

Evaluación de la calidad del agua y su impacto en la salud humana: una revisión sistemática

Assessment of drinking water quality and its impact on human health: a systematic review

Avaliação da qualidade da água e seu impacto na saúde humana: uma revisão sistemática

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v10i28.426>

Erick Vidal Taricuarima 

evidal@unapikitos.edu.pe

Martha Milagros Maco Luján 

martha.maco@unapikitos.edu.pe

Hivelli Ericka Ricopa Cotrina 

hivelli.ricopa@unapikitos.edu.pe

Luis Antonio Flores Flores 

luis.flores@unapikitos.edu.pe

Carlos Alberto Rocha Vela 

crochave21@gmail.com

Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú

Artículo recibido: 6 de diciembre 2025 / Arbitrado: 19 de diciembre 2025 / Publicado: 7 de enero 2026

RESUMEN

La calidad del agua potable es un determinante crítico de la salud pública, especialmente en poblaciones vulnerables donde el acceso a agua segura es limitado. Este estudio tuvo como objetivo sintetizar la evidencia científica disponible sobre la calidad del agua de consumo humano y su impacto en la salud. Se realizó una revisión sistemática según PRISMA, utilizando bases de datos como Scopus, Web of Science, PubMed y SciELO hasta mayo de 2024. Los resultados mostraron un incumplimiento generalizado de los estándares, con contaminación microbiológica (coliformes fecales) y alteraciones fisicoquímicas (turbidez, metales) como los resultados más recurrentes, asociados a una mayor prevalencia de enfermedades gastrointestinales. La evidencia también identificó la presencia de pesticidas y metales pesados en diversos contextos, correlacionando la exposición a estos contaminantes con riesgos crónicos para la salud, particularmente en grupos vulnerables como niños y ancianos. Se concluye que se requieren intervenciones integrales en tratamiento, monitoreo y educación para garantizar agua segura y proteger la salud pública.

Palabras clave: Calidad del agua; Contaminación microbiológica; Enfermedades transmitidas por el agua; Gestión de los recursos hídricos; Salud pública

ABSTRACT

The quality of drinking water is a critical determinant of public health, especially among vulnerable populations where access to safe water is limited. This study aimed to synthesize the available scientific evidence on the quality of drinking water and its impact on health. A systematic review following PRISMA guidelines was conducted using databases such as Scopus, Web of Science, PubMed, and SciELO up to May 2024. The results showed widespread non-compliance with standards, with microbiological contamination (fecal coliforms) and physicochemical alterations (turbidity, metals) as the most recurrent findings, associated with a higher prevalence of gastrointestinal diseases. The evidence also identified the presence of pesticides and heavy metals in various contexts, correlating exposure to these contaminants with chronic health risks, particularly among vulnerable groups such as children and the elderly. It is concluded that comprehensive interventions in treatment, monitoring, and education are required to ensure safe water and protect public health.

Key words: Public health; Microbiological contamination; Water quality; Waterborne diseases; Water resources management

RESUMO

A qualidade da água potável é um determinante crítico da saúde pública, especialmente em populações vulneráveis onde o acesso à água segura é limitado. Este estudo objetivou sintetizar as evidências científicas disponíveis sobre a qualidade da água de consumo humano e seu impacto na saúde. Foi realizada uma revisão sistemática conforme o PRISMA, utilizando bases de dados como Scopus, Web of Science, PubMed e SciELO até maio de 2024. Os resultados mostraram um descumprimento generalizado dos padrões, com contaminação microbiológica (coliformes fecais) e alterações físico-químicas (turbidez, metais) como os achados mais recorrentes, associados a uma maior prevalência de doenças gastrointestinais. A evidência também identificou a presença de pesticidas e metais pesados em diversos contextos, correlacionando a exposição a esses contaminantes com riscos crônicos à saúde, particularmente em grupos vulneráveis como crianças e idosos. Conclui-se que são necessárias intervenções integrais em tratamento, monitoramento e educação para garantir água segura e proteger a saúde pública.

Palavras-chave: Contaminação microbiológica; Doenças transmitidas pela água; Gestão dos recursos hídricos; Saúde pública; Qualidade da água

INTRODUCCIÓN

El acceso a agua segura constituye un derecho humano fundamental y un pilar crítico para la salud pública y el desarrollo sostenible. No obstante, millones de personas a nivel global consumen agua que no cumple con los estándares mínimos de calidad, incrementando la carga de enfermedad y profundizando las desigualdades sanitarias. Esta problemática afecta de manera desproporcionada a poblaciones vulnerables en contextos rurales y periurbanos, donde la cobertura de servicios básicos es limitada. La degradación de la calidad del agua representa, por tanto, un desafío sanitario de primer orden que requiere evidencia científica sólida para informar políticas públicas efectivas (1,2).

Además, en el contexto latinoamericano, la disponibilidad de recursos hídricos contrasta con deficiencias estructurales en los sistemas de tratamiento, distribución y vigilancia. Estudios realizados en diversos países de la región evidencian que una proporción considerable de las fuentes de abastecimiento, como ríos, quebradas y pozos, no cumple con la normativa vigente. Esta situación es particularmente grave en comunidades alejadas de los centros urbanos, donde el consumo de agua sin tratamiento previo es una práctica frecuente, exponiendo a la población a riesgos significativos para la salud (3,4).

Por otro lado, la degradación de la calidad del agua es un fenómeno multifactorial, impulsado tanto por procesos naturales como por actividades antrópicas. El crecimiento poblacional, la urbanización desordenada, la expansión agrícola con uso de agroquímicos, la actividad industrial y una gestión deficiente de residuos sólidos y líquidos contribuyen de manera significativa al deterioro de los cuerpos de agua. Estos factores introducen una compleja mezcla de contaminantes físicos, químicos y biológicos que comprometen la aptitud del agua para el consumo humano (5,6).

En consecuencia, el consumo de agua contaminada se elige como uno de los principales determinantes ambientales de enfermedades transmisibles. La evidencia científica señala una asociación consistente entre la ingesta de agua no segura y la incidencia de infecciones gastrointestinales, parasitosis y enfermedades diarreicas. Estos padecimientos impactan con mayor severidad a grupos vulnerables como niños y adultos mayores, generando una carga sustancial para los sistemas de salud y afectando la calidad de vida y el desarrollo comunitario (7,8).

