

Análisis de las energías renovables en Colombia: evolución, desafíos y oportunidades
desde la práctica universitaria en Enel Colombia

Juan Pablo Acevedo Lozano

Trabajo de Grado para Optar el Título de Economista

Director

Josefa Ramoni Perazzi

Doctora en Economía

Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ciencias Humanas
Escuela de Economía y Administración
Bucaramanga
2026

Dedicatoria

Para mi padre, que me acompaña desde el cielo, y para mi madre, a quien deseo tener muchos años más a mi lado.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	8
1. Planteamiento del problema.....	11
2. Objetivo y justificación de la intervención/diagnóstico.....	12
2.1 Objetivo General.....	12
2.2 Objetivos Específicos.....	12
2.3 Justificación	13
3. Alcance de la práctica	14
4. Caracterización de la entidad	15
5. Marco teórico	16
6. Metodología	19
7. Resultados.....	20
7.1 Marco legislativo de las energías renovables en Colombia.....	20
7.2 Planes nacionales de desarrollo y transición energética en Colombia.....	22
7.3 Mercado energético nacional y papel de las empresas	24
7.4 Matriz energética de Colombia 2000-2024.....	27
7.5 Demanda energética del país	29
7.6 Análisis de producción regional.....	30
8. Soluciones planteadas	31
9. Conclusiones	33
Referencias Bibliográficas	35

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Participación de los agentes generadores en 2022, 2023 y 2024</i>	25

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. <i>Composición de la generación eléctrica en Colombia para el año 2024</i>	12
Figura 2. <i>Línea de tiempo de generación eléctrica en Colombia 2000-2024</i>	27
Figura 3. <i>Línea de tiempo demanda energética 2000-2024</i>	30
Figura 4. <i>Energías renovables per cápita en América Latina 2000-2024</i>	31

Resumen

Título: Análisis de las energías renovables en Colombia: evolución, desafíos y oportunidades desde la práctica universitaria en Enel Colombia*

Autor: Juan Pablo Acevedo Lozano**

Palabras Clave: Energía renovable, Políticas, Matriz eléctrica.

Descripción: Para el presente trabajo se analizó la evolución de las energías renovables en Colombia entre 2000 y 2024, identificando los principales desafíos y oportunidades de la transición energética. Se revisó el marco legislativo nacional, incluyendo la Ley 1715 de 2014 y la Ley 2099 de 2021, así como los planes de desarrollo que han orientado la política energética en la última década. Mediante un enfoque cualitativo y cuantitativo, se examinó la composición de la matriz eléctrica, la demanda energética y las barreras regulatorias, financieras y sociales que han limitado la penetración de fuentes no convencionales como la solar y la eólica. El estudio compara el desempeño colombiano con países de la región, como Chile y Brasil, que han avanzado en la diversificación de su matriz energética. Asimismo, se destaca el papel de empresas como Enel en la promoción de proyectos renovables y en la construcción de indicadores de sostenibilidad. Los resultados muestran una alta dependencia de la generación hidroeléctrica y una baja participación de energías no convencionales, lo que evidencia la necesidad de fortalecer políticas públicas, mecanismos de financiamiento y participación comunitaria para lograr una transición energética justa y sostenible.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ciencias Humanas. Escuela de Economía. Director: Josefa Ramoni Perazzi. Doctora en Economía.

Abstract

Title: Analysis of Renewable Energies in Colombia: Evolution, Challenges, and Opportunities from the University Internship Experience at Enel Colombia *

Author: Juan Pablo Acevedo Lozano **

Key Words: Renewable energy, Policies, Power matrix.

Description: This thesis analyzes the evolution of renewable energies in Colombia between 2000 and 2024, identifying the main challenges and opportunities of the country's energy transition. The study reviews the national legislative framework, including Law 1715 of 2014 and Law 2099 of 2021, as well as the national development plans that have guided energy policy over the last decade. Using a qualitative and quantitative approach, the research examines the composition of the electricity matrix, energy demand, and the regulatory, financial, and social barriers that have limited the penetration of non-conventional sources such as solar and wind power. The analysis compares Colombia's performance with other countries in the region, such as Chile and Brazil, which have made significant progress in diversifying their energy matrices. In addition, the role of companies such as Enel is highlighted in promoting renewable projects and building sustainability indicators that allow for the evaluation of economic, social, and environmental impacts. The results reveal a strong dependence on hydroelectric generation and a low participation of non-conventional renewable energies, which underscores the need to strengthen public policies, financing mechanisms, and community participation to achieve a fair and sustainable energy transition.

* Degree Work

** Human Science Faculty. Economics School. Director: Josefa Ramoni Perazzi. Ph.D. in Economics.

Introducción

Uno de los puntos clave del Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 y de la agenda mundial, como la COP28, es el cambio energético, entendido como la transición y adaptación a energías renovables, para que pasen de no convencionales a convencionales en su uso en la matriz energética nacional.

Pero lo cierto es que estas iniciativas no son las primeras en aplicarse al cambio energético. Tenemos, por ejemplo, la Ley 2099 de 2021 en Colombia, que busca promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, o los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) promovidos por la ONU en el 2015, entre los que se encuentran el acceso a la energía limpia y la toma de medidas respecto al cambio climático. En términos más recientes, encontramos un fuerte enfoque nacional sobre el cuidado ambiental, descarbonización y el uso de energías limpias, reflejado en los planes nacionales de desarrollo de los últimos 10 años, en los cuales se empiezan a tratar temas tales como la diversificación energética, la conservación ambiental y la promoción de energías renovables no convencionales, buscando encaminar los planes de política pública con los convenios climáticos internacionales.

En materia energética, la principal fuente eléctrica en Colombia es la hidroeléctrica, que representa cerca de 2/3 de la producción eléctrica total. Aunque esto supone un resultado positivo, es necesario revisar el desarrollo y desempeño de las demás energías renovables en el país ya que, como demuestran los datos de la International Energy Agency (IEA, 2025) y de EMBER (2024), empresas que recogen y publican información de la producción y el consumo energético para acelerar la transición energética global, indican que la producción solar y eólica suponen juntas menos del 6% de la matriz energética del país, lo que sorprende por el gran potencial energético que podrían tener para la nación, especialmente en zonas como la Guajira,

que presenta amplios espacios aprovechables para la generación de energía solar o eólica, lo que se traduciría no solo en la diversificación de la matriz energética sino también inversión para la región. Las cuales podrían constituirse como motores de desarrollo a medida que desplazan aún más el consumo nacional de fuentes derivadas de combustibles fósiles, a la vez que se protege la capacidad energética del país frente a situaciones climáticas anormales que pueden producir la disminución de los embalses y con ello provocar una caída de la producción hidroeléctrica, como la experimentada durante la sequía del año 2024.

