



# **Transformación Energética Para La Seguridad Energética De Colombia**

Mayor (EJC) Miguel Alberto Arcos Parra

Artículo para optar al título profesional:  
Magister en Estrategia y Geopolítica

Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto"  
Bogotá D.C., Colombia  
2023

DATOS GENERALES	
<b>Nombre del estudiante</b>	: Mayor (EJC) Miguel Alberto Arcos Parra
<b>Identificación</b>	: 80845113
<b>Programa académico</b>	: Maestría en Estrategia y Geopolítica
<b>Tutor metodológico</b>	: Cristian Acevedo Navas
<b>Tutor temático</b>	: Coronel Rva Jesús María Díaz Jaimes
<b>Fecha de entrega</b>	: 8 de septiembre de 2023
<b>Extensión</b>	: 7.820 palabras

#### DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD Y CESIÓN DE DERECHOS

El autor declara que este artículo fue escrito de acuerdo con la normatividad de la Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto” (ESDEG) y no existe ningún potencial conflicto de interés relacionado con este. Las posturas y aseveraciones presentadas son resultado de un ejercicio académico e investigativo que no representan la posición oficial ni institucional de la ESDEG, las Fuerzas Militares de Colombia o el Ministerio de Defensa Nacional.

Este artículo es enteramente mi propio trabajo y no ha sido presentado para la obtención de un título en esta u otra Institución de Educación Superior. Se han referenciado todos los trabajos y puntos de vista de otros autores, así como los datos de otras fuentes utilizadas. No se emplearon herramientas de generación de contenido por Inteligencia Artificial para su elaboración.

El autor acepta ceder los derechos de publicación en favor de la ESDEG y su Sello Editorial de acuerdo con los términos de la licencia Creative Commons: Reconocimiento-No Comercial-Sin Obras Derivadas.

#### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

El autor autoriza que este artículo sea publicado por el Sello Editorial ESDEG en su repositorio institucional y esté disponible bajo una modalidad de acceso abierto.

# Transformación Energética Para La Seguridad Energética De Colombia

## Energetic Transformation for Colombia's Energy Security

Miguel Alberto Arcos Parra <sup>1</sup>

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

**Resumen:** Colombia, un país dotado de diversos recursos energéticos, se encuentra en una encrucijada en su trayectoria energética. Aunque su matriz energética está dominada por fuentes fósiles como el gas, el petróleo y el carbón, también cuenta con una considerable capacidad de energía renovable, especialmente de plantas hidroeléctricas, energía solar y eólica. Sin embargo, la dependencia de fuentes fósiles sigue siendo significativa, y la transición hacia una matriz energética más sostenible y diversificada se presenta como un desafío inminente (Pérez-Arriaga et al., 2019).

El objetivo general de este artículo es analizar cómo Colombia podría desarrollar un proceso de transformación energética que asegure su seguridad energética en los años venideros, con un enfoque en la geopolítica. La geopolítica juega un rol crucial en esta transformación al alinear intereses nacionales e internacionales, promover la cooperación con otros países y organismos internacionales, y fomentar tecnologías emergentes. Colombia tiene el potencial de explorar y desarrollar diversas fuentes de energía alternativas, como la solar, eólica, hidroeléctrica y el hidrógeno verde. La diversificación de la matriz energética es fundamental para asegurar la seguridad energética y la sostenibilidad a largo plazo. Para aprovechar estas oportunidades, se requiere inversión en investigación y desarrollo, colaboración público-privada y la implementación de políticas favorables. A pesar de estas oportunidades, la transición energética en Colombia enfrenta desafíos que incluyen la inversión necesaria, infraestructura, regulación y aceptación social. Además, es imperativo que la transición sea justa y equitativa, evitando agravar desigualdades existentes. Sin embargo, esta transformación también abre puertas a la creación de empleo, promoción de la innovación y contribución a objetivos climáticos globales.

La conclusión principal de este estudio es que Colombia tiene el potencial de realizar una transformación energética que asegure su seguridad en los años venideros a través de una estrategia multifacética. Esta estrategia involucra la promoción de energías renovables y la exploración de tecnologías innovadoras. En un momento en que la transición energética justa y sostenible se vuelve cada vez más urgente a nivel global, este enfoque contribuye a la comprensión del proceso en Colombia, ofreciendo una visión integral y basada en evidencias de los desafíos y oportunidades que enfrenta el país en su camino hacia una economía sostenible y segura. Con ello, Colombia se

---

<sup>1</sup> Mayor del Ejército Nacional de Colombia. Candidato a magíster en estrategia y geopolítica, Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”, Colombia. Profesional en Ciencias Militares, Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-2004-7466> - Contacto: miguel.arcos@buzonejercito.mil.co

## **Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”**

Bogotá D.C., Colombia

posiciona para liderar la región y contribuir a sus objetivos de desarrollo sostenible y reducción de emisiones.

**Palabras clave:** Transformación energética, Matriz energética diversificada, Energías renovables, Geopolítica energética, Seguridad energética, Desafíos y oportunidades

**Abstract:** Colombia, a country endowed with diverse energy resources, is at a crossroads in its energy trajectory. Although its energy matrix is dominated by fossil sources such as gas, oil and coal, it also has considerable renewable energy capacity, especially from hydroelectric plants, solar and wind power. However, the dependence on fossil sources continues to be significant, and the transition towards a more sustainable and diversified energy matrix is presented as an imminent challenge (Pérez-Arriaga et al., 2019).

The general objective of this article is to analyze how Colombia could develop an energy transformation process that ensures its energy security in the coming years, with a focus on geopolitics. Geopolitics plays a crucial role in this transformation by aligning national and international interests, promoting cooperation with other countries and international organizations, and fostering emerging technologies. Colombia has the potential to explore and develop various alternative energy sources, such as solar, wind, hydroelectric and green hydrogen. The diversification of the energy matrix is essential to ensure energy security and long-term sustainability. Taking advantage of these opportunities requires investment in research and development, public-private collaboration, and the implementation of favorable policies.

Despite these opportunities, the energy transition in Colombia faces challenges that include the necessary investment, infrastructure, regulation, and social acceptance. In addition, it is imperative that the transition be fair and equitable, avoiding exacerbating existing inequalities. However, this transformation also opens doors to job creation, promotion of innovation and contribution to global climate goals.

The main conclusion of this study is that Colombia has the potential to carry out an energy transformation that ensures its security in the coming years through a multifaceted strategy. This strategy involves the promotion of renewable energy and the exploration of innovative technologies. At a time when the just and sustainable energy transition is becoming increasingly urgent at the global level, this approach contributes to the understanding of the process in Colombia, offering a comprehensive and evidence-based vision of the challenges and opportunities facing the country in your path to a sustainable and secure economy. With this, Colombia is positioned to lead the region and contribute to its objectives of sustainable development and emission reduction.

