

DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v8i15.0240>

ESTUDIO DE LA CRISIS ENERGÉTICA EN EL ECUADOR POR LA DEPENDENCIA EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA HIDRÁULICA

STUDY OF THE ENERGY CRISIS IN ECUADOR DUE TO THE DEPENDENCE ON HYDRAULIC ENERGY GENERATION

Chamorro Jason ¹; Mera Erick ²

¹ Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.

Correo: jchamorro7594@uta.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-0883-7987>.

² Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.

Correo: emera2609@uta.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-6870-0488>

Resumen

La crisis energética mundial ha impactado la economía y la estabilidad política de varios países, entre ellos Ecuador, donde la dependencia de la hidroelectricidad (aproximadamente el 80% de su matriz energética) lo hace vulnerable a fenómenos climáticos como las sequías. A pesar de contar con importantes recursos naturales, Ecuador enfrenta desafíos en infraestructura y diversificación energética, lo que ha derivado en problemas de abastecimiento y altos costos de importación de combustibles fósiles. La situación en América del Sur es compleja, con países como Argentina y Brasil experimentando inestabilidad energética debido a la falta de inversión y las fluctuaciones en los precios de los hidrocarburos. El cambio climático también ha afectado la disponibilidad del recurso hídrico, impactando la generación de energía en centrales hidroeléctricas. Frente a estos desafíos, Ecuador ha explorado soluciones como la expansión de proyectos hidroeléctricos y la promoción de energías renovables no convencionales, aunque estos esfuerzos se han visto limitados por los altos costos y barreras tecnológicas. Este proyecto busca analizar a profundidad la crisis energética de Ecuador, evaluando los riesgos asociados a su alta dependencia de la hidroelectricidad y proponiendo alternativas de diversificación para mejorar la resiliencia del sistema energético. Se realizará un análisis del sistema energético ecuatoriano, revisando la evolución histórica de la matriz energética y la importancia de la energía hidroeléctrica en el contexto de la crisis energética.

Palabras clave: Crisis energética, hidroelectricidad, diversificación energética, sistema energético, matriz energética.

Abstract

The global energy crisis has impacted the economy and political stability of several countries, including Ecuador, where dependence on hydroelectricity (approximately 80% of its energy matrix) makes it vulnerable to climatic phenomena such as droughts. Despite having significant natural resources, Ecuador faces challenges in infrastructure and energy diversification, which has led to supply problems and high fossil fuel import costs. The situation in South America is complex, with countries such as Argentina and Brazil experiencing energy instability due to lack of investment and fluctuations in hydrocarbon prices. Climate change has also affected the availability of water resources, impacting power generation in hydroelectric plants. Faced with these challenges, Ecuador has explored solutions such as the expansion of hydroelectric projects and the promotion of non-conventional renewable energies, although these efforts have been limited by high costs and technological barriers. This project seeks to analyze Ecuador's energy crisis in depth, assessing the risks associated with its high dependence on hydropower and proposing diversification alternatives to improve the resilience of the energy system. An analysis of the Ecuadorian energy system will be carried out, reviewing the historical evolution of the energy matrix and the importance of hydropower in the context of the energy crisis.

Keywords: Energy crisis, hydroelectricity, energy diversification, energy system, energy matrix.

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 16 de octubre de 2024.

Fecha de aceptación: 19 de diciembre de 2024.

Fecha de publicación: 10 de enero de 2025.

1. Introducción

La crisis energética global ha cobrado una relevancia creciente en la economía y en la estabilidad política de diversos países, siendo impulsada por una combinación de factores como el aumento de la demanda de energía, el agotamiento de recursos fósiles, y la transición hacia fuentes de energía renovables [1]. En los últimos años, la situación se ha agravado debido a factores como el impacto del cambio climático en los recursos naturales, las políticas ambientales de reducción de emisiones, y la inestabilidad en regiones ricas en petróleo y gas [2].

La crisis energética en América del Sur ha emergido como un problema multifacético que afecta tanto la estabilidad económica como el desarrollo social de la región. A pesar de contar con vastos recursos naturales y una gran capacidad de generación hidroeléctrica, el continente enfrenta desafíos significativos debido a su dependencia de los combustibles fósiles y a las limitaciones en infraestructura energética [3]. Países como Argentina, Brasil, y Venezuela han experimentado inestabilidad en sus sistemas energéticos,

exacerbada por factores económicos, falta de inversión, y fluctuaciones en el precio de los hidrocarburos [4]. Además, el cambio climático ha impactado la disponibilidad de recursos hídricos, lo que afecta la generación de energía en plantas hidroeléctricas, especialmente en Brasil y Paraguay, donde esta fuente es fundamental [5].

Para enfrentar estos problemas, los países sudamericanos han buscado diversificar sus matrices energéticas mediante la incorporación de fuentes renovables como la solar y la eólica. Sin embargo, estos esfuerzos han sido insuficientes debido a barreras como los altos costos de implementación y las limitaciones tecnológicas [6].

