

Leonardo M. Idrobo-Ocampo

lmidrobo.24@est.ucab.edu.ve

Universidad Católica Andrés Bello

(Caracas – Venezuela)

ORCID: 0009-0008-2415-3948

**CRISIS DEL AGUA Y
RESILIENCIA COMUNITARIA:
REVISIÓN SISTEMÁTICA DEL
PAPEL DE LOS NEVADOS
ECUATORIANOS EN LA
SEGURIDAD HÍDRICA**

*WATER CRISIS AND
COMMUNITY RESILIENCE:
SYSTEMATIC REVIEW OF THE
ROLE OF ECUADORIAN SNOW-
CAPPED MOUNTAINS IN WATER
SECURITY.*

DOI:

<https://doi.org/10.37135/kai.03.15.07>

Recibido: 18/06/2025

Aceptado: 01/07/2025

Resumen

El retroceso acelerado de glaciares tropicales andinos por el cambio climático afecta la seguridad hídrica de comunidades rurales indígenas en Ecuador, que dependen del agua de deshielo para consumo, agricultura y cultura. Este artículo revisa sistemáticamente la literatura científica (2014-2025) con la metodología PRISMA, PICO y SPIDER, de manera combinada, analizando el rol de nevados como Antisana, Cayambe y Carihuaairazo en la resiliencia comunitaria. Se identifican impactos hidroclimáticos, sociales y ecosistémicos, así como limitaciones por pobreza y débil institucionalidad. Se concluye que la seguridad hídrica requiere gestión participativa, políticas públicas integradas y fortalecimiento comunitario para proteger ecosistemas y fomentar gobernanza resiliente.

Palabras clave: cambio climático, glaciares andinos, seguridad hídrica, resiliencia comunitaria, Ecuador.

Resumen

The accelerated retreat of tropical Andean glaciers due to climate change affects the water security of rural indigenous communities in Ecuador, which depend on meltwater for consumption, agriculture, and culture. This article reviews scientific literature (2014-2025) using a combination of PRISMA, PICO, and SPIDER methodologies, analyzing the role of snow-capped mountains such as Antisana, Cayambe, and Carihuaairazo in community resilience. Hydroclimatic, social, and ecosystem impacts are identified, as well as limitations due to poverty and weak institutions. It concludes that water security requires participatory management, integrated public policies, and community strengthening to protect ecosystems and promote resilient governance.

Keywords: climate change, andean glaciers, water security, community resilience, Ecuador.

CRISIS DEL AGUA Y RESILIENCIA COMUNITARIA: REVISIÓN SISTEMÁTICA DEL PAPEL DE LOS NEVADOS ECUATORIANOS EN LA SEGURIDAD HÍDRICA

WATER CRISIS AND COMMUNITY RESILIENCE: SYSTEMATIC REVIEW OF THE ROLE OF ECUADORIAN SNOW-CAPPED MOUNTAINS IN WATER SECURITY.

DOI:

<https://doi.org/10.37135/kai.03.15.07>

Introducción

El Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre los Recursos Hídricos de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura UNESCO (2025b) señala que el impacto del cambio climático, la reducción de la biodiversidad y las actividades no sostenibles están afectando gravemente los ecosistemas montañosos, lo que requiere esfuerzos globales y estrategias adaptativas para salvaguardar los recursos hídricos vitales. Pastorino *et al.* (2025) identifican que el cambio climático y la contaminación impactan ecotoxicológicamente los lagos de alta montaña, comprometiendo su biodiversidad y resiliencia.

Por otro lado, la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR) (2024) explica que el deshielo polar y glacial en las montañas, como consecuencia del calentamiento global, intensifica los desastres climáticos y afecta de manera desproporcionada a las comunidades más pobres y vulnerables. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) (2023) manifiesta que el aumento sin precedentes de gases de efecto invernadero (GEI) intensifica el calentamiento global, lo que provoca el aumento del nivel del mar debido a la pérdida de hielo terrestre, el deshielo glacial y polar.

La Corporación Andina de Fomento (CAF) (2022) explica que en América Latina, el progreso hacia la sostenibilidad del agua requiere mayor inversión y acciones para proteger ecosistemas como montañas, mientras se fomenta la gestión comunitaria local. Reyes-Palomino y Cano-Ccoa (2022) aseveran que el cambio climático global consiste en una modificación duradera y verificable en el comportamiento climático, originada por causas naturales o influencias humanas.

Toulkeridis *et al.* (2020) señalan que los cambios climáticos, como los ocurridos tras el último período glacial y durante la edad de hielo, impulsaron la evolución humana, el surgimiento de la agricultura en Asia occidental y alteraciones en civilizaciones, registrándose fenómenos como la expansión de glaciares de montaña en los Alpes europeos. Bulege-Gutiérrez y Custodio (2020) sostienen que el cambio climático global es una alteración prolongada y estadísticamente identificable en el clima, ocasionada por factores naturales o antrópicos. De acuerdo a Villaroel (2016) la falta de acción ante el cambio climático tendrá consecuencias graves. Ya se han marcado récords de temperatura global y niveles sin precedentes de dióxido de carbono, lo que evidencia la urgencia de adoptar energías renovables y establecer una relación sostenible con el medio ambiente.

La UNESCO y IUCN (2022) explican que la precipitación sólida se origina cuando el vapor de agua en las nubes se enfría y se condensa en cristales de hielo, los cuales caen hacia la superficie terrestre y cumplen un rol esencial en el ciclo hidrológico, culminando en la forma de nieve.

Sepúlveda Vargas *et al.* (2020) asienta que los conflictos hídricos y la resiliencia comunitaria en el Valle del Sinú, Córdoba, Colombia, reflejan impactos ambientales y socioeconómicos, junto con estrategias sostenibles para la gestión del agua y la adaptación climática.

Las Naciones Unidas (2018), con el Objetivo de Desarrollo sostenible (ODS) 6, busca optimizar la calidad del agua e incrementar el porcentaje de cuerpos de agua que cumplen con altos estándares de calidad para 2030. Gendeshmin *et al.* (2025) manifiestan que la gestión efectiva de la crisis del agua durante desastres naturales, especialmente en regiones áridas, es crucial para la resiliencia de las comunidades, requiriendo medidas innovadoras que integren la participación comunitaria en la provisión de agua segura.

Perales-Miranda (2018) asevera que la crisis del agua en Bolivia, entre 2016 y 2017, evidenció conflictos climatológicos, políticos y de gestión, desafiando el liderazgo boliviano en la defensa del agua como derecho humano universal. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2015) describe que el cambio climático, es originado en gran medida por actividades humanas, y provoca modificaciones climáticas significativas, como el incremento de la temperatura global, fenómenos extremos y previsiones preocupantes, lo que exige compromisos internacionales y medidas inmediatas para su control.

De acuerdo a la investigación de Tarazona Meza *et al.* (2024) la resiliencia comunitaria es la capacidad colectiva de adaptación, recuperación y transformación ante la adversidad, promoviendo el aprendizaje estratégico y la interacción con el entorno para garantizar el desarrollo sostenible. Chontasi Morales *et al.* (2021) explican que la resiliencia en localidades se basa en un enfoque socio-ecológico que integra dimensiones sociales y ecológicas, permitiendo adaptación y transformación ante incertidumbres de pérdida de los recursos de vida. Botia-Flechas y Preciado-Beltrán (2019) sostienen que la resiliencia comunitaria se fundamenta en el fortalecimiento de los actores locales, promoviendo una conciencia crítica sobre la gestión territorial del agua y el desarrollo sostenible. Así mismo Fuentes *et al.* (2025) especifican que la resiliencia, como la capacidad de un sistema social para recuperarse y fortalecerse ante la adversidad, es crucial para la adaptación de comunidades y territorios frente a los desafíos del cambio climático.

Piñas *et al.* (2024) afirman que para el Ecuador en especial para las comunidades de Chimborazo, el acceso al agua es un derecho fundamental para la vida y el desarrollo sostenible, especialmente en zonas rurales donde sustenta la actividad agrícola. Ordoñez-Pozo y Arias-Muñoz (2023) explican que en Ecuador, los conflictos hídricos derivan de factores como la minería a gran escala, el crecimiento urbano descontrolado, la inequidad en el acceso al agua y la privatización, afectan la seguridad hídrica y el desarrollo comunitario, especialmente en las regiones indígenas y microcuencas vulnerables.

Bárcena *et al.* (2020) sostiene que el Ecuador ha experimentado cambios en las precipitaciones y un significativo retroceso de sus glaciares, reflejando los efectos del cambio climático en la región andina. Kozhikkodan-Veetil *et al.* (2016) estiman que el retroceso de los glaciares andinos tropicales desde la pequeña edad de hielo ha permitido estimar variaciones climáticas en Ecuador, Perú y Bolivia desde el siglo XVII.

Hidalgo *et al.* (2024) explican que el retroceso del glaciar Carihuairazo en la provincia de Tungurahua, debido al deshielo, ha generado impactos significativos en la comunidad de Cunucyacu, afectando sus recursos hídricos y actividades económicas locales. Cedeño-Castillo y Esteves-Fajardo (2023) argumentan que el agua, reconocida en Ecuador como un derecho humano y patrimonio estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible e inembargable, constituye un recurso vital para la supervivencia de la humanidad. De acuerdo a Gallegos Castro *et al.* (2018) el nevado Cayambe se caracteriza por una dinámica fluvial permanente alimentada por lluvias y deshielos. Por otro lado Valladares-Borja (2014) explica que el volcán Antisana, es un estratovolcán clave para el clima, los ecosistemas y el abastecimiento hídrico del Distrito Metropolitano de Quito, cuyos glaciares se ven afectados por el calentamiento global.

El retroceso acelerado de los glaciares tropicales andinos, impulsado por el cambio climático, de acuerdo a la UNESCO (2025a), representa una amenaza crítica para la seguridad hídrica de las comunidades de alta montaña en Ecuador. Según la UNESCO y GRID-Arendal (2018), los nevados actúan como reguladores del ciclo hidrológico, siendo vitales para el abastecimiento humano, agrícola y ecosistémico. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático por sus siglas en inglés, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2021) explica que su reducción progresiva compromete no solo el acceso al agua, sino también la capacidad adaptativa de las poblaciones más vulnerables.