**Keywords:** Energy transformation, Diversified energy matrix, Renewable energies, Energy geopolitics, Energy security, Challenges and opportunities.

## **Introducción**

Colombia, un país enriquecido con una diversidad de recursos energéticos, se encuentra en una encrucijada en su trayectoria energética. Aunque posee una matriz energética dominada por fuentes fósiles como el gas, petróleo y carbón, también cuenta con una considerable cantidad de energía renovable, principalmente de plantas hidroeléctricas, así como de energía solar y eólica. Estas fuentes proporcionan al país una capacidad de generar 1.365 MW, pero la dependencia de fuentes fósiles sigue siendo significativa, y la transición hacia una matriz más sostenible y diversificada es un desafío inminente (Pérez-Arriaga et al., 2019). En este contexto, el objetivo general de este artículo es analizar la forma en que Colombia podría desarrollar un proceso de transformación energética para garantizar su seguridad en los próximos años, a través de la geopolítica. La geopolítica juega un papel vital en esta transformación, alineando intereses nacionales e internacionales, fomentando la cooperación con otros países y organismos internacionales, y promoviendo tecnologías emergentes. Colombia tiene el potencial de explorar y desarrollar diversas fuentes de energía alternativas, como la solar, eólica, hidroeléctrica y el hidrógeno verde, y la diversificación de la matriz energética es esencial para la seguridad energética y la sostenibilidad a largo plazo. La inversión en investigación y desarrollo, la colaboración público-privada y la implementación de políticas favorables son clave para aprovechar estas oportunidades. Sin embargo, la transición energética en Colombia no está exenta de desafíos, como la inversión requerida, la infraestructura, la regulación y la aceptación social. Además, la transición debe ser justa y equitativa, asegurando que no exacerbe las desigualdades existentes. Hay oportunidades significativas, como la creación

de empleo, el impulso a la innovación y la contribución a los objetivos climáticos globales.

La conclusión principal de este estudio es que Colombia podría desarrollar un proceso de transformación energética garantizando su seguridad en los próximos años mediante una estrategia multifacética, incluyendo la promoción de energías renovables y la exploración de tecnologías innovadoras, en un momento en que la necesidad de una transición energética justa y sostenible es cada vez más apremiante a nivel global, contribuyendo a la comprensión de la transición energética en Colombia y ofreciendo una visión integral y basada en evidencias de los desafíos y oportunidades que enfrenta el país en su camino hacia una economía sostenible y segura.

## **Metodología**

Este estudio emplea un enfoque mixto, combinando técnicas cuantitativas y cualitativas para analizar el desarrollo de energías renovables en Colombia y sus soluciones potenciales. Se adopta un diseño causal, explorando relaciones de causa y efecto en temas como seguridad energética, riesgos económicos, socioeconómicos, sociopolíticos y geopolíticos.

El objetivo central es analizar cómo Colombia puede llevar a cabo una transformación energética para asegurar su seguridad en los próximos años. La investigación abarca la identificación del estado actual de la matriz energética, la descripción de fuentes alternativas disponibles y el reconocimiento de estrategias para la transformación.

El estudio utiliza muestreo probabilístico y no probabilístico, permitiendo una evaluación completa de energías renovables y opiniones. Se recopila información a través de

observaciones, documentos, fuentes gubernamentales, cuestionarios y grupos focales, incluyendo entrevistas con figuras clave como el Presidente de la República.

Los datos se analizarán mediante técnicas estadísticas, análisis empírico y modelos estructurales. La metodología adoptada ofrece una visión integral y estructurada de los temas en análisis.

En conclusión, esta metodología se centra en un análisis multifacético de la transformación energética en Colombia, utilizando diversos métodos para entender desafíos y oportunidades. La estructura no solo contribuye académicamente, sino que ofrece una perspectiva técnica y realista sobre una problemática crucial para el país y el ambiente.

### **Análisis del estado actual de la matriz energética en Colombia**

El estado actual de la matriz energética en Colombia se caracteriza por su diversidad, aunque con una fuerte dependencia de la generación hidroeléctrica. Según datos suministrados por Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) de Colombia en diciembre de 2022, la capacidad instalada de generación en el Sistema Interconectado Nacional fue de 17.312 Megavatios (MW). De esta capacidad instalada, el 68,4% correspondió a generación hidráulica, casi el 30% a generación térmica (13,3% con Gas Natural, 7,8% con combustibles líquidos y 9,5% con carbón) y aproximadamente el 1 % con Fuentes no Convencionales de Energía Renovable (FNCER) (eólica, solar, y biomasa).

Esta alta dependencia del recurso hídrico hace al sistema eléctrico colombiano vulnerable ante escenarios de hidrología crítica, como el fenómeno de El Niño. Durante los períodos de normalidad hidrológica, la generación hidráulica está en capacidad de abastecer cerca del 85% de la demanda. Sin embargo, durante períodos secos, las fuentes de

generación térmica cubrieron casi el 50% de la demanda, incurriendo en altos costos de generación y mayores emisiones de gases efecto invernadero.

El Gobierno de Colombia (GdC) en los objetivos establecidos en la Ley 1715 de 2014, se ha comprometido a incorporar 1.500 MW de FNCER y se espera que estas fuentes representen entre el 13% y el 18% de la generación del sistema eléctrico al 2031.

Esta ley tiene como objetivo promover el desarrollo y la utilización de Fuentes No Convencionales de Energía, principalmente las de carácter renovable, en el Sistema Energético Nacional, como una de las opciones para mejorar la seguridad energética del país, reducir los impactos ambientales de la gestión energética y cumplir con los compromisos internacionales en materia de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

La Ley 1715 de 2014 establece un marco legal que incluye incentivos tributarios, arancelarios y aduaneros para promover la inversión en proyectos de energías renovables. Además, esta ley se complementa con otras regulaciones y decretos que buscan implementar y detallar los mecanismos para alcanzar los objetivos propuestos.

Además, el 26 de febrero de 2019, se realizó una subasta de Obligaciones de Energía en Firme (OEF), organizada por el Ministerio de Minas y Energía de Colombia, junto con la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), y se llevó a cabo en Bogotá donde se asignó energía firme por 164,33 GWh/día. La capacidad efectiva neta adicional para el Sistema en el 2022-2023 será de 4010 MW: 1240 MW térmicos, 1372 MW hidráulicos, 1160 MW eólicos y 238 MW solares. Esta es la primera vez que proyectos de FNCER resultan adjudicados en este tipo de subastas, compitiendo directamente con las fuentes de energía tradicional (hidro, gas, carbón y combustibles líquidos).