La crisis energética en Ecuador representa un desafío significativo en su desarrollo económico y social. En las últimas décadas, la demanda energética ha crecido debido al aumento de la población y al desarrollo industrial, poniendo a prueba la capacidad de generación eléctrica del país. Ecuador depende en gran medida de la hidroelectricidad, que constituye aproximadamente el 80% de su

matriz energética, lo que lo hace vulnerable a los efectos del cambio climático, como las sequías prolongadas [7]. Las limitaciones en infraestructura y la falta de diversificación de fuentes de energía han derivado en problemas de suministro y altos costos de importación de combustibles fósiles para suplir la demanda [8].

Además, los sistemas de transmisión y distribución presentan deficiencias debido a la falta de mantenimiento y renovación, lo que provoca frecuentes cortes de electricidad y pérdidas de energía [9]. Esto afecta la competitividad del sector industrial y la calidad de vida de los ciudadanos. En respuesta, el país ha explorado diversas soluciones, como la ampliación de proyectos hidroeléctricos y el fomento de energías renovables no convencionales (ERNC) para disminuir su dependencia de los combustibles fósiles y mejorar la estabilidad de su sistema energético [10].

El presente proyecto tiene como objetivo analizar en profundidad la crisis energética en Ecuador, enfocándose en los riesgos y desafíos asociados a la alta

dependencia de la energía hidráulica. En Ecuador, la hidroelectricidad representa alrededor del 80% de la matriz energética, lo cual, si bien aporta beneficios en términos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, también implica una vulnerabilidad significativa frente a fenómenos climáticos como sequías prolongadas y cambios en los patrones de precipitación. Este proyecto tiene como fin evaluar el impacto de esta dependencia, identificar las principales amenazas y proponer alternativas de diversificación que mejoren la resiliencia y estabilidad del sistema energético ecuatoriano.

Se realizará un análisis del sistema energético ecuatoriano, centrándose en la dependencia de la energía hidráulica como principal fuente de generación. Este análisis incluirá una revisión de la evolución histórica de la matriz energética y la importancia de la hidroelectricidad en el desarrollo económico y en los compromisos de Ecuador frente al cambio climático [11]. Este contexto permitirá identificar los factores estructurales que han llevado al país

a depender ampliamente de esta fuente de energía.

La hidroelectricidad en Ecuador depende de la disponibilidad de recursos hídricos, que puede verse afectada por factores climáticos, ambientales y geográficos. Por lo tanto, se evaluará la vulnerabilidad de las principales plantas hidroeléctricas frente a eventos como sequías, reducción de precipitaciones y cambios en el caudal de los ríos, particularmente en épocas de El Niño [12].

Se investigará el impacto de la crisis energética en diversos sectores económicos de Ecuador, como la industria, la agricultura y los servicios, que dependen de un suministro energético confiable. La inestabilidad en el suministro energético no solo afecta la productividad y los costos de operación de estos sectores, sino también la vida cotidiana de los ciudadanos. Además, se analizarán los costos financieros y ambientales de la importación de combustibles fósiles, necesarios para suplir las deficiencias en la generación hidroeléctrica en épocas de sequía [13].

Este proyecto identificará y analizará alternativas de diversificación energética, especialmente aquellas relacionadas con fuentes renovables no convencionales, como la energía solar, eólica y biomasa, que podrían reducir la dependencia de la hidroelectricidad. Además, se evaluarán las oportunidades y desafíos de implementar estas tecnologías, incluyendo los costos, la infraestructura requerida y las barreras tecnológicas y políticas que dificultan esta transición [14].

2. Estado del arte

La crisis energética en Ecuador es un problema de alta complejidad debido a su dependencia de la generación hidroeléctrica y el uso de combustibles fósiles para satisfacer la demanda de electricidad. Desde 2018, diversos estudios han abordado la situación del sistema energético ecuatoriano, sus desafíos y diversificación de su matriz energética.

La hidroelectricidad representa el 80% de la generación de electricidad en Ecuador, lo que hace al país vulnerable a variaciones en el régimen hídrico debido a fenómenos

climáticos como El Niño [15]. Rivas y Zambrano [16] analizan cómo esta dependencia limita la flexibilidad del sistema eléctrico para adaptarse a períodos de sequía y cambios en los patrones de precipitación. Los autores sostienen que el cambio climático intensifica la variabilidad en el caudal de los ríos, comprometiendo la fiabilidad de la generación hidroeléctrica y aumentando el riesgo de cortes energéticos. En línea con esta investigación, Flores y Castillo [17] argumentan que una matriz energética tan dependiente de recursos hídricos es extremadamente vulnerable en épocas de sequía, destacando la necesidad de invertir en almacenamiento de agua y en tecnologías de resiliencia para la infraestructura hidráulica.

