

# Análisis prospectivo de la energía nuclear como alternativa a la matriz energética del Ecuador: oportunidades y desafíos.

## *A Prospective Analysis of Nuclear Energy as an Alternative for Ecuador's Energy Matrix: Opportunities and Challenges.*

Guerrero-Calero, Juan Manuel<sup>1</sup>; Sandoval-Santos, Luis Gerardo<sup>2</sup>; Moran-González, Miguel Ramón<sup>3</sup>; Cruz-Macías, Bryan Alejandro<sup>4</sup>.

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

<sup>2</sup> Investigador Independiente; Ecuador, Portoviejo; <https://orcid.org/0009-0004-8150-5496>; [javeriana.luis@gmail.com](mailto:javeriana.luis@gmail.com)

<sup>3</sup> Universidad Estatal del Sur de Manabí; Ecuador, Jipijapa; <https://orcid.org/0000-0002-6072-3599>; [miguel.moran@unesum.edu.ec](mailto:miguel.moran@unesum.edu.ec)

<sup>4</sup> Universidad Estatal del Sur de Manabí; Ecuador, Jipijapa; <https://orcid.org/0000-0003-3462-6928>; [bryan.cruz@unesum.edu.ec](mailto:bryan.cruz@unesum.edu.ec)

<sup>1</sup> Autor Correspondencia

 <https://doi.org/10.63618/omd/isj/v3/n3/110>

**Cita:** Guerrero-Calero, J. M., Sandoval-Santos, L. G., Moran-González, M. R., y Cruz-Macías, B. A. (2025). Análisis prospectivo de la energía nuclear como alternativa a la matriz energética del Ecuador: oportunidades y desafíos. *Innova Science Journal*, 3(3), 672-683. <https://doi.org/10.63618/omd/isj/v3/n3/110>.

**Recibido:** 25/05/2025

**Aceptado:** 15/07/2025

**Publicado:** 31/07/2025



**Copyright:** © 2025 por los autores. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la Licencia Creative Commons, Atribución-NonComercial 4.0 Internacional. (CC BY-NC).

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

**Resumen:** Este artículo analiza la viabilidad de incorporar la energía nuclear para diversificar la matriz energética del Ecuador. Mediante una revisión sistemática de literatura científica y un mapeo bibliométrico con VOSviewer, se identificaron tendencias, oportunidades y desafíos relevantes. En América Latina, la alta dependencia de fuentes hidroeléctricas y la vulnerabilidad ante fenómenos climáticos resaltan la necesidad de generación firme y baja en carbono, como la nuclear. No obstante, persisten retos en gobernanza, percepción social, gestión de residuos y fortalecimiento técnico-institucional. El estudio también recoge buenas prácticas internacionales que proponen integrar la energía nuclear como complemento a otras fuentes renovables, alineada con metas de descarbonización. Para Ecuador, este camino requiere marcos regulatorios sólidos, cooperación internacional y estrategias de comunicación ciudadana. La investigación proporciona insumos valiosos para orientar decisiones sobre una transición energética sostenible y justa, considerando tanto el contexto nacional como las dinámicas regionales.

**Palabras clave:** Energía nuclear; Matriz energética; Transición energética; Gobernanza energética; Sostenibilidad.

**Abstract:** This article analyzes the feasibility of incorporating nuclear energy to diversify Ecuador's energy matrix. Through a systematic review of scientific literature and a bibliometric mapping with VOSviewer, relevant trends, opportunities and challenges were identified. In Latin America, the high dependence on hydroelectric sources and the vulnerability to climate phenomena highlight the need for firm and low-carbon generation, such as nuclear. However, challenges persist in governance, social perception, waste management and technical-institutional strengthening. The study also includes international best practices that propose integrating nuclear energy as a complement to other renewable sources, aligned with decarbonization goals. For Ecuador, this path requires solid regulatory frameworks, international cooperation and citizen communication strategies. The research provides valuable inputs to guide decisions on a sustainable and just energy transition, considering both the national context and regional dynamics.

**Keywords:** Nuclear energy; Energy matrix; Energy transition; Energy governance; Sustainability.

## 1. Introducción

La creciente demanda energética global y la urgencia de mitigar los efectos del cambio climático han impulsado a numerosos países a explorar fuentes de energía bajas en carbono, entre ellas la energía nuclear, como parte de estrategias de transición energética sostenible (Brutschin et al., 2021; Fischer-Kowalski et al., 2023). En el contexto latinoamericano, y particularmente en Ecuador, la búsqueda de alternativas para diversificar la matriz energética es prioritaria, dada la alta dependencia de fuentes hidroeléctricas y la vulnerabilidad a fenómenos climáticos extremos que afectan su continuidad y seguridad (Martínez et al., 2023).