Por ello, en la presente investigación se revisó el contexto legal en materia de energías renovables presentes tanto en planes nacionales de desarrollo como en leyes y decretos que los influyen, mostrando un enfoque hacia la transición energética en la última década, principalmente con la Ley 1715 de 2014 que establece incentivos para la transición energética y otros proyectos como el de comunidades energéticas, con lo que se busca atraer inversión para establecer más infraestructura energética, que, sin embargo no han logrado impactar significativamente en términos de un mayor uso de fuentes no convencionales. Esto se evidencia en la evolución de la matriz energética nacional, que, con la información disponible en fuentes como XM, EMBER y la UPME, permite evidenciar un incremento del uso de fuentes hídricas para lo corrido del siglo XXI, que se sustenta con proyectos de las grandes empresas generadoras como son EPM y Enel, con proyectos como Hidroitungo que han fortalecido la capacidad energética del país, pero con poca penetración de fuentes como son la solar o eólica, siendo el uso de gas o carbón fuentes de mayor uso para la generación de electricidad. Estos resultados se amplían aún más al comparar el desempeño del país frente a otras economías de América Latina como son Chile o Brasil, las cuales han tenido resultados favorables en la diversificación de su

matriz energética durante los últimos años, revelando una brecha que enfrenta la nación frente a otras economías de la región y que las políticas energéticas no han logrado cerrar.

Metodológicamente, se empleó un enfoque cualitativo y cuantitativo que incluyó el análisis de la composición de la matriz energética, la evolución de la demanda eléctrica y la identificación de barreras regulatorias, financieras y sociales que han limitado la penetración de fuentes no convencionales.

Parte de las limitaciones encontradas obedece a una ineficiencia en términos jurídicos y fiscales, presente en la demora en la obtención de licencias ambientales o en los largos tiempos de concertación con los operadores de transmisión, lo que entorpece y retrasa la concertación de varios proyectos, haciendo que los tiempos de ejecución sean más prolongados o se suspendan directamente.

De manera preliminar, podemos decir que la matriz colombiana continúa dependiendo de la generación hidroeléctrica, con una baja participación de la energía solar y eólica, lo que se aleja de los resultados de otras economías latinoamericanas. Adicionalmente, pese a las políticas públicas que han surgido, existe una brecha entre lo planificado y lo ejecutado, con dificultades administrativas que limitan el impacto que las empresas energéticas podrían tener en la diversificación del país.

El presente trabajo se estructura de la siguiente manera. Después de esta introducción, planteamiento del problema, objetivos y justificación, se revisan los hitos legislativos más importantes de nuestra nación en materia de producción energética renovable, seguidos de una explicación del mercado energético y del papel que desempeñan las empresas generadoras en él. Posteriormente, se revisa la evolución de la matriz energética para el periodo de estudio, así como la demanda eléctrica; se compara el desarrollo de las energías renovables en otros países

de la región y se proponen algunas soluciones a los problemas hallados. El documento cierra con las conclusiones.

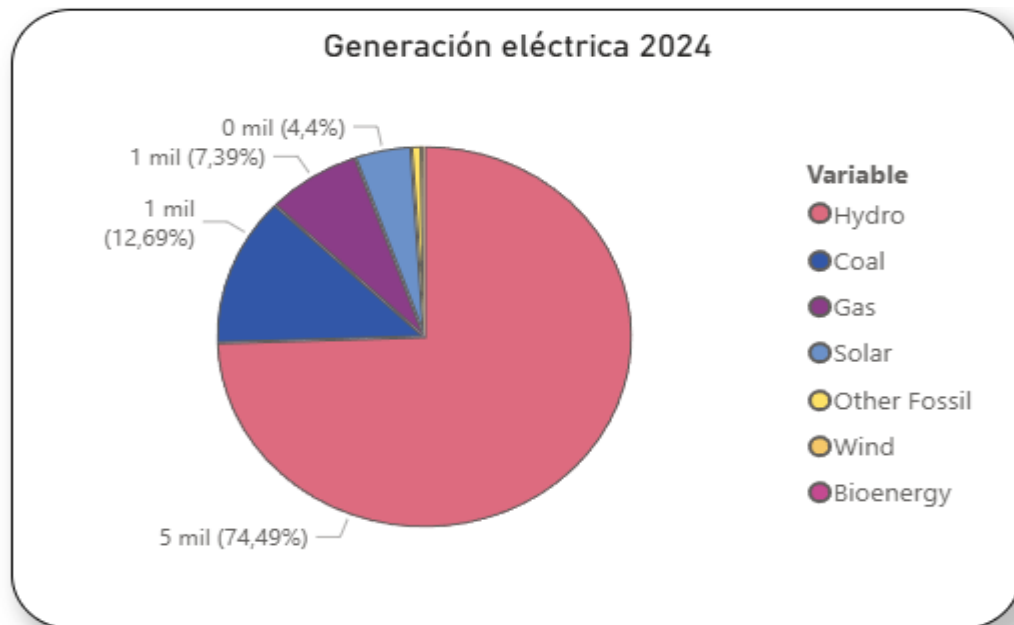
1. Planteamiento del problema

La matriz energética colombiana se caracteriza por una marcada dependencia de la generación hídrica, como muestra la Figura 1. En el año 2024, la fuente hídrica representó aproximadamente el 74% de la producción eléctrica nacional. Esto se traduce en un aporte significativo de energía proveniente de fuentes renovables, pero también expone al país a una alta vulnerabilidad ante fenómenos climáticos que afecten directamente la disponibilidad de caudales y de embalses. Además de que, en episodios climáticos adversos que generan inestabilidad en el suministro de agua, el país se ve obligado a reemplazar la generación hidroeléctrica por fuentes fósiles, como el gas y el carbón. La utilización de estos recursos no solo se contradice con las políticas de transición energética, sino que puede acarrear mayores costos en la generación eléctrica.

Por otra parte, las fuentes renovables no convencionales representan, en conjunto, menos del 6% de la matriz, lo que evidencia el rezago en términos de diversificación energética que enfrenta el país. Este contexto, sumado a la creciente demanda eléctrica, pone en riesgo la seguridad energética del país y vuelve aún más apremiante incorporar alternativas energéticas de origen renovable que garanticen la sostenibilidad, la estabilidad y la competitividad del sistema eléctrico frente a desafíos ambientales y económicos. Ante este escenario, resulta pertinente conocer el desarrollo histórico de las energías renovables en Colombia en los últimos años e indagar en su potencial de desarrollo futuro.

Figura 1.

Composición de la generación eléctrica en Colombia para el año 2024.



Nota. Elaboración propia con datos de Ember

2. Objetivo y justificación de la intervención/diagnóstico

2.1 Objetivo General

Analizar el desarrollo histórico de las energías renovables en Colombia durante el periodo 2000 – 2024 y su potencial de desarrollo futuro.

2.2 Objetivos Específicos

- Describir la evolución de la producción hidroeléctrica en Colombia desde finales del siglo XX, indicando sus principales retos y logros durante el periodo de estudio.

- Analizar el papel que las energías renovables no convencionales han desempeñado en la matriz energética colombiana y su grado de avance.
- Evaluar las políticas en materia de transición energética, considerando el impacto que hubieran tenido en la diversificación de la matriz.
- Comparar el desempeño nacional frente a los países de la región, en términos de implementación de energías renovables.
- Analizar el papel que desempeñan empresas como Enel en la promoción de las energías renovables en Colombia.

2.3 Justificación

Las acciones contra el cambio climático han ido obteniendo cada vez mayor visibilidad en el entorno internacional, lo que ha abierto oportunidades para el desarrollo regional, el mejoramiento de la sostenibilidad energética y un aumento de la financiación en regiones con capacidad de ampliación energética. Por ello, se hace relevante analizar qué medidas ha tomado nuestra nación frente al cambio energético, qué logros y desafíos se han presentado y qué posibles acciones pueden tomarse en vista del futuro para impulsar y promover el cambio energético.