En este marco se pretende establecer en qué medida el retroceso de los nevados ecuatorianos ha afectado la seguridad hídrica y la resiliencia de las comunidades de montaña, en comparación con contextos de menor afectación glaciar o condiciones previas al cambio climático acelerado. Para ello, se propone sintetizar de forma sistemática la evidencia empírica publicada entre 2014 y 2025 sobre el impacto del retroceso de los nevados ecuatorianos en la seguridad hídrica y la resiliencia comunitaria frente al cambio climático, aplicando metodologías propias para la revisión sistemática de la literatura (RSL), como la metodología *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA 2020) con enfoque en triple acción en combinación con el modelo: *Población, Intervención, Comparación y Resultado* (PICO) y el modelo: *Sample, Phenomenon of Interest, Design, Evaluation, Research type* (SPIDER) con la lógica metodológica y el nivel técnico de criterios de inclusión y exclusión previamente definidos.

La literatura científica como la de Gavazov *et al.* (2017), o Koch *et al.* (2024) han documentado extensamente el deshielo global y su impacto en la disponibilidad hídrica, destacando la necesidad de datos y gestión estratégica para la resiliencia de los ecosistemas. Bárcena *et al.* (2020), o Toulkeridis *et al.* (2020) han explorado la influencia multifacética del cambio climático en los sistemas terrestres y el desarrollo sociohistórico, desde el retroceso glaciar andino en Ecuador hasta sus fluctuaciones históricas. Sin embargo, persiste una brecha significativa que radica en la ausencia de revisiones sistemáticas recientes, que integren exhaustivamente las dimensiones socio ecológica, territorial y climática, específicamente en el Ecuador andino. Esta deficiencia metodológica subraya la necesidad crítica de una síntesis que identifique vacíos de conocimiento, patrones recurrentes y líneas de investigación emergentes en esta región biogeográfica vulnerable.

En este contexto, la presente investigación propone analizar el rol de los nevados ecuatorianos en la seguridad hídrica y su impacto directo en la resiliencia comunitaria frente a la creciente crisis del agua, exacerbada por el cambio climático. Existe una vasta literatura global sobre el retroceso glaciar y sus repercusiones en ecosistemas y comunidades, además de las afectaciones del cambio climático en la población, o estudios que explican como el cambio climático intensifica las enfermedades transmitidas por el agua en áreas urbanas superpobladas, lo que subraya la necesidad urgente de fortalecer la resiliencia de los sistemas de salud (Sesay & Osborne, 2025).

Por otra parte, el escenario ecuatoriano carece de una comprensión detallada sobre cómo la pérdida de estas reservas hídricas afecta la disponibilidad de agua para las poblaciones locales y su capacidad de adaptación socioecológica. Por consiguiente, este estudio enfatiza la urgencia de integrar perspectivas hidroclimáticas, comunitarias y ecosistémicas para ofrecer una comprensión holística de esta problemática interconectada, sentando las bases para futuras estrategias de gestión y conservación.

La importancia de esta investigación se sustenta en tres aspectos fundamentales: primero, la imperiosa necesidad de fortalecer la seguridad hídrica frente a eventos climáticos extremos que amenazan la disponibilidad y calidad del recurso; segundo, el reconocimiento del agua como un derecho humano y un bien común esencial para la vida y el desarrollo sostenible; y tercero, la transición hacia modelos de gobernanza resiliente e integradora, que articulen tanto el conocimiento local como el científico. Este enfoque permite aportar insumos relevantes para la formulación de políticas públicas sostenibles, consolidando el vínculo entre la evidencia empírica, la gestión ambiental y la participación comunitaria.

Metodología

Para garantizar la transparencia, rigurosidad y replicabilidad del proceso de revisión sistemática, se siguió la guía metodológica PRISMA (Page *et al.*, 2021). Aplicando el método de triple acción utilizado por Idrobo-Ocampo y Muyulema-Allaica (2024); Rodríguez-Peñaguirre y González-Arellano (2022), y se estructuró según el modelo: (i) exploratorio-descriptivo, (ii) evaluativo-crítico y (iii) prospectivo-integrador.

Este enfoque permitió identificar, organizar y sintetizar la información científica sobre el rol de los nevados ecuatorianos en la seguridad hídrica y la resiliencia comunitaria frente a la crisis climática. Se partió de una lógica inductiva, orientada a la interpretación contextual y la integración transdisciplinaria del conocimiento disponible.

Para estructurar la pregunta de investigación, se aplicó el modelo PICO (Población, Intervención, Comparación, Resultado), siguiendo la guía metodológica propuesta por Sánchez-Martín *et al.* (2023), lo cual permitió delimitar con claridad los elementos clave del fenómeno analizado. La población se centró en comunidades andinas del Ecuador altamente vulnerables, cuya subsistencia depende de los ecosistemas de montaña; la intervención se identificó como el retroceso progresivo de los glaciares tropicales ecuatorianos; la comparación se estableció en relación con contextos territoriales o temporales de menor afectación glaciar o con cobertura más estable; y los resultados se vincularon con los cambios en la seguridad hídrica y en los niveles de resiliencia comunitaria frente a escenarios crecientes de estrés climático. Este enfoque permitió formular una pregunta de investigación estructurada, precisa y orientada a responder empíricamente el problema planteado, como se muestra en la figura 1.

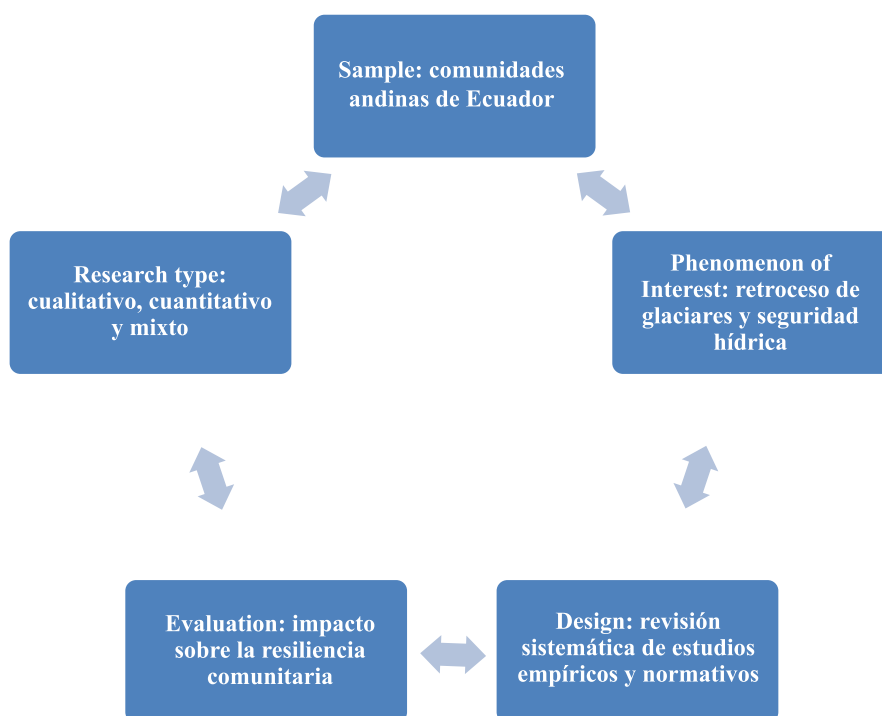
Figura 1. Modelo PICO

P (Población)	Comunidades rurales e indígenas ecuatorianas asentadas en zonas altoandinas, cuya subsistencia depende del agua proveniente del deshielo glaciar. Estas poblaciones presentan alta vulnerabilidad climática, social y económica.
I (Intervención o Exposición)	Retroceso de los nevados ecuatorianos (glaciares tropicales andinos) como consecuencia del cambio climático, que altera el equilibrio hídrico de los ecosistemas de montaña y afecta la provisión de agua.
C (Comparación)	Escenarios temporales o territoriales con menor afectación glaciar o periodos históricos anteriores con cobertura glaciar relativamente estable, que permiten contrastar la disponibilidad hídrica y los niveles de resiliencia.
O (Resultado)	Cambios en la seguridad hídrica (acceso, disponibilidad, calidad) y en la resiliencia comunitaria (capacidad adaptativa, estrategias locales, gobernanza del agua) frente a contextos de estrés hídrico y crisis climática.

Fuente: elaboración propia.

Finalmente, en concordancia con Cooke *et al.* (2012) se integra el modelo SPIDER como marco conceptual para diseñar y aplicar los criterios de búsqueda, inclusión y exclusión de los estudios revisados. Este enfoque fue especialmente útil dada la naturaleza cualitativa y mixta de gran parte de la literatura científica sobre el tema. SPIDER permitió organizar la selección documental considerando la muestra, el fenómeno de interés, el diseño metodológico, las formas de evaluación y el tipo de investigación. Su aplicación garantizó la coherencia temática y metodológica del corpus final de la revisión sistemática. La desagregación de sus componentes se evidencia de acuerdo con la figura 2.

Figura 2. Modelo SPIDER



Fuente: elaboración propia.