Diversos estudios evidencian que la introducción de programas nucleares en países considerados “newcomers” depende no solo de factores tecnológicos, sino de variables contextuales como la capacidad del Estado, la demanda eléctrica proyectada, la estabilidad política y la cercanía con proveedores tecnológicos clave (Brutschin et al., 2021). De hecho, la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA) enfatiza que “la energía nuclear puede desempeñar un papel clave para garantizar sistemas eléctricos bajos en carbono y resilientes, especialmente en economías emergentes que enfrentan demandas de crecimiento y seguridad energética” (IAEA, 2022).

En este sentido, Ecuador presenta características mixtas: una matriz históricamente renovable con predominio hidroeléctrico, indicadores aceptables de gobernanza energética, pero también limitaciones estructurales y regulatorias que pueden dificultar la adopción de una tecnología compleja como la nuclear. La discusión sobre la viabilidad de la energía nuclear como opción estratégica debe enmarcarse dentro de la transición justa y sostenible que el país aspira a consolidar. De acuerdo con Martínez et al. (2023), los indicadores de sostenibilidad del sector eléctrico ecuatoriano reflejan avances significativos en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), aunque persisten brechas en términos de diversificación y resiliencia del sistema.

Por su parte, Akizu et al. (2017) destacan que las transiciones energéticas en el Sur Global enfrentan desafíos socio-técnicos y culturales que pueden influir en la aceptación social de tecnologías percibidas como riesgosas, como es el caso de la energía nuclear. A nivel regional, expertos como Ramos-Martín y Giordano (2021) argumentan que América Latina posee una oportunidad estratégica para evaluar nuevas tecnologías nucleares modulares, que podrían complementar las fuentes renovables y mitigar la variabilidad hidrológica, siempre que se refuercen marcos regulatorios y capacidades institucionales.

A nivel mundial, la difusión de la energía nuclear ha experimentado estancamientos y reconfiguraciones debido a factores como los costos de inversión, la liberalización de mercados eléctricos y la competencia de tecnologías renovables cada vez más accesibles (Brutschin et al., 2021). Sin embargo, algunos escenarios de descarbonización sugieren que mantener o expandir la capacidad nuclear puede ser esencial para alcanzar metas de emisiones netas cero, siempre que se garanticen estándares estrictos de seguridad, gestión de residuos y participación ciudadana informada (IEA, 2022; Sovacool et al., 2020).

Frente a este panorama, el presente artículo propone un análisis prospectivo de la energía nuclear como alternativa para diversificar la matriz energética del Ecuador,

evaluando sus posibles beneficios en términos de reducción de emisiones y seguridad energética, pero también los riesgos y desafíos institucionales, económicos y socioambientales asociados. Para ello, se revisa literatura empírica y comparativa de países con características similares, incorporando elementos de gobernanza, percepción social y capacidades técnicas nacionales, elementos clave para una planificación energética coherente con los compromisos climáticos y los ODS.

## 2. Materiales y Métodos

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque documental y bibliométrico, con el objetivo de identificar, analizar y mapear la producción científica relevante relacionada con la energía nuclear como alternativa para diversificar la matriz energética del Ecuador. Para ello, se diseñó una estrategia de búsqueda sistemática de literatura de alto impacto indexada en la base de datos ScienceDirect, una de las más reconocidas para publicaciones revisadas por pares.

### 2.1. Selección de palabras clave

La búsqueda se estructuró utilizando combinaciones de palabras clave en inglés, con operadores booleanos para optimizar los resultados, de acuerdo con la siguiente sintaxis:

- ("nuclear energy" AND "energy matrix" AND Ecuador)
- ("nuclear energy" AND "energy transition" AND Ecuador)
- ("energy foresight" AND "nuclear energy" AND Ecuador)
- ("nuclear energy" AND "energy security" AND Ecuador)
- ("sustainability" AND "nuclear energy" AND "prospective analysis")

Estas combinaciones permitieron capturar estudios que vinculan aspectos técnicos, económicos y de sostenibilidad, así como análisis prospectivos relacionados con la energía nuclear y su inserción en la matriz energética ecuatoriana.

### 2.2. Ficha de conexión para análisis documental

Para el análisis sistemático de los documentos seleccionados, se diseñó y aplicó una ficha de conexión bibliográfica que permitió registrar y estructurar la información de cada referencia de manera coherente y comparable. Esta herramienta contempló criterios específicos como la verificación de pertinencia del documento respecto al objetivo del estudio (aplicable o no), y la identificación de la finalidad del trabajo, clasificándolo como orientado a la propuesta de un enfoque prospectivo (P), la evaluación de escenarios existentes (E), o la descripción de tendencias y marco comparativo (C).

