

El papel de las energías renovables en la reducción de la huella de carbono

The role of renewable energies in reducing carbon footprints

Guerrero-Calero, Juan Manuel ¹; Santos-Díaz, Adriana Patricia ²; Figueroa-Torres, Diego Andrés ³; Pulluquitin-Ramírez, Mario Eduardo ⁴.

Recibido: 12/01/2023

Aceptado: 22/02/2023

Publicado: 30/04/2023

Cita: Guerrero-Calero, J. M. ., Santos-Díaz, A. P., Figueroa-Torre, D. A., & Pulluquitin-Ramírez, M. E. (2023). El papel de las energías renovables en la reducción de la huella de carbono. *Space Scientific Journal of Multidisciplinary*, 1(2), 1-14. <https://doi.org/10.63618/omd/ssjm/v1/n2/11>.

Resumen

El estudio examina el papel estratégico de las energías renovables en la mitigación del cambio climático mediante la reducción de la huella de carbono. A través de una revisión sistemática de literatura científica indexada entre 2015 y 2024, se identificaron tecnologías, contextos políticos y obstáculos que inciden en su implementación. Se evidenció que la energía solar fotovoltaica y la eólica son las más eficientes en la reducción de emisiones de CO₂, tanto por su desempeño operativo como por sus bajas emisiones en el ciclo de vida. Sin embargo, la adopción global enfrenta barreras técnicas, como la intermitencia y la obsolescencia de infraestructuras, y económicas, como los altos costos iniciales y los subsidios a los combustibles fósiles. El análisis destaca la importancia de políticas energéticas coherentes, marcos regulatorios estables y mecanismos financieros innovadores, así como la necesidad de una transición justa que asegure equidad social. El estudio aporta insumos para decisiones energéticas sostenibles y contextualizadas.

Palabras clave: energías renovables; huella de carbono; transición energética; cambio climático; política energética.

Abstract

The study examines the strategic role of renewable energies in mitigating climate change by reducing the carbon footprint. Through a systematic review of scientific literature indexed between 2015 and 2024, technologies, political contexts and obstacles affecting their implementation were identified. It was evidenced that solar photovoltaic and wind energy are the most efficient in reducing CO₂ emissions, both for their operational performance and low life-cycle emissions. However, global adoption faces technical barriers, such as intermittency and infrastructure obsolescence, and economic barriers, such as high upfront costs and fossil fuel subsidies. The analysis highlights the importance of coherent energy policies, stable regulatory frameworks and innovative financing mechanisms, as well as the need for a just transition that ensures social equity. The study provides inputs for sustainable and contextualized energy decisions.

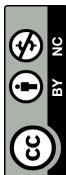
Keywords: renewable energy; carbon footprint; energy transition; climate change; energy policy.

¹ Universidad Estatal del Sur de Manabí; Ecuador, Manabí; <https://orcid.org/0000-0002-1356-0475>; juan.guerrero@unesum.edu.ec

² Ministerio del Ambiente; Ecuador, Orellana; <https://orcid.org/0009-0001-0486-7336>; adri.santosdiaz@gmail.com

³ Investigador Independiente; Ecuador, Orellana; <https://orcid.org/0009-0007-9022-3804>; andresft_1019@hotmail.es

⁴ Investigador Independiente; Ecuador, Orellana; <https://orcid.org/0009-0000-9241-0290>; rioma19917@gmail.com



1. Introducción

El cambio climático representa uno de los desafíos más apremiantes del siglo XXI, siendo la acumulación de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, en particular el dióxido de carbono (CO₂), una de sus principales causas. Las actividades humanas, especialmente la quema de combustibles fósiles en sectores como la generación de energía, el transporte y la industria, han acelerado este fenómeno a niveles sin precedentes. Según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), más del 75 % de las emisiones globales de GEI provienen del uso de combustibles fósiles, lo cual ha contribuido significativamente al aumento de la temperatura media global (IPCC, 2023). Esta situación ha impulsado la necesidad urgente de replantear las fuentes de energía que sustentan el desarrollo económico y social, orientándose hacia alternativas más limpias y sostenibles, entre las cuales las energías renovables ocupan un lugar central.