Cuando la generación hidroeléctrica no es suficiente para cubrir la demanda, Ecuador recurre a plantas térmicas alimentadas por combustibles fósiles, una alternativa costosa y contaminante. Pérez et al. [18] examinan cómo el incremento en la demanda de combustibles fósiles debido a sequías y fallos en el suministro hidroeléctrico afecta la

economía nacional. Los costos de importación de petróleo se han incrementado, especialmente durante períodos de sequía, impactando las finanzas públicas y elevando los costos de generación eléctrica. Esta investigación resalta la vulnerabilidad financiera del país y su dependencia en el mercado internacional del petróleo. Según Suárez [19], la volatilidad de los precios del petróleo genera una inestabilidad adicional en el sistema energético, aumentando los costos para consumidores y empresas y limitando la capacidad del Estado para realizar inversiones en diversificación energética.

Ante los desafíos de la dependencia en hidroeléctricas y combustibles fósiles, varios estudios han abordado el potencial de Ecuador para diversificar su matriz energética mediante fuentes renovables no convencionales. Según López y Jiménez [20], Ecuador cuenta con importantes recursos para la generación solar y eólica, especialmente en las regiones costa y sierra, respectivamente. Los autores destacan que el potencial solar en el sur del país podría cubrir un porcentaje significativo de la

demanda eléctrica si se implementan las políticas adecuadas para su integración. Sin embargo, Morales [21] menciona que existen barreras para la inversión en estas tecnologías, como los altos costos iniciales, la falta de financiamiento y la limitada infraestructura para la transmisión de energía. Estos estudios sugieren que es necesaria una estrategia nacional que incentive la inversión en energías renovables, tanto a nivel de políticas públicas como de alianzas público-privadas.

El cambio climático plantea riesgos adicionales al sistema energético ecuatoriano, exacerbando la crisis debido a la dependencia de recursos hídricos y a la falta de diversificación en la matriz energética. Cárdenas et al. [22] analizan cómo el cambio en los patrones de precipitación y la mayor frecuencia de eventos climáticos extremos ponen en riesgo la generación hidroeléctrica, subrayando la importancia de adoptar tecnologías resilientes y mecanismos de almacenamiento de agua. Este estudio propone medidas de adaptación como el desarrollo de una infraestructura más resistente y la implementación de sistemas de monitoreo y predicción de caudales.

Asimismo, un estudio de Rivera y Silva [23] destaca la necesidad de diversificación energética como una medida para reducir la vulnerabilidad del sistema frente a cambios climáticos y, a su vez, contribuir a los compromisos de reducción de emisiones de Ecuador bajo el Acuerdo de París.

El marco político de Ecuador en torno a la energía ha sido evaluado en múltiples investigaciones, las cuales destacan la necesidad de implementar políticas que promuevan la eficiencia energética y la inversión en energías renovables. Torres y Vega [24] señalan que, aunque existen ciertos programas para la promoción de energías limpias, estos son limitados y carecen de continuidad. La falta de un marco regulatorio claro que incentive la inversión en tecnologías renovables y la ausencia de financiamiento adecuado son obstáculos que frenan la transición energética necesaria para enfrentar la crisis de manera sostenible.

3. Metodología

El presente estudio tiene una metodología bibliográfica documental, ya que consistió en la revisión bibliográfica de documentos y publicaciones acerca del cambio climático y su daño a la monopolización de energía hidroeléctrica en el Ecuador, iniciando por una búsqueda inicial en diferentes buscadores bibliográficos reconocidos en el ámbito eléctrico, con la finalidad de recolectar publicaciones de relevancia científica [25].

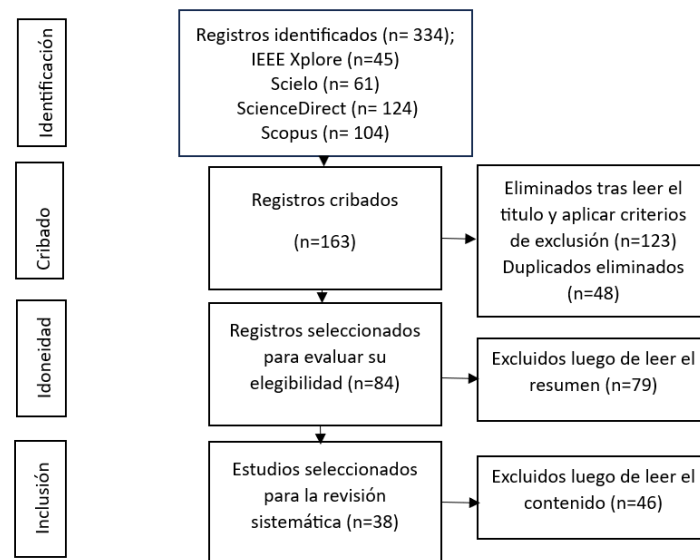
En cuanto al enfoque, es cualitativo de diseño descriptivo basado en el análisis de los hallazgos que responden al objetivo planteado destacando la problemática que enfrenta el Ecuador debido al cambio climático y su daño a la monopolización de energía hidroeléctrica, desde las argumentaciones de los otros articulistas seleccionados.