Se analizó además el planteamiento del problema, revisando la claridad de las preguntas de investigación, la definición de objetivos, hipótesis (cuando existieran), alcance y justificación del estudio. La ficha recogió la síntesis del marco teórico, identificando teorías clave, conceptos vinculados a la energía nuclear, seguridad y sostenibilidad energética, y su articulación con la matriz energética nacional o regional.

De forma complementaria, se describieron los métodos empleados en cada estudio, señalando tipo de diseño, fuentes de datos, técnicas de análisis y herramientas utilizadas (por ejemplo, modelos de simulación, análisis de ciclo de vida o redes bibliométricas). Finalmente, se resumieron los principales resultados reportados y se evaluó la contribución de cada documento al análisis prospectivo, indicando si aporta elementos teóricos, evidencias comparativas, datos metodológicos o lineamientos prácticos aplicables al caso ecuatoriano.

### **2.3. Proceso de cribado y selección**

En la primera fase se identificaron 89 artículos mediante la revisión de títulos y palabras clave. Posteriormente, se realizó una lectura exploratoria de los resúmenes para evaluar la pertinencia de cada publicación con respecto a los objetivos del presente trabajo. Como resultado de este proceso de cribado, se seleccionaron 19 artículos relevantes, considerando criterios como el nivel de impacto de la revista, la relación directa con el contexto ecuatoriano o latinoamericano, y la disponibilidad de datos comparativos o escenarios de análisis prospectivo.

### **2.4. Análisis bibliométrico y visualización**

Para profundizar en la estructura de la literatura y las conexiones temáticas, se utilizó la herramienta VOSviewer, reconocida por su capacidad para construir y visualizar redes bibliométricas. Con este software se elaborará un mapa de co-ocurrencia de términos y co-citación de autores y revistas, con el propósito de identificar clústeres temáticos, relaciones entre conceptos clave (como energía nuclear, transición energética y seguridad energética) y posibles vacíos de investigación.

El análisis bibliométrico permitirá así comprender la estructura, dinámica y tendencias emergentes de la investigación sobre la energía nuclear como alternativa para la matriz energética del Ecuador, ofreciendo insumos valiosos para la discusión de oportunidades y desafíos en el diseño de políticas energéticas sostenibles.

## **3. Resultados**

### **3.1. Red Bibliométrica**

En la tabla 1 se visualiza los 19 artículos seleccionados mediante la búsqueda sistemática y en la figura 1 el mapeo con VOSviewer permitió identificar no solo las principales tendencias académicas sobre la energía nuclear como alternativa, sino también los retos y oportunidades específicos para Ecuador, considerando su contexto histórico, su matriz energética actual y las posibles alternativas de diversificación.

En la figura 1, el análisis de la red bibliométrica generada con VOSviewer evidencia que el término “energy transition” ocupa la posición central dentro del campo de estudio, lo que confirma que la discusión sobre energía nuclear en el contexto ecuatoriano está profundamente vinculada con los debates globales sobre la transición hacia matrices energéticas sostenibles y bajas en carbono. Esta centralidad muestra que la energía nuclear no se aborda de forma aislada, sino como parte de estrategias integrales para

avanzar hacia escenarios de descarbonización y reducción de la dependencia de combustibles fósiles.

Alrededor de este nodo central se observa un clúster técnico y regional, compuesto por términos como energy matrix, Latin America, climate change y sustainability. La conexión entre estos conceptos refleja que la literatura revisada enfatiza la importancia de contextualizar la adopción de la energía nuclear dentro de los retos y oportunidades propios de América Latina, destacando la necesidad de adaptar la planificación energética a escenarios de cambio climático y de fortalecer la sostenibilidad ambiental de la matriz, especialmente en países con alta dependencia hidroeléctrica, como Ecuador.

Por otro lado, el clúster verde agrupa términos como nuclear energy, energy policy, electricity generation, global analysis y energy planning. Esta agrupación indica que los estudios se concentran en evaluar la energía nuclear como una fuente de generación eléctrica firme, vinculada a la planificación estratégica de largo plazo y a la formulación de políticas públicas robustas. Esta perspectiva confirma que uno de los principales retos para Ecuador radica en desarrollar marcos normativos y capacidades técnicas que permitan gestionar con seguridad y eficiencia proyectos de generación nuclear.