En este contexto, se hace evidente que la transición hacia energías renovables no es solo una opción tecnológica, sino una necesidad ambiental. Diversos estudios han demostrado que la incorporación de fuentes como la solar, eólica, hidroeléctrica, geotérmica y la biomasa puede contribuir significativamente a la disminución de la huella de carbono, es decir, la cantidad total de emisiones de GEI atribuibles directa o indirectamente a una actividad o entidad (International Energy Agency [IEA], 2022). Esta transición energética, sin embargo, enfrenta barreras estructurales, políticas y económicas que limitan su implementación efectiva, especialmente en países en desarrollo donde la dependencia de los combustibles fósiles sigue siendo predominante (Sadorsky, 2021).

Además, el cambio hacia energías renovables no se reduce a la simple sustitución tecnológica, sino que implica una transformación sistémica de los modelos energéticos, que incluye modificaciones en infraestructuras, marcos regulatorios, hábitos de consumo y patrones de producción. Factores como la intermitencia de las fuentes renovables, la capacidad de almacenamiento energético, los costos iniciales de inversión y la resistencia de ciertos sectores industriales constituyen obstáculos relevantes para su adopción masiva (IRENA, 2023). Asimismo, existen implicaciones sociales y territoriales que deben considerarse, como la aceptación pública, la distribución equitativa de beneficios y el impacto sobre el empleo, especialmente en comunidades dependientes de industrias tradicionales de energía.

Pese a estas dificultades, la relevancia de las energías renovables en la mitigación del cambio climático y la reducción de la huella de carbono está ampliamente documentada. Su despliegue permite no solo disminuir las emisiones de CO₂, sino también diversificar la matriz energética, reducir la vulnerabilidad frente a crisis energéticas globales y fomentar el desarrollo sostenible. Por tanto, es necesario comprender en profundidad el papel que desempeñan estas fuentes en distintos contextos geográficos, económicos y políticos, así como los mecanismos mediante

los cuales contribuyen a la reducción de emisiones. La justificación de este estudio radica en la necesidad de integrar el conocimiento científico acumulado para orientar decisiones informadas en materia de política energética, planificación territorial y acción climática. En particular, un enfoque basado en la evidencia puede aportar elementos clave para superar las barreras actuales y maximizar los beneficios potenciales de la transición energética.

La viabilidad de esta revisión bibliográfica está respaldada por la creciente disponibilidad de literatura científica de alta calidad, indexada en bases de datos reconocidas como Scopus y Web of Science, que analiza desde distintas perspectivas la relación entre energías renovables y huella de carbono. Asimismo, el carácter transversal de esta temática permite abordar el fenómeno desde disciplinas como la ingeniería, la economía, la sociología y las ciencias ambientales, proporcionando un panorama amplio y fundamentado. Esta riqueza de fuentes permite una exploración crítica y rigurosa de los avances, desafíos y perspectivas futuras en torno a las energías renovables como herramienta de mitigación climática.

El objetivo de este artículo es examinar, a partir de una revisión sistemática de la literatura científica reciente, el papel que desempeñan las energías renovables en la reducción de la huella de carbono a nivel global. Se pretende identificar las tecnologías más efectivas en términos de mitigación, los marcos políticos y económicos que han favorecido su implementación, así como las barreras persistentes que limitan su expansión. A través de este análisis, se busca contribuir a una mejor comprensión del potencial transformador de las energías limpias en la lucha contra el cambio climático, ofreciendo insumos relevantes para la formulación de estrategias sostenibles de transición energética.

2. Materiales y Métodos

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque exploratorio de tipo cualitativo, centrado en la revisión bibliográfica de literatura científica relevante sobre el papel de las energías renovables en la reducción de la huella de carbono. Dado el carácter transversal y multidisciplinario del tema, se optó por una estrategia metodológica orientada a recopilar, analizar e interpretar estudios publicados en revistas científicas indexadas en bases de datos de alta calidad, como Scopus y Web of Science, garantizando así la rigurosidad y validez de las fuentes consultadas.

El proceso de revisión se llevó a cabo en cuatro etapas principales. En primer lugar, se definieron los criterios de inclusión y exclusión para la selección de los documentos. Se priorizaron artículos académicos publicados entre los años 2015 y 2024, escritos en inglés o español, que abordaran de manera explícita la relación entre energías renovables y reducción de emisiones de dióxido de carbono o huella

de carbono. Se excluyeron documentos duplicados, estudios no revisados por pares, comunicaciones breves, y literatura de carácter divulgativo o técnico sin respaldo científico.