Desde una perspectiva técnica, la calidad del agua se define mediante un conjunto de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Alteraciones en indicadores como turbidez, pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales y la presencia de metales como hierro y

manganeso afectan su aceptabilidad y seguridad. Sin embargo, el consenso científico identifica a la contaminación microbiológica, evidenciada por la presencia de coliformes fecales, como el riesgo inmediato más relevante, al indicar contaminación de origen fecal y la posible presencia de patógenos (9,10).

Asimismo, persiste una brecha significativa entre el marco normativo establecido y su cumplimiento efectivo en el terreno. A pesar de la existencia de estándares nacionales e internacionales, los estudios revelan limitaciones en los mecanismos de vigilancia, fiscalización y sostenibilidad de los servicios de abastecimiento. Esta desconexión entre la regulación y la práctica operativa dificulta la garantía de agua segura, especialmente en zonas con menor capacidad institucional y de inversión (11,12).

Cabe señalar que, si bien se ha generado un volumen considerable de investigaciones locales y regionales evaluando la calidad del agua, estas se caracterizan por una notable heterogeneidad metodológica. Las diferencias en los diseños de estudio, los parámetros evaluados, las técnicas de muestreo y los contextos geográficos analizados dificultan la integración de los resultados y la generalización de conclusiones aplicables a la toma de decisiones en salud pública y gestión ambiental (13,14).

En este escenario, las revisiones sistemáticas emergen como una herramienta metodológica

fundamental para sintetizar de manera rigurosa y crítica la evidencia científica disponible. Este tipo de estudios permite identificar patrones consistentes, reconocer vacíos de conocimiento y ofrecer una base consolidada para orientar políticas públicas y estrategias de intervención. La síntesis integrada de la evidencia es particularmente valiosa en temas complejos y multifacéticos como la relación entre la calidad del agua y la salud humana (15,16).

Por tanto, las preguntas de investigación que guían este trabajo son: ¿Cuál es el estado actual de la calidad del agua destinada al consumo humano reportado en la literatura científica reciente?; ¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos más frecuentemente alterados?; y ¿Qué asociaciones se establecen entre la exposición a agua de baja calidad y los indicadores de salud en las poblaciones estudiadas? (17,18).

En consecuencia, el objetivo de esta revisión sistemática es evaluar y sintetizar la evidencia científica disponible sobre la calidad del agua de consumo humano y su impacto en la salud humana, analizando los resultados reportados en parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y su correlación con indicadores sanitarios, con el fin de proporcionar una base consolidada para la toma de decisiones en salud pública y la gestión integral del recurso hídrico.

METODOLOGÍA

El presente estudio corresponde a una revisión sistemática de la literatura científica, desarrollada en la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú, durante el periodo comprendido entre enero y julio de 2024. Esta investigación se enmarca dentro de los estudios de síntesis de evidencia y adopta un enfoque cualitativo-integrativo para analizar y consolidar los resultados existentes sobre la calidad del agua y su impacto en la salud humana. El diseño metodológico se rigió estrictamente por las directrices de la declaración PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), garantizando transparencia, exhaustividad y replicabilidad en todas las fases del proceso.

Posteriormente, se definió la población de estudio constituida por la totalidad de artículos científicos originales, tesis y documentos técnicos publicados que evaluarán la calidad del agua para consumo humano y su relación con indicadores de salud. La muestra final estuvo conformada por los estudios que cumplieron con todos los criterios de elegibilidad. El número de estudios incluidos se determinó mediante un proceso de selección iterativo y exhaustivo, no mediante una fórmula de cálculo muestral, siguiendo el flujo estandarizado de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión propuesto por PRISMA.

Para la extracción de la muestra, se ejecutó una búsqueda bibliográfica sistemática en bases de datos multidisciplinarias indexadas: Scopus, Web of Science, PubMed, SciELO y Google Scholar. La estrategia de búsqueda se construyó utilizando operadores booleanos y se aplicó sin restricción de fecha inicial hasta mayo de 2024. La fórmula de búsqueda estructurada fue: ("water quality" OR "calidad del agua") AND ("drinking water" OR "agua potable") AND ("human health" OR "salud humana") AND ("risk assessment" OR "impacto" OR "enfermedad*").

Asimismo, se establecieron criterios de inclusión claros: estudios cuantitativos (descriptivos, transversales, cohortes) que midieran parámetros fisicoquímicos y/o microbiológicos en agua para consumo humano y analizaran asociaciones con outcomes de salud. Se excluyeron revisiones narrativas, editoriales, estudios cualitativos puros, investigaciones sin datos empíricos claros y artículos cuyo texto completo no estuviera disponible.

Adicionalmente, el proceso de selección fue realizado de forma independiente por dos investigadores, quienes cribaron títulos, resúmenes y luego los textos completos. Las discrepancias se resolvieron mediante consenso o consulta con un tercer revisor. Los datos de cada estudio incluido fueron extraídos mediante una matriz estandarizada en Excel, capturando

información sobre autores, año, país, diseño, parámetros evaluados, resultados principales y conclusiones.

Respecto a las técnicas e instrumentos, la evaluación de la calidad metodológica de los estudios primarios se realizó utilizando herramientas validadas según el diseño de cada estudio (por ejemplo, listas de verificación para estudios transversales). Esta evaluación crítica consideró aspectos como el diseño del muestreo, los métodos analíticos de laboratorio, el control de sesgos y la claridad en la reportación de resultados.

Con respecto al análisis de los datos, dada la heterogeneidad metodológica y clínica esperada

entre los estudios incluidos, se optó por un método de síntesis narrativa o cualitativa. Este enfoque permitió integrar y describir los resultados de manera temática, agrupando la evidencia según los parámetros de calidad del agua evaluados (microbiológicos, fisicoquímicos) y su asociación reportada con los indicadores de salud.

Para apoyar el proceso, se utilizó software especializado: el gestor de referencias Mendeley para la organización bibliográfica y el software Rayyan para el cribado colaborativo de estudios. El diagrama de flujo PRISMA (Figura 1) fue elaborado utilizando la herramienta de representación gráfica del mismo nombre.