El clúster violeta, donde resalta el nodo energy security, refuerza la relevancia de la seguridad energética como argumento central para considerar la energía nuclear en la diversificación de la matriz. La presencia de términos como indicators sugiere que existe una fuerte orientación hacia la necesidad de contar con métricas confiables que permitan monitorear el impacto de nuevas tecnologías en la estabilidad del suministro energético. Esto se vuelve especialmente pertinente para Ecuador, dada su vulnerabilidad ante fenómenos hidrológicos extremos que afectan la generación hidroeléctrica.

La red evidencia un clúster asociado a la descarbonización, conformado por términos como carbon neutrality, electrification, oil, power sector y geopolitics. Este grupo refleja que la discusión sobre la transición nuclear se conecta directamente con la meta de alcanzar la neutralidad de carbono, la electrificación de sectores productivos y la reducción de la dependencia de recursos fósiles. Sin embargo, la posición periférica del nodo geopolitics sugiere que la literatura aún no explora en profundidad las implicaciones geopolíticas de incorporar energía nuclear en contextos como el ecuatoriano, lo que representa una línea de investigación emergente para escenarios de cooperación internacional y riesgos estratégicos.

La red confirma que, si bien tecnologías como la energía eólica y el hidrógeno están presentes como alternativas complementarias, la energía nuclear se perfila en la literatura como una fuente de carga base confiable, capaz de complementar la variabilidad de otras renovables. En conjunto, la red bibliométrica respalda la hipótesis de que para Ecuador la energía nuclear puede representar una opción técnicamente viable y ambientalmente coherente con la descarbonización, siempre que se aborden de forma simultánea los desafíos de gobernanza, aceptación social y desarrollo de capacidades locales.

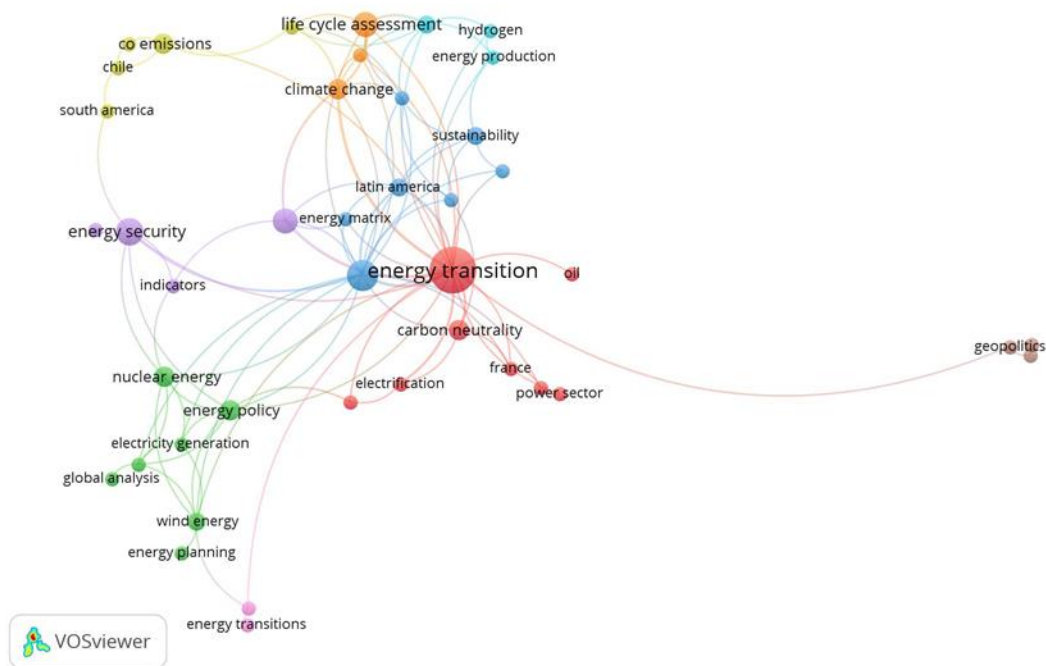
Tabla 1.