Para la elaboración se implementó el método PRISMA, el cual requiere la implementación de cuatro fases; identificación, selección, elegibilidad e inclusión de los diferentes artículos investigados, para la fase inicial de

identificación se utilizaron buscadores relevantes como son: IEEE Xplore, Scielo, Scopus, ScienceDirect y Web of Science en donde se localizaron el total de 38 artículos de relevancia a utilizar para la presente investigación [26].

Los criterios de inclusión se basaron con los criterios de búsqueda y selección que son los siguientes; publicaciones comprendidas del año 2013 al 2024 de los buscadores bibliográficos mencionados, en cuanto el idioma se han considerado investigaciones en español, inglés y portugués, como criterios de exclusión se plantearon las investigaciones duplicadas en los buscadores y aquellas investigaciones que fueron menor a 2018. Los criterios de búsqueda son los siguientes: energías renovables en el Ecuador; energía hidroeléctrica periodo 2013; Ecuador y su matriz energética, cambio climático en Sudamérica [27].

Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA en cuatro niveles



La imagen muestra un diagrama de flujo del proceso de selección de estudios para una revisión sistemática en cuatro etapas: Identificación, Cribado, Idoneidad e Inclusión. En la etapa de identificación, se localizaron 334 registros en diversas bases de datos: IEEE Xplore (45), Scielo (61), ScienceDirect (124) y Scopus (104). Durante el cribado, se eliminaron 48 registros duplicados y 123 tras aplicar criterios de exclusión en los títulos, quedando 163 registros. En la fase de idoneidad, se excluyeron 79 estudios después de leer los resúmenes, y se evaluaron 84 para su elegibilidad. Finalmente, en la etapa de inclusión, 46 estudios fueron excluidos tras la revisión completa del contenido, resultando

en 38 estudios seleccionados para la revisión sistemática.

4. Experimentación

4.1 Inicio del cambio en la matriz energética ecuatoriana.

Ecuador inició su incursión en la generación de energía solar a gran escala en 2013 con la puesta en marcha de la planta fotovoltaica de Pimampiro. Balsolar Ecuador, mediante la instalación de 4.160 paneles solares en un área de tres hectáreas, logró una capacidad de generación de hasta 998 kW durante las horas pico. Este proyecto pionero, a pesar de las limitaciones impuestas por la falta de almacenamiento, demostró el

potencial de la energía solar en el país y sentó las bases para futuras iniciativas en este campo [28].

La Central Eólica Villonaco, con una potencia instalada de 16.5 MW, comenzó a operar en Loja en 2013. Desde entonces, ha suministrado de manera continua energía al Sistema Nacional Interconectado, alcanzando una generación acumulada de más de 676,20 GWh hasta julio de 2022. Esta planta eólica, pionera en Ecuador continental, ha demostrado la viabilidad técnica y económica de aprovechar los recursos eólicos del país [29].

La Central Eólica Villonaco opera mediante 11 aerogeneradores que convierten la energía cinética del viento en energía eléctrica. Los generadores, con una potencia unitaria de 1.5 megavatios, están conectados a una subestación elevadora de 34.5/69 kV. Esta subestación aumenta el voltaje de la

energía generada para su transmisión a través de la línea de transmisión hasta la subestación Loja, donde se integra al Sistema Nacional Interconectado (SNI). El diseño de la central, incluyendo la selección de los aerogeneradores y la configuración de la subestación, ha sido cuidadosamente planificado para garantizar una operación eficiente y segura.

En 2013, Ecuador se destacó a nivel mundial por su matriz energética, predominantemente limpia y basada en fuentes renovables, especialmente la hidroelectricidad. Aunque a nivel global la hidroelectricidad representaba solo el 3.8% de la generación eléctrica, en Ecuador los ocho proyectos hidroeléctricos emblemáticos que se observa en la tabla 1, con una potencia combinada de 2827.4 MW, proyectaban cubrir más del 93% de la demanda nacional [30].

Tabla 1. Clasificación de hidroeléctricas superiores a 20MW de potencia instalada en Ecuador, año 2013.

