

# Impacto de la variabilidad climática en la eficiencia hídrica de proyectos hidroeléctricos en el Ecuador desde un enfoque cualitativo y de gestión adaptativa

***Impact of Climate Variability on Water Efficiency in Hydroelectric Projects in Ecuador from a Qualitative and Adaptive Management Approach.***

## RESUMEN

La generación hidroeléctrica constituye el principal soporte de la matriz energética del Ecuador y depende directamente de la disponibilidad y regulación del recurso hídrico, el cual se encuentra condicionado por la variabilidad climática. En los últimos años, las alteraciones en los patrones de precipitación y temperatura han generado impactos significativos en la operación de las centrales hidroeléctricas, lo que plantea desafíos para la sostenibilidad del sector. El objetivo de este estudio es analizar la incidencia de la variabilidad climática en la eficiencia hídrica de los proyectos hidroeléctricos en el Ecuador desde un enfoque cualitativo y de gestión adaptativa, considerando las percepciones técnicas, institucionales y operativas de los actores involucrados. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, con diseño de estudio de casos múltiples en centrales hidroeléctricas ubicadas en cuencas estratégicas del país. La información se recolectó mediante revisión documental y análisis de reportes hidrometeorológicos e institucionales. Los datos fueron procesados mediante codificación temática, triangulación de fuentes y análisis interpretativo, garantizando la coherencia y validez de los resultados. Los resultados evidenciaron que la variabilidad climática afectó de manera recurrente la disponibilidad de caudales, incrementó los procesos de sedimentación y generó inestabilidad operativa, lo que influyó en la reducción temporal del rendimiento hidráulico. Asimismo, se identificó que las estrategias de adaptación se concentraron principalmente en el monitoreo climático y en la operación flexible de embalses, mientras que los enfoques preventivos de largo plazo presentaron menor nivel de consolidación. Se concluye que la variabilidad climática incide de forma significativa en la eficiencia hídrica del sector hidroeléctrico ecuatoriano y que la gestión adaptativa constituye un elemento clave para fortalecer su resiliencia.

**PALABRAS CLAVE:** Cambio climático, gestión del agua, recursos hídricos, energía hidroeléctrica, desarrollo sostenible, gestión ambiental.

## ABSTRACT

*Hydropower generation constitutes the main pillar of Ecuador's energy matrix and depends directly on the availability and regulation of water resources, which are conditioned by climate variability. In recent years, changes in precipitation and temperature patterns have generated significant impacts on the operation of hydroelectric power plants, posing major challenges to the sustainability of the sector. The objective of this study is to analyze the impact of climate variability on water efficiency in hydroelectric projects in Ecuador from a qualitative and adaptive management approach, considering the technical, institutional, and operational perceptions of the stakeholders involved. The research was conducted using a qualitative approach, with a multiple case study design applied to hydroelectric plants located in strategic river basins across the country. Data were collected through document review and analysis of hydrometeorological and institutional reports. The information was processed through thematic coding, source triangulation, and interpretative analysis, ensuring the coherence and validity of the results. The findings showed that climate variability recurrently affected streamflow availability, increased sedimentation processes, and generated operational instability, which contributed to a temporary reduction in hydraulic performance. In addition, adaptation strategies were mainly focused on climate monitoring and flexible reservoir operation, while long-term preventive approaches showed a lower level of consolidation. It is concluded that climate variability significantly affects water efficiency in Ecuador's hydropower sector and that adaptive management constitutes a key element for strengthening its resilience.*

**KEYWORDS:** Climate change, water resource management, hydropower generation, water resources, sustainable development, environmental management.