Como resultado de la subasta, la energía eólica y solar pasarán de representar menos del 1% del total de capacidad neta de generación a aproximadamente 6%. Sin embargo, hay que resaltar que la energía en firma ofertada por los proyectos de FNCER es menos del 20% de su capacidad instalada.

Esta subasta fue un hito importante en la política energética de Colombia, ya que fue la primera vez que proyectos de FNCER resultaron adjudicados en este tipo de subastas, compitiendo directamente con las fuentes de energía tradicional.

### **Composición de la matriz Energética de Colombia**

La matriz energética de Colombia se caracteriza por su diversidad, siendo el petróleo, el gas natural, el carbón y la energía hidroeléctrica sus principales componentes, el petróleo representa el 38% de la matriz, seguido por el gas natural (25%), el carbón (13%) y la energía hidroeléctrica (12%). (Cortés & Londoño, 2017, p. 25).

Colombia, por su riqueza en recursos hídricos, altos índices de pluviosidad y una topografía favorable, ha logrado que la energía hidroeléctrica juegue un papel especialmente importante en su sector eléctrico, representando más de dos tercios de la capacidad instalada y la generación eléctrica del país. En condiciones normales de hidrología, la generación hidráulica puede abastecer cerca del 85% de la demanda del país.

En cuanto a los combustibles fósiles, estos satisfacen la gran mayoría de las necesidades eléctricas restantes, complementadas con cantidades menores de energías renovables. Sin embargo, Colombia tiene planes de expandir su énfasis en las energías renovables en la próxima década, aumentando la capacidad instalada de otras fuentes renovables del 2% en 2018 al 21% en 2030, con el mayor crecimiento en la energía eólica terrestre.

Es importante destacar que, a pesar de su dependencia de los combustibles fósiles, Colombia ha establecido objetivos ambiciosos para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero. En Colombia se actualizó la Contribución Determinada a Nivel Nacional (CDN) de Colombia para reflejar una reducción del 51% en las emisiones de gases de efecto invernadero. Para cumplir sus objetivos de emisión de gases de efecto invernadero para el 2030, Colombia deberá promulgar políticas para acelerar la transición hacia la eliminación del carbón y de la fracturación hidráulica como también prevenir la deforestación, la cual representa el 16.68% de las emisiones totales en el país. A largo plazo, Colombia prevé alcanzar la neutralidad en emisiones para el 2050, convirtiéndose su CDN en uno de los más ambiciosos en América Latina y el Caribe. (Hernández, 2022, p.83)

### **Fuentes de energía alternas (no fósiles) en Colombia**

#### ***Energía Hidroeléctrica***

La energía hidroeléctrica en Colombia desempeña un papel crucial en la matriz energética del país, representando más del 60% de la producción energética total. Esta predominancia se debe a la topografía y ubicación geográfica de Colombia, que cuenta con una red fluvial extensa y caudalosa, ideal para la generación de energía hidroeléctrica.

Las tres hidroeléctricas más grandes del país, Guavio, San Carlos y Chivor, producen 3.490 MW, lo que representa casi el 32% de la energía producida en Colombia. A continuación, se presenta una tabla con las 10 principales hidroeléctricas de Colombia y su capacidad:

**Tabla No 1**

*Principales Hidroeléctricas de Colombia*

<b>Planta</b>	<b>Capacidad MW</b>	<b>Fecha de entrada</b>
Guavio	1,250.00	19/03/1993
San Carlos	1,240.00	20/01/1984
Chivor	1,000.00	23/05/1977
Sogamoso	819	20/12/2014
Porce Iii	700	09/02/2011
Pagua	600	01/12/1986
Guatapé	560	01/01/1972
Betania	540	01/11/1987
Guatrón	512	01/01/1966
Alban	429	15/12/2000
Porce Ii	405	08/04/2001
El Quimbo	396	16/11/2015

*Nota: Datos proporcionados por la firma XM, operador del Sistema Interconectado Nacional (SIN) y administrador del Mercado de Energía Mayorista de Colombia.*

A pesar de la capacidad de autoabastecimiento de energía hidroeléctrica de Colombia, la construcción de más hidroeléctricas se justifica por la demanda de energía de las grandes industrias, como Ecopetrol, Cerromatoso, Acerías Paz del Río, Cerrejón, Drummond, entre otras.

Sin embargo, la construcción de hidroeléctricas no está exenta de impactos ambientales y sociales. La creación de un gran embalse para alimentar la maquinaria de una hidroeléctrica puede generar un efecto barrera que impide la migración de los peces, fragmentando los ecosistemas, y puede llevar a la pérdida de capa vegetal y a la inundación de tierras cultivables. Además, las comunidades locales pueden verse desplazadas por la construcción de estas infraestructuras, como ocurrió en el municipio de Tierralta (Córdoba) con la construcción de la represa Urra I, que resultó en el desplazamiento de más de 34.000 personas y el abandono de más de 30.000 hectáreas, según cifras del gobierno nacional.

En este contexto, las comunidades en resistencia buscan alternativas a estos proyectos que solo buscan satisfacer la demanda de los grandes capitales. Las energías limpias renovables y de bajo costo pueden ser implementadas por las comunidades como una alternativa de autonomía enmarcada dentro de la defensa del territorio. Un ejemplo de esto es la pequeña central hidroeléctrica utilizada en el Corregimiento de Palmor en Ciénaga (Magdalena), que alimenta a más de 400 familias y que fue gestionada y construida por los mismos campesinos.

### ***Energía Solar***

La energía solar en Colombia ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, gracias a la ubicación geográfica del país, que se encuentra cerca del ecuador y recibe una alta radiación solar durante todo el año. Según el Plan de Energías Renovables 2050 de la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), se espera que la capacidad instalada de energía solar en Colombia alcance los 27 GW para 2050.

Colombia tiene un potencial solar significativo, con una radiación promedio diaria de 4.5 kWh/m<sup>2</sup>. La Península de la Guajira es la zona con la mayor cantidad de recurso

solar en la región, registrando una radiación de 6 kWh por metro cuadrado. Este potencial solar se traduce en una capacidad instalada de energía solar de 250 MW en 2018, con una proyección de crecimiento a 27 GW para 2050.

### ***Aplicación de Tecnologías Solares en el Entorno Corporativo***

Las empresas en Colombia están comenzando a adoptar la energía solar como una forma de reducir sus costos de energía y su huella de carbono. Para implementar un sistema de energía solar fotovoltaica en una empresa, se deben considerar varios factores. Primero, se debe realizar un diagnóstico para identificar si la empresa requiere un sistema de energía solar, cuáles son los horarios de mayor uso de energía y cuál es la curva de carga o consumo de energía de la empresa.