Esto resulta especialmente relevante durante mis prácticas en Enel, ya que es una de las empresas líderes en energías renovables en el continente, con una gran inversión en la transición energética de los países latinoamericanos.

3. Alcance de la práctica

Enel abre vacantes de prácticas semestralmente para diferentes áreas dentro de la empresa, esto con el fin de que estudiantes de múltiples ramas del conocimiento puedan desarrollar experiencia en su campo con una empresa líder del sector energético. Dentro de las prácticas se brinda apoyo al departamento de planning and reporting el cual se encarga del análisis de la información interna de la compañía para poder generar reportes que faciliten la toma de decisiones.

Las funciones específicas de la práctica son:

- Realizar revisión y actualización de los informes periódicos que publica el área, correspondientes al presupuesto, sostenibilidad y seguimiento del personal.
- Garantizar la integridad de las fuentes de datos que se emplean en el área, corrigiendo posibles inconsistencias y datos atípicos.
- Construcción de dashboard y reportes para evaluar el impacto económico y social, según las necesidades de la empresa.
- Apoyar la automatización de reportes periódicos para facilitar y agilizar la toma de decisiones.
- Analizar los indicadores económicos entregados por el área para poder hallar posibles sobrecostos o subejecuciones y tomar medidas correctivas en cada caso.

Mi trabajo de grado también abre la oportunidad para construir indicadores de sostenibilidad y transición energética para los reportes de la compañía, que permitan dar seguimiento al impacto en términos no solo económicos sino sociales y ambientales de las inversiones energéticas de la compañía.

4. Caracterización de la entidad

El grupo Enel es una empresa multinacional del sector energético y un operador integrado líder en los mercados mundiales de electricidad y gas, con cerca de 60.000 empleados de diferentes culturas y experiencias.

Enel lleva a cabo operaciones en 28 países de los 5 continentes, gestionando más de 87,2 GW de capacidad instalada neta en generación eléctrica y distribuyendo electricidad y gas a través de una red de 1,9 millones de kilómetros.

Cuenta con cerca de 68,5 millones de usuarios en todo el mundo y la mayor base de clientes minoristas entre sus competidores. Es una de las principales empresas eléctricas por capacidad instalada, con un EBITDA ordinario de 22.800 millones de euros. Actualmente, el Grupo Enel es uno de los principales productores de energía limpia del mundo con un gran compromiso en relación con las fuentes de energía renovable, junto con la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías ecológicas a través de Enel Green Power. En Colombia posee 17 plantas operativas y 2 en construcción que generan energía hidroeléctrica y solar principalmente.

En América Latina, el Grupo Enel opera en el sector de generación de energía en Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Guatemala y Panamá. En el sector de distribución, está presente en los estados brasileños de Ceará, Río de Janeiro, San Paulo y Goiás con más de 17 millones de clientes y en tres de las principales ciudades de Sudamérica: Bogotá, Buenos Aires y Santiago de Chile. (Enel Colombia, 2025, sección “Grupo Enel”)

5. Marco teórico

La transición energética, entendida como el proceso de transformación integral que busca sustituir progresivamente los combustibles fósiles por fuentes de energía renovable no convencionales (UPME), surgió inicialmente como un mecanismo para limitar los daños provocados por los gases de efecto invernadero, el aumento de la temperatura global y sus impactos ambientales. Con el tiempo, y a medida que se profundizaron los estudios sobre desarrollo sostenible, esta transición dejó de ser únicamente una respuesta a un problema ambiental para convertirse en una oportunidad de innovación y desarrollo capaz de generar beneficios regionales.

En este contexto, resulta clave comprender cómo se producen los cambios necesarios para avanzar hacia un nuevo modelo energético. Geels, Kern y Clark (2023) proponen el enfoque de las transiciones sociotécnicas, conocido como Multi Level Perspective (MLP). Según este modelo, las transformaciones tecnológicas no ocurren de manera aislada, sino que interactúan en tres niveles: los nichos de innovación, en los que surgen nuevas tecnologías; los regímenes socio técnicos, que sostienen el sistema dominante a través de instituciones, empresas y hábitos de consumo; y el paisaje socio económico, que incluye factores externos como crisis económicas, presiones ambientales o acuerdos internacionales. La transición ocurre cuando las innovaciones de nicho logran escalar y desafiar al régimen dominante, siempre condicionadas por factores sociales, políticos y económicos.

Para facilitar esta transición, proponen una serie de recomendaciones, entre ellas que las políticas públicas deben estimular la aparición de innovaciones de nicho, apoyar el despliegue de las más prometedoras y acompañar la eliminación gradual de prácticas existentes. Este proceso, sin embargo, puede generar impactos sociales y económicos, por lo que es necesario apoyar a las

comunidades que puedan verse afectadas. En el caso colombiano, la teoría del MLP ayuda a explicar por qué las fuentes fósiles siguen estando presentes en la matriz energética, debido a que las energías renovables no convencionales permanecen en el nivel de nicho sin lograr transformar la estructura dominante.

Este panorama conecta directamente con el enfoque de economía política de la energía desarrollado por Sovacool, Furszyfer Del Rio y Zhang (2023). Los autores introducen el concepto de justicia energética, que busca garantizar que la transición hacia fuentes de energía limpias sea equitativa y no reproduzca desigualdades. Asimismo, explican que todas las decisiones energéticas reflejan relaciones de poder, intereses económicos y tensiones sociales, por lo que es fundamental considerar el papel de los gobiernos, las empresas y las comunidades. Finalmente, identifican políticas transversales en países que han avanzado hacia la neutralidad de carbono: gobernanza inclusiva, proyectos comunitarios, reconocimiento de la innovación social, acceso equitativo a energías renovables y planificación de largo plazo. Estas recomendaciones son especialmente relevantes para Colombia, donde los proyectos de gran escala han generado tensiones con comunidades locales, como ocurre con los parques eólicos en La Guajira.

Adicionalmente, la situación de Colombia se enmarca en un contexto regional más amplio. En Latinoamérica persiste un rezago en la generación de electricidad baja en carbono por persona en comparación con países de Europa y Norteamérica. Calles Almeida et al. (2023), investigadores del Stockholm Environment Institute, señalan que la región continúa apostando por una economía extractivista, reforzada por las estrategias de recuperación económica tras la pandemia de Covid 19 y la invasión rusa a Ucrania. Aunque varios países han fijado metas para aumentar la capacidad renovable, los objetivos de descarbonización siguen siendo limitados. En Colombia, por ejemplo, los combustibles fósiles se utilizan para financiar la transición energética

a través del sistema general de regalías, lo que explica la continuidad de la explotación del carbón incluso ante las agendas ambientales actuales.

Ahora bien, incluso con marcos sólidos y políticas bien diseñadas, la transición energética enfrenta múltiples barreras. Cometto (2024) las clasifica en regulatorias, institucionales, de mercado y financiamiento, de infraestructura, tecnológicas, informativas, sociales y culturales, además de las políticas vinculadas a la falta de voluntad gubernamental. En el caso latinoamericano, Altomonte, Coviello y Lutz (2003) subrayan que las barreras más críticas son las económicas, financieras y políticas. Superarlas requiere inversión tecnológica que reduzca costos de generación, creación de canales de financiamiento que faciliten la adaptación empresarial y, sobre todo, voluntad política para legalizar e incentivar el cambio en la visión social sobre la importancia de las energías renovables.