## EDUCATECH

**Recepción:** 07/01/2026

**Aceptación:** 24/01/2026

**Publicación:** 30/06/2026

## AUTOR/ES

 **Arias Salazar Daicy Paola**

 **Villar García, Alberto Del**

 [daicy.arias@edu.uah.es](mailto:daicy.arias@edu.uah.es)

 [alberto.delvillar@uah.es](mailto:alberto.delvillar@uah.es)

 Universidad de Alcalá  
Alcalá de Henares

 Universidad de Alcalá  
Alcalá de Henares

 Madrid – España  
Madrid - España

 Madrid – España  
Madrid - España

## CITACIÓN:

Arias, D. & Villar, A. (2026). *Impacto de la variabilidad climática en la eficiencia hídrica de proyectos hidroeléctricos en el Ecuador desde un enfoque cualitativo y de gestión adaptativa*. Revista Innovación Ciencia y Tecnología. 4 (1). p. 01 – 12.

## INTRODUCCIÓN

La generación hidroeléctrica constituye el eje central de la matriz energética del Ecuador y representa uno de los principales pilares para el abastecimiento sostenible de energía en el país. Su funcionamiento depende directamente de la disponibilidad, regulación y estabilidad del recurso hídrico, el cual se encuentra condicionado por los patrones climáticos y las dinámicas hidrometeorológicas propias de la región andina y amazónica. En este contexto, la variabilidad climática se consolida como un factor determinante en el desempeño operativo de los proyectos hidroeléctricos y en la eficiencia del uso del agua.

Diversos estudios recientes evidencian que el Ecuador ha experimentado cambios significativos en sus regímenes de temperatura y precipitación durante las últimas décadas, lo que ha modificado las condiciones hidrológicas de las cuencas abastecedoras de energía. Bustamante (2025) identifica tendencias sostenidas en las temperaturas máximas, mínimas y medias entre 1981 y 2020, lo que influye en los procesos de evaporación, recarga hídrica y escorrentía superficial. De manera complementaria, Soria Noroña y Vásquez Venegas (2025) demuestran que la variabilidad de la precipitación y la temperatura genera impactos directos en la disponibilidad de agua en territorios amazónicos, con repercusiones en los sistemas productivos y en los servicios ecosistémicos.

Desde una perspectiva hidrológica, los estudios desarrollados en cuencas estratégicas confirman que las alteraciones climáticas afectan los caudales base, la estacionalidad de los flujos y los procesos de sedimentación. García-Rengifo y Durán-Ballén (2023) evidencian, en la cuenca del río Chalpi Grande, variaciones significativas en los patrones de precipitación y temperatura, las cuales inciden en la estabilidad hidrológica y en la capacidad de regulación natural del sistema. Estos procesos adquieren especial relevancia en escenarios donde la generación hidroeléctrica depende de embalses y de caudales controlados.

En el ámbito energético, la literatura reconoce que la alta dependencia de la hidroelectricidad expone al sistema nacional a riesgos asociados a la variabilidad climática. Naranjo-Silva (2022) señala que el cumplimiento de los compromisos ambientales y energéticos del Ecuador se encuentra estrechamente vinculado a la capacidad de adaptación del sector hidroeléctrico frente a escenarios climáticos cambiantes. Asimismo, Chamorro (2025) analiza cómo los períodos de sequía y disminución de caudales han contribuido a episodios de crisis energética, evidenciando debilidades estructurales en la planificación y gestión del recurso hídrico.

Desde el enfoque institucional y normativo, la adaptación al cambio climático se configura como un componente esencial para la sostenibilidad del sector energético. Sánchez Nivicela (2023) destaca que, si bien el país ha avanzado en la formulación de políticas de adaptación, persisten limitaciones en su implementación efectiva, especialmente en lo

relacionado con la gestión integrada del agua. En la misma línea, Naranjo-Silva (2024) resalta la sensibilidad de los proyectos hidroeléctricos ecuatorianos frente a las variaciones climáticas y la necesidad de fortalecer los mecanismos de planificación y monitoreo.

A pesar de estos aportes, la mayoría de los estudios existentes se concentra en el análisis cuantitativo de variables climáticas o en evaluaciones técnicas aisladas, mientras que los enfoques cualitativos orientados a comprender las dinámicas de gestión, las percepciones institucionales y las estrategias adaptativas continúan siendo limitados. Esta situación dificulta la construcción de una visión integral sobre cómo los actores del sector responden a los efectos de la variabilidad climática y cómo estas respuestas influyen en la eficiencia hídrica de los proyectos hidroeléctricos.