**Documentos revisados de alto impacto proveniente de ScienceDirect**

N	Autor(es)	Año	Título	Origen / Fuente
1	Brutschin, E., Cherp, A., y Jewell, J.	2021	<i>Failing the formative phase: The global diffusion of nuclear power is limited by national markets</i>	Energy Research y Social Science
2	White, D., Grove, J., MacKerron, G., y Bickerstaff, K.	2025	<i>Imaginaries of the resilient second nuclear era: Nuclear paradox resolution and a feasible atomic priesthood</i>	Nuclear Engineering and Technology
3	Wisnubroto, D. S., Sunaryo, G. R., y Budi Susilo, Y. S.	2025	<i>Indonesia's RDE program: A multifaceted approach to nuclear energy development encompassing human resource building, public acceptance, and technological innovation</i>	Nuclear Engineering and Technology
4	Topcu, M., y Payne, J. E.	2017	<i>Measuring the impact of alternative and nuclear energy consumption, carbon dioxide emissions and oil rents on specific growth factors in the panel of Latin American countries</i>	Energy Economics
5	Forster, P., Turnheim, B., Fuss, S., Smith, P., y Vaughan, N.	2024	<i>Negative emissions technologies in energy system models and mitigation scenarios - A systematic review</i>	Energy
6	Jafri, M. W., y Ajmal, M. M.	2024	<i>Network analysis on energy transition cooperation between countries</i>	Renewable and Sustainable Energy Reviews
7	Prieto, M., y Zúñiga, L.	2025	<i>Planning for energy justice? A discourse analysis of energy planning and climate policy in South America</i>	Energy Policy
8	Zhang, X., Wang, Y., y Li, J.	2024	<i>Promoting green taxation and sustainable energy transition for low-carbon development</i>	Resources Policy
9	Brutschin, E., Jewell, J., y Cherp, A.	2021	<i>Ready for nuclear energy? An assessment of capacities and motivations for launching new national nuclear power programs</i>	Energy Policy
10	Abubakar, I. R., y Dano, U. L.	2023	<i>Reducing carbon emissions with Geoscience solutions: A look at the contributions of nuclear energy, technology, and green finance</i>	Journal of Cleaner Production
11	Romero-Lankao, P., y Gnatz, D. M.	2021	<i>Regional energy security goes South: Examining energy integration in South America</i>	Energy Research y Social Science
12	Watson, J., Gross, R., y Kiyar, D.	2021	<i>Roadmaps to net-zero emissions systems: Emerging insights and modeling challenges</i>	Environmental Innovation and Societal Transitions
13	García-Armas, M., y Torres, A.	2024	<i>Smart energy transition with the inclusion of floating wind energy in existing hydroelectric reservoirs with a view to 2050. Ecuadorian case study</i>	Renewable Energy
14	Martínez, A. P., Jara-Alvear, J., Andrade, R. J., y Icaza, D.	2023	<i>Sustainable development indicators for electric power generation companies in Ecuador: A case study</i>	Utilities Policy
15	Berrios, M.	2011	<i>The effects of governance modes on the energy matrix of Andean countries</i>	Energy Policy
16	Akizu, O., Urkidi, L., Bueno, G., Lago, R., y López-Guede, J. M.	2017	<i>Tracing the emerging energy transitions in the Global North and the Global South</i>	International Journal of Hydrogen Energy
17	Romero-Lankao, P., y Gnatz, D. M.	2019	<i>Water-energy-food security: A Nexus perspective in Latin America and the Caribbean</i>	Energy Reports
18	Bridge, G., y Le Billon, P.	2022	<i>Whose energy sovereignty? Competing imaginaries of Mexico's energy future</i>	Energy Research y Social Science
19	Khan, F. I., y Ahmed, S.	2024	<i>A novel integrated gas-cooled fast nuclear reactor and vanadium chloride thermochemical cycle for sustainable fuel production</i>	Journal of Cleaner Production

Figura 1.

**Correlación de búsqueda en base de alto impacto**



**3.2. Contexto regional y justificación de la energía nuclear**

Los resultados de la revisión de los 19 artículos muestran que en América Latina la discusión sobre la energía nuclear se inserta en un escenario de alta dependencia hidroeléctrica y vulnerabilidad climática. Casos comparables como los de México, Chile o países andinos (Berríos, 2011; Bridge y Le Billon, 2022) destacan que complementar la matriz con tecnologías de generación firme, como la nuclear, puede ser estratégico para garantizar seguridad energética y mitigar riesgos de escasez hídrica. Para Ecuador, este argumento es especialmente relevante dado que más del 75% de su generación eléctrica depende de recursos hidroeléctricos (Martínez et al., 2023).

**3.3. Viabilidad técnica y escenarios prospectivos**

Estudios como los de Topcu y Payne (2017) y Brutschin et al. (2021) aportan evidencia empírica de cómo la adopción de energía nuclear influye positivamente en indicadores de crecimiento económico y estabilidad de la matriz. Los análisis prospectivos revisados subrayan que la tecnología nuclear se plantea como fuente de carga base, clave para sostener la operación de redes eléctricas más resilientes y bajas en carbono. Además, artículos recientes sobre nuevos diseños de reactores modulares (Wisnubroto et al., 2025; Khan y Ahmed, 2024) muestran avances tecnológicos que facilitarían la adopción de proyectos nucleares a menor escala y con tiempos de implementación más cortos, ajustándose mejor a la realidad de países como Ecuador.