Hidroeléctrica	Potencia instalada (MW)
Mazar	21
Quijos	50
Manduriacu	60
Delsitanisagua	180
Toachi Pilaton	254,4
Minas San Francisco	275
Sopladora	487
Coca codo Sinclair	1500

4.2 Cambio climático

La Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático de Ecuador revela que el país está experimentando de manera significativa los efectos del calentamiento global, atribuible a las actividades humanas según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Entre los impactos más notables se encuentran la intensificación de eventos climáticos extremos, como El Niño y La Niña, que desencadenan sequías prolongadas, inundaciones devastadoras y deslizamientos de tierra. Adicionalmente, el aumento del nivel del mar pone en riesgo las zonas costeras, amenazando a comunidades, infraestructura y ecosistemas marinos. El retroceso acelerado de los glaciares andinos, como resultado del calentamiento global, disminuye la disponibilidad de agua para consumo humano, generación hidroeléctrica y agricultura, especialmente en la región Sierra. Estos cambios climáticos tienen profundas implicaciones socioeconómicas y ambientales, afectando sectores clave como la generación eléctrica,

agricultura, la pesca, el turismo y la salud pública. Ecuador, debido a su alta vulnerabilidad y dependencia de recursos naturales sensibles al clima, requiere implementar estrategias de adaptación y mitigación ambiciosas para hacer frente a estos desafíos y construir un futuro más sostenible y resiliente [31].

En Ecuador, el cambio climático está alterando significativamente el ciclo hidrológico, manifestándose en una marcada variabilidad de las precipitaciones. Por un lado, se observan eventos extremos como lluvias torrenciales que desencadenan inundaciones y deslizamientos, mientras que, por otro, se registran períodos prolongados de sequía debido a la reducción de las precipitaciones. El deshielo acelerado de los glaciares, como consecuencia del aumento de las temperaturas, agrava la situación, reduciendo la disponibilidad de agua en cuencas hidrográficas estratégicas. Estos cambios tienen repercusiones directas en sectores clave como la agricultura, la generación hidroeléctrica y el suministro de agua potable, poniendo en riesgo la

seguridad alimentaria, energética y hídrica del país. Ante este escenario, el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), a través del Equipo Nacional de Cambio Climático (ENCC), ha establecido como prioridad la gestión integral del recurso hídrico, buscando garantizar su disponibilidad, calidad y uso sostenible frente a los impactos del cambio climático [31].

La hidroelectricidad, tradicionalmente considerada una fuente de energía limpia y renovable, se encuentra en un punto de inflexión en Ecuador. Si bien ha sido fundamental para la matriz energética nacional, su capacidad para contribuir a la mitigación del cambio climático se ve comprometida por los efectos del propio fenómeno que busca combatir. Los cambios en los patrones de precipitación y temperatura, asociados al calentamiento global, están afectando directamente la disponibilidad de agua para la generación hidroeléctrica, reduciendo su potencial y generando incertidumbres en la planificación energética a largo plazo. Esta

situación plantea un desafío crucial para el país, que busca conciliar el desarrollo de su sector energético con la necesidad de adaptarse a los efectos del cambio climático [32].

4.3 Proyección de demanda en el Ecuador

El sector energético ecuatoriano, con la hidroelectricidad como pilar fundamental, se encuentra en un punto de inflexión. Si bien la generación hidroeléctrica ha sido un motor de desarrollo, su expansión debe considerar los límites impuestos por los recursos hídricos y los desafíos asociados al cambio climático. La proyección de una demanda de 47 TWh para 2030 exige una planificación energética a largo plazo que integre criterios de sostenibilidad ambiental y social. Es necesario evaluar cuidadosamente las alternativas energéticas, considerando factores como la disponibilidad de recursos, los costos, los impactos ambientales y la seguridad energética [31].

Tabla 2. Clasificación de hidroeléctricas superiores a 20MW de potencia instalada en Ecuador, año 2013. [31].

Año	Baja [GWh]	Medio [GWh]	Alta [GWh]
2020 (Base)	26 727	26 727	26 727
2021	28 037	28 304	28 571
2022	29 410	29 974	30 543
2023	30 852	31 742	32 650
2024	32 363	33 615	34 903
2025	33 949	35 598	37 311
2026	35 613	37 699	39 886
2027	37 358	39 923	42 638
2028	39 188	42 278	45 580
2029	41 108	44 773	48 725
2030	43 123	47 414	52 087
Porcentaje de variación 2020-2027	4,90 %	5,90 %	6,90 %

4.4 Energía Fotovoltaica en el Ecuador

Desde la pionera planta fotovoltaica de Pimampiro en 2013, Ecuador ha experimentado un crecimiento notable en la generación de energía solar, alcanzando 26,74 MW de potencia efectiva en 34 centrales a finales de 2024. Sin embargo, a pesar de este avance, la energía fotovoltaica representa apenas el 3% de la capacidad instalada del Sistema Nacional Interconectado (SNI), dominado por la hidroelectricidad (74%). Aunque el Plan Maestro de Electricidad promueve las energías renovables, la penetración de la energía solar se enfrenta a desafíos como la intermitencia, la necesidad de sistemas de almacenamiento y la integración a la red eléctrica existente. A pesar de estos retos, el atractivo de la energía solar,

caracterizado por bajos costos de inversión, rápida implementación y mínimos riesgos operativos, la posiciona como una tecnología con un gran potencial para diversificar la matriz energética ecuatoriana y contribuir a la transición hacia un futuro energético más sostenible [33].