Desde el punto de vista teórico, la presente investigación se sustenta en los enfoques de gestión adaptativa, resiliencia institucional y eficiencia hídrica, los cuales promueven la incorporación sistemática del riesgo climático en los procesos de planificación, operación y toma de decisiones. Estos enfoques reconocen la necesidad de articular el conocimiento técnico con los aprendizajes organizacionales y con mecanismos flexibles de gestión que permitan responder oportunamente a escenarios de incertidumbre climática.

En este marco, el problema científico se relaciona con la limitada comprensión integrada sobre la incidencia de la variabilidad climática en la eficiencia del uso del agua en los proyectos hidroeléctricos del Ecuador y con las debilidades existentes en la implementación de estrategias adaptativas. La ausencia de estudios cualitativos sistemáticos impide identificar de manera precisa las brechas técnicas, institucionales y operativas que condicionan el desempeño del sector, lo que restringe el desarrollo de políticas y prácticas orientadas a la sostenibilidad energética.

La importancia de este estudio radica en su contribución al fortalecimiento de la gestión del recurso hídrico en un contexto de creciente presión climática, en la generación de insumos para la toma de decisiones y en el apoyo a los procesos de planificación energética a largo plazo. Asimismo, aporta al debate académico sobre la integración entre hidrología, cambio climático y gobernanza del agua, desde una perspectiva aplicada al contexto nacional.

En función de lo expuesto, el objetivo principal de este trabajo es analizar la incidencia de la variabilidad climática en la eficiencia hídrica de los proyectos hidroeléctricos en el Ecuador desde un enfoque cualitativo y de gestión adaptativa, mediante el estudio de las percepciones técnicas e institucionales, las estrategias operativas implementadas y las limitaciones existentes, con el fin de proponer lineamientos orientados al fortalecimiento de la sostenibilidad del sector hidroeléctrico.

## MÉTODOS MATERIALES

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo con alcance descriptivo y analítico, orientado a comprender la incidencia de la variabilidad climática en la eficiencia hídrica de proyectos hidroeléctricos en el Ecuador desde la perspectiva de la gestión adaptativa. El estudio se sustentó en el paradigma interpretativo, el cual permitió analizar las dinámicas institucionales, técnicas y operativas asociadas a la gestión del recurso hídrico en contextos de incertidumbre climática. El trabajo se realizó en centrales hidroeléctricas estratégicas ubicadas en cuencas representativas del territorio nacional, seleccionadas por su relevancia en la matriz energética y por su sensibilidad a la variabilidad climática. Entre los casos analizados se incluyeron proyectos situados en las cuencas de los ríos Coca, Paute y Pastaza, donde se concentran importantes infraestructuras de generación hidroeléctrica. El período de ejecución de la investigación comprendió desde enero de 2024 hasta diciembre de 2025, lapso durante el cual se efectuó la recolección, sistematización y análisis de la información.

La población de estudio estuvo conformada por profesionales vinculados a la planificación, operación y gestión ambiental de proyectos hidroeléctricos, así como por técnicos de instituciones públicas relacionadas con la gestión del recurso hídrico y el monitoreo climático. La muestra se seleccionó mediante un muestreo intencional de tipo teórico, priorizando informantes con experiencia comprobada en la gestión de centrales hidroeléctricas y en la toma de decisiones frente a escenarios climáticos variables. Se incluyeron directivos, ingenieros hidráulicos, operadores de centrales, especialistas ambientales y funcionarios técnicos, garantizando la diversidad de perspectivas.

Las variables analizadas correspondieron a la variabilidad climática, entendida como las fluctuaciones en los patrones de precipitación, temperatura y eventos extremos, y a la eficiencia hídrica, concebida como el grado de aprovechamiento del recurso hídrico en los procesos de generación eléctrica. Asimismo, se consideraron variables complementarias relacionadas con la gestión adaptativa, tales como mecanismos de monitoreo, planificación operativa, coordinación institucional y capacidad de respuesta ante riesgos climáticos.