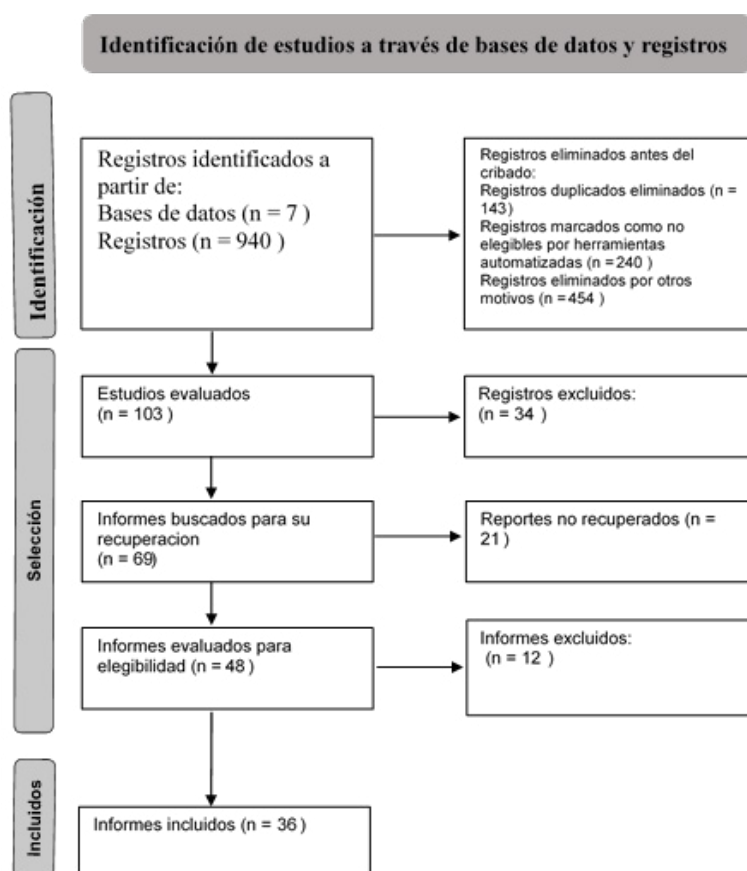


Figura 1. Flujograma PRISMA.

Asimismo, en cuanto a los principios éticos, al tratarse de una revisión sistemática que utiliza datos de estudios previamente publicados y de dominio público, no se requirió la obtención de aprobación por parte de un comité de ética en investigación. No obstante, se respetaron rigurosamente los principios de integridad científica, citación adecuada de fuentes, transparencia en la reportación y ausencia de conflicto de intereses durante toda la ejecución del estudio.

DESARROLLO Y DISCUSIÓN

La Figura 1 presenta el diagrama de flujo PRISMA que detalla el proceso de selección de estudios para la revisión sistemática. Partiendo de 940 registros identificados en bases de datos, se eliminaron 143 duplicados y 694 registros mediante cribado automatizado y otros motivos. Tras evaluar 103 estudios, se excluyeron 34, se buscaron 69 informes completos (21 no recuperados) y se evaluaron 48 para elegibilidad. Finalmente, se excluyeron 12 y se incluyeron 36 informes en la síntesis. Este flujo refleja una metodología rigurosa, transparente y reproducible, asegurando que la evidencia integrada provenga de estudios relevantes y de calidad, aunque evidencia una alta tasa de exclusión inicial, característica de revisiones exhaustivas.

Por otro lado, la Tabla 1 presenta la relación de los 36 informes científicos seleccionados para

la revisión sistemática. Un análisis de frecuencia del contenido en cada columna revela patrones significativos respecto a la procedencia y naturaleza de la literatura incluida. La columna Base de Datos muestra una clara preponderancia de SciELO, seguida de Web of Science y Scopus, lo que indica una estrategia de búsqueda balanceada entre repositorios regionales latinoamericanos y bases de datos internacionales de alto impacto. Esta diversificación aseguró una cobertura amplia y representativa de la evidencia disponible en distintos contextos.

En primer lugar, la columna revista evidencia una dispersión notable, sin que una publicación específica concentre un número elevado de estudios. No obstante, se identifican revistas recurrentes como Tecnología en Marcha y Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, lo que refleja la relevancia del tema en la literatura científica de Centroamérica y la región andina. La variedad de revistas, que incluye títulos de ciencias ambientales, ingeniería, salud pública y biología, subraya el carácter multidisciplinario inherente al estudio de la calidad del agua Tabla 1.

Adicionalmente, el análisis de la columna fuente permite observar una distribución temporal amplia, con estudios publicados entre 2008 y 2025. Esta extensión cronológica demuestra la persistencia de la problemática a lo largo del tiempo. Geográficamente, se confirma un fuerte enfoque en estudios latinoamericanos, con

una representación sustancial de investigaciones realizadas en Colombia, Perú, Costa Rica y Brasil, coincidiendo con el objetivo de caracterizar la situación en dichos contextos. La presencia de trabajos de otras regiones, como Etiopía, Filipinas o India, aporta una perspectiva comparativa global Tabla 1.

Por otro lado, la columna título fue analizada temáticamente, identificándose que la gran mayoría de los estudios evalúa la calidad del agua

en cuerpos lóticos específicos, como quebradas, ríos y arroyos. Un subconjunto significativo emplea macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores, mientras que otros se centran en contaminantes específicos como metales pesados, pesticidas o nitratos. Esta variedad temática dentro de la tabla evidencia la complejidad del objeto de estudio y justifica la necesidad de una síntesis integradora como la que realiza la presente revisión Tabla 1.

Tabla 1. Informes incluido en el análisis.

Título	Revista	Base de datos	Fuente
Calidad del agua de las quebradas la Cristalina y la Risaralda, San Luis, Antioquia	Revista EIA	SciELO	(1)
Diagnóstico sobre la vulnerabilidad ecológica y calidad del agua en la quebrada La Central, Costa Rica	Revista Tecnología en Marcha	SciELO	(2)
Evaluación de dos índices de calidad del agua en varios sitios de la quebrada La Central, Costa Rica	Revista Tecnología en Marcha	SciELO	(3)
Evaluación del impacto de la acidificación en la calidad del agua de la quebrada Quilcayhuanca, Perú	Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas	SciELO	(18)
Rapid Physicochemical Assessment of Kalawaig Creek in Bukidnon, Philippines	Asian Journal of Biological and Life Sciences	Google Scholar	(19)
Water quality of streams associated with artisanal gold mining; Suárez, Cauca, Colombia	Heliyon	Scopus	(5)
Evaluación de la calidad del agua en el Río Batán Cundinamarca entre julio y agosto de 2017	Revista Ciencias Agropecuarias	Dialnet	(4)
Evaluación de calidad del agua en la Quebrada Jui, afluente del río Sinú, Colombia	Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica	SciELO	(7)
Calidad de agua y diversidad de macroinvertebrados acuáticos del río Huancabamba, Perú	Revista Ciencia Nor@ndina	Latindex	(17)
Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras de Manizales	Boletín Científico. Centro de Museos	SciELO	(13)
Análisis de la calidad del agua mediante macroinvertebrados bentónicos en la quebrada la Cucalina, Colombia	Revista Semilla del Este	Latindex	(20)
Utilización de macroinvertebrados acuáticos como herramienta para determinar la calidad del agua	Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas	SciELO	(14)
Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua en la quebrada La Calaboza, Casanare	Entre Ciencia e Ingeniería	SciELO	(15)