En conclusión, la transición energética es un proceso complejo y multidimensional, en el que no solo resulta relevante la capacidad de innovación, sino también la transformación social y política. Esta debe cimentar una visión a largo plazo que incluya a comunidades y empresas, garantizando una justicia energética que facilite los cambios y permita que las zonas marginadas se vean beneficiadas. Sin embargo, aún persisten numerosas barreras en Colombia, como la baja participación de las energías no convencionales, la limitada aceptación por parte de las comunidades y unas políticas que, en muchos casos, presentan contradicciones entre la planificación y la ejecución, dificultando así una verdadera transición hacia la sostenibilidad.

6. Metodología

Se implementó una metodología de tipo cualitativo y cuantitativo, que incluyó una revisión teórica de las políticas empleadas en la transición energética y de las fuentes académicas relacionadas con el tema. Adicionalmente, se recopilaron datos disponibles sobre la composición y evolución de la matriz energética de Colombia durante el periodo de estudio, así como información de países de la región para efectos comparativos. El proceso metodológico se estructuró en cuatro componentes principales: en primer lugar, la revisión de la legislación sobre energías renovables y cambio climático en Colombia durante el siglo XXI, abarcando las principales políticas públicas y el marco normativo vigente, con base en documentos oficiales y planes nacionales de desarrollo; en segundo lugar, el análisis de la evolución de la matriz eléctrica en Colombia en las últimas dos décadas, examinando las variaciones en la generación energética a partir de fuentes hídricas, fósiles y no convencionales, utilizando datos de la International Energy Agency (IEA), EMBER y la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME); en tercer lugar, la revisión de la demanda energética nacional mediante información del Ministerio de Minas y Energía y reportes técnicos regionales, con el fin de identificar necesidades y posibles puntos de ampliación de la capacidad de producción; finalmente, el análisis de la participación de los agentes generadores en la producción energética del país, a partir de datos de entidades públicas como el operador del sistema de transmisión (XM), lo que permitió conocer su capacidad instalada y los principales puntos de generación.

7. Resultados

7.1 Marco legislativo de las energías renovables en Colombia

El marco legal para las fuentes renovables en Colombia se inicia con la Ley de Electricidad (Ley 143) y la Ley de Servicios Públicos (Ley 142), ambas de 1994. Las cuales se promulgaron en el contexto del racionamiento energético que enfrentó el país durante 1992 y 1993, que, como consecuencia, llevó a la conformación de entes administrativos como la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), la Unidad de Información Minero-Energética y la Comisión de Planeación Minero-Energética (UPME). Adicionalmente, el papel del Estado pasó de administrador a regulador.

La primera legislación que buscó regular e incentivar específicamente las energías renovables fue la Ley 1715 de 2014, posteriormente actualizada por la Ley de Transición Energética (Ley 2099 de 2021). Juntas proponen un paquete de incentivos entre los que se incluyen: deducción fiscal del impuesto sobre la renta por el 50% del valor de la inversión, exención del IVA para equipos y servicios, exención de derechos de importación para equipos de energía renovable no producidos localmente y una depreciación acelerada de hasta el 33,33% anual para inversiones en energía renovable.

Más adelante, la Ley 1955 de 2019 estipuló la meta de alcanzar un 10% de suministro de electricidad renovable, excluyendo las grandes centrales hidroeléctricas, a partir de 2023. En el mismo año se implementaron, mediante la Resolución 40590 del Ministerio de Minas y Energía (MME), las subastas de energía renovable y las compras de energía a largo plazo. Sin embargo, en 2023 fue anulado el Decreto 570 que habilitaba dichas subastas, aunque se mantuvieron los contratos de largo plazo ya adjudicados.

Posteriormente, la Resolución CREG 075 del 2021 reguló el acceso a la transmisión para los proyectos renovables mediante un esquema de ventanilla única, que facilita la gestión de la capacidad de transporte y reduce los trámites necesarios. Ese mismo año, la Resolución 174 reguló la clasificación de la autogeneración, distinguiendo entre pequeña escala, gran escala y generación distribuida según su capacidad instalada. En este marco, Ecopetrol se consolidó como el principal autogenerador, con más de 500 MW en 2024 y la meta de alcanzar 1 GW para 2030.

Con el cambio de gobierno en 2022 se estableció el Plan Energético Nacional (PEN) 2022–2052, que define la política energética de Colombia para los próximos años, con un enfoque de largo plazo en las fuentes solar y eólica. Ese mismo año se expidió la Resolución 40284, que abrió la posibilidad de asignar áreas marítimas para proyectos eólicos offshore, aprovechando vientos más fuertes y constantes mediante la instalación de turbinas en los océanos. Como punto de interés, el Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026 introdujo la figura de comunidades energéticas, definidas como comunidades organizadas de personas naturales y/o jurídicas que cooperan entre sí para generar, comercializar o usar de manera eficiente la energía empleando recursos renovables. Las normas para su constitución y operación fueron reglamentadas por el Decreto 2236 de 2023. La meta del gobierno es conformar 20.000 comunidades energéticas para 2026, con el fin de democratizar la oferta energética del país, especialmente en las zonas más alejadas de las redes de transmisión.

En 2023 se publicó la Hoja de Ruta de la Transición Energética Justa, que establece objetivos de largo plazo en materia de diversificación energética, tales como alcanzar 15,2 GW de producción eléctrica con fuentes solares, 2,95 GW de capacidad eólica onshore y 7 GW offshore entre 2030 y 2040, hasta llegar a 25 GW de capacidad solar, 7 GW de eólica onshore y 8,4 GW offshore para 2050. Finalmente, los Planes Indicativos de Generación y Transmisión de

la UPME definen la planeación energética y proponen metas para 2037 de entre 5,6 y 8,1 GW de energía eólica y entre 7,4 y 11,4 GW de energía solar.

En definitiva, las políticas energéticas surgieron como respuesta a una mala administración estatal que derivó en un periodo de escasa capacidad eléctrica para atender las necesidades de la nación. A partir de entonces se han impulsado proyectos para aumentar la capacidad productiva de electricidad, siendo mayoritariamente hídrica, y explorar las fuentes no convencionales, con el objetivo de ampliar la oferta energética. Sin embargo, los avances se ven limitados por la falta de continuidad institucional y de mecanismos de seguimiento que permitan evaluar el desempeño de las políticas. La anulación del Decreto 570 de 2018, que habilitaba las subastas energéticas, evidencia la dificultad de crear y mantener mecanismos de inversión. Así mismo, iniciativas como las comunidades energéticas, aunque relevantes para democratizar el acceso energético, enfrentan barreras sociales y financieras que dificultan su implementación masiva. Es necesaria una mayor articulación entre planificación, ejecución y evaluación de las políticas para lograr los resultados propuestos.

7.2 Planes nacionales de desarrollo y transición energética en Colombia

Los planes nacionales de desarrollo se constituyen como la hoja de ruta en materia de políticas para cada gobierno, por lo que resulta relevante revisar el cambio de enfoque en materia de energías renovables que ha tenido cada uno.