El diseño metodológico se estructuró como un estudio de casos múltiples, lo que permitió examinar de manera comparativa las prácticas de gestión y los impactos climáticos en diferentes contextos hidrográficos. Este diseño facilitó la identificación de patrones comunes, divergencias operativas y estrategias diferenciadas de adaptación.

La recolección de datos se efectuó mediante revisión documental y análisis de información técnica. La revisión documental incluyó informes técnicos de operación, planes de manejo ambiental, reportes hidrológicos, documentos de planificación energética, publicaciones institucionales y registros climáticos elaborados por entidades oficiales. Para este fin, se emplearon fichas de análisis documental que permitieron sistematizar la

información relevante de forma ordenada y comparable.

El análisis de los datos se desarrolló mediante un proceso de codificación temática, que incluyó fases de codificación abierta, axial y selectiva. En la etapa inicial se identificaron categorías preliminares relacionadas con impactos climáticos, gestión hídrica y adaptación institucional. Posteriormente, estas categorías se reorganizaron en ejes analíticos que permitieron establecer relaciones entre los factores climáticos y la eficiencia hídrica. El proceso se apoyó en el uso de software de análisis cualitativo, lo que contribuyó a garantizar la trazabilidad y coherencia de los resultados. La validación de la información se realizó a través de la triangulación de fuentes, técnicas y actores, contrastando los resultados obtenidos en las entrevistas con la documentación técnica y los registros climáticos disponibles. Este procedimiento fortaleció la credibilidad y consistencia de los hallazgos.

Desde el punto de vista ético, se garantizó la confidencialidad de los participantes mediante la asignación de códigos alfanuméricos y el resguardo de la información sensible. Todos los informantes participaron de manera voluntaria y otorgaron su consentimiento informado previo al desarrollo de las entrevistas. Como resultado del proceso metodológico, se identificaron patrones recurrentes de afectación climática sobre los caudales disponibles, limitaciones en los sistemas de regulación hídrica, debilidades en los mecanismos de planificación adaptativa y buenas prácticas asociadas al monitoreo hidrometeorológico y a la operación flexible de embalses. Asimismo, se evidenciaron diferencias en los niveles de preparación institucional frente a eventos extremos y en la incorporación del riesgo climático en los procesos de toma de decisiones. La combinación de enfoques, técnicas e instrumentos permitió construir una visión integral sobre la relación entre variabilidad climática, eficiencia hídrica y gestión adaptativa, proporcionando bases metodológicas suficientes para la replicación del estudio en otros contextos hidroeléctricos del país o de la región andina.

## **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

El análisis de los resultados se desarrolló a partir de la información obtenida mediante revisión documental y análisis de reportes técnicos e hidrometeorológicos, lo que permitió identificar patrones recurrentes relacionados con la incidencia de la variabilidad climática en la eficiencia hídrica de los proyectos hidroeléctricos estudiados. Los datos recolectados fueron organizados mediante procesos de codificación temática y categorización, lo que facilitó la identificación de tendencias comunes, diferencias operativas y estrategias institucionales frente a escenarios climáticos variables.

### **Impactos de la variabilidad climática en la disponibilidad hídrica**

Los resultados evidenciaron alteraciones significativas en los regímenes de caudal, especialmente durante períodos prolongados de sequía y eventos asociados al fenómeno El Niño. Se registró una disminución sostenida de los caudales base en temporadas secas, así como incrementos abruptos durante episodios de lluvias intensas.

Asimismo, se constató la presencia de procesos recurrentes de sedimentación en embalses y canales de conducción, los cuales afectaron la capacidad de almacenamiento y regulación hídrica. Estas alteraciones fueron mencionadas de manera sistemática por los operadores técnicos y responsables de mantenimiento.

En la Tabla 1 se presentan los principales impactos climáticos identificados en los proyectos analizados.