Título	Revista	Base de datos	Fuente
Influencia del microhábitat sobre índices de calidad de agua en una quebrada de bosque montano, Perú	Rev. Inst. Investlg. Fac. MInas Metal.Clenc. Geogr.	SciELO	(16)
Qualidade de água de Quebrada Sanatorio, Costa Rica	O Mundo da Saúde	Scopus	(8)
Análisis crítico del uso de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en Perú	Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente	Scopus	(10)
Calidad ambiental del agua mediante indicadores fisicoquímicos y bacteriológicos en Tingo María	Qantu Yachay	Latindex	(9)
Calidad del Agua de la subcuenca Quebrada Párac, Lima, afectado por Pasivos Ambientales Mineros	Revista de Investigación Multidisciplinaria CTSCAFE	Latindex	(6)
Concentrations of Organochlorine, Organophosphorus, and Pyrethroid Pesticides in Rivers Worldwide	Sustainability	Wos of Science	(21)
Impacts of Surface Water Quality in the Awash River Basin, Ethiopia	Frontiers in Water	Web of Science	(22)
Microbial and Chemical Water Quality Assessments Across the Rural and Urban Areas of Nepal	International Journal of Environmental Research and Public Health	Scopus	(23)
Presence of Heavy Metals in Vegetables Irrigated with Wastewater-Impacted Rivers and Its Health Risks in Ethiopia	Environmental Health Insights	DOAJ	(24)
Pesticide water pollution, human health risks, and regulatory evaluation: A nationwide analysis in Ethiopia	Journal of Hazardous Materials	Web of Science	(11)
The Impact of Anthropogenic Activities on the Catchment's Water Quality Parameters	Water	Web of Science	(25)
Review of Climate Change Impacts on Water Quantity and Quality in the Murray–Darling Basin, Australia	Water	Web of Science	(26)
Toxicity of Metal Oxides, Dyes, and Dissolved Organic Matter in Water	Toxics	Web of Science	(27)

Título	Revista	Base de datos	Fuente
Groundwater Nitrate Pollution Due to Excessive Use of N-Fertilizers in Rural Areas of Bangladesh	Exposure and Health	Web of Science	(28)
Integrating community perceptions, scientific data and geospatial tools for sustainable water quality management	Results in Engineering	Scopus	(29)
Human health and ecology at risk: a case study of metal pollution in Lahore, Pakistan	Environmental Sciences Europe	Web of Science	(30)
Recent Advances in the Remediation of Textile-Dye-Containing Wastewater: Prioritizing Human Health	Sustainability	Web of Science	(31)
Assessing water quality and human health risk near coal mines and industrial area of Singrauli, India	Environmental Geochemistry and Health	Web of Science	(32)
Climate Change, Landscape Fires, and Human Health: A Global Perspective	Annual Review of Public Health	Web of Science	(33)
Factors impacting water quality and quantity in rapidly expanding urban areas based on the DPSIR model	Environmental Science and Pollution Research	Web of Science	(34)
Application of time series and multivariate statistical models for water quality assessment in an Urban River	Environmental Science and Pollution Research	Web of Science	(35)
Integrated Geospatial and Geostatistical Multi-Criteria Evaluation of Urban Groundwater Quality	Water	Web of Science	(36)
Water quality for citizen confidence: The implementation process of 2020 EU Drinking Water Directive	Water Policy	Web of Science	(12)

La Tabla 2 sintetiza los resultados clave y las inferencias derivadas de cada estudio incluido. Un análisis de frecuencia del contenido revela una homogeneidad temática notable en las columnas Principales Resultados y Principales Conclusiones. En la primera, la mención más recurrente es la identificación de contaminación específica, destacándose la presencia de metales pesados, coliformes fecales y alteraciones fisicoquímicas como la turbidez y el pH ácido. Estos resultados empíricos confirman de manera uniforme el estado de degradación de los cuerpos de agua evaluados en distintos contextos geográficos.

En primer lugar, la columna Principales Conclusiones exhibe una alta frecuencia de recomendaciones dirigidas a la gestión y mitigación. Términos como se requiere, es necesario o se recomienda introducen, de manera casi universal, llamados a la implementación de medidas de control, monitoreo continuo, remediación ambiental y fortalecimiento de la regulación. Esta consistencia subraya la brecha entre el diagnóstico científico del problema y la capacidad de respuesta institucional y comunitaria existente Tabla 2.

Adicionalmente, se observa una correlación directa y lógica entre las columnas de resultados y conclusiones. A un resultado que reporta contaminación por minería artesanal, le sigue

una conclusión que advierte sobre riesgos para la salud pública. Esta coherencia interna en cada fila valida la solidez interpretativa de los estudios primarios y facilita la extracción de patrones comunes durante la síntesis narrativa de la revisión sistemática Tabla 2.

Por otro lado, el análisis por Fuente (autor y año) corrobora que las conclusiones urgentes y las recomendaciones de intervención no están asociadas a un período o autor específico, sino que son transversales a toda la cronología de la literatura revisada. Esto refuerza la noción de que la problemática de la calidad del agua es persistente y las soluciones propuestas han sido sistemáticamente postergadas o implementadas de forma insuficiente Tabla 2.

Además, la reiteración de ciertos riesgos específicos, como los asociados a metales pesados, actividad minera y contaminación microbiológica, en estudios de diferentes países, resalta la existencia de amenazas comunes para la salud pública que trascienden fronteras. En la Tabla 2, en su conjunto, no solo lista resultados, sino que evidencia un consenso científico sobre la gravedad del problema y la imperiosa necesidad de traducir la evidencia en acciones de política pública, gestión ambiental y protección de la salud.

Tabla 2. Principales resultados y conclusiones de los informes incluidos en el análisis.