Durante la administración de Andrés Pastrana (1998–2002), el Plan Nacional de Desarrollo no incluyó metas concretas sobre transición energética ni sobre el uso de energías renovables. El enfoque estuvo en atraer inversión privada para fortalecer el mercado energético y el sector minero, con el objetivo de ampliar la explotación petrolera y minera. Aunque se

reconoció la necesidad de mejorar la infraestructura energética y expandir la distribución de electricidad, las fuentes no convencionales no fueron contempladas en este periodo (DNP, 1998).

En el gobierno de Álvaro Uribe (2002–2010), la política energética mantuvo inicialmente su énfasis en la consolidación de la industria de hidrocarburos y en la ampliación de las exportaciones (DNP, 2002). Sin embargo, en el segundo periodo de su mandato se introdujeron referencias a la gestión ambiental y al desarrollo sostenible, planteando proyectos de energías alternativas para zonas no interconectadas y la construcción de pequeñas centrales hidroeléctricas (DNP, 2007). Aunque aún sin metas claras de transición, este cambio evidenció un primer reconocimiento de la importancia de las fuentes no convencionales.

La administración de Juan Manuel Santos (2010–2018) profundizó en la necesidad de diversificar la matriz energética. Se propuso el uso de energías eólica, solar y geotérmica (DNP, 2011), al tiempo que se reafirmó la relevancia de la generación hidroeléctrica. La diversificación se justificó como una medida para mitigar los riesgos derivados de fenómenos climáticos como El Niño, que afectan los niveles de los embalses (DNP, 2015). Aunque la explotación de hidrocarburos seguía siendo prioritaria para el desarrollo económico, se avanzó hacia un marco legal de transición con la promulgación de la Ley 1715 de 2014, que incentivó el uso de fuentes no convencionales de energía.

En el gobierno de Iván Duque (2018–2022), el Plan Nacional de Desarrollo incorporó los Objetivos de Desarrollo Sostenible, lo que se reflejó en proyectos orientados a diversificar las fuentes primarias de generación y facilitar la entrada masiva de energías renovables no convencionales (DNP, 2019). En este periodo se formuló el Plan Energético Nacional 2020–2050, que estableció metas de largo plazo para satisfacer la creciente demanda energética mediante nuevas fuentes renovables, promover la eficiencia y fomentar la inclusión tecnológica.

Así mismo, se realizaron subastas de energías renovables en 2019 y 2021, destinadas a financiar proyectos solares y eólicos, y se fijaron objetivos de reducción de gases de efecto invernadero y carbono neutralidad hacia 2050.

Finalmente, en el periodo actual, bajo la presidencia de Gustavo Petro (2022–2026), se han establecido metas más ambiciosas, como la transición hacia una economía carbono neutral, la descarbonización de industrias y la promoción de proyectos de infraestructura para la transición energética (DNP, 2023). El Plan Nacional de Desarrollo amplió el énfasis en fuentes no convencionales, como solar, eólica, geotérmica y biomasa, con el propósito de reemplazar plantas termoeléctricas y fomentar la producción de hidrógeno verde y combustibles sintéticos. No obstante, persiste la ausencia de indicadores claros que permitan evaluar el cumplimiento de los objetivos, lo que dificulta realizar un balance definitivo sobre el impacto de las políticas públicas en curso.

7.3 Mercado energético nacional y papel de las empresas

El mercado de energía en Colombia inicia con la generación de la misma, que sucede mayoritariamente en centrales hidroeléctricas, desde allí se transporta a los centros de consumo mediante el Sistema de Transmisión Nacional (STN) y Regional (STR), luego pasa a las subestaciones de alta y media tensión que se encargan de la distribución de la energía y finalmente se realiza la comercialización, la cual se lleva a cabo en dos mercados: el regulado y el no regulado.

El mercado regulado engloba a los clientes que tienen consumos menores a 55.000 kWh/mes, los cuales son los hogares y las pequeñas empresas. Las tarifas y condiciones de suministro en este mercado son reguladas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas

(CREG). Por otra parte, el mercado no regulado incluye a los clientes con consumos mayores a 55.000 kWh/mes que son generalmente las grandes empresas, las tarifas son negociadas entre el comercializador y el usuario, lo que les permite llegar a mejores acuerdos para ambas partes y las transacciones son vigiladas por entes independientes para asegurar la libre competencia entre los comercializadores, como es el operador del sistema de transmisión (XM).

En el sector de energías renovables intervienen múltiples instituciones, como el Ministerio de Minas y Energía, la Unidad de Planeación Minero-Energética, la Comisión de Regulación de Energía y Gas y XM, además de las entidades de licenciamiento ambiental correspondientes.

En cuanto a las empresas generadoras encontramos múltiples actores en el país, según datos de XM (2025) presentados en la Tabla 1, la principal empresa es EPM (Empresa públicas de Medellín) con una participación cercana a una cuarta parte para el 2024, seguido de Enel e Isagen, que juntas agrupan más de la mitad de la generación eléctrica del país.

Tabla 1.

Participación de los agentes generadores en 2022, 2023 y 2024.

Agente Generador	Participación 2022	Participación 2023	Participación 2024
EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN E.S.P.	26.64%	24.04%	25.18%
ISAGEN S.A. E.S.P.	23.80%	18.41%	15.66%
ENEL COLOMBIA SA ESP	14.73%	19.85%	16.87%
CELSIA COLOMBIA S.A. E.S.P.	7.32%	6.52%	5.69%
AES CHIVOR & CIA. S.C.A. E.S.P.	3.54%	5.28%	3.72%
TERMOBARRANQUILLA S.A. EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS	3.97%	4.73%	5.11%
GENERADORA Y COMERCIALIZADORA DE ENERGIA DEL CARIBE S.A. E.	2.85%	3.83%	4.99%
EMPRESA URRRA S.A. E.S.P.	2.32%	1.56%	1.58%
TERMOYOPAL GENERACION 2 S.A.S E.S.P.	1.50%	1.52%	1.01%

Nota. Elaboración propia con datos de XM.

En el caso de EPM tenemos, por ejemplo, el megaproyecto eléctrico de Hidroituango que se constituye como la mayor hidroeléctrica del país con una capacidad teórica de 2.400 MW que, aunque no se encuentra aún en pleno funcionamiento, en parte por los problemas ambientales y legales que ha presentado la obra, es actualmente la responsable por la generación del 10% de la capacidad eléctrica de la empresa y para 2027, cuando se tiene planeada la finalización de la obra, puede llegar a aportar el 17% de la demanda energética.

Enel por su parte tiene inversiones significativas en el desarrollo de fuentes no convencionales como es el parque solar Guayepo que cuenta, para 2025, con la capacidad instalada de 370 MW en sus parques I y II y que para 2026 espera adicionar con el parque III 200 MW, constituyéndose como el parque solar de despacho centralizado más grande de Colombia.

Estos proyectos se constituyen como motores del desarrollo para las comunidades, como son en la generación de trabajo, ya que durante la construcción y fase productiva de las obras se contrata mano de obra de los municipios cercanos incentivando la tecnificación y permitiéndole a las personas acceder a trabajos formales mejor remunerados. Adicionalmente, las empresas aportan capitales a los municipios para que puedan invertir en desarrollo social, como son escuelas, vías y el mejoramiento de los servicios públicos.