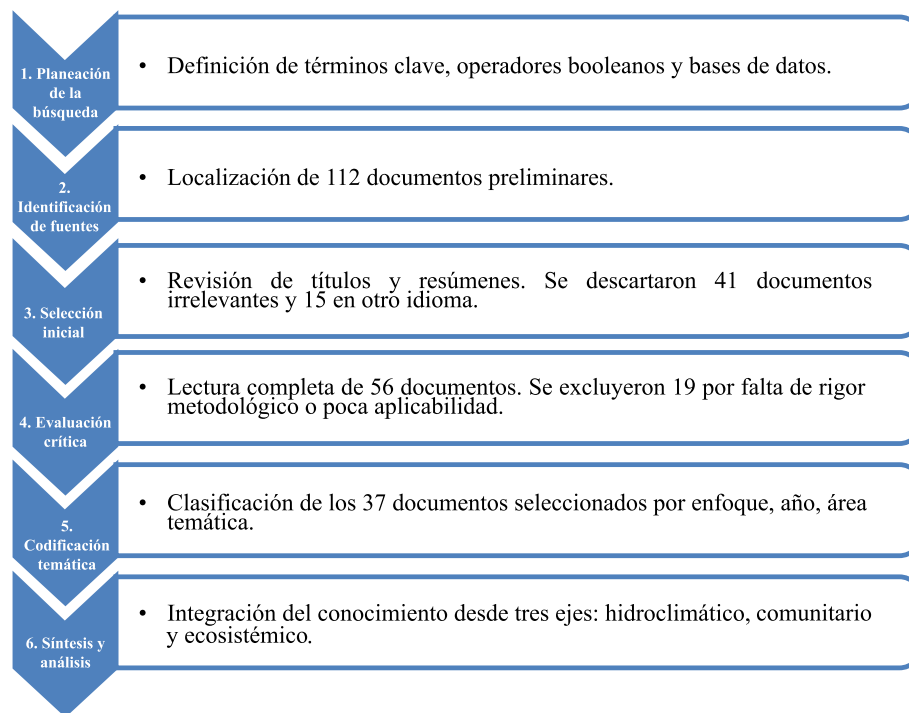
La aplicación de SPIDER facilitó la definición precisa de los criterios de inclusión y exclusión, así como la elaboración de la estrategia de búsqueda en bases de datos académicas. Este enfoque aseguró la pertinencia y coherencia temática de los estudios integrados, garantizando que estos abordaran aspectos relevantes como la resiliencia comunitaria, la gobernanza del agua y los impactos hidroclimáticos en territorios de montaña del Ecuador.

La desagregación detallada de sus componentes permite visualizar la correspondencia entre los elementos teóricos del modelo y la operacionalización práctica del proceso de selección documental. Esta metodología contribuyó a la robustez del análisis, promoviendo una mirada crítica, contextualizada y coherente con los objetivos de investigación planteados.

- **Muestra (Sample):** El estudio se enfocó en poblaciones asentadas en zonas altoandinas del Ecuador, particularmente en comunidades rurales e indígenas cuya subsistencia depende en gran medida del agua de deshielo proveniente de los nevados tropicales. Estas poblaciones habitan territorios caracterizados por una alta exposición a los efectos del cambio climático y la disminución progresiva de los glaciares.
- **Fenómeno de interés (Phenomenon of Interest):** El objeto de análisis fue la relación entre la pérdida de masa glaciar y los impactos sobre la seguridad hídrica, entendida como la garantía de acceso sostenible y equitativo al recurso hídrico para el abastecimiento humano, las actividades agroproductivas y la conservación de los ecosistemas de montaña.
- **Diseño metodológico (Design):** Se incluyeron diversas fuentes de información, tanto empíricas como normativas, tales como artículos científicos, estudios aplicados, reportes técnicos e informes institucionales, seleccionados por su pertinencia analítica y rigurosidad metodológica. Esta heterogeneidad documental facilitó una aproximación comprensiva e interdisciplinaria al fenómeno investigado.
- **Evaluación (Evaluation):** El análisis se centró en examinar los efectos del retroceso glaciar sobre la capacidad de resiliencia de las comunidades locales, entendida como la habilidad para adaptarse, responder y transformarse frente a escenarios adversos vinculados con la gestión y disponibilidad del recurso hídrico, tales como períodos de escasez, sequías o disputas por el agua.
- **Tipo de investigación (Research Type):** La revisión consideró investigaciones de enfoque cualitativo, cuantitativo y mixto, priorizando aquellas que abordaran de forma holística las intersecciones entre cambio climático, gobernanza del agua, ecología política y derechos humanos. Esta variedad metodológica contribuyó a una triangulación robusta de perspectivas, enriqueciendo la interpretación de los hallazgos.

La RSL se ejecutó siguiendo una serie de etapas estructuradas para asegurar la rigurosidad y trazabilidad metodológica. La estrategia de búsqueda comprendió seis etapas secuenciales: planificación de términos, búsqueda en bases académicas, selección preliminar, evaluación crítica, codificación temática y análisis integrador. Para ello, se utilizaron combinaciones de palabras clave en español e inglés, como: glaciares andinos, retroceso glaciar, nevados ecuatorianos, resiliencia comunitaria, crisis del agua, climate change, meltwater, water security, y community resilience.

Todo este procedimiento se encuentra representado de manera esquemática en el diagrama de flujo y se resume en la figura 3.

Figura 3. Flujo de etapas estructuradas

Fuente: elaboración propia.

La primera fase consistió en la planeación de la búsqueda, donde se definieron con precisión los términos clave. Para optimizar los resultados, se emplearon operadores booleanos (AND, OR, NOT). Inicialmente, se seleccionaron bases de datos científicas como Scopus, ScienceDirect, Scielo, Dialnet y Redalyc, garantizando una cobertura temática y geográfica adecuada.

En la segunda etapa, de identificación de fuentes, la búsqueda sistemática permitió localizar 112 documentos preliminares. Estos incluían artículos académicos, informes técnicos y publicaciones de organismos internacionales. Para refinar esta etapa, se aplicaron filtros por idioma (español, inglés) y tipo de documento (artículos revisados por pares, informes técnicos con validez institucional, literatura científica publicada entre 2014 y 2025). Adicionalmente a las bases de datos iniciales, se consultó fuentes institucionales de gran relevancia como la UNESCO, ONU, CEPAL, IPCC, UNDRR y CAF.

Los criterios de inclusión y exclusión se definieron explícitamente y se sistematizaron en la tabla 1.

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Publicaciones entre 2014 y 2025	Publicaciones previas a 2014
Estudios con foco en Ecuador y los Andes	Estudios irrelevantes
Enfoque en glaciares tropicales, nevados, agua de deshielo y comunidades de alta montaña	Literatura puramente técnica sin análisis socioambiental o comunitario

Estudios sobre resiliencia comunitaria, seguridad hídrica, crisis del agua	Estudios sin enfoque en cambio climático
Informes y marcos normativos de organismos multilaterales	Fuentes no académicas ni institucionales verificables (blogs, periódicos, sitios web)
Publicaciones en español e inglés	Investigaciones en idiomas diferentes al inglés y español

Fuente: elaboración propia.

Para garantizar la calidad, pertinencia y coherencia temática de los estudios considerados, se establecieron criterios rigurosos de inclusión y exclusión. Entre los criterios de inclusión, se priorizaron publicaciones realizadas entre 2014 y 2025, lo que asegura la actualidad del conocimiento y la incorporación de investigaciones recientes en un contexto del acelerado cambio climático. Se seleccionaron estudios que abordaran glaciares tropicales, nevados, agua de deshielo y comunidades de alta montaña, dado que estos elementos constituyen el eje central de la problemática hídrica en la región andina. Asimismo, se incluyeron investigaciones con un enfoque explícito en resiliencia comunitaria, seguridad hídrica, crisis del agua y cambio climático, a fin de articular dimensiones biofísicas y sociopolíticas del fenómeno.

Finalmente, en contrapartida, los criterios de exclusión permitieron depurar la base documental, eliminando estudios que no aportaban evidencia relevante o carecían de calidad científica verificable. Se excluyeron investigaciones sin enfoque en el cambio climático, así como aquellas que, si bien abordaban aspectos técnicos del deshielo o la hidrología, no ofrecían un análisis socioambiental o comunitario que permitiera evaluar impactos en la población. Igualmente, se descartaron fuentes no académicas ni institucionales verificables, tales como blogs, artículos de opinión o publicaciones en medios periodísticos y sitios web, ya que no cumplían con estándares de revisión o rigurosidad. Finalmente, se eliminaron documentos que no hubiesen pasado por un proceso formal de revisión por pares, resguardando así la integridad científica del análisis.

Se puede observar una delimitación clara del universo de estudio, priorizando investigaciones que articulan dimensiones hidroclimáticas, sociales y políticas del agua. Este filtro metodológico permitió depurar la literatura gris y enfocar el análisis en fuentes con alto valor científico, aumentando así la validez interna de los hallazgos.

La tercera etapa correspondió a la selección inicial, donde se revisaron los títulos y resúmenes de los 112 documentos encontrados. El objetivo principal fue eliminar estudios duplicados, de baja pertinencia o con enfoques tangenciales al objeto de estudio. Como resultado de esta revisión, se excluyeron 41 documentos que no aportaban evidencia sustancial sobre la relación entre el retroceso glaciar y la seguridad hídrica. De la misma manera se excluyeron 15 documentos en idiomas diferentes al inglés y español.

En la cuarta etapa, se llevó a cabo una evaluación crítica de los 56 estudios restantes, realizando una lectura completa de cada uno. Este proceso permitió identificar las fortalezas y limitaciones metodológicas de cada documento, así como su aplicabilidad contextual. Se excluyeron 19 estudios que presentaban deficiencias en el diseño de investigación, ausencia de validación empírica o un alcance excesivamente general, reduciendo el corpus a 37 documentos rigurosos y pertinentemente relevantes para el estudio, por lo que se genera una distribución de acuerdo al enfoque metodológico aplicado, evidenciable en la tabla 2.

Tabla 2. Distribución de estudios por año y tipo de enfoque

Año	Cualitativo	Cuantitativo	Mixto	Total
2014	1	0	0	1
2015	1	0	0	1
2016	1	1	0	2
2017	0	1	0	1
2018	2	1	1	4
2019	1	0	0	1
2020	2	1	1	4
2021	1	1	0	2
2022	1	0	3	4
2023	3	0	1	4
2024	3	1	1	5
2025	6	1	1	8
Total	22	7	8	37

Fuente: elaboración propia.