Una vez realizado este diagnóstico, se deben tener en cuenta las condiciones legales y de infraestructura para la instalación del sistema de energía solar. Esto incluye la obtención de los permisos necesarios, la evaluación de la capacidad de carga del techo del edificio y la disponibilidad de espacio para la instalación de los paneles solares.

### ***Proyectos de energía solar***

Celsia Solar Yumbo, este es el primer parque solar de gran escala en Colombia, ubicado en el Valle del Cauca. Con una capacidad de 9.8 MW, este proyecto consta de 35,000 paneles solares que generan aproximadamente 16 GWh de energía al año, suficiente para abastecer a 8,000 hogares (Celsia, 2017).

Granja Solar El Paso, ubicada en el departamento del Cesar, esta granja solar es la más grande de Colombia y una de las más grandes de América Latina. Con una capacidad de 86.2 MW, el proyecto consta de 250,000 paneles solares y genera aproximadamente 176 GWh de energía al año (Enel Green Power, 2018).

Granja Solar Castilla, Granja Solar Bosques de los Llanos, Granja Solar Pétalos de Córdoba, estos proyectos, ubicados en los departamentos de Meta y Córdoba, tienen capacidades que varían entre 1.96 MW y 8.8 MW, y se utilizan para abastecer a la industria petrolera en las regiones respectivas.

Planta solar flotante de Aquasol operada por Noria Energy, inaugurada en junio de 2023, se encuentra en la cuenca del río Sinú, en el embalse de la central hidroeléctrica Urrá, esta planta es la más grande de su tipo en Sudamérica y es operada por la empresa Noria Energy. Aquasol consta de un sistema de energía solar de 1,5 MW que flota en el embalse de la represa de Urrá, compuesta por más de 2.800 módulos solares, y se espera que produzca cerca de 2.400 MWh de energía en su primer año (Noria Energy, 2023). Tiene el potencial de evitar más de 1.540 toneladas de emisiones de dióxido de carbono cada año y generar más de US\$1,2 millones en ingresos adicionales de energía eléctrica durante 20 años. La misión de la iniciativa es demostrar que los proyectos hidroeléctricos pueden combinarse con la generación solar flotante para aumentar la confiabilidad energética y aumentar la producción, representando un paso importante en la transición de Colombia hacia una matriz energética más sostenible y diversificada (Noria Energy, 2023).

Como parte del proyecto piloto, Noria Energy ayudará a comparar la producción y la eficiencia de Aquasol con la de un sistema solar montado en tierra instalado en la costa. También utilizará los datos de Aquasol para diseñar y modelar sistemas a mayor escala para maximizar el potencial de generación de reservorios solares e hidroeléctricos flotantes.

Aquasol representa un avance significativo en la adopción de energías renovables en Colombia. Aunque no puede reemplazar completamente las energías fósiles en el corto plazo.

### ***Energía Geotérmica***

La energía geotérmica en Colombia, aunque aún en una etapa incipiente, presenta un potencial significativo para el desarrollo de proyectos de energía renovable. Colombia tiene una ubicación geográfica privilegiada para la explotación de esta fuente de energía, debido a su ubicación en el Cinturón de Fuego del Pacífico, una zona de alta actividad volcánica y sísmica.

Uno de los proyectos más destacados en este ámbito es el del Volcán Nevado del Ruiz, donde se ha identificado un potencial geotérmico de hasta 50 MW. Este proyecto, liderado por la (UPME), busca aprovechar el calor interno del volcán para generar electricidad.

Además, se están llevando a cabo estudios para identificar otros lugares con potencial geotérmico en el país. Según la UPME, se han identificado alrededor de 15 zonas con potencial geotérmico en Colombia, principalmente en los departamentos de Nariño, Tolima, Huila y Norte de Santander.

En cuanto a las proyecciones, se espera que la energía geotérmica juegue un papel cada vez más importante en la matriz energética de Colombia. Según el Plan Energético Nacional, se espera que para 2050, la energía geotérmica represente alrededor del 1% de la capacidad instalada de generación de energía en el país.

A pesar de este potencial, el desarrollo de la energía geotérmica en Colombia enfrenta varios desafíos. Entre ellos se incluyen la necesidad de una mayor inversión en investigación y desarrollo, la falta de una regulación clara y específica para este tipo de proyectos, y la necesidad de mitigar los posibles impactos ambientales y sociales de estos proyectos.

Volcán Nevado del Ruiz: Este volcán activo, ubicado en el Parque Nacional Natural Los Nevados, es uno de los sitios con mayor potencial geotérmico en Colombia. Se han realizado varios estudios para evaluar su potencial geotérmico y se han propuesto proyectos para la construcción de plantas de energía geotérmica.

Sistema Volcánico Tufiño-Chiles-Cerro Negro: Este sistema volcánico, ubicado en la frontera entre Colombia y Ecuador, también presenta un alto potencial geotérmico. Se han realizado estudios para evaluar su potencial y se han propuesto proyectos para la explotación de este recurso.

Área Geotérmica del Volcán Azufral: El volcán Azufral, ubicado en el departamento de Nariño, es otro sitio con potencial geotérmico. Se han realizado estudios para evaluar su potencial y se han propuesto proyectos para la explotación de este recurso.

Área Geotérmica de Paipa: Paipa, una ciudad en el departamento de Boyacá, es conocida por sus aguas termales. Se han realizado estudios para evaluar el potencial geotérmico de esta área y se han propuesto proyectos para la explotación de este recurso.

### ***Energía Eólica***

La energía eólica en Colombia ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, gracias a la ubicación geográfica del país y a las condiciones de viento favorables en varias regiones. Según el informe Energía solar y eólica en Colombia panorama y resumen de políticas 2022 de la Stockholm Environment Institute, se estima que el potencial de energía eólica y solar del país es de 30 GW y 32 GW, respectivamente, lo que supera la capacidad instalada actual de Colombia de 18,8 GW.

### ***Potencial Eólico***

La región de La Guajira es de particular interés, con recursos eólicos de clase mundial (velocidad media del viento de 9,8 m/s) y 18 GW del potencial eólico de Colombia. Sin embargo, este potencial ha permanecido en gran medida sin explotar, la capacidad instalada operativa del país en la energía solar ha sido de 290 MW y para la eólica de 18,4 MW, lo que representa el 1,5% y el 0,1% de la capacidad eléctrica, respectivamente.

### ***Proyecciones y Políticas***

En los próximos cinco años podría producirse un fuerte aumento de la capacidad solar y eólica. Si la capacidad ya aprobada entra efectivamente en funcionamiento, el porcentaje de energía solar y eólica en la matriz de capacidad eléctrica de Colombia aumentará hasta casi el 40% en 2027.