La dependencia de la hidroelectricidad como principal fuente de energía en Ecuador ha expuesto la vulnerabilidad del sistema eléctrico ante eventos climáticos extremos y la variabilidad hidrológica. A pesar de contar con un recurso solar abundante, la generación fotovoltaica representa solo el 3% de la matriz energética. El potencial de generación solar en áreas con alta radiación, estimado en 150,000 hectáreas, representa una oportunidad para diversificar la matriz energética y mejorar la

resiliencia del sistema eléctrico, las provincias beneficiadas son las siguientes:

- Región montañosa del norte, (Carchi, Imbabura, Pichincha);
- Región montañosa del centro, (Cotopaxi, Chimborazo, Cañar);
- Región sur (Loja, Azuay, El Oro) [34].

Se ha definido un portafolio inicial de 15 sitios estratégicos en estas provincias, los cuales serán evaluados a profundidad para desarrollar proyectos fotovoltaicos que alcancen una capacidad instalada mínima de 1000 MW [35].

4.5 Termoeléctricas

Si bien la capacidad de generación termoeléctrica en Ecuador experimentó un crecimiento del 38% entre 2007 y 2017, alcanzando los 2.912 megavatios, este incremento fue inferior al observado en la generación hidroeléctrica. Sin embargo, la capacidad instalada total de termoelectricidad es aún mayor, llegando a 3.438,65 megavatios, aunque no todas las centrales están en operación debido a factores como el mantenimiento o la obsolescencia [36].

A pesar de esta capacidad instalada, durante el período comprendido entre el 1 y el 23 de septiembre de 2024, las termoeléctricas solo aportaron 695 megavatios al sistema eléctrico nacional. Esta situación, sumada a la antigüedad de algunas centrales (13 de ellas tienen entre 30 y 52 años), ha llevado al gobierno a buscar alternativas para diversificar la matriz energética y reducir la dependencia de la hidroelectricidad. En este sentido, el ministro de Energía ha anunciado la contratación de más de 1.200 megavatios adicionales, tanto a través de la adquisición de motores de combustión interna como del alquiler de barcas generadoras [36].

4.6 Energía Eólica

La generación eólica en Ecuador se concentra principalmente en tres parques: El Villonaco, ubicado en la provincia de Loja a 2.720 metros sobre el nivel del mar, cuenta con una capacidad instalada de 16,5 megavatios. En el archipiélago de Galápagos, las islas San Cristóbal y Baltra albergan parques eólicos con capacidades de 2,4 y 2,25 megavatios, respectivamente. Cabe destacar que el parque eólico El

Villonaco, inaugurado en 2013, fue la última gran adición a la capacidad eólica instalada en el país [37].

5. Conclusiones

La crisis energética en Ecuador revela la fragilidad de un modelo de desarrollo dependiente de recursos naturales altamente vulnerable a los impactos del cambio climático. La sobreexplotación de recursos hídricos, la dependencia de combustibles fósiles importados y la falta de inversión en eficiencia energética han generado una matriz energética insostenible. La transición hacia un modelo energético más resiliente y sostenible requiere una transformación profunda del sistema, incluyendo una mayor diversificación de fuentes, una gestión integral de los recursos hídricos y una adaptación proactiva a los efectos del cambio climático.

La falta de planificación energética a largo plazo y la ausencia de una visión estratégica han impedido una respuesta efectiva a la crisis energética en Ecuador. La toma de decisiones a corto plazo, la falta de coordinación entre los diferentes

actores del sector y la ausencia de incentivos para la inversión en energías renovables han obstaculizado la transición energética. Es necesario desarrollar un plan energético nacional con objetivos claros, metas ambiciosas y un marco regulatorio estable que fomente la innovación y la inversión en tecnologías limpias.

La crisis energética en Ecuador representa una oportunidad única para impulsar el desarrollo económico y social del país a través de la generación de empleo, la reducción de la pobreza energética y la mejora de la calidad de vida de la población. La transición hacia un modelo energético más sostenible puede impulsar la creación de nuevas industrias, fomentar la investigación y el desarrollo tecnológico, y fortalecer la seguridad energética del país. Sin embargo, es fundamental garantizar una transición justa que no deje a nadie atrás y que considere las necesidades de las comunidades más vulnerables.

Resultados

La crisis energética en Ecuador se ha intensificado notablemente como resultado de la creciente variabilidad

en los patrones de precipitación, así como del deshielo acelerado de los glaciares andinos. Estos fenómenos climáticos afectan directamente la disponibilidad de recursos hídricos, esenciales para la generación de energía hidroeléctrica, que representa aproximadamente el 80% de la matriz energética del país. Esta dependencia hace que el sistema energético ecuatoriano sea especialmente vulnerable a las fluctuaciones climáticas. La alteración en los regímenes de lluvias y el deshielo de los glaciares generan una incertidumbre considerable en la planificación energética a largo plazo, dificultando la proyección de la capacidad de generación y el suministro confiable de electricidad para satisfacer la demanda nacional.