Se constató que el enfoque cualitativo predomina con 59% del total de estudios seleccionados, seguido de estudios mixtos (22%) y cuantitativos (19%). Esta predominancia cualitativa responde al carácter socioambiental de la temática, centrada en narrativas, saberes ancestrales, gobernanza territorial y análisis participativo. Los estudios cuantitativos se enfocaron principalmente en modelamiento climático, análisis geoespacial y cobertura glaciar. En paralelo, la siguiente tabla desglosa la distribución geográfica de los estudios revisados:

Tabla 3. Distribución de estudios según país de estudio o enfoque territorial

País o region	Número de estudios
Ecuador	16
Perú	4
Bolivia	2
Colombia	3
Multinacionales andinos y alpinos	12
TOTAL	37

Fuente: elaboración propia.

Se observó una muestra que alcanza más del 43% de los estudios centrados exclusivamente en Ecuador, lo que confirma la pertinencia de los hallazgos para el contexto nacional. La inclusión de estudios regionales de Perú, Colombia y Bolivia permitió establecer comparaciones

relevantes y extraer aprendizajes replicables en zonas de alta montaña. Asimismo, los estudios de enfoque multinacional reforzaron la contextualización del fenómeno a nivel andino.

La quinta etapa del proceso metodológico, correspondiente a la codificación temática, permitió sistematizar los 37 estudios seleccionados a través de una organización rigurosa basada en su enfoque metodológico (cualitativo, cuantitativo o mixto), el año de publicación y el área temática predominante. Esta clasificación resultó esencial para identificar patrones recurrentes, detectar vacíos de conocimiento y reconocer tendencias emergentes en torno a los impactos del retroceso glaciar en el contexto ecuatoriano. La codificación también facilitó una lectura transversal de los aportes empíricos, metodológicos y conceptuales de cada estudio, los cuales fueron organizados en función de tres ejes analíticos principales: hidroclimático, comunitario y ecosistémico, permitiendo una comprensión integrada de la problemática, lo que evidencia la diversidad de enfoques y la complementariedad de las investigaciones consideradas. La distribución temática y las características de los estudios se presentan de forma detallada en la tabla 4.

Tabla 4. Distribución de la RSL por ejes temáticos.

Nº	Autor(es)	Título del documento	Enfoque metodológico	Año	Área temática predominante	Eje temático
1	Bárcena et al.	<i>La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe</i>	Cualitativo	2020	Cambio climático y políticas públicas	Ecosistémico
2	Botia-Flechas & Preciado-Beltrán	<i>Resiliencia comunitaria: Defensa del agua y del territorio en la cuenca del río Sumapaz, Colombia</i>	Cualitativo	2019	Resiliencia comunitaria y gestión territorial	Comunitario
3	Bulege-Gutiérrez & Custodio	<i>Cambio climático y retroceso glaciar en la Cordillera Huaytapallana, Perú</i>	Cuantitativo	2020	Retroceso glaciar y cambio climático	Hidroclimático
4	CAF	<i>IDEAL 2022: Energía, agua y salud para un mejor medio ambiente</i>	Mixto	2022	Infraestructura hídrica y ambiental	Hidroclimático
5	Cedeño-Castillo & Esteves-Fajardo	<i>El acceso al agua en Ecuador: Impacto y posibles soluciones</i>	Cualitativo	2023	Acceso al agua y soluciones territoriales	Comunitario
6	CEPAL	<i>La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe Paradojas y desafíos del desarrollo sostenible</i>	Cualitativo	2015	Desarrollo sostenible y cambio climático	Ecosistémico
7	Chontasi Morales et al.	<i>Resiliencia socio-ecológica: una perspectiva teórico-metodológica para el turismo comunitario</i>	Cualitativo	2021	Resiliencia comunitaria	Comunitario
8	Fuentes et al. (2025)	<i>Harnessing network science for urban resilience: the CASA model's approach to social and environmental challenges</i>	Cualitativo	2025	Resiliencia comunitaria	Comunitario
9	Gallegos Castro et al.	<i>Análisis de la variación temporal y espacial de la cobertura glaciar del nevado Cayambe, Ecuador, mediante fotografías aéreas e imágenes landsat</i>	Cuantitativo	2018	Cambio climático	Hidroclimático
10	Hidalgo et al.	<i>Retroceso del glaciar del Carihuairazo y sus implicaciones en la comunidad de Cunucyacu</i>	Mixto	2024	Resiliencia comunitaria	Hidroclimático
11	IPCC	<i>Bases físicas: Resumen para responsables de políticas</i>	Cuantitativo	2021	Cambio climático y políticas públicas	Ecosistémico
12	Kozhikkodan-Veetil et al.	<i>Análisis comparativo del retroceso glaciar en los Andes Tropicales usando teledetección</i>	Cuantitativo	2016	Cambio climático	Hidroclimático
13	Naciones Unidas	<i>La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible</i>	Cualitativo	2018	Desarrollo sostenible	Ecosistémico
14	UNDRR	<i>Del riesgo a la resiliencia: inversiones estratégicas para un futuro sostenible</i>	Cualitativo	2024	Reducción del riesgo de desastres	Comunitario

15	ONU	<i>Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2023</i>	Mixto	2023	Desarrollo sostenible	Ecosistémico
16	Ordoñez-Pozo & Arias Muñoz	<i>Factores que reflejan la seguridad hídrica en comunidades rurales del cantón Cotacachi</i>	Cualitativo	2023	Seguridad hídrica y conflictos	Comunitario
17	Perales-Miranda	<i>La crisis del agua en La Paz: Cambios y racionamiento del agua</i>	Cualitativo	2018	Resiliencia comunitaria	Comunitario
18	Piñas et al.	<i>Cambio climático, agricultura resiliente y derecho al agua</i>	Cualitativo	2024	Cambio climático	Comunitario
19	Reyes-Palomino & Cano-Ccoa	<i>Efectos de la agricultura intensiva y el cambio climático sobre la biodiversidad</i>	Cualitativo	2022	Biodiversidad y clima	Ecosistémico
20	Sandoval-Díaz et al.	<i>Capacidad de adaptación y resiliencia comunitaria ante desastres socionaturales en ALC</i>	Cualitativo	2023	Resiliencia comunitaria	Comunitario
21	Sepúlveda Vargas et al.	<i>Aportes epistemológicos de los conflictos por el agua y la resiliencia comunitaria en el Valle del Sinú, Colombia. In Editorial Universidad Pontificia Bolivariana</i>	Cualitativo	2020	Seguridad hídrica y conflictos	Comunitario
22	Tarazona Meza et al.	<i>Constatación de lo comunitario en la resiliencia ante desastres naturales en el contexto de Manabí, Ecuador</i>	Cualitativo	2024	Resiliencia comunitaria	Comunitario
23	Toulkeridis	<i>Cambio climático según los académicos ecuatorianos - percepciones versus hechos</i>	Mixto	2020	Cambio climático y políticas públicas	Ecosistémico
24	UNESCO	<i>Glaciares en peligro de extinción</i>	Cualitativo	2025	Biodiversidad y clima	Hidroclimático
25	UNESCO	<i>The United Nations World Water Development Report 2025 – Mountains and glaciers: Water towers</i>	Mixto		Biodiversidad y clima	Hidroclimático
26	UNESCO, & GRID-Arendal	<i>Atlas de glaciares y aguas andinos: El impacto del retroceso de los glaciares sobre los recursos hídrico</i>	Mixto	2018	Biodiversidad y clima	Hidroclimático
27	UNESCO, & IUCN	<i>World Heritage Glaciers Sentinels of climate change</i>	Mixto	2022	Biodiversidad y clima	Hidroclimático
28	Valladares-Borja, M.	<i>Estudio de la variabilidad espacial y temporal de los glaciares y ecosistemas locales del Volcán Antisana</i>	Cuantitativo	2014	Seguridad hídrica y conflictos	Hidroclimático
29	Vargas-Mursuli, F. M., & Esquivel-García, R	<i>Análisis a la evolución de la contextualización del desarrollo local en Ecuador. Antecedentes y conceptos</i>	Cualitativo	2023	Resiliencia comunitaria	Comunitario
30	Villaroel, C.	<i>Glaciares y cambio climático en el cono sur</i>	Cualitativo	2015	Seguridad hídrica y conflictos	Hidroclimático
31	Sesay, U., Osborne, A.	<i>Building climate-resilient health systems in Sierra Leone: addressing the dual burden of infectious and climate-related diseases</i>	Cualitativo	2025	Biodiversidad y clima	Ecosistémico
32	Gendeshmin et al.	<i>Drinking water supply for communities</i>	Cualitativo	2025	Biodiversidad y clima	Hidroclimático
33	Schürings et al.	<i>Drivers of recovery and degradation of riverine benthic invertebrate communities: a Germany wide analysis</i>	Cuantitativo	2025	Biodiversidad y clima	Hidroclimático
34	McDonagh et al.	<i>Governing flood risk in mid seventeenth-century England</i>	Cualitativo	2025	Biodiversidad y clima	Hidroclimático
35	Pastorino et al.	<i>Potential ecotoxicological effects of global change on organisms inhabiting high-mountain lakes in the Alps</i>	Cualitativo	2025	Biodiversidad y clima	Ecosistémico
36	Gavazov et al.	<i>Winter ecology of a subalpine grassland: Effects of snow removal on soil respiration, microbial structure and function</i>	Cuantitativo	2017	Biodiversidad y clima	Hidroclimático
37	Koch et al.	<i>The dominance and growth of shallow groundwater resources in continuous permafrost environments</i>	Cuantitativo	2024	Biodiversidad y clima	Hidroclimático

Fuente: elaboración propia.

La sexta etapa consistió en la síntesis y análisis integrador de los estudios seleccionados, organizados en función de tres ejes estructurantes: hidroclimático, comunitario y ecosistémico.

El eje hidroclimático abordó el comportamiento de los glaciares, la variabilidad climática y sus implicaciones sobre la disponibilidad hídrica. El eje comunitario se centró en las percepciones sociales, las estrategias de adaptación local y los mecanismos de gobernanza del agua. El eje ecosistémico, por su parte, analizó los impactos sobre la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y el funcionamiento de las cuencas hidrográficas andinas.