En segundo lugar, se realizó una búsqueda sistemática utilizando palabras clave y operadores booleanos en los motores de búsqueda de Scopus y Web of Science. Los términos utilizados incluyeron combinaciones como “renewable energy AND carbon footprint”, “renewable sources AND CO₂ emissions reduction”, “climate change mitigation AND renewable energy technologies”, entre otros. Esta estrategia permitió identificar una muestra inicial amplia, que posteriormente fue depurada con base en los criterios establecidos y la lectura del título, resumen e introducción de cada estudio.

La tercera etapa consistió en la lectura crítica y análisis cualitativo del contenido de los artículos seleccionados. Se organizaron y categorizaron los hallazgos según el tipo de fuente renovable analizada (solar, eólica, hidroeléctrica, biomasa y geotérmica), el contexto geográfico de implementación, las metodologías empleadas en los estudios originales y los resultados en términos de reducción de emisiones. Esta clasificación facilitó la comparación transversal entre estudios y la identificación de patrones, coincidencias, divergencias y vacíos en la literatura.

Finalmente, se procedió a la síntesis e interpretación de los resultados más relevantes con el fin de construir un marco comprensivo sobre la contribución de las energías renovables a la disminución de la huella de carbono. Este proceso incluyó el contraste de enfoques teóricos y empíricos, así como la valoración de las limitaciones y proyecciones señaladas por los propios autores de los estudios revisados. La integración de múltiples perspectivas permitió elaborar un análisis robusto y contextualizado, orientado a ofrecer conclusiones sustentadas y proponer líneas futuras de investigación.

3. Resultados

3.1. Eficiencia de tecnologías renovables

Las energías renovables constituyen una herramienta clave en la lucha contra el cambio climático al permitir la transformación estructural del sistema energético y la reducción significativa de la huella de carbono. Su eficiencia en términos de mitigación de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) ha sido ampliamente documentada, especialmente en lo que respecta a las tecnologías solar fotovoltaica y eólica, consideradas actualmente las más efectivas y escalables. No obstante, el análisis comparativo con otras fuentes renovables revela matices importantes en cuanto a su desempeño ambiental, técnico y económico, lo cual resulta crucial para orientar decisiones estratégicas de política energética.

3.1.1. Reducción de CO₂ con solar y eólica

La energía solar fotovoltaica y la energía eólica han sido reconocidas como las tecnologías con mayor capacidad de abatimiento de emisiones en el contexto de la transición energética. Su eficiencia en la reducción de CO₂ radica, principalmente, en su capacidad de sustituir tecnologías de generación basadas en combustibles fósiles, como el carbón y el gas natural, que representan cerca del 60 % de las emisiones globales del sector energético (IEA, 2022). Al operar sin procesos de combustión, tanto los sistemas solares como los eólicos evitan directamente la emisión de gases de efecto invernadero en sus fases operativas.

La Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA, 2023) estima que la generación combinada de energía solar y eólica permitió evitar aproximadamente 2 gigatoneladas de CO₂ solo en el año 2022, lo que equivale a una disminución del 5,6 % de las emisiones del sector energético mundial. Esta contribución ha sido posible gracias al rápido despliegue de ambas tecnologías, que han registrado tasas de crecimiento anual superiores al 10 % en la última década. En efecto, desde 2010 la capacidad solar instalada ha aumentado más de diez veces, y la eólica casi se ha cuadruplicado (REN21, 2023).

Un análisis de Gulagi et al. (2020) realizado con base en modelaciones energéticas 100 % renovables para diferentes regiones del mundo muestra que la energía solar puede aportar entre el 60 % y el 80 % de la electricidad necesaria para descarbonizar completamente el sector eléctrico, mientras que la energía eólica puede aportar hasta un 30 %, dependiendo de la disponibilidad de recursos y la geografía local. La clave del éxito de esta combinación radica en su complementariedad temporal y espacial: la generación solar es diurna y más estable en zonas ecuatoriales, mientras que la eólica presenta mejores rendimientos nocturnos y en latitudes medias, permitiendo así un suministro más constante cuando se combinan ambas fuentes.