Principales Resultados	Principales Conclusiones	Fuente
Se evaluó la calidad del agua en quebradas; se encontraron niveles de contaminación que afectan la salud.	La calidad del agua es deficiente, lo que puede tener implicaciones para la salud pública.	(1)
Se identificaron problemas de calidad del agua y vulnerabilidad ecológica en la quebrada.	Se requiere un manejo adecuado para mejorar la calidad del agua y la salud ecológica.	(2)
Se compararon índices de calidad del agua, encontrando diferencias significativas.	Se sugiere la implementación de un índice más efectivo para el monitoreo de calidad del agua.	(3)
Se encontró un pH ácido y altos niveles de metales pesados en el agua.	La acidificación afecta gravemente la calidad del agua y la vida acuática.	(18)
Se realizó una evaluación rápida de la calidad fisicoquímica, revelando contaminación moderada.	Se requieren medidas de mitigación para mejorar la calidad del agua en el arroyo Kalawaig.	(19)
Se analizaron variables fisicoquímicas, encontrando contaminación significativa por metales pesados.	La minería artesanal impacta negativamente la calidad del agua, representando un riesgo para la salud pública.	(5)
Se evaluó la calidad del agua, encontrando niveles medios a moderados de contaminación.	Se recomienda restringir el uso del agua del río para el consumo humano.	(4)
Se determinó la calidad del agua, encontrando contaminación que afecta el ecosistema local.	Se necesita un manejo adecuado para mejorar la calidad del agua en la quebrada Jui.	(7)
Se evaluó la calidad del agua y la diversidad de macroinvertebrados, encontrando variaciones significativas.	La conservación del hábitat es crucial para mantener la biodiversidad acuática.	(17)
Se encontró una diversidad moderada de macroinvertebrados, indicando calidad de agua aceptable.	Se recomienda monitorear continuamente la calidad del agua para preservar la biodiversidad.	(13)
Se evaluó la calidad del agua asociada a actividades mineras, encontrando contaminación crítica.	La actividad minera afecta negativamente la calidad del agua y la vida acuática.	(20)
Se utilizó macroinvertebrados para evaluar la calidad del agua, encontrando correlaciones con parámetros fisicoquímicos.	Los macroinvertebrados son indicadores efectivos para evaluar la calidad del agua.	(14)
Se evaluó la calidad del agua utilizando macroinvertebrados, encontrando resultados preocupantes.	Se necesitan medidas de conservación para proteger los ecosistemas acuáticos.	(15)

Principales Resultados	Principales Conclusiones	Fuente
Se estudió la influencia del microhábitat en la calidad del agua, encontrando variaciones significativas.	La gestión de microhábitats es esencial para mantener la calidad del agua.	(16)
Se monitoreó la calidad del agua, encontrando alta contaminación por coliformes fecales y plaguicidas.	El agua no es apta para riego y representa un riesgo para la salud pública.	(8)
Se analizó el uso de macroinvertebrados en la evaluación de calidad del agua, encontrando limitaciones en su aplicación.	Se requiere una mejor integración de los bioindicadores en la gestión de recursos hídricos en Perú.	(10)
Se determinó un índice de calidad de agua "malo" en las quebradas analizadas.	Se necesita un monitoreo constante para mejorar la calidad del agua en la región.	(9)
Se evaluó la calidad del agua afectada por minería, encontrando contaminación significativa.	Es urgente implementar medidas de control y remediación para mejorar la calidad del agua en la subcuenca.	(6)
Se revisaron concentraciones de pesticidas en ríos, encontrando niveles preocupantes en varias regiones.	La contaminación por pesticidas es un problema global que requiere atención urgente.	(21)
Se identificaron altos niveles de contaminación en el agua superficial, afectando la salud pública y el ecosistema.	Se necesita una investigación comprensiva sobre la calidad del agua y sus impactos en la salud pública.	(22)
Se encontraron contaminantes microbianos y químicos en fuentes de agua, aumentando el riesgo de enfermedades.	Se requiere un sistema de vigilancia efectivo para abordar los problemas de calidad del agua en Nepal.	(23)
Se identificaron concentraciones peligrosas de metales pesados en vegetales cultivados con agua contaminada.	El consumo de vegetales cultivados con agua contaminada representa un riesgo significativo para la salud.	(24)
Se realizó un análisis nacional de la contaminación por pesticidas, encontrando riesgos significativos para la salud pública.	Se necesita una regulación más estricta y monitoreo de la contaminación por pesticidas.	(11)
Se revisaron los efectos de las actividades antropogénicas en la calidad del agua, encontrando contaminación significativa.	Es necesario implementar medidas para mitigar la contaminación de las cuencas hidrográficas.	(25)
Se analizaron los impactos del cambio climático en la calidad y cantidad de agua, encontrando efectos adversos.	Se requieren estrategias de adaptación para manejar los desafíos del cambio climático en la gestión del agua.	(26)
Se estudió la toxicidad de contaminantes en el agua, encontrando riesgos significativos para la salud y el medio ambiente.	Se necesitan estrategias de gestión para reducir la toxicidad del agua causada por contaminantes.	(27)

Principales Resultados	Principales Conclusiones	Fuente
Se revisó el estado de la contaminación por nitratos en el agua subterránea, encontrando niveles preocupantes.	Se requieren medidas inmediatas para proteger la salud pública de la contaminación por nitratos.	(28)
Se destacó la importancia de integrar percepciones comunitarias con datos científicos para la gestión del agua.	Se necesitan intervenciones específicas para mejorar la calidad del agua en comunidades afectadas.	(29)
Se investigó la contaminación por metales en diferentes fuentes de agua, encontrando riesgos para la salud humana.	Es urgente monitorear y gestionar la contaminación por metales para proteger la salud pública.	(30)
Se revisaron avances en la remediación de aguas residuales, destacando la importancia de la salud humana.	Se requieren estrategias sostenibles para tratar aguas residuales contaminadas.	(31)
Se identificó contaminación significativa en áreas cercanas a minas de carbón, con riesgos para la salud.	Se necesitan medidas de control para mitigar los riesgos a la salud por la contaminación en estas áreas.	(32)
Se analizaron los impactos de los incendios en la salud humana, encontrando efectos adversos significativos.	Se requieren estrategias de mitigación para reducir los efectos de los incendios en la salud pública.	(33)
Se identificaron factores que afectan la calidad y cantidad del agua en áreas urbanas en crecimiento.	Se necesita un enfoque integrado para la gestión del agua en contextos urbanos.	(34)
Se aplicaron modelos estadísticos para evaluar la calidad del agua, encontrando variaciones significativas.	Es importante utilizar modelos estadísticos para monitorear la calidad del agua en ríos urbanos.	(35)
Se evaluó la calidad del agua subterránea en áreas urbanas, encontrando contaminación significativa.	Se requieren estrategias de gestión para mejorar la calidad del agua subterránea en zonas urbanas.	(36)
Se analizaron los desafíos en la implementación de la directiva, encontrando divergencias en la capacidad local.	Es necesario mejorar la transparencia y participación pública en la gestión del agua.	(12)

El estado actual de la calidad del agua para consumo humano, reportado en la literatura científica reciente, evidencia una situación crítica y generalizada de incumplimiento de los estándares nacionales e internacionales. La síntesis de los estudios incluidos demuestra que una proporción considerable de fuentes hídricas, particularmente en contextos rurales y periurbanos de América Latina, presenta contaminación significativa. Esta condición expone a las poblaciones a riesgos sanitarios prevenibles, confirmando que el acceso a agua segura sigue siendo un desafío pendiente que profundiza las desigualdades en salud.