**3.4. Gobernanza, capacidades institucionales y marcos regulatorios.**

Un patrón común identificado en estudios como los de Prieto y Zúñiga (2025) y Jafri y Ajmal (2024) es la importancia de contar con una gobernanza energética clara y marcos regulatorios sólidos. Ecuador enfrenta el desafío de desarrollar una autoridad reguladora

nuclear, procesos de licenciamiento y sistemas de supervisión que cumplan con estándares internacionales. La experiencia de países emergentes como Bangladesh e Indonesia (Abubakar y Dano, 2023; Wisnubroto et al., 2025) evidencia que el fortalecimiento institucional y la capacitación de talento humano son condiciones indispensables para la factibilidad técnica y social de la energía nuclear.

### **3.5. Aceptación social y percepción de riesgo.**

Los resultados indican que la aceptación pública de la energía nuclear sigue siendo una barrera significativa. La literatura revisada (Bridge y Le Billon, 2022; Akizu et al., 2017) señala que la percepción de riesgo, asociada a accidentes pasados y a la gestión de residuos radiactivos, genera resistencia social, especialmente en contextos con poca cultura tecnológica nuclear. Para Ecuador, esto implica la necesidad de programas de educación ambiental, participación ciudadana y comunicación transparente, que permitan construir legitimidad social y confianza desde las etapas de planificación.

### **3.6. Costos, beneficios y comparación con otras fuentes.**

Los artículos muestran que la energía nuclear tiene costos de inversión inicial altos, pero su operación estable y de larga vida útil puede resultar competitiva frente a otras fuentes de generación firme (Brutschin et al., 2021; Khan y Ahmed, 2024). En la comparación con energías renovables variables como la solar o la eólica, la nuclear reduce la necesidad de infraestructura adicional de almacenamiento y respaldo. No obstante, los estudios advierten que para países como Ecuador es clave evaluar mecanismos de financiamiento innovadores y alianzas público-privadas para viabilizar su incorporación sin comprometer la sostenibilidad fiscal (Zhang et al., 2024).

### **3.7. Integración regional y cooperación internacional**

Varios artículos (Romero-Lankao y Gnatz, 2021; Jafri y Ajmal, 2024) coinciden en que la integración de la energía nuclear debe considerarse en coherencia con políticas regionales de seguridad energética. La cooperación internacional se identifica como una palanca para acceder a tecnología, combustible y asistencia técnica, minimizando la dependencia geopolítica y distribuyendo los costos de infraestructura y operación.

### **3.8. Sostenibilidad y alineación con ODS**

Finalmente, los resultados confirman que, si bien la energía nuclear no es una solución única, sí puede convertirse en un complemento estratégico dentro de un portafolio diversificado y resiliente. Esta opción debe articularse con metas de descarbonización y Objetivos de Desarrollo Sostenible, garantizando coherencia con políticas de transición justa y equitativa (Sovacool et al., 2020; Abubakar y Dano, 2023). La literatura concluye que un análisis prospectivo integral, como el que se plantea para Ecuador, requiere de herramientas de modelación y escenarios de simulación que incluyan variables técnicas, institucionales, económicas y sociales.

## **4. Discusión**

La revisión de los documentos seleccionados aporta perspectivas complementarias que enriquecen el análisis prospectivo de la energía nuclear como alternativa para diversificar la matriz energética del Ecuador. Como punto de partida, estudios como el de Guerrero-Calero et al. (2023) evidencian que la transición energética en América

Latina aún enfrenta desafíos estructurales, especialmente por la intermitencia de fuentes renovables y la necesidad de fortalecer redes de almacenamiento y gobernanza integral. Esta revisión destaca que, si bien las energías limpias representan la vía principal hacia la sostenibilidad, su dependencia de factores climáticos y su variabilidad operativa refuerzan la necesidad de considerar fuentes de generación firme como la nuclear para garantizar la estabilidad de la red y la seguridad energética a largo plazo.

En línea con esto, Forster et al. (2024) muestran que, en escenarios de mitigación y reducción de emisiones netas, la inclusión de tecnologías firmes como la nuclear, combinadas con renovables y tecnologías de emisiones negativas, permite ampliar las rutas de transición hacia el carbono neutralidad. Esta idea respalda la premisa de que la energía nuclear no debe concebirse como sustituta de otras fuentes renovables, sino como un elemento de respaldo que fortalezca la resiliencia del sistema eléctrico ecuatoriano, tradicionalmente hidrodependiente.