En conclusión, el mercado colombiano se estructura en dos grupos, regulado y no regulado ambos vigilados y que logran abastecer tanto a los hogares como a las grandes empresas, en términos de su composición empresarial, observamos que la generación energética se encuentra concentrado en tres empresas EPM, Enel e Isagen lo que les permite enfocar su inversión en grandes proyectos como es Hidroituango o Guayepo, gracias a que cuentan con la capacidad técnica y financiera, pero que también podría dificultar la competencia y el acceso de

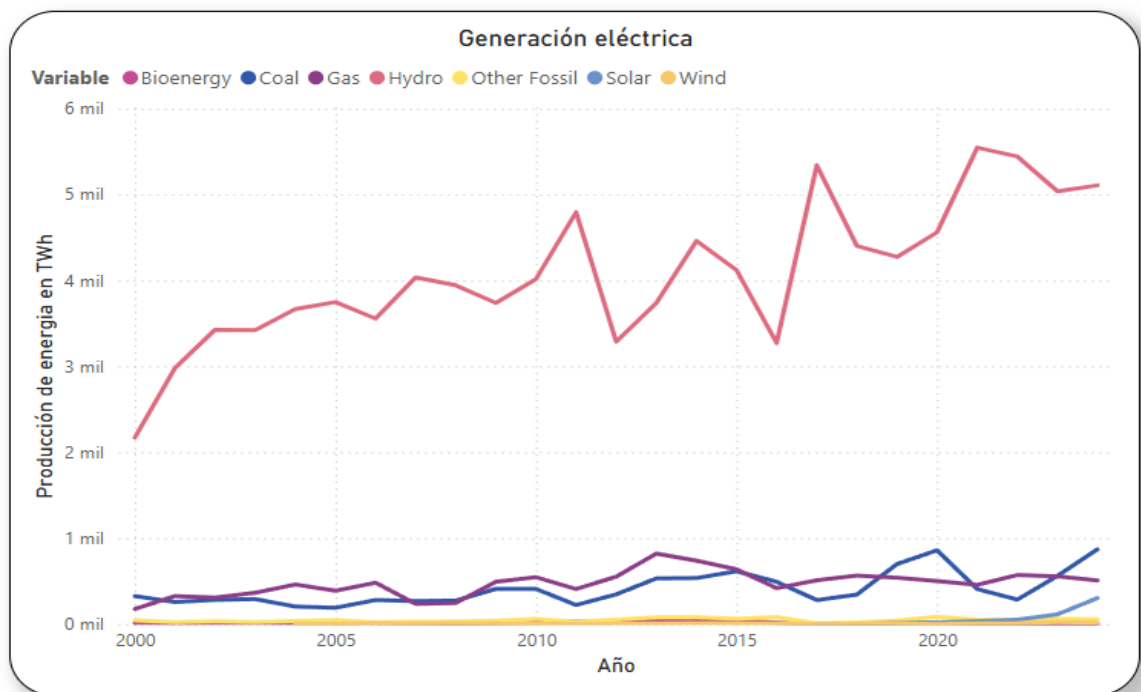
nuevos actores haciendo que la transición energética del país quede en manos de unos pocos agentes.

7.4 Matriz energética de Colombia 2000-2024

Al revisar la Figura 2, se observa la alta importancia de la generación hídrica frente a las demás fuentes, con un aumento progresivo en el periodo comprendido entre 2000 y 2007. Este comportamiento se debe, en parte, a la consolidación de proyectos como la central hidroeléctrica Urrá I en Córdoba y la central Miel I en Caldas, durante los años 2000 y 2003, respectivamente.

Figura 2.

Línea de tiempo de generación eléctrica en Colombia 2000-2024.



Nota. Elaboración propia con datos de IEA.

La caída en el año 2012 se debe en principal medida a la variabilidad climática presente en ese año, durante el primer semestre se presentó el fenómeno de La Niña, que ocasionó lluvias e inundaciones moderadas, mientras que en el segundo semestre un evento débil de El Niño redujo los embalses disponibles para la generación eléctrica. La segunda caída, entre 2015 y 2016, estuvo asociada a un fenómeno de El Niño particularmente intenso, que disminuyó el caudal de los ríos y afectó las reservas hídricas del país.

Para el periodo 2023-2024 también se experimentó un fenómeno del Niño que afectó la producción energética, aunque sin generar una caída de la producción tan marcada como en los periodos anteriores. Este hecho, sin embargo, revela los peligros que tiene la dependencia de la matriz energética de un tipo de fuente energética, aumentando la vulnerabilidad frente a choques externos, especialmente los climáticos que suponen efectos impredecibles.

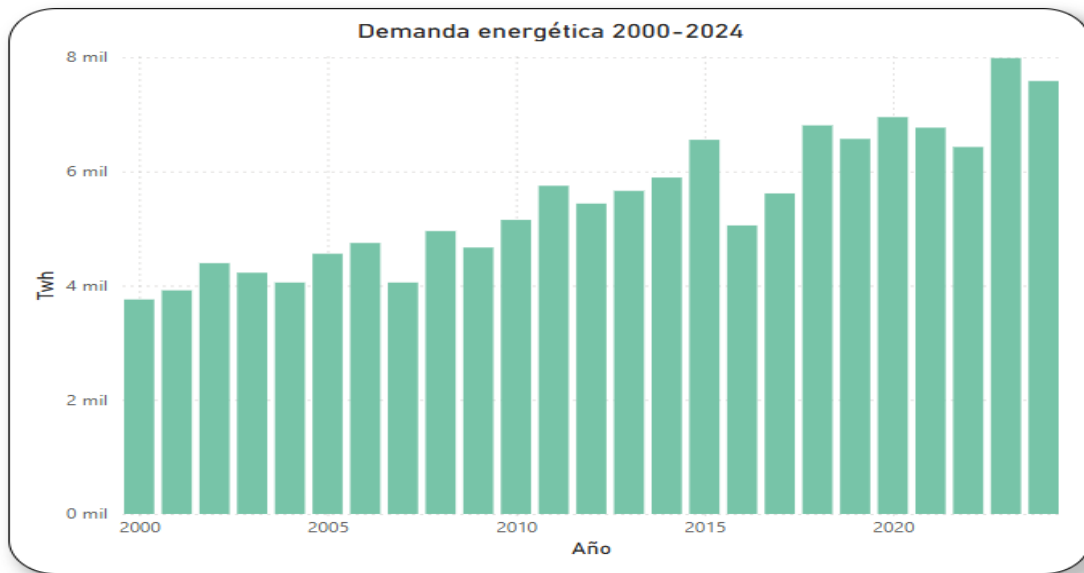
Al analizar con más detalle el comportamiento del uso de gas y carbón, se observa que, ante fluctuaciones de la capacidad hídrica, el país recurre a fuentes fósiles para abastecer su demanda. Esta situación es especialmente preocupante debido a la reciente caída de la producción nacional de gas y la falta de nuevos contratos de exploración, lo que lleva al país a importar el recurso. Como consecuencia, durante episodios climáticos adversos se produce un incremento de los precios de la electricidad.