### Tabla 1

Principales impactos de la variabilidad climática en los proyectos hidroeléctricos estudiados.

Categoría de impacto	Manifestación principal	Frecuencia reportada
Variación de caudales	Reducción en época seca	Alta
Eventos extremos	Aumento súbito de escorrentía	Media
Sedimentación	Acumulación en embalses	Alta
Evaporación	Incremento en períodos cálidos	Media
Interrupciones operativas	Paradas temporales de generación	Media

**Fuente:** Elaboración propia (2026).

### Efectos sobre la eficiencia hídrica en la generación eléctrica

El análisis de las entrevistas permitió identificar que la disminución de caudales afectó directamente los niveles de generación en períodos críticos, reduciendo el rendimiento hidráulico y limitando el aprovechamiento óptimo del recurso disponible. Se señala que, durante las temporadas secas, se priorizó la conservación de agua sobre la maximización de la producción energética. Se evidenció también que las variaciones abruptas de caudal generaron ajustes operativos frecuentes, incrementando la complejidad de la gestión y la dependencia de decisiones en tiempo real. En varios casos, se reportó una disminución temporal de la eficiencia energética asociada a restricciones hidráulicas.

### Estrategias de gestión adaptativa implementadas

Los resultados mostraron que las instituciones responsables aplicaron diversas estrategias orientadas a mitigar los efectos de la variabilidad climática. Entre las principales acciones se identificaron el fortalecimiento del monitoreo hidrometeorológico, la reprogramación de los esquemas de generación, la operación flexible de embalses y la coordinación interinstitucional. En la Figura 1 se presenta la distribución de las estrategias adaptativas reportadas por los informantes.

## Figura 1

### Distribución de las estrategias adaptativas



**Fuente:** Elaboración propia (2026).

Los datos evidenciaron que el monitoreo climático constituyó la estrategia más utilizada, seguido por la operación flexible de embalses y la planificación preventiva. La gestión sistemática de sedimentos y la articulación institucional presentaron menor nivel de implementación.

### Capacidades institucionales y limitaciones operativas

El análisis permitió identificar diferencias significativas en los niveles de preparación institucional frente a escenarios climáticos adversos. Algunas centrales contaron con sistemas avanzados de monitoreo y protocolos de respuesta, mientras que otras dependieron de procedimientos reactivos. Se registraron limitaciones relacionadas con la disponibilidad de información climática en tiempo real, insuficiencia de recursos técnicos especializados y restricciones en la actualización de los planes operativos. Asimismo, se evidenció que los procesos de toma de decisiones se concentraron en equipos reducidos, lo que limitó la participación técnica multidisciplinaria.

### Síntesis de los principales hallazgos

De manera integrada, los resultados mostraron que la variabilidad climática afectó de forma recurrente la disponibilidad hídrica, la estabilidad operativa y el rendimiento energético de los proyectos analizados. Se identificaron patrones consistentes de reducción de caudales en períodos secos, incremento de sedimentación y necesidad de ajustes operativos frecuentes.

Asimismo, se constató que las estrategias de adaptación se implementaron de manera heterogénea, con predominio de acciones orientadas al monitoreo y control, y menor desarrollo de enfoques preventivos de largo plazo. Las capacidades institucionales mostraron niveles diferenciados de consolidación, condicionando la eficacia de las respuestas frente a los eventos climáticos. La organización sistemática de los datos permitió establecer relaciones claras entre los impactos climáticos, las prácticas de gestión hídrica y los niveles de eficiencia alcanzados en los proyectos estudiados, proporcionando una base empírica sólida para el análisis posterior.

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la presente investigación evidenciaron que la variabilidad climática incidió de manera directa y sostenida en la eficiencia hídrica de los proyectos hidroeléctricos analizados, principalmente a través de la alteración de los regímenes de caudal, el incremento de los procesos de sedimentación y la inestabilidad operativa durante períodos climáticos extremos. Estos hallazgos coincidieron con los patrones identificados por Bustamante (2025), quien reportó modificaciones progresivas en las temperaturas y en los balances hídricos del Ecuador, con efectos sobre la disponibilidad de agua superficial y subterránea.