Esta estructura permitió identificar tendencias empíricas, evaluar la calidad y enfoque de los trabajos incluidos, y extraer recomendaciones para políticas públicas. La triangulación metodológica adoptada en este estudio que combina PRISMA, PICO y SPIDER con codificación temática, otorga solidez al análisis, rigor científico y utilidad para la toma de decisiones sobre la seguridad hídrica y la resiliencia comunitaria en el Ecuador.

La sistematización de los hallazgos se estructuró en torno al enfoque de triple acción en tres dimensiones de análisis complementarias: exploratoria-descriptiva, evaluativa-crítica y prospectiva-integradora.

La dimensión exploratoria-descriptiva se enfocó en caracterizar el estado actual del conocimiento sobre los nevados ecuatorianos y su retroceso, identificando datos empíricos, tendencias y contextos territoriales específicos. Permitió responder a la pregunta: “¿Qué estudios describen el retroceso glaciar en los Andes del Ecuador y sus efectos hídricos?”.

La dimensión evaluativa-crítica permitió analizar con mayor profundidad las metodologías, enfoques teóricos y sesgos de los estudios revisados. Respondió a la pregunta: “¿Qué factores socioambientales inciden en la vulnerabilidad o resiliencia de las comunidades?”.

La dimensión prospectiva-integradora orientó la búsqueda hacia propuestas y estrategias de adaptación, considerando normativas, planificación territorial, y buenas prácticas locales. Guiada por la pregunta: “¿Qué prácticas o políticas pueden fortalecer la seguridad hídrica y la resiliencia futura?”. Estas dimensiones se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 5. Dimensiones de análisis complementarias con enfoque triple acción

Dimensión	Descripción	Pregunta orientadora
Exploratoria-descriptiva	Revisión de evidencias científicas sobre el retroceso glaciar	¿Qué estudios describen el retroceso glaciar en Ecuador?
Evaluativa-crítica	Análisis de implicaciones sociales y políticas	¿Qué factores afectan la resiliencia comunitaria?
Prospectiva-integradora	Propuesta de estrategias adaptativas y normativas	¿Qué medidas pueden fortalecer la seguridad hídrica?

Fuente: elaboración propia.

Este enfoque triaxial permitió construir una mirada integral, que no solo describe el problema, sino que también lo interpreta y orienta hacia acciones de transformación en contextos de alta vulnerabilidad climática.

Resultados

Centrado en describir el conocimiento actual sobre los nevados ecuatorianos, sus dinámicas de retroceso y contextos territoriales relevantes, IPCC (2021) sostiene que el derretimiento de glaciares de montaña será continuo e irreversible en el tiempo, intensificándose con mayores emisiones de gases de efecto invernadero. Bulege-Gutiérrez y Custodio (2020) plantean que la morfología de los ecosistemas de alta montaña evidencia el retroceso de glaciares tropicales y la formación de nuevas lagunas en las depresiones dejadas por el hielo, reflejando una significativa pérdida de cobertura glaciar y cambios en la dinámica hídrica de las cordilleras nevadas.

Mientras que Villaroel (2016) argumenta que la extrema vulnerabilidad de los glaciares andinos frente al cambio climático y las actividades antrópicas, especialmente la minería, evidencia la urgente necesidad de reducir las emisiones de GEI en América Latina para evitar sobrepasar el umbral crítico de sostenibilidad climática. Por otro lado, Gallegos Castro *et al.* (2018) para el período 1978-2009 refuerzan que la pérdida de cobertura glaciar afecta el balance hídrico del páramo andino y las actividades productivas estratégicas. Hidalgo *et al.* (2024) afirman que los glaciares, como reservorios esenciales de agua, son cruciales para el riego, consumo, actividades productivas y aspectos culturales, pero su retroceso genera escasez, conflictos y afecta la biodiversidad.

Reyes-Palomino y Cano-Ccoa (2022) manifiestan que el cambio climático impacta los ecosistemas de montaña al acelerar la recesión glaciar, modificar los recursos hídricos disponibles y alterar los sistemas socioecológicos que dependen del agua para el consumo, la agricultura y la energía. Para Bárcena *et al.* (2020) las medidas adoptadas en la agricultura para ajustarse a las condiciones cambiantes pueden depender de la cantidad y calidad del agua disponible, así como del estado del suelo, influyendo en el desplazamiento de especies vegetales en áreas de montaña.

Analizando enfoques conceptuales y limitaciones, y los factores socioambientales que afectan la resiliencia comunitaria. Piñas *et al.* (2024) manifiesta que la agricultura en las comunidades indígenas de Chimborazo es esencial para la subsistencia y la identidad cultural, pero enfrenta desafíos por el cambio climático, requiriendo la preservación de prácticas tradicionales como el policultivo, el uso de semillas nativas y la conservación de suelos. Mientras que Chontasi Morales *et al.* (2021) sostienen que la teoría de la resiliencia permite comprender y gestionar

perturbaciones en sistemas socio-ecológicos, favoreciendo una gobernabilidad adaptativa y el análisis dinámico de sectores como el turismo comunitario.

Sepúlveda Vargas *et al.* (2020) concluyen que a lo largo de la historia, las disputas socioambientales han variado en cada período, destacándose la era prehispánica por la menor conflictividad debido al papel esencial del agua en las comunidades. Mientras que Ordoñez-Pozo y Arias-Muñoz (2023) exaltan que el conflicto hídrico se asocia significativamente con la escasez, el costo y la demanda insatisfecha de agua, revelando una desconexión entre la gestión del recurso y las necesidades sociales.

Sandoval-Díaz *et al.* (2023) sostiene que la vulnerabilidad política, social y económica limita la adaptación y resiliencia comunitaria, afectando especialmente a los grupos más vulnerables. Vargas-Mursulí y Esquivel-García (2023) explican que el territorio es una construcción social y cultural que trasciende lo físico, actuando como un agente clave en la transformación social, aunque las políticas de desarrollo local aún no logran reducir la pobreza y desigualdad persistentes. Hidalgo *et al.* (2024) expone que el retroceso glaciar afecta la disponibilidad hídrica, generando conflictos sociales y políticos por el acceso al agua, mientras que su disminución impacta la identidad cultural, el turismo y la biodiversidad en las comunidades andinas.

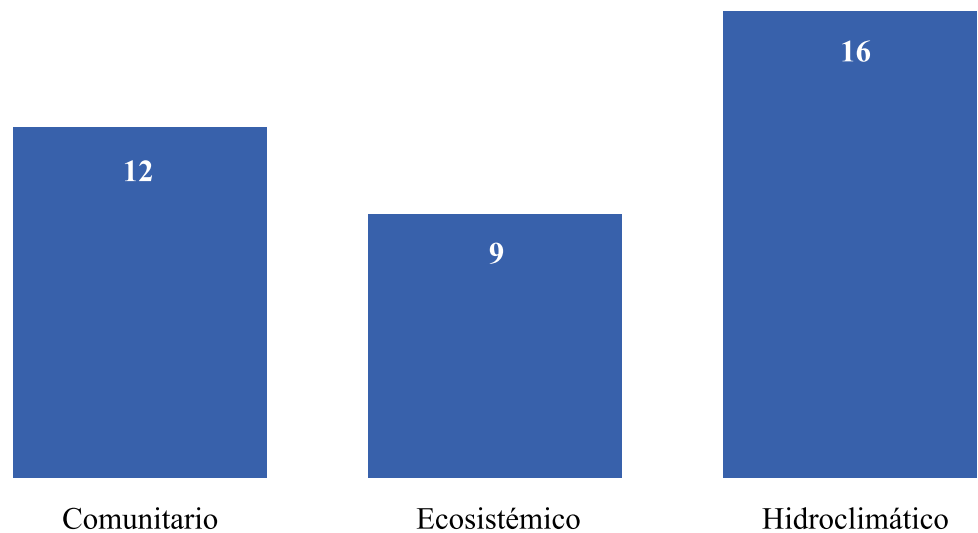
Desde otra perspectiva dirigida a identificar estrategias adaptativas y políticas locales que fortalezcan la resiliencia hídrica y territorial. Tarazona Meza *et al.* (2024) se enfocan en que el fortalecimiento del tejido social es esencial para una gestión integral del riesgo, permitiendo que las comunidades sean resilientes ante desastres y contribuyan al bienestar y desarrollo sostenible de la población afectada. Cedeño-Castillo y Esteves-Fajardo (2023) manifiestan que el Estado Ecuatoriano ha promovido la gestión integrada del agua por cuenca, buscando fortalecer la gobernabilidad sostenible de los servicios de agua y saneamiento, fomentar la equidad social y de género, y generar desarrollo sostenible a través de la participación comunitaria y la creación de iniciativas locales.

Vargas-Mursulí y Esquivel-García (2023) exponen que el desarrollo local combina el crecimiento económico y productivo para mejorar las condiciones de vida, aunque no todas las comunidades de un territorio alcanzan el mismo nivel de desarrollo. Mientras que Valladares-Borja (2014) sostiene que la escasez de agua dulce, agravada por el crecimiento poblacional, requiere estrategias sostenibles como la gestión eficiente de cuencas hidrográficas y la regulación de la expansión agrícola. En contraste Botia-Flechas y Preciado-Beltrán (2019) y Toulkeridis *et al.* (2020) proponen que los compromisos climáticos globales se adapten a nivel nacional, priorizando en los países en desarrollo la justicia climática, la compensación por pérdidas y

daños, y estrategias integradas que reduzcan la pobreza, la desigualdad y la vulnerabilidad ambiental mediante una planificación sostenible.