Asimismo, el análisis de ciclo de vida (ACV) de estas tecnologías indica que sus emisiones indirectas –aquellas derivadas de la fabricación, transporte, instalación y desmantelamiento– son significativamente menores que las de cualquier fuente fósil. Según un estudio de Zappa, Junginger y van den Broek (2019), la energía solar fotovoltaica emite en promedio 20–40 gCO₂-eq/kWh a lo largo de su vida útil, mientras que la eólica terrestre se sitúa entre 10–20 gCO₂-eq/kWh. En contraste, las centrales térmicas de carbón pueden superar los 900 gCO₂-eq/kWh, lo que posiciona a las tecnologías renovables como alternativas claramente superiores desde la perspectiva ambiental.

Un aspecto relevante es la reducción progresiva de los costos de generación. El costo nivelado de electricidad (LCOE) de la solar y la eólica ha disminuido en más de un 80 % desde 2010, lo que ha favorecido su competitividad frente a tecnologías fósiles incluso sin subsidios. Esta tendencia ha impulsado su adopción global,

permitiendo que países en vías de desarrollo comiencen a reemplazar infraestructura fósil obsoleta con sistemas limpios, lo cual refuerza su impacto positivo en la reducción de emisiones (IRENA, 2023).

3.1.2. Desempeño comparado entre fuentes

Aunque todas las fuentes de energía renovable contribuyen a la descarbonización, su desempeño relativo varía en función de múltiples factores, incluyendo su densidad energética, ciclo de vida, impactos ambientales colaterales, escalabilidad y adecuación geográfica. La comparación entre tecnologías renovables permite identificar aquellas con mayor eficiencia neta en la reducción de emisiones, así como aquellas que presentan limitaciones técnicas o ambientales que podrían reducir su efectividad.

La energía hidroeléctrica, por ejemplo, ha sido tradicionalmente considerada una fuente limpia. Sin embargo, estudios recientes han puesto en evidencia que las grandes represas tropicales pueden emitir cantidades significativas de metano (CH_4), un gas con un potencial de calentamiento global 28 veces mayor que el CO_2 . Barros et al. (2011) encontraron que los embalses en regiones tropicales pueden emitir entre 0,3 y 1,3 $\text{gCH}_4/\text{m}^2/\text{día}$, lo que puede contrarrestar parcialmente los beneficios climáticos de esta tecnología si no se implementan medidas de mitigación adecuadas.

En cuanto a la energía geotérmica, si bien presenta una densidad energética considerablemente alta y una producción constante, su despliegue está limitado a regiones con condiciones geológicas específicas. Además, puede generar emisiones residuales de CO_2 y otros compuestos como H_2S si se emplean tecnologías de ciclo abierto. No obstante, las tecnologías modernas de ciclo cerrado han demostrado ser altamente eficaces para minimizar estos impactos (Fridriksson et al., 2016).

La biomasa, por su parte, presenta una evaluación más compleja. En teoría, la quema de biomasa es neutra en carbono si se reabsorbe el CO_2 emitido mediante la reforestación o la regeneración de cultivos. Sin embargo, en la práctica, el uso intensivo de biomasa para generación energética puede generar emisiones superiores a las de otras fuentes renovables, especialmente si involucra deforestación, uso de fertilizantes sintéticos o transporte intensivo. Searchinger et al. (2018) argumentan que ciertas prácticas asociadas a la bioenergía pueden generar una deuda de carbono que tarda décadas en recuperarse, poniendo en duda su viabilidad como herramienta inmediata de mitigación climática.

En términos de escalabilidad y replicabilidad, la energía solar y eólica ofrecen ventajas notables. Ambas pueden adaptarse a contextos urbanos y rurales, permiten esquemas descentralizados y tienen un bajo impacto ambiental durante su operación. Estas características las hacen más aptas para una adopción masiva y sostenida a corto y mediano plazo. Por otro lado, la infraestructura necesaria para

el desarrollo de proyectos hidroeléctricos o geotérmicos es considerablemente más costosa y localizada, lo que limita su expansión en muchos países.

En conclusión, si bien todas las fuentes renovables desempeñan un papel importante en la reducción de emisiones, la evidencia científica y empírica disponible confirma que la energía solar y eólica constituyen actualmente las tecnologías más eficientes, viables y sostenibles para disminuir la huella de carbono de manera significativa y a gran escala. Esta conclusión tiene implicaciones clave para las políticas energéticas futuras, que deben priorizar la inversión, desarrollo e integración de estas fuentes como eje central de las estrategias de descarbonización.

