generación de energía eléctrica, utilizando carbonización hidrotérmica. *Ingenius*, 29, 58-65. <https://doi.org/10.17163/ings.n29.2023.05>
- SÁNCHEZ PÉREZ G. (Marzo 2002). Desarrollo y medio ambiente: una mirada a Colombia. Recuperado 16 de noviembre de 2023, 3-20, de <https://guao.org/sites/default/files/biblioteca/Desarrollo%20y%20medio%20ambiente%20una%20mirada%20a%20Colombia.pdf>
- Serna, M., & Andres, D. (2015, 29 de enero). Lógica en la toma de decisiones de inversión en el sector de extracción de petróleo y gas natural. *Colegio mayor de nuestra señora del rosario*, 11-38, [https://doi.org/10.48713/10336\\_10189](https://doi.org/10.48713/10336_10189)
- Sierra-Ramírez, E, Andrade-Castañeda, H J, & Segura-Madrigal, M A. (2022). Impacto de las características de los hogares urbanos en las emisiones de gases de efecto invernadero en Ibagué, Colombia. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 12(2), 293-304. <https://doi.org/10.19053/20278306.v12.n2.2022.15272>
- Valdés García, E. (2019, 12 de noviembre). Metodología multiobjetivo para la planificación sostenible de la expansión de generación y transmisión del sector eléctrico. Universidad Autónoma de Nuevo León. Recuperado de: <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/17997>
- Vera-Vásquez, M. E., López, J. R., & Arévalo Gómez, W. A. (2023, 31 de mayo). Reducción de los gases de efecto invernadero (GEI) en el Comedor Universitario de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas de La Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Impresa)*, 26(51). <https://doi.org/10.15381/iigeo.v26i51.25314>