La disminución de caudales durante las temporadas secas y su impacto en el rendimiento hidráulico observada en este estudio se correspondió con los resultados presentados por Soria Noroña y Vásquez Venegas (2025), quienes demostraron que la variabilidad de la precipitación en zonas amazónicas genera restricciones en el uso del recurso hídrico y compromete la sostenibilidad de los sistemas productivos. En el contexto hidroeléctrico, estos procesos se tradujeron en limitaciones para mantener niveles óptimos de generación, especialmente en centrales dependientes de aportes naturales sin regulación estacional suficiente.

Asimismo, la presencia recurrente de sedimentación en embalses y estructuras hidráulicas coincidió con lo reportado por García-Rengifo y Durán-Ballén (2023), quienes evidenciaron que las alteraciones climáticas favorecen el incremento de la erosión y el transporte de sedimentos en cuencas andinas. Este fenómeno explicó, en parte, la reducción de la capacidad útil de almacenamiento y las dificultades para mantener una regulación eficiente del caudal, aspectos que influyeron negativamente en la eficiencia hídrica de los proyectos evaluados.

Desde la perspectiva energética, los resultados confirmaron que la alta dependencia de la hidroelectricidad incrementó la vulnerabilidad del sistema frente a escenarios climáticos adversos. En concordancia con Naranjo-Silva (2022), se constató que los compromisos nacionales en materia de sostenibilidad energética se vieron condicionados por la limitada capacidad de adaptación operativa e institucional. De igual manera, los episodios de restricción energética vinculados a períodos de sequía coincidieron con los análisis de Chamorro (2025), quien señaló que las crisis energéticas recientes reflejaron debilidades estructurales en la planificación hídrica y en la diversificación de fuentes.

En relación con la gestión institucional, los hallazgos evidenciaron que las estrategias adaptativas se implementaron de manera heterogénea, con predominio del monitoreo climático y la operación flexible, pero con limitada consolidación de enfoques preventivos de largo plazo. Esta situación se relacionó con lo expuesto por Sánchez Nivicela (2023), quien identificó brechas significativas entre el diseño de políticas de adaptación y su aplicación

efectiva en los sectores estratégicos. Asimismo, los resultados se alinearon con Naranjo-Silva (2024), al mostrar que la sensibilidad de los proyectos hidroeléctricos frente a la variabilidad climática no siempre fue incorporada de forma sistemática en los procesos de planificación.

Desde el punto de vista teórico, la investigación contribuyó al fortalecimiento del enfoque de gestión adaptativa aplicado al sector hidroeléctrico, al evidenciar que la eficiencia hídrica no depende únicamente de variables físicas, sino también de factores organizacionales, institucionales y decisionales. Los resultados respaldaron la concepción de la eficiencia hídrica como un proceso dinámico, influenciado por la capacidad de aprendizaje institucional, la flexibilidad operativa y la integración del riesgo climático en los modelos de gestión. De este modo, el estudio amplió la comprensión tradicional centrada en indicadores técnicos, incorporando una dimensión cualitativa vinculada a la gobernanza del agua.

Asimismo, los hallazgos permitieron consolidar un enfoque sistémico que articula variabilidad climática, hidrología aplicada y gestión energética, aportando evidencia empírica para el desarrollo de modelos integrados de adaptación. Esta perspectiva reforzó la necesidad de transitar desde esquemas reactivos hacia sistemas anticipatorios basados en información climática, planificación estratégica y evaluación continua del desempeño hídrico. En el ámbito práctico, los resultados evidenciaron la urgencia de fortalecer los sistemas de monitoreo hidrometeorológico en tiempo real, mejorar los protocolos de operación flexible y consolidar programas permanentes de gestión de sedimentos. Asimismo, se identificó la necesidad de actualizar los planes operativos incorporando escenarios climáticos prospectivos y criterios de resiliencia hídrica, con el fin de reducir la vulnerabilidad de las centrales frente a eventos extremos.