3.2. Factores de implementación

La transición hacia sistemas energéticos basados en fuentes renovables no es un proceso puramente técnico, sino fundamentalmente socioeconómico, político e institucional. A pesar del notable avance de tecnologías como la solar fotovoltaica, la eólica o la geotérmica, su adopción a gran escala sigue enfrentando diversos condicionantes que limitan su eficacia para reducir significativamente la huella de carbono. Entre estos, destacan dos grandes dimensiones interrelacionadas: la influencia de las políticas energéticas —como facilitadoras o inhibidoras del cambio estructural—, y las barreras técnicas y económicas que condicionan la viabilidad de su implementación en distintos contextos territoriales y económicos.

3.2.1. Influencia de políticas energéticas

Las políticas públicas desempeñan un rol crucial como catalizadores del desarrollo y expansión de las energías renovables. La formulación de marcos normativos integrales, acompañados de mecanismos de incentivo adecuados, se ha revelado como un factor clave para dinamizar la inversión, reducir los riesgos financieros asociados a los proyectos renovables y acelerar la descarbonización del sistema energético. En este sentido, la política energética no puede concebirse de manera aislada, sino como parte de una estrategia multisectorial de transformación sostenible.

La literatura especializada ha identificado una amplia gama de instrumentos de política que han demostrado efectividad en la promoción de energías limpias. Entre ellos destacan las tarifas de inyección a red (*feed-in tariffs*), los certificados verdes, los programas de subastas competitivas, los créditos fiscales, las cuotas obligatorias de participación renovable en las matrices energéticas, y los fondos de inversión climática. Murshed et al. (2022), en un estudio empírico con datos panel de 92 países, evidenciaron que la implementación simultánea de estos instrumentos tiene un efecto sinérgico, reduciendo las emisiones de CO₂ de manera más pronunciada que la aplicación aislada de uno solo.

Un caso paradigmático es el de Alemania, cuya *Energiewende* (transición energética) ha sido impulsada por una política pública coherente, con metas claras, participación ciudadana y subsidios estatales que incentivaron la generación

distribuida. Este enfoque permitió que, entre 1990 y 2020, las emisiones del sector energético se redujeran en más del 40 %. Asimismo, la Unión Europea, a través de su *Renewable Energy Directive (RED)* y su sistema de comercio de derechos de emisión (*EU ETS*), ha logrado institucionalizar la descarbonización como objetivo político prioritario, generando señales claras al mercado y facilitando la inversión a largo plazo (European Environment Agency, 2021).

En América Latina, se observan diferencias sustanciales en la aplicación de políticas energéticas. Mientras países como Uruguay, Costa Rica y Chile han conseguido una penetración significativa de renovables gracias a esquemas de planificación centralizada, marcos legales estables y políticas de incentivos a la inversión, otros países han enfrentado retrasos debido a marcos normativos fragmentarios, subsidios a los combustibles fósiles y una institucionalidad débil (Hochstetler, 2020). El éxito de las políticas energéticas también está condicionado por la calidad institucional, la transparencia en la toma de decisiones y la estabilidad política. Los países con democracias consolidadas, mayores niveles de rendición de cuentas y sistemas judiciales eficaces presentan una mayor propensión a implementar políticas climáticas ambiciosas, debido a una ciudadanía más informada y comprometida con la sostenibilidad.

Además, las políticas energéticas deben estar articuladas con una visión de transición justa, que contemple los impactos sociales y laborales del cambio de modelo. La reconversión de industrias intensivas en carbono, la formación de nuevos perfiles profesionales y la protección de grupos vulnerables son aspectos críticos que deben integrarse en cualquier hoja de ruta hacia un sistema energético bajo en emisiones.

3.2.2. Barreras técnicas y económicas

Pese al avance sostenido de las energías renovables en términos de eficiencia, costos y adopción tecnológica, subsisten múltiples barreras que dificultan su implementación plena, especialmente en economías en desarrollo o regiones periféricas con limitada capacidad institucional y financiera. Estas barreras se dividen principalmente en dos grandes categorías: técnicas y económicas, aunque ambas suelen estar interrelacionadas.

Desde el punto de vista técnico, uno de los principales desafíos radica en la naturaleza intermitente de fuentes como la solar y la eólica. La variabilidad horaria, diaria y estacional de estas tecnologías introduce una complejidad adicional en la operación de sistemas eléctricos tradicionalmente diseñados para flujos unidireccionales y generación continua a partir de plantas térmicas. La integración eficiente de renovables intermitentes requiere la modernización de las redes de transmisión y distribución, el desarrollo de capacidades de almacenamiento energético (por ejemplo, baterías de ion litio o hidrógeno verde), así como la implementación de redes inteligentes capaces de gestionar la oferta y la demanda en tiempo real (Hirth et al., 2015).