Cuando la generación de energía hidroeléctrica no es suficiente para cumplir con la demanda del país, Ecuador se ve obligado a recurrir a plantas térmicas que funcionan con combustibles fósiles, una solución que resulta costosa y perjudicial para el medio ambiente. En 2020, los costos de importación de petróleo aumentaron de manera significativa, lo que repercutió negativamente en

las finanzas públicas del país y provocó un aumento en los costos de generación eléctrica. Esta situación no solo afecta la estabilidad económica, sino que también incrementa la presión sobre el presupuesto nacional, limitando la capacidad del gobierno para invertir en infraestructuras energéticas sostenibles y diversificación de la matriz energética.

A pesar de los esfuerzos realizados por Ecuador para diversificar su matriz energética mediante la incorporación de fuentes de energía renovables no convencionales, como la solar y la eólica, su contribución a la capacidad total instalada es aún bastante limitada. Para el año 2024, la energía solar representaba apenas un 3% de la capacidad del Sistema Nacional Interconectado (SNI), mientras que la hidroelectricidad continuaba dominando con un 74%. Esta escasa participación de las energías renovables no convencionales se debe a varios factores, incluidos los altos costos iniciales de implementación, la falta de infraestructura adecuada y las barreras tecnológicas y políticas que obstaculizan la adopción de estas

tecnologías. Sin una estrategia clara para promover estas fuentes de energía, Ecuador corre el riesgo de seguir dependiendo excesivamente de la hidroelectricidad, lo que lo hace vulnerable a los impactos del cambio climático.

Bibliografía

- [1] R. Hirsch, R. Bezdek, y R. Wendling, "Peaking of World Oil Production: Impacts, Mitigation, & Risk Management," *Science & Public Policy Institute*, vol. 29, no. 3, pp. 245-255, 2005.
- [2] B. Sovacool, "The political economy of energy," *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 40, pp. 1-27, 2015.
- [3] D. Nakano y L. N. Lima, "South America's energy matrix and sustainability challenges," *Energy Policy*, vol. 123, pp. 48-56, 2018.
- [4] M. G. Lanza, "Crisis energética en América Latina: desafíos y oportunidades para la transición energética," *Revista de Estudios Latinoamericanos en Energía*, vol. 14, no. 2, pp. 112-129, 2021.
- [5] F. Ferreira, J. Reis y A. da Silva, "Impactos del cambio climático en la generación hidroeléctrica de Brasil," *Journal of Environmental Studies*, vol. 31, no. 1, pp. 33-47, 2020.
- [6] B. R. Morales y C. Fuentes, "Desafíos para la integración de energías renovables en América del Sur," *Boletín Energético Latinoamericano*, vol. 15, no. 4, pp. 65-80, 2019.
- [7] J. Jiménez y M. Guerrero, "El impacto del cambio climático en la generación hidroeléctrica del Ecuador," *Revista de Energía y Ambiente*, vol. 25, no. 3, pp. 122-129, 2021.
- [8] P. Castro y L. Martínez, *Crisis energética y dependencia de los combustibles fósiles en Ecuador*. Quito: Ediciones Energía, 2019.
- [9] M. Solórzano, "Retos y oportunidades en la transmisión de energía en Ecuador," *Revista de Ingeniería Eléctrica*, vol. 15, no. 1, pp. 45-52, 2020.
- [10] G. Peña y S. Ramos, "Potencial de las energías renovables en Ecuador: desafíos y oportunidades," *Boletín Energético Latinoamericano*, vol. 18, no. 2, pp. 75-84, 2022.
- [11] L. Morales y R. Pérez, "Evolución de la matriz energética ecuatoriana y dependencia de la hidroelectricidad," *Revista*