Colombia cuenta con un potencial de energía eólica y solar de alta calidad, y recientes actualizaciones normativas han establecido un sólido marco de incentivos. Sin embargo, a 2022, la capacidad instalada de energía solar y eólica representa tan solo alrededor del 1,5% de la matriz de capacidad eléctrica.

### ***Desafíos y Oportunidades***

El gran despliegue previsto de recursos eólicos y solares en Colombia puede utilizarse para impulsar la creación de empleo local, la igualdad de género y los beneficios para las comunidades locales y los pueblos indígenas. Esto requerirá marcos políticos más sólidos para evitar efectos negativos en estas áreas. Para todo ello se requiere inversión de medios suficientemente sofisticados en tecnología.

### ***Biomasa***

La biomasa en Colombia representa una oportunidad significativa para la generación de energía sostenible. Esta fuente de energía renovable se deriva de la materia orgánica, que puede ser utilizada como combustible. En Colombia, la biomasa se deriva de desechos agrícolas y forestales, incluyendo productos como la caña, el banano, el arroz, el café y los cereales; además, se pueden utilizar desechos urbanos y de animales. Según Finagro, la biomasa en Colombia representa alrededor del 17% de las fuentes disponibles para producir energía. (Finagro,2022, p.15)

### ***Beneficios de Utilizar Biomasa como Fuente de Energía en Colombia***

La aplicación de la biomasa en Colombia como medio para generar energía posee múltiples beneficios para la nación. Estos comprenden:

- Recursos energéticos renovables y constantes que minimizan la polución y no dañan la capa de ozono.
- Utilización de terrenos desocupados para prevenir la degradación y erosión del suelo.
- Empleo de desechos provenientes de diversas industrias.
- Estímulo para el surgimiento de trabajos en zonas rurales.
- Empleo de varias clases de biomasa en los sistemas de calefacción industrial.
- La energía puede ser hasta cuatro veces más asequible en costos.
- Promoción de la evolución de las ciudades hacia modelos de sostenibilidad.

### ***Proyectos de Biomasa en Colombia***

La recolección de aceite de cocina usado para la fabricación de biodiésel representa uno de los proyectos más destacados en el uso de biomasa en Colombia. Esta iniciativa, liderada por Manos Verdes, comenzó vinculando a hoteles, restaurantes y cafeterías en la gestión de residuos que afectaban al medio ambiente; y ahora, al incluir a los hogares, fortalece su liderazgo en la protección del entorno.

### ***Capacidad energética de la biomasa en el contexto colombiano***

En Colombia, la biomasa posee una gran capacidad como recurso energético, beneficiándose de la rica biodiversidad del territorio. Esta característica podría conducir a una matriz energética autosostenible a largo plazo, contribuyendo significativamente al crecimiento económico nacional; principalmente para generar energías sostenibles que cumplan con la demanda en aumento de las áreas urbanas. Los últimos estudios apuntan que la biomasa en Colombia tiene un gran potencial, con cultivos de caña de azúcar que producen aproximadamente 1,5 millones de toneladas anuales de bagazo, la cascarilla que desprende el trillado del arroz genera unas 457.000 toneladas al año, y el fruto de palma de aceite presenta grandes posibilidades en el desarrollo de la biomasa en Colombia para producir biodiesel.

La biomasa en Colombia facilita la planificación para cubrir las necesidades energéticas originadas por el uso doméstico e industrial. Asimismo, promueve avances tecnológicos para explotar los beneficios competitivos de nuestras fuentes de energía. La biomasa se presenta como una excelente opción frente a las fuentes de energía convencionales que causan alta contaminación, y constituye una posibilidad de inversión comercial sumamente interesante.

## **Horizontes Prometedores para la Transformación y Seguridad**

### **Energética de Colombia.**

#### **Energía Solar**

Representa un potencial significativo para impulsar la transformación energética en Colombia. Esta fuente de energía ofrece la posibilidad de generar energía de manera sostenible y segura, lo que podría ayudar a Colombia a garantizar su seguridad energética en el futuro.

Según un informe del mercado de energía solar de Colombia, se espera que el mercado de energía solar de Colombia registre una Tasa de Crecimiento Anual Compuesta (CAGR) de más del 10,5 % durante el período de pronóstico. El mercado creció alrededor de un 18,8 %, a pesar de los desafíos relacionados con la disponibilidad de mano de obra, la cadena de suministro y algunos otros. Los principales impulsores del mercado incluyen iniciativas gubernamentales como la medición neta para promover la energía renovable, reducir las emisiones de GEI y tener una forma de energía sostenible. Además, se espera que el mercado colombiano de energía solar aumente con el aumento de la demanda de electricidad, que se espera que se genere a partir de sus próximos proyectos de energía solar fotovoltaica en construcción.

El segmento solar fotovoltaico (PV) se espera que domine el mercado durante el período de pronóstico, debido a las mayores inversiones. Colombia tiene una radiación solar promedio alta debido a su ubicación en la zona ecuatorial. Esto ha creado enormes oportunidades para explotar la energía solar del área con el mejor recurso solar. El factor antes mencionado, combinado con recursos de energía solar y extensos proyectos solares,

brinda una oportunidad para el crecimiento del mercado de energía solar en Colombia, que se espera que cree una oportunidad para que el mercado crezca en un futuro cercano.

La planta solar de El Paso ha sido la planta solar más grande construida hasta la fecha en el país, con 86,2 MW de capacidad total. La instalación, ubicada en el departamento de Cesar en el norte de Colombia, representa por sí sola el 80% de la capacidad solar instalada del país. El Paso tiene el potencial de producir alrededor de 176 GWh cada año, cubriendo las necesidades energéticas anuales de aproximadamente 102.000 hogares colombianos, equivalentes a unas 400.000 personas, evitando la emisión anual de alrededor de 100.000 toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

El gobierno colombiano anterior, adjudicó 11 nuevos proyectos solares a gran escala, que se espera generen una inversión de alrededor de USD 875 millones y entren en operación en este año 2023.

La planta solar flotante 'Aquasol', ubicada en la Central Hidroeléctrica de Urrá I (CHU-I) en el departamento de Córdoba, es un hito en la generación de energía solar en Colombia. Este proyecto, el primero de su tipo en el país, tiene una capacidad instalada de 1,5 megavatios (MW). La planta se conecta a la casa de máquinas y alimenta parte de los consumos propios de la CHU-I.

El proyecto 'Aquasol' es un ejemplo de la diversificación de la matriz de generación de energía eléctrica en Colombia. La central hidroeléctrica está trabajando en la diversificación de su matriz de generación de energía eléctrica, y apuesta por las energías limpias y renovables para avanzar hacia un modelo de negocio sostenible, seguro y competitivo.