El enfoque del nexo agua-energía-alimentos analizado por Romero-Lankao y Gnatz (2019) subraya un aspecto crítico para Ecuador: la ubicación y operación de centrales nucleares deben planificarse cuidadosamente para evitar presiones sobre recursos hídricos en regiones vulnerables. Priorizar tecnologías con menor demanda de agua de enfriamiento y aplicar evaluaciones integrales de impacto ambiental son medidas clave para asegurar la coherencia entre seguridad hídrica, alimentaria y energética.

Desde la perspectiva económica, Zhang et al. (2024) enfatizan la importancia de políticas de fiscalidad verde y mecanismos de incentivo que equilibren los altos costos iniciales de la nuclear sin desincentivar la expansión de renovables. Para Ecuador, esto significa diseñar esquemas de financiamiento híbridos que mantengan la estabilidad fiscal y favorezcan la diversificación de fuentes, garantizando equidad y acceso a tecnologías limpias.

En materia de gobernanza y cooperación, Jafri y Ajmal (2024) evidencian que la adopción de la nuclear requiere alianzas multilaterales para acceso a tecnología, combustible y formación técnica especializada. Para un país sin infraestructura nuclear previa, acuerdos regionales y colaboración Sur-Sur serían estratégicos para superar barreras tecnológicas y regulatorias.

Watson et al. (2021) destacan la necesidad de herramientas robustas de modelación prospectiva para simular trayectorias net-zero, un punto que conecta con el desafío de Ecuador de fortalecer sus capacidades técnicas e institucionales en simulación de escenarios y planeación de largo plazo.

La dimensión humana es igualmente prioritaria. Dieguez Porras et al. (2024) recuerdan que, sin talento humano capacitado en seguridad nuclear, operación de reactores y gestión de residuos, cualquier proyecto nuclear carece de sostenibilidad técnica. Para Ecuador, esto implica impulsar programas de formación y cooperación con organismos internacionales como la OIEA.

Por último, Akizu et al. (2017) subrayan que la aceptación social de la nuclear está condicionada por la confianza institucional y la cultura ambiental local. En Ecuador, donde la identidad ambiental y la desconfianza hacia tecnologías de riesgo aún persisten, la transparencia, la educación ambiental y la participación ciudadana deben ser ejes fundamentales desde las fases de diseño.

La incorporación de la energía nuclear como complemento estratégico en la matriz energética ecuatoriana se perfila como una opción viable y coherente con los compromisos climáticos, siempre que se planifique bajo principios de equidad, sostenibilidad y robusta gobernanza, integrando lecciones de casos comparables y considerando el complejo contexto de recursos, infraestructura y aceptación social del país (Guerrero-Calero et al., 2023).

## 5. Conclusiones

El análisis prospectivo realizado evidencia que la energía nuclear podría desempeñar un papel estratégico como alternativa para diversificar y fortalecer la matriz energética del Ecuador, especialmente frente a la vulnerabilidad de la generación hidroeléctrica y la necesidad de garantizar seguridad energética y reducción de emisiones. Su adopción requiere superar desafíos institucionales, técnicos, económicos y sociales, mediante una planificación rigurosa, fortalecimiento de la gobernanza, marcos regulatorios claros y programas de formación de capacidades. La experiencia comparada demuestra que integrar la energía nuclear como parte de un portafolio híbrido, junto con renovables y tecnologías complementarias, ofrece la mejor vía para avanzar hacia una transición energética sostenible, justa y resiliente, acorde con los compromisos climáticos y el desarrollo del país.

## Referencias Bibliográficas

- Abubakar, I. R., y Dano, U. L. (2023). Reducing carbon emissions with geoscience solutions: A look at the contributions of nuclear energy, technology, and green finance. *Journal of Cleaner Production*, 415, 137715. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137715>
- Akizu, O., Urkidi, L., Bueno, G., Lago, R., Bárcena, I., Mantxo, M., Basurko, I., y López-Guede, J. M. (2017). Tracing the emerging energy transitions in the Global North and the Global South. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(28), 18045–18063. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.04.297>
- Berríos, M. (2011). The effects of governance modes on the energy matrix of Andean countries. *Energy Policy*, 39(5), 2875–2884. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.02.051>
- Bridge, G., y Le Billon, P. (2022). Whose energy sovereignty? Competing imaginaries of Mexico's energy future. *Energy Research y Social Science*, 88, 102526. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102526>
- Brutschin, E., Cherp, A., y Jewell, J. (2021). Failing the formative phase: The global diffusion of nuclear power is limited by national markets. *Energy Research y Social Science*, 80, 102221. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102221>
- Dieguez Porras, P., Serrano-González, J., y Yusta, J. M. (2024). Human capacity development for nuclear energy: Lessons from the EU. *Progress in Nuclear Energy*, 164, 104652. <https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2024.104652>
- Fischer-Kowalski, M., Krausmann, F., Pichler, P. P., Schaeffer, R. K., y Stadler, S. (2023). Great transformations: Social revolutions erupted during energy transitions