- Energía Sustentable, vol. 10, no. 3, pp. 156-172, 2019.
- Sustentabilidad, vol. 10, no. 1, pp. 67-79, 2019.
- [12] J. García y P. Ruiz, "Efectos de los fenómenos climáticos en la generación hidroeléctrica en Ecuador," Estudios Ambientales y Energía, vol. 7, no. 1, pp. 67-79, 2020.
- [13] A. Velasco y M. Gómez, "Impacto económico de la dependencia energética en Ecuador," Revista de Economía Ecuatoriana, vol. 13, no. 2, pp. 102-117, 2021.
- [14] B. Fernández y C. Álvarez, "Diversificación energética: opciones renovables en Ecuador," Boletín de Energías Renovables y Ambiente, vol. 15, no. 4, pp. 88-96, 2022.
- [15] J. V. Rivas y L. D. Zambrano, "La dependencia hidroeléctrica en Ecuador y sus riesgos frente al cambio climático," Revista de Energía y Clima, vol. 6, no. 2, pp. 45-58, 2018.
- [16] A. Flores y M. Castillo, "Impacto de los fenómenos climáticos en la generación hidroeléctrica ecuatoriana," Revista Técnica de Energía Hidráulica, vol. 9, no. 3, pp. 112-123, 2019.
- [17] P. Martínez y S. González, "Evaluación de los riesgos de la generación hidroeléctrica en Ecuador," Boletín Latinoamericano de Energía y
- [18] C. Pérez, J. Torres, y M. Suárez, "Efectos económicos de la dependencia de combustibles fósiles en la matriz energética ecuatoriana," Revista Economía y Energía de América Latina, vol. 15, no. 2, pp. 101-115, 2020.
- [19] M. Suárez, "Impacto de la volatilidad del petróleo en la economía energética de Ecuador," Energía y Desarrollo Económico, vol. 11, no. 2, pp. 89-103, 2021.
- [20] R. López y A. Jiménez, "Potencial de energías renovables no convencionales en Ecuador," Estudios Energéticos de América Latina, vol. 18, no. 3, pp. 201-214, 2021.
- [21] G. Morales, "Barreras para la integración de energías renovables en Ecuador," Revista de Energía y Sostenibilidad, vol. 20, no. 2, pp. 85-97, 2021.
- [22] L. Cárdenas, R. Ramírez, y E. Vásquez, "Cambio climático y resiliencia en el sistema energético ecuatoriano," Análisis del Cambio Climático y Energía, vol. 12, no. 1, pp. 56-71, 2022.
- [23] D. Rivera y E. Silva, "Diversificación energética y mitigación del cambio

- climático en Ecuador,” *Política Energética y Sustentabilidad*, vol. 13, no. 3, pp. 122-135, 2020.
- [24] F. Torres y J. Vega, “Análisis del marco regulatorio de energías renovables en Ecuador,” *Boletín de Políticas Públicas y Energía Sostenible*, vol. 14, no. 3, pp. 103-119, 2020.
- [25] F. Arias, «Investigación documental, investigación bibliométrica y revisiones,» *REDHECS*, vol. 31, nº 22, pp. 9-29, 2023.
- [26] M. Page, J. McKenie, P. Bossuyt y I. Boutron, «Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas,» *Revista Española de cardiología*, vol. 79, nº 4, pp. 791-798, 2020.
- [27] A. Gutierrez, «Universidad Metropolitana de Monterrey,» 06 02 2021. [En línea]. Available: <https://www.umm.edu.mx/blog/los-5-buscadores-academicos-mas-populares>.
- [28] BIESS, «Banco del IESS,» 1 febrero 2022. [En línea]. Available: <https://www.biess.fin.ec/sala-de-prensa/noticias/noticia/archivo/noticias/2013/02/01/proyecto-fotovoltaico-inicio-sus-operaciones>.
- [29] H. Rojas, E. Duque y Y. García, «Contexto actual del sector hidroeléctrico ecuatoriano: Análisis de proyectos emblemáticos,» *Revista UTPL*, vol. 1, nº 2, pp. 2-7, 2022.
- [30] Ministerio de energía y minas, «Central Eolica Villonaco,» [En línea]. Available: ecursosyenergia.gob.ec/central-eolica-villonaco/#:~:text=Es%20la%20primera%20Central%20Eólica,de%202013%2C%20aportando%20al%20S.N.I..
- [31] S. Naranjo, «Una perspectiva del desarrollo hidroeléctrico en Ecuador, pasado, presente y futuro,» *La Granja*, vol. 39, nº 1, pp. 63-77, 2024.
- [32] Ministerio del Ambiente, Agua y Transición, Plan Nacional de Sequia, Quito: Publiasesores Cia. Ltda, 2021.
- [33] Corporación eléctrica del Ecuador CELEC EP, Estudio de potencial solar fotovoltaico del Ecuador, Cuenca: CELEC, 2024.
- [34] G. Inca, D. Cabrera, D. Villalta, R. Bautista y H. Cabrera, «Evaluación de la actualidad de los sistemas fotovoltaicos en Ecuador; avances, desafíos y perspectivas,» *Ciencia Latina*, vol. 7, nº 3, pp. 9493-9509, 2023

- [35] M. Orozco, «Solo una hidroeléctrica entró en operación en tres años,» PRIMICIAS, 9 Enero 2023.

- [36] M. Orozco, «Si Ecuador construyó 14 hidroeléctricas en una década, ¿por qué ahora vive cortes de luz masivos?,» PRIMICIAS, 25 Septiembre 2024.

- [37] P. Islas, «Swissinfo,» 25 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://www.swissinfo.ch/spa/ecuador-recibe-14-aerogeneradores-para-su-mayor-parque-e%c3%b3lico-en-los-andes/47289448#:~:text=Al%20momento%2C%20Ecuador%20dispone%20de,16%2C5%20megavatios%20de%20potencia..>