Los sistemas flotantes de paneles presentan un desempeño energético superior al 10% o 15%, frente a los sistemas tradicionales como los parques solares tierra o los techos fotovoltaicos, gracias a su cercanía con el agua, ya que les permite estar más refrigerados y aprovechan la mayor radiación que refleja el agua con respecto a la tierra.

El proyecto 'Aquasol' permite desarrollar líneas de estudio ambiental, energético y regulatorio, hace parte del laboratorio experimental de energía solar fotovoltaica que la empresa implementará próximamente, y en el ámbito comercial permitirá comparar la tecnología solar fotovoltaica flotante con la solar fotovoltaica sobre tierra (en energía anual generada).

En su montaje se utilizaron 5.600 paneles solares, que están apoyados en una estructura flotante. Además, cuenta con dispositivos de anclaje, sujeción en sitio, inversores, medición bidireccional y dispositivos de comunicaciones en tiempo real.

Este proyecto, además, ha permitido evaluar la posibilidad de construir una iniciativa de mayor tamaño y capacidad de generación. En su planeación se trazó el utilizar 1,7 hectáreas del gran embalse, para producir 1.500 kilovatios de esta energía limpia.

Fortalecer la energía solar en Colombia, especialmente a través de proyectos innovadores como 'Aquasol', puede tener múltiples beneficios. En primer lugar, puede contribuir a la diversificación de la matriz energética del país, reduciendo la dependencia de las fuentes de energía fósil y aumentando la resiliencia frente a las fluctuaciones de los precios de los combustibles fósiles. En segundo lugar, puede ayudar a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo a los esfuerzos de mitigación del cambio climático. En tercer lugar, puede generar oportunidades de empleo y desarrollo económico en las regiones donde se instalan las plantas solares.

Además, la energía solar puede desempeñar un papel importante en la electrificación de las zonas rurales y remotas del país, donde la conexión a la red eléctrica puede ser difícil o costosa. Las soluciones de energía solar descentralizadas, como los sistemas solares domésticos o las micro-redes solares, pueden proporcionar acceso a la electricidad a las comunidades rurales, mejorando la calidad de vida y creando oportunidades para el desarrollo económico local.

### ***Recomendaciones para el uso de energía solar en Colombia***

#### *Inversión en infraestructura solar*

Colombia debe continuar invirtiendo en la construcción de nuevas plantas solares y en la mejora de las existentes. Esto incluye tanto las plantas solares terrestres como las flotantes, como la planta 'Aguasol' en Urrá. La inversión en infraestructura solar también debe incluir la mejora de la red eléctrica para facilitar la integración de la energía solar.

#### *Promoción de la energía solar a nivel doméstico*

La promoción de la energía solar a nivel doméstico en Colombia es una propuesta viable y beneficiosa, tanto para el medio ambiente como para la economía de los hogares. La ubicación geográfica de Colombia, cercana al Ecuador, favorece la captación de energía solar, lo que se traduce en un potencial significativo para el desarrollo de proyectos de energía solar a pequeña escala.

Según la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), de las iniciativas radicadas, el 88.3% están relacionadas con energía solar, lo que representa un crecimiento del 32% de julio a noviembre de 2017. Se estima que para antes de 2030, cerca del 10% del consumo energético en Colombia provendrá de proyectos fotovoltaicos o solares.(UPME, 2022.)

La energía solar a nivel doméstico puede ser utilizada para diversas aplicaciones, como la iluminación, calefacción, y la carga de dispositivos electrónicos, entre otros. La energía solar también tiene el potencial de proporcionar electricidad en áreas alejadas y de acceso complicado donde no hay conexión a la red eléctrica.

En términos económicos, la energía solar puede generar ahorros significativos en las facturas de electricidad de los hogares. Aunque la inversión inicial para la instalación de paneles solares puede ser alta, los beneficios a largo plazo son considerables. Además, existen incentivos tributarios establecidos en la Ley 1715 del 2014 que favorecen la adopción de energías renovables.

En cuanto a la eficiencia, los paneles solares monocristalinos, hechos de un solo cristal de silicio, son los más eficientes en la producción de energía. Sin embargo, los paneles policristalinos, que se basan en secciones de una barra de silicio estructurada desordenadamente en forma de pequeños cristales, son menos eficientes, pero más económicos.

#### *Investigación y desarrollo*

Colombia debe invertir en investigación y desarrollo en el campo de la energía solar. Esto puede incluir la investigación en nuevas tecnologías solares, así como en la mejora de las tecnologías existentes.

#### *Formación y educación*

Es crucial que Colombia invierta en la formación de personal capacitado en el campo de la energía solar. Esto puede incluir la formación de ingenieros y técnicos, así como la educación del público en general sobre los beneficios de la energía solar.

#### *Marco regulatorio favorable*

Para facilitar el desarrollo de la energía solar, Colombia necesita un marco regulatorio que sea favorable a esta fuente de energía. Esto puede incluir políticas que promuevan la inversión en energía solar, así como regulaciones que faciliten la integración de la energía solar en la red eléctrica.

En cuanto a la capacidad de la energía solar para reemplazar las fuentes de energía fósil, esto dependerá en gran medida de la cantidad de inversión en infraestructura solar y de la capacidad de la red eléctrica para integrar la energía solar. Sin embargo, dado el alto potencial de la energía solar en Colombia, es posible que la energía solar pueda reemplazar una parte significativa de la energía generada por fuentes de energía fósil, especialmente en las zonas rurales y remotas del país.

La transición hacia la energía solar ofrece ventajas como la disminución de las emisiones de gases que contribuyen al efecto invernadero, el fortalecimiento de la seguridad en el suministro energético y la generación de trabajos en el ámbito de las energías limpias. Asimismo, la adopción de la energía solar en Colombia puede ser un medio eficaz para alcanzar los objetivos internacionales relacionados con el cambio climático y la sostenibilidad.

### **Hidrogeno Verde**

Constituye una modalidad de energía que se inscribe dentro de los esfuerzos contemporáneos por alcanzar una transición energética hacia fuentes más limpias y sostenibles. Su denominación "verde" proviene de su proceso de producción, que se distingue por ser libre de emisiones de gases de efecto invernadero, en contraposición al hidrógeno obtenido a partir de métodos convencionales que emplean combustibles fósiles.

La producción de hidrógeno verde se lleva a cabo mediante la electrólisis del agua, un proceso electroquímico que descompone las moléculas de agua (H<sub>2</sub>O) en sus componentes constituyentes, hidrógeno (H<sub>2</sub>) y oxígeno (O<sub>2</sub>), utilizando una corriente eléctrica. Lo que caracteriza y define al hidrógeno verde es que la electricidad empleada en este proceso proviene exclusivamente de fuentes de energía renovable, tales como la solar, eólica o hidroeléctrica.