A continuación se presenta un análisis de la distribución de los 37 estudios incluidos en la revisión sistemática, clasificados en función de los tres ejes temáticos identificados: hidroclimático, comunitario y ecosistémico. Esta categorización permitió visibilizar el enfoque dominante de la literatura y evaluar el grado de integración entre dimensiones físicas, sociales y ecológicas. La representación gráfica que se muestra a continuación ofrece una síntesis visual del peso relativo de cada eje temático dentro del conjunto de estudios analizados, facilitando así la identificación de áreas con mayor desarrollo académico y de vacíos investigativos que requieren mayor atención, como se observa en la figura 4.

Figura 4. Distribución por eje temático



Fuente: elaboración propia.

Los estudios seleccionados permitieron evidenciar el vínculo estrecho entre el retroceso de los nevados andinos del Ecuador y la creciente vulnerabilidad hídrica en comunidades rurales de alta montaña. Esta literatura fue sistematizada en función de tres ejes temáticos principales: hidroclimático, comunitario y ecosistémico, lo que permitió articular variables físicas, sociales y ecológicas en una mirada integrada, como se evidencia en la tabla 6.

Tabla 6. Articulación de hallazgos clave

Nº	Eje temático	Autor(es)	Hallazgos Clave
1	Comunitario	Piñas Piñas <i>et al</i> (2024)	Agricultura indígena requiere preservar prácticas tradicionales para enfrentar cambio climático.
2	Comunitario	Tarazona Meza <i>et al.</i> (2024)	Resiliencia ante desastres depende del tejido social y participación estatal.
3	Comunitario	Cedeño-Castillo y Esteves-Fajardo (2023)	Fortalecer institucionalidad y participación en gestión del agua.

4	Comunitario	Chontasi Morales <i>et al.</i> (2021)	Resiliencia socioecológica facilita adaptación comunitaria.
5	Comunitario	Sandoval-Díaz <i>et al.</i> (2023)	Vulnerabilidad limita capacidad adaptativa comunitaria.
6	Comunitario	Ordoñez-Pozo y Arias-Muñoz (2023)	Conflicto hídrico refleja escasez y desconexión gestión-necesidades.
7	Comunitario	Vargas-Mursulí y Esquivel-García (2023)	Desarrollo local enfrenta desigualdades pese a avances.
8	Comunitario	Botia-Flechas y Preciado-Beltrán (2019)	Gestión territorial ética y comunitaria necesaria.
9	Comunitario	Sepúlveda Vargas <i>et al.</i> (2020)	El agua como eje histórico de conflictos y cohesión.
10	Comunitario	UNDRR (2024)	Inversión en resiliencia fortalece sostenibilidad ante riesgos.
11	Comunitario	Fuentes <i>et al.</i> (2025)	Redes sociales aumentan resiliencia urbana.
12	Comunitario	Gendeshmin <i>et al.</i> (2025)	Emergencias afectan acceso a agua potable.
13	Hidroclimático	Bulege-Gutiérrez y Custodio (2020)	Retroceso glaciar altera morfología y dinámica hídrica.
14	Hidroclimático	Gallegos Castro <i>et al.</i> (2018)	Pérdida de glaciares afecta regulación hídrica y producción.
15	Hidroclimático	Valladares-Borja (2014)	Escasez de agua demanda gestión eficiente.
16	Hidroclimático	Villaroel (2016)	Glaciares vulnerables al cambio climático y actividades humanas.
17	Hidroclimático	Hidalgo <i>et al.</i> (2024)	Retroceso glaciar genera escasez hídrica y conflictos.
18	Hidroclimático	Reyes-Palomino y Cano-Ccoa (2022)	Cambio climático altera recursos hídricos y ecosistemas.
19	Hidroclimático	Kozhikkodan-Veettil <i>et al.</i> (2016)	Teledetección monitorea retroceso glaciar
20	Hidroclimático	UNESCO y GRID-Arendal (2018)	Retroceso glaciar impacta recursos hídricos.
21	Hidroclimático	UNESCO (2025)	Glaciares en peligro crítico de extinción.
22	Hidroclimático	UNESCO y IUCN (2022)	Glaciares patrimonio son indicadores clave del cambio.
23	Hidroclimático	Schürings <i>et al.</i> (2025)	Biodiversidad acuática responde a cambios climáticos.
24	Hidroclimático	Gavazov <i>et al.</i> (2017)	Nieve afecta respiración y microbios del suelo.
25	Hidroclimático	Koch <i>et al.</i> (2024)	Aguas subterráneas dominan en permafrost y son afectadas.
26	Ecosistémico	IPCC (2021)	Derretimiento glaciar irreversible sin reducción de GEI.
27	Ecosistémico	Bárcena <i>et al.</i> (2020)	Cambio climático afecta agricultura de montaña.
28	Ecosistémico	Toulkeridis <i>et al.</i> (2020)	Cooperación y justicia climática son vitales.
29	Ecosistémico	CEPAL (2015)	Desarrollo sostenible enfrenta paradojas y desafíos.
30	Ecosistémico	Naciones Unidas (2018)	Agenda 2030 integra desarrollo sostenible y mitigación.
31	Ecosistémico	ONU (2023)	Monitoreo global es vital para ODS.
32	Ecosistémico	Pastorino <i>et al.</i> (2025)	Cambio global impacta lagos de montaña.
33	Ecosistémico	Sesay y Osborne (2025)	Salud debe adaptarse a enfermedades y clima.
34	Ecosistémico	UNESCO (2025)	Montañas y glaciares como torres de agua vitales.
35	Ecosistémico	CAF (2022)	Políticas públicas protección del medio ambiente
36	Ecosistémico	Gavazov <i>et al.</i> (2017)	Calentamiento global
37	Hidroclimático	Perales-Miranda (2018)	Crisis del Agua

Fuente: elaboración propia.

Desde el eje hidroclimático, de acuerdo a Gallegos Castro *et al.* (2018) o IPCC (2021) los estudios confirman un acelerado proceso de pérdida de masa glaciar en nevados emblemáticos como el Antisana, Cayambe y Carihuairazo. En particular, se constata que la reducción de cobertura glaciar se ha intensificado desde 1970, y que esta tendencia es irreversible en el mediano plazo debido al aumento sostenido de las temperaturas globales.

En el contexto de la UNESCO y GRID-Arendal (2018) la disminución de los glaciares

ha provocado una reducción del caudal hídrico durante las estaciones secas, impactando negativamente en la recarga de acuíferos y en la disponibilidad de agua para riego, consumo humano y generación eléctrica. Algunos estudios cuantitativos indican que el deshielo glaciar aportaba hasta el 25% del caudal en ciertas cuencas andinas, según Kozhikkodan-Veetil *et al.* (2016) proporción que ha descendido progresivamente.

En cuanto al eje comunitario, se observaron múltiples formas de respuesta local ante la crisis hídrica. Piñas *et al.* (2024); Tarazona Meza *et al.* (2024) manifiestan que las comunidades indígenas de la sierra ecuatoriana, particularmente en Chimborazo y Cotopaxi, han implementado estrategias resilientes basadas en conocimientos ancestrales, como el uso de policultivos, sistemas tradicionales de cosecha de agua, y mingas comunitarias para el mantenimiento de fuentes hídricas. No obstante, estas prácticas se ven limitadas de acuerdo a Cedeño-Castillo y Esteves-Fajardo (2023) por condiciones estructurales como la pobreza, la falta de infraestructura, el acceso desigual al agua potable y la débil institucionalidad local. También se evidencian tensiones y conflictos sociales vinculados a la privatización del agua, la expansión de actividades extractivas y el cambio de uso del suelo en zonas de páramo.

El eje ecosistémico permitió identificar los efectos del retroceso glaciar sobre los servicios ecosistémicos de las zonas altoandinas. La literatura señala que los páramos ecuatorianos actúan como esponjas naturales que regulan el ciclo hidrológico, capturando agua de lluvia y deshielo, filtrándola y liberándola lentamente a los sistemas de cuenca. En este contexto UNESCO y IUCN (2022) afirman que su degradación, asociada al calentamiento global, la agricultura extensiva y la minería, ha reducido su capacidad de retención hídrica, afectando directamente la biodiversidad y el equilibrio ecológico. Asimismo, de acuerdo a Reyes-Palomino y Cano-Ccoa (2022) varios estudios documentan la pérdida de especies nativas, el avance de vegetación invasora y la fragmentación de hábitats como consecuencias indirectas de la crisis climática.

Desde el punto de vista temporal, se observa un aumento progresivo de investigaciones entre 2020 y 2025, con énfasis en estudios cualitativos y mixtos. La mayoría de los trabajos prioriza estudios de caso y marcos teóricos provenientes de la ecología política, la sostenibilidad y los derechos humanos. Esto ha permitido no solo describir la problemática, sino también proponer enfoques alternativos de gobernanza hídrica. Los estudios cuantitativos, aunque menos frecuentes, han sido claves para modelar el comportamiento del retroceso glaciar y sus impactos hidrológicos.

Un hallazgo relevante fue la falta de articulación entre estudios técnicos y análisis sociales integrados, lo cual se manifiesta en una limitada presencia de trabajos transdisciplinarios. La mayoría de los estudios se concentra en zonas específicas del país (Chimborazo, Pichincha, Tungurahua), mientras que otras regiones como la Amazonía andina o las provincias del sur

(Loja, Azuay) permanecen escasamente representadas. Este vacío geográfico impide construir un diagnóstico nacional integral y representa una línea pendiente de investigación.

Finalmente, los estudios coinciden en que la falta de políticas públicas específicas sobre la protección de glaciares, la escasa inversión en adaptación comunitaria y la débil coordinación intergubernamental agravan la inseguridad hídrica en el país. Se destaca la necesidad de fortalecer la planificación hídrica desde una perspectiva de derechos, equidad y participación de los pueblos indígenas y campesinos.

Discusión

Los resultados de esta revisión permiten realizar una interpretación crítica sobre las implicaciones del retroceso glaciar en la seguridad hídrica del contexto ecuatoriano, especialmente en regiones andinas con alta dependencia del agua de deshielo. A pesar de la creciente producción académica en torno al cambio climático, persiste una marcada fragmentación entre las aproximaciones físico-naturales y las socioambientales, lo cual dificulta una comprensión holística del fenómeno. Si bien la pérdida de masa glaciar ha sido ampliamente documentada por estudios como los de Gallegos Castro *et al.* (2018); Valladares-Borja (2014), sus efectos sobre las dinámicas comunitarias, los derechos humanos al agua y los sistemas de gobernanza local continúan siendo insuficientemente abordados desde un enfoque integral e interseccional.