En primer lugar, respecto a los parámetros más frecuentemente alterados, la contaminación microbiológica emerge de manera consistente como el resultado predominante. La presencia de coliformes totales y fecales fue identificada en la mayoría de las fuentes evaluadas, especialmente en aquellas sin tratamiento. Este resultado indica una contaminación fecal sistemática, señalando fallas estructurales en la protección de las fuentes y en los procesos de desinfección, lo que constituye el riesgo inmediato más relevante para la salud pública.

Además, entre los parámetros fisicoquímicos, las alteraciones más recurrentes corresponden a la turbidez, el pH, la conductividad eléctrica y los sólidos disueltos totales. Asimismo, se registraron concentraciones elevadas de metales,

principalmente hierro y manganeso, que superan los límites guía. Estas alteraciones no solo comprometen la aceptabilidad organoléptica del agua, sino que también pueden interferir con la eficacia de los tratamientos de desinfección e indicar la influencia de actividades antrópicas o condiciones geológicas adversas.

Por otro lado, la evidencia analizada establece asociaciones claras y recurrentes entre la exposición a agua de baja calidad y la presencia de indicadores negativos de salud. Los estudios reportan una mayor prevalencia de enfermedades gastrointestinales, incluyendo diarreas agudas y parasitosis intestinales, en poblaciones que consumen agua contaminada microbiológicamente. Esta asociación es particularmente fuerte en grupos vulnerables como niños y adultos mayores, quienes enfrentan mayores tasas de morbilidad en dichas comunidades.

Asimismo, se identifica una brecha sustancial entre el marco normativo existente y su cumplimiento efectivo en el terreno. El bajo nivel de adherencia a los estándares de calidad, impulsado principalmente por la contaminación microbiológica y las alteraciones fisicoquímicas, subraya la insuficiencia de los sistemas de vigilancia y control. Esta desconexión resalta la urgencia de fortalecer la gobernanza y la implementación de políticas públicas destinadas a garantizar la seguridad del agua.

Discusión

Los resultados de esta revisión, que destacan la predominancia de la contaminación microbiológica en fuentes de agua para consumo humano, reflejan una problemática ampliamente documentada en la literatura regional. La recurrente presencia de coliformes fecales, identificada como el indicador más alterado, confirma observaciones previas realizadas en sistemas de abastecimiento vulnerables, donde la falta de tratamiento y saneamiento básico es una constante, reforzando la noción de un riesgo sanitario persistente y estructural (1,2).

Asimismo, las alteraciones en los parámetros fisicoquímicos, especialmente turbidez, pH y concentraciones de metales como hierro y manganeso, coinciden con los resultados reportados en estudios sobre cuencas impactadas por actividades económicas específicas. Esta similitud subraya que la degradación fisicoquímica no es un fenómeno aislado, sino una consecuencia directa y generalizada de presiones antrópicas como la minería y la agricultura, las cuales comprometen la calidad del recurso (3,6).

Por otra parte, la asociación consistente entre la exposición al agua contaminada y la mayor prevalencia de enfermedades gastrointestinales hallada en esta síntesis, es respaldada por evidencia epidemiológica previa. Dicha correlación corrobora el modelo causal que establece al

agua no segura como un determinante crítico de la carga de enfermedad, afectando de manera desproporcionada a los grupos poblacionales más vulnerables, como niños y ancianos (7,8).

Sin embargo, un contraste relevante emerge al comparar el alcance de esta revisión con estudios anteriores de enfoque más local. Mientras que investigaciones otras se centraron en una cuenca específica (4), la presente integración abarca diversas regiones, revelando que la naturaleza de los contaminantes prioritarios puede variar según el contexto, aunque los riesgos sanitarios subyacentes permanecen constantes (4,21).

En consecuencia, la brecha identificada entre el marco normativo existente y su cumplimiento efectivo en el terreno, refleja una limitación sistémica en la gobernanza del agua ya señalada en análisis recientes. Esta desconexión evidencia que la mera existencia de estándares no garantiza la seguridad hídrica, especialmente en zonas con capacidades institucionales y financieras limitadas para la vigilancia y el control (11,12).

Además, la heterogeneidad metodológica observada entre los estudios primarios incluidos constituye una limitación que ha sido reconocida en revisiones sistemáticas previas dentro del campo ambiental. Esta variabilidad en diseños, parámetros y técnicas dificulta la comparación cuantitativa directa, aunque la consistencia narrativa de los resultados centrales otorga

robustez a las conclusiones cualitativas de esta síntesis (13,14).

Cabe destacar que el uso complementario de bioindicadores biológicos, como los macroinvertebrados bentónicos, representa una convergencia significativa con enfoques evaluativos promovidos en la literatura científica reciente. La aplicación recurrente de estos indicadores ecosistémicos valida su utilidad para proporcionar una evaluación integrada de la salud de los cuerpos de agua, más allá de los análisis físico-químicos aislados (10,15).

No obstante, la inclusión de contaminantes de preocupación emergente, tales como plaguicidas organoclorados y otros compuestos orgánicos persistentes, amplía el espectro de riesgos más allá de los parámetros convencionalmente monitorizados. Este resultado contrasta con el enfoque tradicional de gran parte de la normativa vigente y señala la necesidad urgente de actualizar los protocolos de vigilancia para incluir estas sustancias y sus efectos crónicos (21).

Además, el consenso unánime hacia la necesidad de implementar intervenciones integrales, que combinen infraestructura de tratamiento, monitoreo continuo y educación sanitaria, refleja y consolida las recomendaciones de numerosas investigaciones previas. Este llamado a la acción multisectorial subraya que la solución trasciende lo tecnológico y requiere

un compromiso político y comunitario sostenido (16,17).

También, los resultados de esta revisión no solo confirman resultados críticos previos sobre la degradación de la calidad del agua, sino que amplían la evidencia al integrar problemáticas emergentes y contextos diversos. Esta convergencia refuerza la urgencia de traducir el consenso científico en políticas públicas efectivas y estrategias de gestión adaptativa para proteger la salud humana y los ecosistemas (9,18).