Otro reto técnico importante es la obsolescencia o rigidez de la infraestructura energética existente, especialmente en países que mantienen una fuerte dependencia de centrales térmicas o hidrocarburos. La falta de interoperabilidad entre sistemas convencionales y tecnologías renovables, la insuficiencia de interconexiones regionales y la ausencia de normativas técnicas estandarizadas limitan la penetración renovable, particularmente en sistemas eléctricos aislados o no interconectados.

En el plano económico, si bien los costos de generación renovable han disminuido drásticamente —el LCOE de la solar fotovoltaica cayó un 85 % entre 2010 y 2021—, los altos costos iniciales de inversión siguen representando una barrera significativa en contextos con acceso limitado a financiamiento. La percepción de riesgo por parte de inversionistas privados, la falta de garantías estatales, y la escasa experiencia local en la formulación y gestión de proyectos renovables son obstáculos frecuentes que frenan el dinamismo del sector.

Asimismo, los subsidios a los combustibles fósiles, todavía vigentes en muchos países, distorsionan el mercado energético y desincentivan la inversión en alternativas limpias. De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2022), los subsidios a los combustibles fósiles ascendieron a más de 500 mil millones de dólares en 2021, superando ampliamente la inversión global en renovables, lo cual perpetúa un modelo energético insostenible.

Las barreras económicas también incluyen la falta de mecanismos de financiamiento innovadores, como los bonos verdes, los fondos climáticos multilaterales o los instrumentos de mitigación de riesgos. Además, la ausencia de mercados maduros para tecnologías renovables reduce la competencia, limita la reducción de costos y obstaculiza la transferencia tecnológica. En muchos casos, los países en desarrollo dependen de la importación de tecnología, lo cual incrementa los costos de implementación y dificulta la creación de capacidades locales (Pueyo & Linares, 2020).

Por último, deben considerarse las barreras sociopolíticas. La resistencia de actores industriales vinculados al carbón, petróleo y gas natural, así como la percepción de amenaza socioeconómica en comunidades cuya economía depende de dichos sectores, pueden generar conflictos locales que retrasen o bloqueen proyectos renovables. En este sentido, Sovacool (2021) propone un enfoque de transición energética justa, basado en la inclusión de los sectores afectados, la diversificación productiva regional y la redistribución de beneficios, como condiciones necesarias para una transición aceptada socialmente.

4. Discusión

La discusión de los resultados obtenidos en esta revisión bibliográfica permite establecer una comprensión profunda sobre la relevancia estratégica de las energías renovables en la mitigación del cambio climático, particularmente en la

reducción de la huella de carbono. Las tecnologías solar fotovoltaica y eólica emergen como las fuentes más prometedoras no solo por su eficiencia técnica y ambiental, sino también por su creciente competitividad económica, la cual ha transformado radicalmente las dinámicas del mercado energético en las últimas décadas. Esta evolución posiciona a dichas tecnologías como pilares indispensables de un nuevo paradigma energético orientado a la sostenibilidad (Fridriksson et al., 2016).

La eficiencia de estas tecnologías no puede ser entendida únicamente desde la perspectiva de sus emisiones operativas, prácticamente nulas en condiciones normales de funcionamiento, sino que debe analizarse bajo un enfoque de ciclo de vida completo. En este sentido, las emisiones indirectas asociadas a la fabricación, instalación, operación y desmantelamiento de infraestructuras son considerablemente inferiores en comparación con las fuentes fósiles. Ello consolida su papel como alternativas climáticamente sostenibles. No obstante, la alta eficiencia técnica no siempre se traduce en una implementación efectiva, ya que existen factores estructurales, institucionales y económicos que determinan el ritmo y la escala de su adopción (Hochstetler, 2020).

Los resultados analizados evidencian que las políticas energéticas juegan un papel central en la promoción o el estancamiento de las energías renovables. Aquellos países que han logrado avances significativos en la transformación de sus matrices energéticas han actuado sobre la base de marcos normativos estables, esquemas de incentivos efectivos y planificación estratégica de largo plazo. Por el contrario, contextos marcados por subsidios persistentes a los combustibles fósiles, inestabilidad regulatoria o baja calidad institucional tienden a presentar una menor penetración de fuentes limpias y, en consecuencia, una mayor resistencia a reducir su huella de carbono.