La literatura reciente aporta elementos clave para enriquecer esta discusión. Por ejemplo, Schürings *et al.* (2025) destacan que la degradación de los ecosistemas de agua dulce está influida por estresores abióticos, interacciones bióticas y el uso del suelo, remarcando la urgencia de mejorar la calidad del agua como eje de resiliencia. Asimismo, McDonagh *et al.* (2025) recuperan lecciones históricas de gobernanza del riesgo hídrico, útiles para enfrentar los desafíos contemporáneos.

En el ámbito regional, estudios como los de Cedeño-Castillo y Esteves-Fajardo, (2023); Sandoval-Díaz *et al.* (2023) subrayan que garantizar el derecho al agua y fortalecer la resiliencia comunitaria no solo requiere marcos legales adecuados, sino también capacidades institucionales, participación efectiva y alianzas multiactor.

Este estudio reconoce como limitación principal la escasez de investigaciones interdisciplinarias que vinculen el retroceso glaciar con impactos sociales en comunidades específicas, lo cual restringe la posibilidad de establecer correlaciones directas entre variables físicas e indicadores de bienestar comunitario. Además, se identificó una disparidad geográfica en los casos analizados, predominando estudios de zonas andinas frente a un limitado enfoque en otras regiones del Ecuador.

El IPCC (2021) señala que el aumento proyectado de la temperatura global acelerará el derretimiento de glaciares, con consecuencias directas en la agricultura, la salud y los ecosistemas. En esta línea, Bárcena *et al.* (2020); Reyes-Palomino & Cano-Ccoa (2022) advierten que los impactos incluyen amenazas al abastecimiento de agua potable, disminución de rendimientos agrícolas y migraciones forzadas.

Asimismo, autores como Piñas *et al.* (2024); Tarazona Meza *et al.* (2024) resaltan la necesidad urgente de que los Estados fortalezcan capacidades locales, garanticen inversiones sostenibles y transfieran tecnologías apropiadas para asegurar el derecho al agua, especialmente en contextos rurales e indígenas. Estas conclusiones se relacionan directamente con los objetivos del estudio, al evidenciar que la seguridad hídrica en contextos de montaña no puede ser abordada sin considerar simultáneamente las dimensiones ecológicas, socioculturales y políticas.

En perspectiva comparativa, estudios como los de Toulkeridis *et al.* (2020), o Villaroel (2016) refuerzan que la percepción social del cambio climático y su traducción en políticas públicas siguen siendo limitadas, siendo imprescindible avanzar hacia una gobernanza ambiental participativa, que proteja los ecosistemas glaciares y contemple la voz de las comunidades afectadas.

En términos de proyección investigativa, se plantea una agenda futura que permita abordar con mayor profundidad las complejidades del retroceso glaciar y sus implicaciones socioambientales. En primer lugar, se sugiere el desarrollo de estudios de caso a escala local que examinen de forma integrada la relación entre la pérdida de cobertura glaciar, la gobernanza del agua y las capacidades de resiliencia comunitaria. Asimismo, se recomienda fomentar investigaciones comparativas entre regiones andinas y otros territorios del Ecuador que presenten condiciones de vulnerabilidad climática, con la finalidad de identificar patrones, contrastes y aprendizajes transferibles. Finalmente, se resalta la necesidad de promover enfoques transdisciplinarios que articulen el conocimiento científico con los saberes ancestrales y prácticas territoriales, como base para diseñar respuestas más contextualizadas e inclusivas. Estos lineamientos son fundamentales para sustentar la formulación de políticas públicas que respondan de manera sostenible y equitativa a los desafíos que plantea la crisis hídrica y climática en el país.

Conclusiones

Esta revisión sistemática ha permitido evidenciar una interrelación crítica entre el retroceso de los glaciares tropicales en los Andes ecuatorianos y el incremento de la vulnerabilidad hídrica en comunidades rurales aledañas a las montañas. La sistematización de 37 estudios permitió organizar el análisis en torno a tres ejes temáticos: hidroclimático, comunitario y ecosistémico. Desde el eje hidroclimático, los hallazgos confirman un proceso acelerado e irreversible de

pérdida de masa glaciar, intensificado por el aumento sostenido de las temperaturas globales y por dinámicas locales de presión antrópica. Este fenómeno ha reducido de forma significativa los caudales en las estaciones secas, comprometiendo la disponibilidad de agua para el riego agrícola y el consumo humano.

En el eje comunitario, se identificaron múltiples estrategias de resiliencia local basadas en conocimientos ancestrales y prácticas tradicionales, como la diversificación de cultivos, la gestión colectiva del agua y la recuperación de fuentes hídricas. No obstante, estas respuestas comunitarias enfrentan importantes limitaciones estructurales: desigualdad en el acceso al agua potable, escasa inversión estatal, debilidad institucional y procesos de exclusión que limitan la participación de las comunidades indígenas y campesinas en la gobernanza del recurso hídrico. Tales condiciones agravan la inequidad territorial y acentúan los riesgos socioambientales.

Desde el enfoque ecosistémico, se constata que el retroceso glaciar afecta la capacidad de los páramos altoandinos para regular el ciclo hidrológico, almacenar agua y mantener la biodiversidad. La degradación de estos ecosistemas, producto del cambio climático, la agricultura extensiva y la expansión de actividades extractivas, compromete los servicios ecosistémicos esenciales que sostienen las actividades productivas y la calidad de vida en zonas de montaña. Además, se documenta una pérdida progresiva de especies nativas, fragmentación de hábitats y desplazamientos de la frontera agrícola, lo cual pone en riesgo la sostenibilidad ecológica del territorio.

El principal aporte de este estudio consiste en ofrecer una mirada integradora del vínculo entre glaciares, agua y resiliencia comunitaria, articulando variables físicas, sociales y ecológicas a través de un enfoque transdisciplinario. Esta aproximación permite superar la fragmentación entre ciencias naturales y sociales, aportando insumos concretos para el diseño de políticas públicas sostenibles, inclusivas y basadas en evidencia. Asimismo, se pone en evidencia la necesidad de incorporar el enfoque de derechos humanos, equidad territorial y justicia climática en los marcos normativos e institucionales de la gestión hídrica en Ecuador.

Entre las principales limitaciones del estudio se destaca la escasa articulación entre estudios técnicos y sociales, así como la concentración territorial de las investigaciones en provincias de la Sierra centro-norte, en detrimento de otras regiones como la Amazonía andina o el sur del país. Estas brechas restringen la posibilidad de construir diagnósticos nacionales integrales y limitan la generación de políticas contextualizadas. Además, se identifica una débil presencia de estudios interdisciplinarios y colaborativos que integren el conocimiento científico con los saberes ancestrales y las experiencias de las comunidades locales.

Frente a estas limitaciones, se proponen como líneas de investigación futura: profundizar en

estudios de caso locales que analicen el nexo entre retroceso glaciar, gobernanza del agua y resiliencia comunitaria; promover investigaciones comparativas entre diversas regiones del país con condiciones de vulnerabilidad climática; y fomentar enfoques metodológicos transdisciplinarios y participativos. Estas acciones son fundamentales para avanzar hacia modelos de gobernanza hídrica más adaptativos, equitativos y culturalmente pertinentes frente a los desafíos que impone la crisis climática.

En suma, los hallazgos de esta revisión demuestran que la seguridad hídrica en contextos de montaña no puede abordarse de manera aislada ni exclusivamente técnica. Se requiere una mirada integral que reconozca las múltiples dimensiones del problema ecológico, social, cultural y político y que oriente la formulación de respuestas sistémicas que respeten la diversidad territorial y los derechos de las comunidades. Solo así será posible construir soluciones sostenibles e intergeneracionales frente a una crisis hídrica que se proyecta como uno de los desafíos más urgentes del siglo XXI.

Declaración de contribución de autoría CRediT

Leonardo M. Idrobo-Ocampo: Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, recursos, visualización, redacción: borrador original – Preparación, creación y/o presentación del trabajo publicado, específicamente la redacción del borrador inicial (incluyendo la traducción sustantiva), redacción (revisión y edición).

Declaración de conflictos de interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Bárcena, A., Samaniego, J., Peres, W., & Alatorre, J. E. (2020). *La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe. ¿Seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción?* CEPAL. https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/19-00711_lbc_160_emergencia-cambio-climatico_web.pdf
2. Botia-Flechas, C. J., & Preciado-Beltrán, J. (2019). Resiliencia comunitaria: Defensa del agua y del territorio en la cuenca del río Sumapaz, Colombia. *Perspectiva Geográfica*, 24, 13–34. <https://doi.org/10.19053/01233769.8425>
3. Bulege-Gutiérrez, W., & Custodio, M. (2020). Cambio climático y retroceso glaciar en la Cordillera Huaytapallana, Perú. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 11(2), 229–261. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2020-02-06>
4. CAF. (2022). *IDEAL 2022: Energía, agua y salud para un mejor medio ambiente*.

https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1980/IDEAL_2022_ESP.pdf?sequence=4&isAllowed=y