CONCLUSIONES

La evidencia consolidada en esta revisión sistemática confirma que la calidad del agua para consumo humano representa un desafío fundamental para la salud pública a nivel global, con impactos más severos en poblaciones vulnerables. Los resultados revelan un incumplimiento generalizado de los estándares normativos, lo que configura un riesgo sanitario persistente y evitable. Esta situación refleja no solo deficiencias técnicas, sino profundas inequidades en el acceso a un recurso esencial, perpetuando ciclos de enfermedad y limitando el desarrollo comunitario.

Asimismo, se corrobora que el problema es multifactorial, caracterizado por la concurrencia de contaminación microbiológica, alteraciones físicoquímicas y limitaciones críticas en la gestión

integral del recurso hídrico. La brecha identificada entre el marco regulatorio y su implementación efectiva subraya fallas sistémicas en la gobernanza, la vigilancia y la sostenibilidad de los servicios. Esta complejidad demanda diagnósticos precisos que consideren las particularidades de cada contexto socioambiental.

En consecuencia, se concluye que garantizar el acceso universal al agua segura requiere intervenciones integrales y políticas públicas decididas que articulen el fortalecimiento de la infraestructura, el monitoreo continuo, el desarrollo de capacidades locales y la educación comunitaria. Es imperativo transitar de la evidencia científica a la acción concertada, priorizando este derecho humano como un pilar central para la salud pública y el desarrollo sostenible.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses por la publicación de este artículo.

REFERENCIAS

1. Arango M, Álvarez L, Arango G, Torres O, Monsalve A de J. Calidad del agua de las quebradas la Cristalina y la Risaralda, San Luis, Antioquia. *Rev EIA*. 2008;(9):121-41. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1794-12372008000100010&lng=en&nrm=iso&tlng=es
2. Araya A, Calvo G, Araya A, Calvo G. Diagnóstico sobre la vulnerabilidad ecológica y calidad del agua en la quebrada La Central, Pacayas de Alvarado, Costa Rica. *Rev Tecnol En Marcha*. 2017;30(3):47-58. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0379-39822017000300047&lng=en&nrm=iso&tlng=es
3. Calvo G, Araya A, Calvo G, Araya A. Evaluación de dos índices de calidad del agua en varios sitios de la quebrada La Central, Pacayas de Alvarado, Costa Rica. *Rev Tecnol En Marcha*. 2018;31(4):73-83. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0379-39822018000400073&lng=en&nrm=iso&tlng=es
4. García J, Arenas N, Abril D, López , Pachón D, Moreno VM. Evaluación de la calidad del agua empleando parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y macroinvertebrados acuáticos en el Río Batán Cundinamarca entre julio y agosto de 2017. *Rev Cienc Agropecu RCA*. 2018;4(1):18-26. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8658052>
5. Gallo J, Pérez E, Figueroa R, Casas A. Water quality of streams associated with artisanal gold mining; Suárez, Department of Cauca, Colombia. *Heliyon*. 2021;7(6). [https://www.cell.com/heliyon/abstract/S2405-8440\(21\)01150-6](https://www.cell.com/heliyon/abstract/S2405-8440(21)01150-6)
6. Guardapuclla G. Calidad del Agua de la subcuenca Quebrada Párac, distrito de San Mateo de Huanchor, Lima, afectado por los Pasivos Ambientales Mineros en los años 2012 al 2016. *Rev Investig Multidiscip CTSCAFE*. 2017;1(3):13-13. <https://www.ctscafe.pe/index.php/ctscafe/article/view/30>
7. Hernández U, Pinedo J, Paternina R, Marrugo J. Evaluación de calidad del agua en la Quebrada Jui, afluente del río Sinú, Colombia. *Rev UDCA Actual Amp Divulg Científica*. 2021;24(1). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0123-42262021000100024&lng=en&nrm=iso&tlng=es
8. Pampillo JSC, Hidalgo KR, Mora PA, Mora VA, Mora MM. Qualidade de água de Quebrada Sanatorio (Tierra Blanca), na região agrícola da província de Cartago, e seus impactos sobre a saúde pública. *O Mundo Saúde*. 2012;36(4):548-55. <https://revistamundodasaude.emnuvens.com.br/mundodasaude/article/view/462>

9. Oré L, Aliaga L, Lu J. Calidad ambiental del agua mediante indicadores fisicoquímicos y bacteriológico: quebrada El Águila y Piuranito en la ciudad de Tingo María. *Qantu Yachay*. 2022;2(2):119-41. <https://revistas.une.edu.pe/index.php/QantuYachay/article/view/34>
10. Lazo C, Torres J, Changana P. Análisis crítico del uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua en el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. *Rev Kawsaypacha Soc Medio Ambiente*. 2022;(9):140-53. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/Kawsaypacha/article/view/23916>
11. Asefa E, Damtew Y, Ober J. Pesticide water pollution, human health risks, and regulatory evaluation: A nationwide analysis in Ethiopia. *J Hazard Mater*. 2024;478:135326. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389424019058>
12. Bayona Á, Gunnarsdóttir M, Rossi P, Albrechtsen H, Gerlac K, Gardarsson SM, et al. Water quality for citizen confidence: The implementation process of 2020 EU Drinking Water Directive in Nordic countries. *Water Policy*. 2024;26(8):793-816. <https://doi.org/10.2166/wp.2024.013>
13. González S, Ramírez Y, Meza A, Dias L. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de Manizales. *Bol Científico Cent Mus Mus Hist Nat*. 2012;16(2):135-48. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0123-30682012000200012&lng=en&nrm=iso&tlng=es
14. Murillo S, Mendoza A, Restrepo E, Rodríguez M. Utilización de macroinvertebrados acuáticos como herramienta para determinar la calidad del agua en la quebrada Santo Tomás, municipio de Pensilvania, Colombia. *Rev Acad Colomb Cienc Exactas Físicas Nat*. 2018;42(164):212-20. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0370-39082018000300212&lng=en&nrm=iso&tlng=es
15. Peña S, Bohórquez H, Barrera A, Salamanca S, Jiménez D, Botello W, et al. Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua en la quebrada La Calabozza (Yopal, Casanare). *Entre Cienc E Ing*. 2019;13(25):14-22. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1909-83672019000100014&lng=en&nrm=iso&tlng=es
16. Sajamí J, Huamantínco A. Influencia del microhábitat sobre índices de calidad de agua en una quebrada de bosque montano, Junín, Perú. *Rev Inst Investlg Fac MInas Met Geogr*. 2021;24(47). <https://n9.cl/9btku>
16. Sajamí J, Huamantínco A. Influencia del microhábitat sobre índices de calidad de agua en una quebrada de bosque montano, Junín, Perú. *Rev Inst Investlg Fac MInas Met Geogr*. 2021;24(47). <https://n9.cl/ukklh2>
17. Balmaceda J. Calidad de agua y diversidad de macroinvertebrados acuáticos del río Huancabamba en el tramo presa El Limón, Lambayeque-Perú. *Rev Cienc Ndina [Internet]*. 2019;2(1):14-27. <https://scholar.archive.org/work/tsfl2emowvb4ldsf6jlpccotku/access/wayback/http://www.unach.edu.pe/rcnorandina/index.php/ciencianorandina/article/download/70/43/>
18. Crisanto NR, Iannacone J. Evaluación del impacto de la acidificación en la calidad del agua de la quebrada Quilcayhuanca, Ancash, Perú. *Rev Acad Colomb Cienc Exactas Físicas Nat*. 2023;47(185):849-67. <https://repositorio.accefyn.org.co/handle/001/3358>
19. Damasco L, Arocha V, Quilang E, Cutor D, Damole L, Saldo I. Rapid Physicochemical Assessment of Kalawaig Creek in Bukidnon, Philippines. *Asian J Biol Life Sci*. 2024;13(1):177. <https://www.ajbls.com/sites/default/files/AsianJBiolLifeSci-13-1-176.pdf>
20. Mora F, Bolívar L, Cobos R. Análisis de la calidad del agua mediante macroinvertebrados bentónicos y variables fisicoquímicas en la quebrada la Cucalina de Pamplonita-Colombia. *Rev Semilla Este*. 2024;4(2):87-101. https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/view/5043
21. López A, Guevara A, Domínguez M, Andraca J, Torres A. Concentrations of Organochlorine, Organophosphorus, and Pyrethroid Pesticides in Rivers Worldwide (2014–2024): A Review. *Sustainability*. 2024;16(18). <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/18/8066>