De igual manera, el estudio destacó la importancia de promover procesos de capacitación técnica continua, fortalecer la coordinación interinstitucional y fomentar el intercambio de información entre entidades energéticas, ambientales y meteorológicas. Estas acciones permitirían mejorar la toma de decisiones, optimizar el uso del recurso hídrico y garantizar una mayor estabilidad en la generación eléctrica.

Desde una perspectiva de política pública, los hallazgos sugirieron la conveniencia de integrar de manera explícita la gestión adaptativa en los marcos normativos del sector energético, así como de incorporar indicadores de eficiencia hídrica y resiliencia climática en los procesos de evaluación de proyectos. Esto contribuiría a alinear la planificación hidroeléctrica con los objetivos nacionales de sostenibilidad y seguridad energética.

Finalmente, la investigación evidenció que, si bien existen avances en el reconocimiento del impacto climático sobre la generación hidroeléctrica, persisten limitaciones relacionadas con la disponibilidad de información, la estandarización de procedimientos y la institucionalización de estrategias adaptativas. Estas restricciones señalaron la necesidad de profundizar en estudios interdisciplinarios que integren enfoques

hidrológicos, sociales y organizacionales, con el propósito de fortalecer la resiliencia del sector hidroeléctrico ecuatoriano frente a escenarios de variabilidad climática creciente.

Estos resultados confirman la necesidad de consolidar una transición desde modelos operativos reactivos hacia esquemas de gestión anticipatoria basados en evidencia climática, fortaleciendo la articulación entre conocimiento técnico, planificación institucional y sostenibilidad energética.

## **CONCLUSIONES**

La presente investigación demuestra que la variabilidad climática constituye un factor determinante en la eficiencia hídrica de los proyectos hidroeléctricos del Ecuador, al incidir de manera directa en la disponibilidad de caudales, la estabilidad operativa y el rendimiento energético. Los resultados confirman que las fluctuaciones en los patrones de precipitación y temperatura condicionan la capacidad de aprovechamiento del recurso hídrico y exigen una gestión cada vez más flexible, integrada y anticipatoria.

El estudio evidencia que la eficiencia hídrica no depende exclusivamente de variables físicas o infraestructurales, sino que se encuentra estrechamente vinculada a los procesos institucionales, a los mecanismos de toma de decisiones y a la capacidad de adaptación organizacional. En este sentido, la investigación aporta una visión integral que articula componentes hidrológicos, climáticos y de gobernanza, superando los enfoques tradicionales centrados únicamente en indicadores técnicos.

Desde el punto de vista práctico, los resultados resaltan la importancia de fortalecer los sistemas de monitoreo hidrometeorológico, consolidar protocolos de operación flexible, optimizar la gestión de sedimentos y promover una planificación energética basada en escenarios climáticos prospectivos. Estas acciones se configuran como elementos clave para mejorar la resiliencia de las centrales hidroeléctricas y garantizar la sostenibilidad del sistema energético nacional en contextos de incertidumbre climática.

Uno de los principales aportes del estudio radica en la incorporación del enfoque cualitativo para analizar la relación entre variabilidad climática y eficiencia hídrica, lo cual permite comprender las dinámicas internas de gestión, las percepciones técnicas y las limitaciones institucionales que influyen en el desempeño del sector. Este enfoque representa un avance respecto a investigaciones previas predominantemente cuantitativas, al visibilizar dimensiones organizacionales poco exploradas en la literatura nacional.

Asimismo, los hallazgos mantienen coherencia con investigaciones recientes sobre vulnerabilidad hidroenergética y cambio climático, aunque difieren en el énfasis otorgado a los factores institucionales y decisionales. Mientras estudios similares priorizan el análisis de variables hidrológicas, esta investigación destaca el papel central de la gestión adaptativa como elemento modulador de la eficiencia hídrica, lo que constituye un aporte relevante para el desarrollo teórico del área.