Al sumar ambas condiciones, tener una alta dependencia hídrica expuesta a fenómenos climáticos y que su alternativa de remplazo sean fuentes fósiles, expuestas a cambios en el precio internacional, revela la necesidad que tiene el país de acelerar la incorporación de otras fuentes para asegurar la estabilidad de la matriz energética.

7.5 Demanda energética del país

Según el Banco de la República (2025), el aumento de la demanda eléctrica se debe directamente a la expansión de la actividad industrial, lo cual se evidencia en el crecimiento de sectores como la construcción y la manufactura. Adicionalmente, la expansión urbana y la mejora de la cobertura eléctrica, junto con el acceso a electrodomésticos en los hogares, han generado presiones para aumentar la demanda eléctrica. Por su parte, la UPME estima un crecimiento de la demanda para los próximos años que se ubica entre 1,30% y 3,09%, y que llegará el año 2052 deberá incrementarse la capacidad de transmisión entre 2 y 5 veces, que en parte prevé que será empleada en los rubros de transporte, donde cada vez más vehículos personales y de servicio público son eléctricos, y en los sectores de digitalización que requieren prioritariamente equipos electrónicos.

En la Figura 3, podemos observar cómo ha llegado a duplicarse la demanda energética para el periodo de estudio, que, junto a las proyecciones futuras, demuestra que el país requiere aumentar su infraestructura para seguir atendiendo las necesidades eléctricas de la nación. Esto supone un desafío y una oportunidad, ya que hace más atractivas las opciones energéticas poco convencionales, pero implica una carrera contra el tiempo a medida que la demanda energética siga aumentando, pero los proyectos energéticos sigan siendo retrasados o suspendidos.

Figura 3.*Línea de tiempo demanda energética 2000-2024.*

Nota. Elaboración propia con datos de UPME

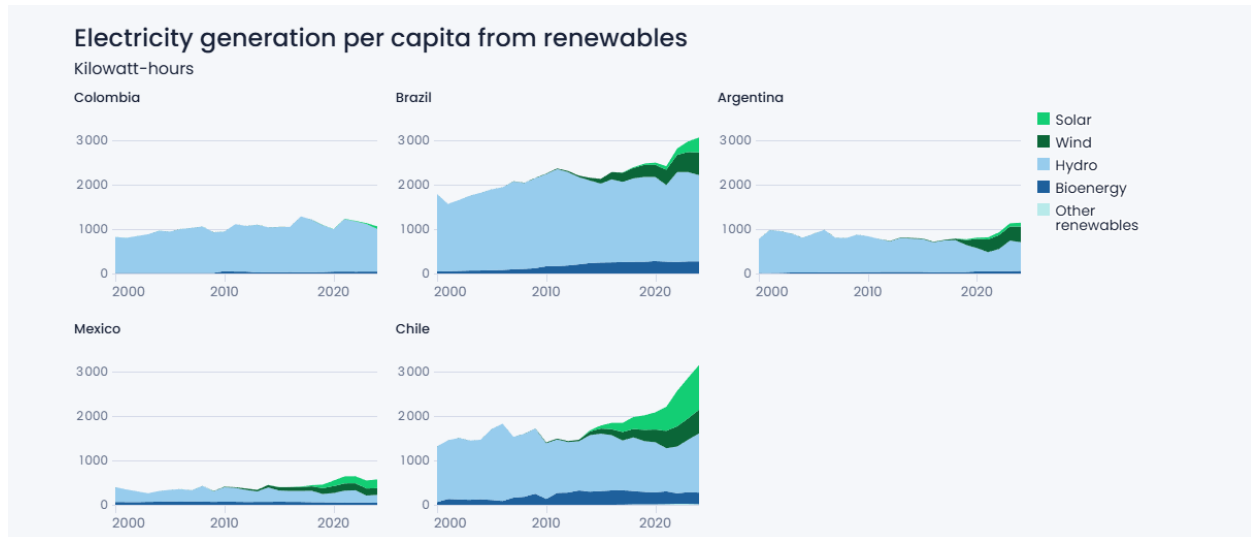
7.6 Análisis de producción regional

Al revisar la diversificación de energías renovables per cápita para las economías más grandes de América Latina, presente en la Figura 4, se evidencia la importancia que tiene la fuente hidroeléctrica entre todos los países, pero se hace visible una tendencia a la diversificación energética con fuentes no convencionales como la eólica y solar. Esto lo demuestra el caso de Chile mayoritariamente seguido de Brasil y Argentina, con una incorporación de estas fuentes alternativas en su matriz energética durante la última década, esto les permite reducir las afectaciones que pueden suponer los fenómenos climáticos sobre el recurso hídrico y mejorar la seguridad de producción eléctrica. Por su parte, Colombia mantiene una alta dependencia de la generación hidroeléctrica, con poca participación de la energía solar y eólica, lo que confirma que, aunque el país ha tenido avances normativos y presenta un mayor enfoque hacia la

transición energética, la penetración real de estas tecnologías es limitada, evidenciando una brecha nacional entre la planificación y la ejecución real de los proyectos.

Figura 4.

Energías renovables per cápita en América Latina 2000-2024



Nota. Tomado de Ember (2025)

Esta situación revela un rezago en términos de generación energética en nuestro país, pese al alto potencial solar y eólico aun inexplorado en regiones como La Guajira, esta situación retrasa el cumplimiento de las metas en términos de transición energética y pone en riesgo al sistema eléctrico frente a cambios climáticos, por ello se hace necesario buscar mecanismos que supongan cerrar la brecha con otras economías de la región.

8. Soluciones planteadas

En el marco actual es evidente la necesidad de impulsar fuentes no convencionales como la solar y eólica, esto es posible en zonas de alto potencial como es La Guajira, la cual posee

vientos unidireccionales, velocidad media del viento de 9,8m/s y factores de capacidad cercanos al 65% lo que vuelve la zona clave para el desarrollo de energía eólica, mientras el potencial solar del país se distribuye en varias zonas del territorio como es el Atlántico. Sin embargo, muchos de los proyectos que buscan explotar estas oportunidades se ven entorpecidos, según la Asociación de Energías Renovables (SER, 2025), por ineficiencias en términos jurídicos y fiscales, ya que en 2024 el 47% de las empresas no lograron concretar sus inversiones debido a tres causas principales las cuales son: retrasos para obtener permisos ambientales y técnicos, demoras para la adjudicación de puntos de conexión y la incertidumbre en la seguridad jurídica y estabilidad regulatoria. Lo que significó que proyectos con una capacidad de más de 1.200 MW se encontraran con suspensiones o retrasos, por las demoras con licencias ambientales, largos tramites con los operadores de red y a la oposición de las comunidades nativas. Por lo que una primera solución pasa por la intención política de agilizar y hacer más eficientes lo procesos y trámites necesarios para que las empresas puedan establecer inversiones, junto con un acercamiento real con las comunidades para llegar a acuerdos justos que permitan la expansión de la capacidad energética del país al tiempo que se desarrolla social y económicamente las regiones.

Adicionalmente las políticas energéticas aunque bien intencionadas, se concentran principalmente en los incentivos para las empresas que realicen acciones en pro de la transición energética, pero es relevante analizar las alternativas para imponer castigos y multas a aquellas industrias que no tomen medidas para transitar energéticamente a energías limpias, como se han implementado en países como Francia teniendo un mayor impacto para el uso de fuentes energéticas que la política exclusiva de incentivos.