- 22.** Assegide E, Alamirew T, Bayabil H, Dile Y, Tessema B, Zeleke G. Impacts of Surface Water Quality in the Awash River Basin, Ethiopia: A Systematic Review. *Front Water*. 2022;3. <https://www.frontiersin.org/journals/water/articles/10.3389/frwa.2021.790900/full>
- 23.** Chattopadhyay S, Choiniere A, Tchangalova N, Acharya Y, Sapkota AR, Malayil L. Microbial and Chemical Water Quality Assessments Across the Rural and Urban Areas of Nepal: A Scoping Review. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 5 de octubre de 2025;22(10):1526. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12563189/>
- 24.** Negassa B, Dadi D, Soboksa N, Fekadu S. Presence of Heavy Metals in Vegetables Irrigated with Wastewater-Impacted Rivers and Its Health Risks in Ethiopia: Systematic Review. *Environ Health Insights*. 2025;19:11786302241310661. <https://doi.org/10.1177/11786302241310661>
- 25.** Gavrilas S, Burescu FL, Chereji B, Munteanu F, Gavrilas S, Burescu F, et al. The Impact of Anthropogenic Activities on the Catchment's Water Quality Parameters. *Water*. 2025;17(12). <https://www.mdpi.com/2073-4441/17/12/1791>
- 26.** Ayele G. Review of Climate Change Impacts on Water Quantity and Quality in the Murray–Darling Basin, Australia. *Water*. 2024;16(23). <https://www.mdpi.com/2073-4441/16/23/3506>
- 27.** Kolya H, Kang C, Kolya H, Kang C. Toxicity of Metal Oxides, Dyes, and Dissolved Organic Matter in Water: Implications for the Environment and Human Health. *Toxics*. 2024;12(2). <https://www.mdpi.com/2305-6304/12/2/111>
- 28.** Alam S, Li P, Fida M. Groundwater Nitrate Pollution Due to Excessive Use of N-Fertilizers in Rural Areas of Bangladesh: Pollution Status, Health Risk, Source Contribution, and Future Impacts. *Expo Health*. 2024;16(1):159-82. <https://doi.org/10.1007/s12403-023-00545-0>
- 29.** Mishra A, Singh S, Shekhar Sarkar M, Singh R, Chandra N, Durin B, et al. Integrating community perceptions, scientific data and geospatial tools for sustainable water quality management. *Results Eng*. 2024;23:102563. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590123024008181>
- 30.** Iqbal H, Siddique A, Qadir A, Ahmad S, Liess M, Shahid N. Human health and ecology at risk: a case study of metal pollution in Lahore, Pakistan. *Environ Sci Eur*. 2024 ;36(1):9. <https://doi.org/10.1186/s12302-023-00824-2>
- 31.** Periyasamy A. Recent Advances in the Remediation of Textile-Dye-Containing Wastewater: Prioritizing Human Health and Sustainable Wastewater Treatment. *Sustainability*. 2024;16(2). <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/2/495>
- 32.** Jha S, Sinha S, Mahadevappa P, Hazra S, Sarkar S. Assessing water quality and human health risk near coal mines and industrial area of Singrauli, India: special emphasis on toxic elements. *Environ Geochem Health*. 2024;46(11):449. <https://doi.org/10.1007/s10653-024-02235-5>
- 33.** Johnston F, Williamson G, Borchers-Arriagada N, Henderson S, Bowman D. Climate Change, Landscape Fires, and Human Health: A Global Perspective. *Annu Rev Public Health*. 2024;45(45):295-314. <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-publhealth-060222-034131>
- 34.** Gule T, Lemma B, Hailu B. Factors impacting water quality and quantity in rapidly expanding urban areas based on the DPSIR model: experiences and challenges from Addis Ababa City, Ethiopia. *Environ Sci Pollut Res*. 2024;31(14):22131-44. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-32550-4>
- 35.** Soetan O, Nie J, Polius K, Feng H. Application of time series and multivariate statistical models for water quality assessment and pollution source apportionment in an Urban River, New Jersey, USA. *Environ Sci Pollut Res*. 2024;31(52):61643-59. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-35330-2>
- 36.** Naz I, Fan H, Aslam R, Tariq A, Quddoos A, Sajjad A, et al. Integrated Geospatial and Geostatistical Multi-Criteria Evaluation of Urban Groundwater Quality Using Water Quality Indices. *Water*. 2024;16(17). <https://www.mdpi.com/2073-4441/16/17/2549>