El papel de la institucionalidad es particularmente relevante. La capacidad de los gobiernos para diseñar políticas integrales, coordinar actores multisectoriales, implementar mecanismos de seguimiento y evaluación, y fomentar la participación ciudadana incide directamente en la efectividad de las estrategias de descarbonización. Esta dimensión política resulta tan determinante como la tecnológica, ya que condiciona el entorno en el que operan los mercados, la disponibilidad de financiamiento y la legitimidad social de los proyectos.

A pesar de los avances, persisten barreras técnicas que obstaculizan la integración masiva de fuentes renovables intermitentes. Entre ellas, se destacan la variabilidad en la generación de electricidad, la necesidad de modernización de redes eléctricas, la escasa capacidad de almacenamiento energético y la limitada flexibilidad de los sistemas convencionales. Estos desafíos exigen inversiones significativas en infraestructura y desarrollo tecnológico, así como reformas regulatorias que permitan una gestión eficiente y dinámica de la demanda.

En el ámbito económico, la inversión inicial elevada, las dificultades de acceso a financiamiento en economías emergentes y la percepción de riesgo por parte de los inversores continúan siendo obstáculos críticos. Aunque los costos de generación renovable han disminuido drásticamente, la falta de mecanismos financieros adecuados, como bonos verdes o fondos climáticos, impide que muchas regiones aprovechen plenamente su potencial energético. A esto se suman las barreras asociadas a la dependencia tecnológica del exterior, la escasa capacitación técnica local y la limitada transferencia de conocimientos.

Un elemento clave que ha emergido con fuerza en los últimos años es la necesidad de garantizar una transición energética justa. La transformación del sistema energético debe ir acompañada de medidas que aseguren la equidad, la inclusión social y la protección de los sectores más vulnerables. La sustitución de empleos en industrias fósiles, la redistribución de beneficios energéticos y la mitigación de conflictos socioambientales son componentes esenciales para asegurar que la transición no reproduzca desigualdades estructurales, sino que contribuya a superarlas (Hirth et al., 2015).

La revisión realizada confirma que, si bien las tecnologías renovables tienen el potencial técnico y ambiental para reducir de forma significativa la huella de carbono, su despliegue efectivo dependerá de múltiples factores contextuales. La voluntad política, la cooperación internacional, la innovación financiera y la gobernanza participativa serán determinantes para materializar una transición energética sostenible, equitativa y resiliente ante los desafíos climáticos del presente siglo (Pueyo & Linares, 2020).

5. Conclusiones

A partir del análisis realizado en esta revisión bibliográfica, se concluye que las energías renovables, particularmente la solar fotovoltaica y la eólica, constituyen herramientas fundamentales en la estrategia global para reducir la huella de carbono y mitigar los efectos del cambio climático. Estas tecnologías han demostrado una eficiencia técnica notable, con niveles de emisiones considerablemente inferiores a los de las fuentes fósiles, tanto en su fase operativa como a lo largo de todo su ciclo de vida. Además, su acelerado desarrollo tecnológico y la reducción sostenida de sus costos de generación las han convertido en opciones cada vez más competitivas, incluso en mercados energéticos tradicionales.

Sin embargo, su adopción efectiva no depende exclusivamente de factores técnicos, sino de un entorno político, institucional y económico favorable. Las políticas energéticas diseñadas con coherencia, previsibilidad y visión de largo plazo han demostrado ser decisivas para facilitar el despliegue de energías limpias, impulsar la inversión y garantizar la sostenibilidad de los sistemas eléctricos. En contraposición, la ausencia de regulación adecuada, la persistencia de subsidios a

combustibles fósiles y la falta de mecanismos de financiación específicos continúan siendo obstáculos estructurales que ralentizan la transición energética, especialmente en países en desarrollo.

Asimismo, se identifican barreras técnicas importantes relacionadas con la intermitencia de las fuentes renovables, la infraestructura obsoleta y la limitada capacidad de almacenamiento energético, que requieren soluciones integradas y una transformación profunda del sistema eléctrico. A nivel económico, la alta inversión inicial, la limitada disponibilidad de financiamiento y la dependencia tecnológica limitan la escalabilidad de las renovables en muchos contextos. Estos desafíos deben abordarse mediante políticas públicas innovadoras, alianzas estratégicas y cooperación internacional que permita cerrar las brechas existentes entre países y regiones.