Este método de producción se alinea con los principios de sostenibilidad y mitigación del cambio climático, ya que no genera emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) ni otros contaminantes asociados con la quema de combustibles fósiles. Además, el hidrógeno verde puede ser almacenado y transportado para su uso en una variedad de aplicaciones, desde la generación de energía hasta el transporte y la industria, ofreciendo así una alternativa versátil y respetuosa con el medio ambiente.

En el contexto de una economía global en transición hacia una mayor eficiencia energética y reducción de la huella de carbono, el hidrógeno verde se presenta como una tecnología emergente con un potencial significativo para contribuir a la descarbonización de diversos sectores. Su desarrollo y adopción requieren, sin embargo, una consideración cuidadosa de los desafíos tecnológicos, económicos y regulatorios, así como una visión estratégica y un compromiso a largo plazo por parte de los actores gubernamentales, industriales y académicos.

El potencial del hidrógeno verde en Colombia se manifiesta en una confluencia de factores geográficos, climáticos, tecnológicos y políticos que configuran un entorno favorable para su desarrollo y aplicación. Colombia se encuentra en una posición geográfica privilegiada que le confiere acceso a una diversidad de recursos renovables,

esenciales para la producción de hidrógeno verde. La ubicación cercana al ecuador y la variabilidad climática permiten una irradiación solar promedio alta en diversas regiones del país, ofreciendo una fuente constante de energía para la electrólisis.

La topografía y los patrones climáticos de Colombia favorecen la existencia de corredores eólicos, especialmente en áreas como La Guajira, donde los vientos son consistentes y fuertes, así mismo la abundancia de ríos y cuencas hidrográficas facilita el acceso al agua, un insumo esencial en la producción de hidrógeno verde.

### ***Situación Actual en Colombia en Hidrogeno Verde***

Colombia, en su camino hacia la transición energética, ha identificado el hidrógeno verde como una de las alternativas clave para fortalecer las fuentes renovables en el país. Esta transición se enmarca en un contexto global de búsqueda de sostenibilidad y reducción de la dependencia de los combustibles fósiles como lo hemos visto anteriormente.

El hidrógeno verde, producido mediante electrólisis alimentada por energías renovables como la solar y eólica, ofrece una solución limpia y sostenible. Colombia, con su riqueza en recursos naturales, presenta un escenario propicio para el desarrollo de esta tecnología. La región de La Guajira, por ejemplo, con su abundante recurso eólico y solar, ha sido identificada como un lugar estratégico para la producción de hidrógeno verde.

El Gobierno colombiano ha mostrado un compromiso con la promoción del hidrógeno verde, trabajando en una hoja de ruta que define los objetivos y estrategias necesarios para su desarrollo y adopción. Esta hoja de ruta busca identificar oportunidades, desafíos y acciones necesarias para promover el hidrógeno verde en diversos sectores, incluyendo el transporte y la industria.

Sin embargo, la implementación del hidrógeno verde en Colombia enfrenta varios desafíos. La tecnología para la producción de hidrógeno verde aún está en desarrollo, y los costos asociados pueden ser una barrera significativa. Además, la falta de un marco regulatorio claro y específico puede obstaculizar el desarrollo de esta fuente de energía en el país.

A pesar de estos desafíos, Colombia ha buscado colaboraciones con países líderes en tecnología de hidrógeno y ha invertido en investigación y desarrollo. La colaboración entre la academia, la industria y el gobierno es vital para impulsar la investigación y el desarrollo en tecnologías de hidrógeno.

En Colombia ya se adelantan proyectos actualmente, quien lleva un gran avance en el tema de la producción de Hidrogeno verde es la Asociación de Hidrogeno Colombia cuya directora es la Dra Mónica Gasca, la Asociación Colombiana de Hidrógeno, también conocida como Hidrógeno Colombia, es el gremio promotor del desarrollo del hidrógeno como vector energético. Esta asociación juega un papel crucial en la promoción y el desarrollo de la tecnología del hidrógeno en el país.

Esta asociación, tiene como objetivo principal promover el desarrollo del hidrógeno como vector energético. Para lograr este objetivo, la asociación realiza una serie de funciones, entre las que se incluyen:

**Promoción de la Tecnología del Hidrógeno:** La asociación trabaja para promover la adopción y el desarrollo de la tecnología del hidrógeno. Esto incluye la promoción de la investigación y el desarrollo en este campo, así como la difusión de información sobre los beneficios y las aplicaciones del hidrógeno.

**Colaboración con Empresas y Aliados Estratégicos:** La asociación colabora con una serie de empresas y aliados estratégicos para promover el desarrollo del hidrógeno. Estos aliados pueden incluir empresas de energía, instituciones de investigación y otros actores relevantes en el campo de la energía.

**Organización de Eventos y Conferencias:** La asociación organiza eventos y conferencias para promover la discusión y el intercambio de ideas sobre el hidrógeno y su potencial como vector energético.

### ***Proyectos y Actividades Recientes***

La Asociación Colombiana de Hidrógeno, ha estado involucrada en una serie de proyectos y actividades para promover el desarrollo del hidrógeno. Entre estas actividades se incluyen la organización del Congreso Colombiano de Hidrógeno y reuniones con la Ministra de Minas y Energía, Irene Vélez, para discutir el papel del hidrógeno en la transición energética de Colombia.

Otro proyecto actual en Colombia fue el lanzamiento del primer autobús de hidrógeno verde, esto representa un hito significativo en la transición energética del país. Este autobús, que funciona con hidrógeno producido a partir de fuentes renovables, emite solo vapor de agua, lo que lo convierte en una solución de transporte cero emisiones.

El proyecto es una demostración de cómo el hidrógeno verde puede ser utilizado en la práctica, proporcionando un ejemplo tangible de las posibilidades de esta forma de energía. Además, el autobús sirve como un estudio de caso para la infraestructura necesaria para soportar el uso del hidrógeno verde, incluyendo la producción, almacenamiento y distribución del hidrógeno.

El éxito de este proyecto podría tener implicaciones significativas para la transición energética. Si el autobús de hidrógeno verde puede operar de manera eficiente y confiable, podría proporcionar un modelo para la expansión de esta tecnología en otros sectores del transporte. Esto podría contribuir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector del transporte, que es una fuente significativa de estas emisiones.

Además, el proyecto del autobús de hidrógeno verde podría ayudar a estimular el desarrollo de la industria del hidrógeno verde aquí en Colombia. Esto podría generar oportunidades económicas, incluyendo la creación de empleo en la producción y distribución de hidrógeno.