Finalmente, proyectos como las comunidades energéticas resultan interesantes para fortalecer los actores del mercado energético y facilitar el acceso a tecnologías, pero presentan barreras financieras y de concertación social, por lo cual es necesario lograr mecanismos de financiación específicos, como fondos de inversión verde o esquemas de cooperación público-privada para que no dependan únicamente de las grandes empresas. Así como incentivar la tecnificación mediante instituciones como el Sena para que más personas puedan sumarse a la iniciativa.

9. Conclusiones

El desarrollo de la transición energética de Colombia muestra un gran enfoque en energías renovables, pero evidencia una alta dependencia de la producción hidroeléctrica, lo cual le ha permitido mantener una generación eléctrica mayoritariamente limpia pero vulnerable ante la variabilidad climática presente en el país. Adicionalmente, la nación ha experimentado un crecimiento constante en su demanda energética que promete seguir en ascenso durante los próximos años. En este contexto, la diversificación energética es una necesidad, que, aunque ha recibido atención política, esta no se ha traducido en una incorporación significativa de las fuentes no convencionales, pese a que contamos con zonas de alto potencial energético como es La Guajira, que tiene todas las cualidades necesarias para grandes proyectos eólicos pero que, debido a barreras institucionales y sociales, como largos trámites y oposición de la comunidad, no han podido llevarse a término, es por esto que la baja diversificación de la matriz energética no surge por un déficit de recursos naturales sino por la ineficiencia de la gobernanza que no ha logrado implementar mecanismos de regulación eficaces para concretar adecuadamente las inversiones.

Así mismo, las empresas energéticas resultan vitales en este proceso, ya que actores como EPM, Enel e Isagen tienen la capacidad técnica y financiera de aumentar y diversificar la capacidad instalada que requiere el futuro del país. Sin embargo, este protagonismo también significa que pocos agentes tienen una gran incidencia en la competencia e innovación del sector, siendo importante buscar maneras de democratizar el acceso al mercado para distribuir mejor los beneficios de la transición.

Finalmente, el futuro energético del país dependerá de la capacidad de integrar al gobierno, entes regulatorios, empresas y comunidades para lograr un marco energético estable que atraiga la inversión, una estrategia territorial práctica y dinámica que aproveche el potencial que posee el país y crear un enfoque social que garantice que las comunidades se beneficien de primera mano con los proyectos energéticos, bien sea con las inversiones de interés social como con su capacidad de generar trabajo y mejorar las condiciones de vida en los municipios. De esta manera, sería posible cerrar la brecha de diversificación con otras economías latinoamericanas y avanzar hacia un sistema energético sostenible y equitativo que pueda seguir abasteciendo la creciente demanda nacional, al tiempo que se fortalece contra choques externos y contribuye al desarrollo nacional.

Referencias Bibliográficas

- Altomonte, H., Coviello, M., & Lutz, W. F. (2003). Energías renovables y eficiencia energética en América Latina y el Caribe: Restricciones y perspectivas. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Banco de la República. (2025). La demanda energética como indicador de la industria en Colombia. Banco de la República. Recuperado de <https://repositorio.banrep.gov.co/server/api/core/bitstreams/b14cbc60-7a03-45b1-a17b-572d883bab65/content>
- Calles Almeida, P., Vega Araújo, J., Arond, E., Muñoz Cabré, M., Guerrero, R., Valle Riestra, E., Mariño, H., Fonseca, R., & Tamborrel, A. (2023). Transición energética en Latinoamérica: ¿Hacia dónde vamos? SEI Brief. Stockholm Environment Institute. <https://doi.org/10.51414/sei2023.002>
- Cometto, G. C. (2024). Barreras al desarrollo de energías renovables en el Mercosur. *Revista Perspectivas de las Ciencias Económicas y Jurídicas*, 14(1), 19–33. <https://doi.org/10.19137/perspectivas-2024-v14n1a02>
- Departamento Nacional de Planeación. (1998). Plan Nacional de Desarrollo 1998–2002: Cambio para construir la paz. https://colaboracion.dnp.gov.co/cdt/pnd/pastrana2_contexto_cambio.pdf
- Departamento Nacional de Planeación. (2002). Plan Nacional de Desarrollo 2002–2006: Hacia un Estado comunitario. <https://colaboracion.dnp.gov.co/cdt/pnd/pnd.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación. (2007). Plan Nacional de Desarrollo 2006–2010: Estado comunitario, desarrollo para todos (Tomo I). https://colaboracion.dnp.gov.co/cdt/pnd/pnd_tomo_1.pdf

- Departamento Nacional de Planeación. (2011). Plan Nacional de Desarrollo 2010–2014: Prosperidad para todos. https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_col_plan2010.pdf
- Departamento Nacional de Planeación. (2015). Plan Nacional de Desarrollo 2014–2018: Todos por un nuevo país. <https://colaboracion.dnp.gov.co/cdt/pnd/pnd%202014-2018%20tomo%201%20internet.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación. (2019). Plan Nacional de Desarrollo 2018–2022: Pacto por Colombia, pacto por la equidad. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/portalDNP/PND-2023/PND_2018-2022/pdf/tomo-1-dnp.pdf
- Departamento Nacional de Planeación. (2023). Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026: Colombia, potencia mundial de la vida. Imprenta Nacional de Colombia. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/PND/PND-2022-2026.pdf>
- Ember. (2024). Electricity Data Explorer. <https://ember-energy.org/data/electricity-data-explorer/>
- Enel Colombia. (2025). Grupo Enel: Conoce Enel. <https://www.enel.com.co/es/conoce-enel/grupo-enel.html>
- Geels, F., Kern, F., & Clark, W. (2023). Sustainability transitions in consumption-production systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 120(47), e2310070120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2310070120>
- International Energy Agency. (2025). Monthly electricity statistics. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/monthly-electricity-statistics>
- Ministerio de Minas y Energía. (2025, septiembre). El Gobierno del Cambio avanza con firmeza en la transición energética justa: el país alcanza 1.387 MW en energías limpias.

<https://www.minenergia.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias-index/el-gobierno-del-cambio-avanza-firmeza-en-transicion-energetica-justa-pais-alcanza-1387-energias-limpias/>

SER Colombia. (2025). Informe mensual de energías renovables – febrero 2025. SER Colombia.

Recuperado de <https://ser-colombia.org/wp-content/uploads/2025/02/informefeb2025.pdf>

Sovacool, B. K., Furszyfer Del Rio, D., & Zhang, W. (2023). The political economy of net-zero transitions: Policy drivers, barriers, and justice benefits to decarbonization in eight carbon-neutral countries. *Journal of Environmental Management*, 347, 119154.

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119154>

Unidad de Planeación Minero Energética – UPME. (2023). Proyección de la demanda de energía eléctrica y potencia máxima 2023–2037. Ministerio de Minas y Energía. Recuperado de

https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/UPME_Proyeccion_demanda_2023-2037_VF2.pdf

Unidad de Planeación Minero-Energética. (2024). Plan Energético Nacional 2024–2054.

<https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Paginas/PEN-2054.aspx>

XM. (2025). Plantas de generación eléctrica en Colombia. XM. Recuperado de

<https://www.xm.com.co/generación/plantas>