5. Cedeño-Castillo, C. V., & Esteves-Fajardo, Z. I. (2023). El acceso al agua en Ecuador: Impacto y posibles soluciones. *CIENCIAMATRIA*, 9(1), 496–507. <https://doi.org/10.35381/cm.v9i1.1077>
6. CEPAL. (2015). *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe Paradojas y desafíos del desarrollo sostenible*. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/ca0445d3-e3f3-4f40-a5ff-057a9a34f016/content>
7. Chontasi Morales, F. D., Noguera Benalcázar, J. D., Ortega Vásconez, D. P., Chicaiza Guaman, M. T., Naula Morillo, L. A., & Duarte Victorero, D. C. (2021). Resiliencia socio-ecológica: una perspectiva teórico-metodológica para el turismo comunitario. *Siembra*, 8(2), e2967. <https://doi.org/10.29166/siembra.v8i2.2967>
8. Cooke, A., Smith, D., & Booth, A. (2012). Beyond PICO: The SPIDER tool for qualitative evidence synthesis. *Qualitative Health Research*, 22(10), 1435–1443. <https://doi.org/10.1177/1049732312452938;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER>
9. Fuentes, M., Cárdenas, J. P., Olivares, G., Rasmussen, E., Urbina, C., Salazar, S., & Vidal, G. (2025). Harnessing network science for urban resilience: the CASA model's approach to social and environmental challenges. *Applied Network Science*, 10(12). <https://doi.org/10.1007/s41109-025-00703-0>
10. Gallegos Castro, E., Brito Chasiluisa, C., Serrano Giné, D., & Galárraga Sánchez, R. (2018). Análisis de la variación temporal y espacial de la cobertura glaciar del nevado Cayambe, Ecuador, mediante fotografías aéreas e imágenes landsat. *GeoFocus Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de La Información Geográfica*, 22, 97–113. <https://doi.org/10.21138/gf.577>
11. Gavazov, K., Ingrisich, J., Hasibeder, R., Mills, R. T. E., Buttler, A., Gleixner, G., Pumpanen, J., & Bahn, M. (2017). Winter ecology of a subalpine grassland: Effects of snow removal on soil respiration, microbial structure and function. *Science of the Total Environment*, 590–591, 316–324. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2017.03.010>
12. Gendeshmin, S. B., Seyedin, S. H., & Dowlati, M. (2025). Drinking water supply for communities affected by natural disaster emergencies: a qualitative study. *BMC Emergency Medicine*, 25(70). <https://doi.org/10.1186/s12873-025-01225-9>

13. Hidalgo, D., Domínguez, C., Villacís, M., Ruíz, J.-C., Maisincho, L., Cáceres, B., Crespo-Pérez, V., Condom, T., & Piedra, D. (2024). Retroceso del glaciar del Carihuairazo y sus implicaciones en la comunidad de Cunucyacu. *La Granja. Revista de Ciencias de La Vida*, 39(1), 92–115. <https://doi.org/10.17163/lgr.n39.2024.06>
14. Idrobo-Ocampo, L. M., & Muyulema-Allaica, J. C. (2024). Capítulo 1: Propuesta de marco para la validación de la calidad del gasto de inversión en el sector público a partir de casos de estudio. En *Eco-innovación para el desarrollo y sostenibilidad* (pp. 17–43). Fondo Editorial de la Universidad Nacional Experimental Sur del Lago, Jesús María Semprum (UNESUR). <https://doi.org/10.59899/eco-inno-c1>
15. IPCC. (2021). *Bases físicas Resumen para responsables de políticas*.
16. Koch, J. C., Connolly, C. T., Baughman, C., Repasch, M., Best, H., & Hunt, A. (2024). The dominance and growth of shallow groundwater resources in continuous permafrost environments. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 121(23). <https://doi.org/10.1073/PNAS.2317873121>
17. Kozhikkodan-Veetil, B. ., Pereira, S. F., R., W. S., Valente, P. T. B., Grondona, A. E., Rondón, A. C., B., R., C., de S., S. F., B. N., Bremer, U. F., & Simões, J. C. (2016). Un análisis comparativo del retroceso glaciar en los Andes Tropicales usando teledetección. *Investigaciones Geográficas: Una Mirada Desde El Sur*, 51, 3–36.
18. McDonagh, B., Worthen, H., & Mottram, S. (2025). Governing flood risk in mid seventeenth-century England. *Journal of Historical Geography*, 89, 13–26. <https://doi.org/10.1016/j.jhg.2024.12.001>
19. Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/cb30a4de-7d87-4e79-8e7a-ad5279038718/content>
20. Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR). (2024). *Del riesgo a la resiliencia: inversiones estratégicas para un futuro sostenible*. <https://www.undrr.org/media/105153/download?startDownload=20250420>
21. ONU. (2023). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 0223. The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023_Spanish*
22. Ordoñez-Pozo, V. E., & Arias-Muñoz, D. P. (2023). Factores que reflejan la seguridad

- hídrica en las comunidades rurales del cantón Cotacachi-Ecuador y su relación con los conflictos por el agua. *Revista Universitaria de Geografía*, 1(32), 71–90. <https://doi.org/10.52292/j.rug.2023.32.1.0052>
23. Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *The BMJ*, 372. <https://doi.org/10.1136/BMJ.N71>
24. Pastorino, P., Elia, A. C., Mossotto, C., Gabetti, A., Maganza, A., Renzi, M., Pizzul, E., Faggio, C., Prearo, M., & Barceló, D. (2025). Potential ecotoxicological effects of global change on organisms inhabiting high-mountain lakes in the Alps. *Science of the Total Environment*, 975. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2025.179180>
25. Perales-Miranda, H. V. (2018). La crisis del agua en La Paz: Cambios y racionamiento del agua. *Temas Sociales*, 43, 97–124.
26. Piñas, L. F., Viteri Naranjo, B. D. C., & Hernández Ramos, E. L. (2024). Cambio climático, agricultura resiliente y derecho al agua. Caso comunidades indígenas de Chimborazo. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(3), 61–66.
27. Reyes-Palomino, S. E., & Cano-Ccoa, D. M. (2022). Efectos de la agricultura intensiva y el cambio climático sobre la biodiversidad. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 24(1), 53–64. <https://doi.org/10.18271/ria.2022.328>
28. Rodríguez-Peñaguirre, F. J., & González-Arellano, S. (2022). Revisión sistemática de los sistemas alimentarios en la transición a ciudades sostenibles. 60, 32. <https://doi.org/10.24836/es.v32i60.1235e221235>
29. Sánchez-Martín, M., Pedreño Plana, M., Ponce Gea, A. I., & Navarro-Mateu, F. (2023). Y, al principio, fue la pregunta de investigación ... Los formatos PICO,PECO, SPIDER y FINER. *Espiral. Cuadernos Del Profesorado*, 16(32), 126–136. <https://doi.org/10.25115/ecp.v16i32.9102>
30. Sandoval-Díaz, J., Navarrete-Muñoz, M., & Cuadra-Martínez, D. (2023). Revisión sistemática sobre la capacidad de adaptación y resiliencia comunitaria ante desastres socionaturales en américa latina y el caribe. *Revista de Estudios Latinoamericanos Sobre Reduccion Del Riesgo de Desastres*, 7(2), 187–203. <https://doi.org/10.55467/reder>

v7i2.132

31. Schürings, C., Kaijser, W., Gillmann, S. M., Kiesel, J., Nguyen, H. H., Peters, K., Rolaufts, P., Haase, P., Lorenz, A. W., & Hering, D. (2025). Drivers of recovery and degradation of riverine benthic invertebrate communities: a Germany-wide analysis. *Ecological Processes*, 14(30). <https://doi.org/10.1186/s13717-025-00593-1>
32. Sepúlveda Vargas, R. D., Jiménez Calderin, Ó. G., & Piedra Castro, L. (2020). Aportes epistemológicos de los conflictos por el agua y la resiliencia comunitaria en el Valle del Sinú, Colombia. In Editorial Universidad Pontificia Bolivariana (Ed.), *Economía y Agroecología. Construyendo alternativas al desarrollo rural* (Primera, pp. 28–37). Editorial Universidad Pontificia Bolivariana. <https://doi.org/10.18566/978-958-764-910-9>
33. Sesay, U., & Osborne, A. (2025). Building climate-resilient health systems in Sierra Leone: addressing the dual burden of infectious and climate-related diseases. *Infectious Diseases of Poverty*, 14(23). <https://doi.org/10.1186/s40249-025-01294-9>
34. Tarazona Meza, A. K., Alonso Freyre, J., Saldarriaga Villamil, K. V., & Bergmann Zambrano, R. L. (2024). Constatación de lo comunitario en la resiliencia ante desastres naturales en el contexto de Manabí, Ecuador. *Revista de Ciencias Sociales (RCS)*, 30(1), 297–312. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/rcs/index>
35. Toulkeridis, T., Tamayo, E., Simón-Baile, D., Merizalde-Mora, M. J., Reyes -Yunga, D. F., Viera-Torres, M., & Heredia, M. (2020). Cambio climático según los académicos ecuatorianos - percepciones versus hechos. *LA GRANJA: Revista de Ciencias de La Vida*, 31(1), 21–49. <https://doi.org/10.17163/lgr.n31.2020.02>
36. UNESCO. (2025a). Glaciares en peligro de extinción. *El Correo de La UNESCO*, 1.
37. UNESCO. (2025b). *The United Nations World Water Development Report 2025 – Mountains and glaciers: Water towers*. UNESCO. <https://doi.org/10.54679/LHPJ5153>
38. UNESCO, & GRID-Arendal. (2018). *Atlas de glaciares y aguas andinos: El impacto del retroceso de los glaciares sobre los recursos hídricos*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000266209>
39. UNESCO, & IUCN. (2022). *World Heritage Glaciers Sentinels of climate change*. UNESCO; Gland, IUCN. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000578916>
40. Valladares-Borja, M. (2014). Estudio de la variabilidad espacial y temporal de los glaciares

- y ecosistemas locales del Volcán Antisana. *Enfoque UTE*, 5(4), 1–16. <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/>
41. Vargas-Mursulí, F. M., & Esquivel-García, R. (2023). Análisis a la evolución de la contextualización del desarrollo local en Ecuador. Antecedentes y conceptos. *Revista Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación*, 10(3), 404–422. <https://www.redalyc.org/journal/5646/564676369012/html/>
42. Villaroel, C. (2016). Glaciares y cambio climático en el cono sur. *Iberoamérica Social: Revista-Red de Estudios Sociales*, 6, 51–52. <http://iberoamericasocial.com/glaciares-cambio-climatico-cono-sur>