- around the world, 1500–2013. *Energy Research y Social Science*, 105, 103280. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2023.103280>
- Forster, P., Turnheim, B., Fuss, S., Smith, P., y Vaughan, N. (2024). Negative emissions technologies in energy system models and mitigation scenarios: A systematic review. *Energy*, 291, 120365. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.120365>
- García-Armas, M., y Torres, A. (2024). Smart energy transition with the inclusion of floating wind energy in existing hydroelectric reservoirs with a view to 2050: Ecuadorian case study. *Renewable Energy*, 220, 119732. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.119732>
- Guerrero-Calero, J. M., Diego Raul, D. R., Marco Antonio, M. A., y Gema Elizabeth, G. E. (2023). Energías limpias y desarrollo sostenible: Una revisión sobre las tendencias y desafíos actuales. *Innova Science Journal*, 1(1), 38–50. <https://doi.org/10.63618/omd/isj/v1/n1/9>
- International Atomic Energy Agency (IAEA). (2022). Climate Change and Nuclear Power 2022. IAEA. <https://www.iaea.org/publications/14728/climate-change-and-nuclear-power-2022>
- Jafri, M. W., y Ajmal, M. M. (2024). Network analysis on energy transition cooperation between countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 184, 113668. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.113668>
- Khan, F. I., y Ahmed, S. (2024). A novel integrated gas-cooled fast nuclear reactor and vanadium chloride thermochemical cycle for sustainable fuel production. *Journal of Cleaner Production*, 429, 139000. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.139000>
- Martínez, A. P., Jara-Alvear, J., Andrade, R. J., y Icaza, D. (2023). Sustainable development indicators for electric power generation companies in Ecuador: A case study. *Utilities Policy*, 81, 101493. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2023.101493>
- Prieto, M., y Zúñiga, L. (2025). Planning for energy justice? A discourse analysis of energy planning and climate policy in South America. *Energy Policy*, 189, 114554. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2024.114554>
- Ramos-Martín, J., y Giordano, P. (2021). Small Modular Reactors in Latin America: A viable option? *Inter-American Development Bank Discussion Paper*. <https://doi.org/10.18235/0003600>
- Romero-Lankao, P., y Gnatz, D. M. (2019). Water–energy–food security: A Nexus perspective in Latin America and the Caribbean. *Energy Reports*, 5, 1116–1126. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.07.009>
- Romero-Lankao, P., y Gnatz, D. M. (2021). Regional energy security goes South: Examining energy integration in South America. *Energy Research y Social Science*, 78, 102142. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102142>
- Sovacool, B. K., Schmid, P., Stirling, A., Walter, G., y MacKerron, G. (2020). Differences in carbon emissions reduction between countries pursuing renewable electricity versus nuclear power. *Nature Energy*, 5(6), 485–493. <https://doi.org/10.1038/s41560-020-00696-3>

- Topcu, M., y Payne, J. E. (2017). Measuring the impact of alternative and nuclear energy consumption, carbon dioxide emissions and oil rents on specific growth factors in the panel of Latin American countries. *Energy Economics*, 66, 328–343. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.06.014>
- Watson, J., Gross, R., y Kiyar, D. (2021). Roadmaps to net-zero emissions systems: Emerging insights and modeling challenges. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 41, 59–67. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2021.06.003>
- White, D., Grove, J., MacKerron, G., y Bickerstaff, K. (2025). Imaginaries of the resilient second nuclear era: Nuclear paradox resolution and a feasible atomic priesthood. *Nuclear Engineering and Technology*, 57(2), 243–251. <https://doi.org/10.1016/j.net.2024.12.003>
- Wisnubroto, D. S., Sunaryo, G. R., y Budi Susilo, Y. S. (2025). Indonesia's RDE program: A multifaceted approach to nuclear energy development encompassing human resource building, public acceptance, and technological innovation. *Nuclear Engineering and Technology*, 57(3), 455–465. <https://doi.org/10.1016/j.net.2024.12.006>
- Zhang, X., Wang, Y., y Li, J. (2024). Promoting green taxation and sustainable energy transition for low-carbon development. *Resources Policy*, 86, 103580. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.103580>

## CONFLICTO DE INTERESES

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