Por otro lado, la transición energética no puede ser comprendida únicamente como un cambio en la matriz de generación, sino como un proceso estructural que conlleva implicaciones sociales profundas. La construcción de una transición justa, inclusiva y participativa es indispensable para garantizar su viabilidad a largo plazo. Esto implica incorporar medidas de protección social, reconversión laboral y distribución equitativa de los beneficios derivados de la descarbonización.

En síntesis, si bien las energías renovables ofrecen un potencial indiscutible para reducir la huella de carbono, su implementación eficaz exige un enfoque integral que combine avances tecnológicos con voluntad política, regulación eficaz, mecanismos financieros adaptados y un firme compromiso con la equidad social. Solo mediante una acción coordinada y sostenida será posible consolidar una transición energética capaz de responder con eficacia y justicia a los desafíos del cambio climático.

CONFLICTO DE INTERESES

“Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses”.

Referencias Bibliográficas

- Barros, N., Cole, J. J., Tranvik, L. J., Prairie, Y. T., Bastviken, D., Huszar, V. L. M., ... & Roland, F. (2011). Carbon emission from hydroelectric reservoirs linked to reservoir age and latitude. *Nature Geoscience*, 4(9), 593–596. <https://doi.org/10.1038/ngeo1211>
- Bogdanov, D., Ramirez Camargo, L., Sadovskaia, K., Seidel, J., Gulagi, A., & Breyer, C. (2021). Low-cost renewable electricity as the key driver of the global energy transition towards sustainability. *Energy*, 227, 120467. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120467>
- European Environment Agency. (2021). *Trends and projections in Europe 2021: Tracking progress towards Europe's climate and energy targets*.

<https://www.eea.europa.eu/publications/trends-and-projections-in-europe-2021>

- Fridriksson, T., Gunnarsson, G., & Ármannsson, H. (2016). Environmental impact of geothermal power production. In R. B. DiPippo (Ed.), *Geothermal Power Generation* (pp. 507–543). Woodhead Publishing.
- Gulagi, A., Bogdanov, D., & Breyer, C. (2020). The role of renewable energy in achieving energy justice, equity, and climate action in Sub-Saharan Africa. *Energy, Sustainability and Society*, 10(1), 1–25.
- Hirth, L., Ueckerdt, F., & Edenhofer, O. (2015). Integration costs revisited – An economic framework for wind and solar variability. *Renewable Energy*, 74, 925–939.
- Hochstetler, K. (2020). *Political Economies of Energy Transition: Wind and Solar Power in Brazil and South Africa*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108677022>
- IEA – International Energy Agency. (2022). *Fossil fuel subsidies in 2021*. <https://www.iea.org/reports/fossil-fuel-subsidies-2021>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
- International Energy Agency (IEA). (2022). *CO2 Emissions in 2022*. <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2021>
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2023). *World Energy Transitions Outlook 2023: 1.5°C Pathway*.
- Murshed, M., Tanha, F. H., & Haseeb, M. (2022). Renewable energy policies and CO₂ emissions: A cross-country empirical analysis. *Renewable Energy*, 181, 1231–1242.
- Pueyo, A., & Linares, P. (2020). A just energy transition: A framework for policymaking. *Energy Policy*, 143, 111605.
- REN21. (2023). *Renewables 2023 Global Status Report*. <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>
- Sadorsky, P. (2021). The impact of renewable energy consumption and income on carbon dioxide emissions in developing countries. *Energy Economics*, 109, 105904.
- Searchinger, T. D., Beringer, T., Holtzmark, B., Kammen, D. M., Lambin, E. F., Lucht, W., ... & van Ypersele, J. P. (2018). Europe's renewable energy directive poised to harm global forests. *Nature Communications*, 9(1), 3741. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-06175-4>

Sovacool, B. K. (2021). Who are the victims of low-carbon transitions? Towards a political ecology of climate change mitigation. *Energy Research & Social Science*, 73, 101916. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.101916>

Zappa, W., Junginger, M., & van den Broek, M. (2019). Is a 100% renewable European power system feasible by 2050? *Applied Energy*, 233–234, 1027–1050. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.08.109>