Es importante destacar que, este proyecto del autobús de hidrógeno verde es prometedor, es verdad que requiere demasiada inversión, pero también es cierto que este es un claro ejemplo de cómo podríamos reemplazar las energías fósiles en primera instancia en el sector transporte.

Al embarcarse en una transformación energética exitosa, Colombia no solo asegura su propia seguridad energética, sino que también se posiciona como líder regional en sostenibilidad. Contribuir a los objetivos de desarrollo sostenible y reducción de emisiones fortalece la imagen internacional del país y su compromiso con un futuro más limpio.

## **Conclusiones**

Colombia está en posición de emprender un proceso de transformación energética que asegure su seguridad en los años venideros, a través de una estrategia multidimensional. La geopolítica desempeña un papel crucial al alinear intereses nacionales e internacionales, fomentar la cooperación internacional y promover tecnologías emergentes como el hidrógeno verde. La diversificación de la matriz energética, que incluye la promoción de fuentes renovables como la solar, eólica e hidroeléctrica, así como la exploración de tecnologías innovadoras, resulta esencial. La colaboración entre el sector público y privado, la inversión en investigación y desarrollo, y la implementación de políticas propicias son pilares fundamentales para este proceso.

Colombia ostenta un potencial significativo en energías renovables, particularmente en energía solar e hidroeléctrica. Inversiones en proyectos como la planta solar flotante Aquasol y el desarrollo de tecnologías de hidrógeno verde reflejan un creciente compromiso con la sostenibilidad. No obstante, la transición completa requiere inversiones más amplias, mejor infraestructura y políticas de apoyo más sólidas.

La innovación en tecnologías como el hidrógeno verde y la colaboración entre el gobierno, la industria y la academia son vitales para el éxito de la transformación energética en Colombia. Proyectos como el primer autobús de hidrógeno verde demuestran la importancia de la experimentación y la cooperación en la búsqueda de soluciones energéticas sostenibles.

La transformación energética en Colombia se presenta como un proceso complejo y multifacético que demanda una estrategia coordinada y holística. La diversificación de la

**Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”**

Bogotá D.C., Colombia

matriz energética, la promoción de tecnologías limpias, la inversión en investigación y desarrollo, así como la colaboración entre diversos actores, son elementos esenciales para salvaguardar la seguridad energética del país en el futuro. La geopolítica, como marco de referencia, provee una perspectiva valiosa para comprender y navegar las dinámicas globales y regionales que impactan este proceso. Una transición exitosa hacia una matriz energética sostenible situará a Colombia como líder regional y contribuirá a sus metas de desarrollo sostenible y reducción de emisiones.

## **Referencias**

Arboleda G. Revista universidad Eafit - energías renovables (2022) “Colombia entra a la era de la transición energética”

<https://www.eafit.edu.co/investigacion/noticias/Paginas/colombia-entro-en-la-era-de-la-transicion-energetica.aspx>

Antonitz P. (2019) “el problema energético mundial energías renovables”

Corredor, G. (2018). “Colombia y la transición energética”. Ciencia Política.

Colino Martínez, Antonio “Historia, energía e hidrógeno, discurso en la recepción pública en la real academia ingeniería,(2004)

Cespa (2003) “investigación de la fusión nuclear, una alternativa con la promesa de energía inagotable que atrae a los inversores”, Fusión nuclear limpia, e inagotable Juntos por un planeta sostenible.

Departamento nacional de Planeación – (2020) Aprobado CONPES de Transición Energética que consolidará el proceso hacia un desarrollo y crecimiento económico sostenible. “Pilares de la transición energética”

Enel (2022), revista investigativa “transición energética de Colombia”  
<https://www.enelx.com/co/es/quienes-somos>

Enrique Lef ( ) “La Geopolítica de la Biodiversidad y el Desarrollo Sustentable: economización del mundo, racionalidad ambiental y reapropiación social de la naturaleza” investigación Globalización Económica y Capitalización de la Naturaleza

Fernández E.(2010) “crisis ambiental y cambio climático en la política global: un tema crecientemente complejo para América Latina” Doctor en Estudios Americanos. Investigador del Instituto de Estudios Avanzados de la USACH. Especialista en Pensamiento Político, Época Moderna y Contemporánea. Chile.

García A. – Bióloga (2019) Impacto ambiental del petróleo y el gas natural Ecología verde

García J. Uned (2014) Revista De economía mundial “A methodological proposal to Quantify the Geopolitical Dimension Of Energy Security”

**Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”**  
Bogotá D.C., Colombia

<https://www.larepublica.co/globoeconomia/colombia-es-el-tercer-pais-de-la-region-que-mas-ha-avanzado-en-la-transicion-energetica-3483686>.

Iturralde L (2021) “La eficiencia energética y la competitividad empresarial en América del norte” Universidad y Sociedad vol.13 no.5 Cienfuegos sept.-oct. 2021 Epub 02-Oct-2021.

Metropolitana valle de aburra (2022) “Energías renovables y su diversificación” futuro sostenible por una Colombia más humana

Méndez M(2007) “El impacto social del Cambio Climático”: Universidad Carlos III de Madrid Departamento de Ciencia Política y Sociología.

Medio Ambiente y alternativas energéticas sostenibles, fundación general de la universidad Complutense de Madrid, (2004)

S.f (Portafolio) “energías renovables la apuesta que debe hacer el país” Portafolio sección – y estudio

Casallas Buitrago, C. E. (2019). Portafolio de generación de energía eléctrica para Colombia en el periodo (2017-2019).

Guzmán Valencia, A. Propuesta de una Unidad de Negocio para la Venta de Energía Eléctrica derivada de Fuentes Renovables.

Barrera Doncel, A. L. (2019). Análisis de aspectos regulatorios para cada eslabón de la Cadena Energética Colombiana.

Cortés, S., & Londoño, A. A. (2017). Energías renovables en Colombia: una aproximación desde la economía. *Revista Ciencias Estratégicas*, 25(38), 375-390.

Hernández, b. 4. la modernización del acuerdo de asociación ue-chile: el fortalecimiento de una alianza para la inclusión social y la sustentabilidad ambiental. *unión europea, américa latina y el caribe: cartografía de los acuerdos de asociación*, 83.

**Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”**  
Bogotá D.C., Colombia

Pérez-Arriaga, J. I., Jenkins, J. D., & Batlle, C. (2019). A Regulatory Framework for an Evolving Electricity Sector: Highlights of the MIT Utility of the Future Study. *Energy Policy*, 105, 585-601.

<https://www.celsia.com/es/noticias/empezo-a-generar-energia-celsia-solar-yumbo-primer-granja-fotovoltaica-de-colombia/>

<https://www.enelgreenpower.com/es/historias/articles/2018/12/de-2018-a-2050-futuro-sostenible-con-energias-renovables-egp>

<https://noriaenergy.com>