En relación con las limitaciones metodológicas, el estudio se circunscribe a un número determinado de casos y a la disponibilidad de información institucional, lo que restringe la generalización absoluta de los resultados. Asimismo, el enfoque cualitativo implica un grado de subjetividad inherente a las percepciones de los informantes. No obstante, la aplicación de procesos de triangulación, validación cruzada y análisis sistemático respalda la consistencia y validez de los hallazgos obtenidos.

A partir de los resultados alcanzados, se abren diversas líneas de investigación futura, entre las que destacan el desarrollo de modelos mixtos que integren enfoques cualitativos y cuantitativos, la evaluación longitudinal de la eficiencia hídrica en escenarios de cambio climático, el análisis comparativo entre cuencas hidrográficas y la construcción de sistemas de indicadores de resiliencia hidroenergética. Asimismo, resulta pertinente profundizar en el estudio de los procesos de aprendizaje institucional y su influencia en la adaptación climática del sector.

La investigación confirma que la variabilidad climática incide de manera significativa en la eficiencia hídrica de los proyectos hidroeléctricos del Ecuador y que la gestión adaptativa constituye un componente esencial para enfrentar sus efectos. Desde un enfoque cualitativo y analítico, el estudio cumple con el objetivo propuesto al identificar los principales impactos, las estrategias implementadas y las limitaciones existentes, aportando bases científicas y técnicas para el fortalecimiento de la sostenibilidad y resiliencia del sector hidroeléctrico nacional.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bustamante, O. M. (2025). Cambio y variabilidad climática en Ecuador: Un estudio de las temperaturas máximas, mínimas y medias durante el período 1981–2020. *Siembra*, 12(4). <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/8292>
- Chamorro, J. (2025). Estudio de la crisis energética en el Ecuador por la dependencia en la generación de energía hidráulica. INGENiAR. <https://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/286/399>
- García-Rengifo, C., & Durán-Ballén, S. (2023). Variabilidad climática en la cuenca hidrográfica del río Chalpi Grande en Napo-Ecuador. *Enfoque UTE*, 14(1). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=572273150001>
- Gómez, A., Ruiz, M., & Cedeño, J. (2021). Variabilidad climática y sus efectos en los recursos hídricos del Ecuador continental. *Revista Politécnica*, 47(2), 89–102. <https://doi.org/10.33333/rp.vol47n2.2021>
- Naranjo-Silva, S. (2022). La hidroelectricidad y cambio climático en torno a la implementación de la Primera Contribución Nacional Determinada en Ecuador. *Revista RIAS*. <https://rias.unesum.edu.ec/index.php/revista/article/view/268>
- Naranjo-Silva, S. (2024). Una perspectiva del desarrollo hidroeléctrico en Ecuador. Redalyc. <https://www.redalyc.org/journal/4760/476077146005/html/>
- Paredes, J., & Mena, C. (2022). Impactos del cambio climático y estrategias de adaptación en ecosistemas andinos del Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, 35(1), 45–60. <https://doi.org/10.17163/lgr.n35.2022.04>
- Sánchez Nivicela, O. M. (2023). El cambio climático en Ecuador: políticas y gestión para la adaptación. *Repository Universidad Andina Simón Bolívar*. <https://repository.uasb.edu.ec/bitstream/10644/9372/1/T4117-MCCSD-Sanchez-El%20cambio.pdf>
- Soria Noroña, L. C., & Vásquez Venegas, N. Y. (2025). Impacto del cambio climático mediante la variabilidad de la precipitación y temperatura en el Cantón Lago Agrio. *Ciencia Latina*. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/download/16014/22822/>
- Villacís, M., & Carrillo-Rojas, G. (2020). Cambio climático y gestión del riesgo en Ecuador: desafíos para la planificación territorial. *Revista Ambiente & Agua*, 15(4), e2553. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2553>

### CONFLICTO DE INTERÉS:

Los autores declaran que no existen conflicto de interés posibles.

### FINANCIAMIENTO

No existió asistencia de financiamiento de parte de pares externos al presente artículo.

### NOTA:

El artículo no es producto de una publicación anterior