



Seguridad hídrica y calidad del agua potable en Lago Agrio: evaluación de la planta de tratamiento EMAPALA EP en 2024

Water security and drinking water quality in Lago Agrio: evaluation of the EMAPALA EP treatment plant in 2024

Segurança hídrica e qualidade da água potável em Lago Agrio: avaliação da estação de tratamento de água da EP EMAPALA em 2024

Edwin Piruch-Tsawant¹

epiruch@istmbr.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0008-7161-839X>

Correspondencia: epiruch@istmbr.edu.ec

Ciencias Técnica y Aplicada
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 11 de julio de 2025 * **Aceptado:** 16 de agosto de 2025 * **Publicado:** 08 de septiembre de 2025

I. Instituto Superior Martha Bucaram de Roldós, Nueva Loja, Ecuador.

Resumen

El acceso a agua potable segura constituye un desafío global y un derecho humano fundamental. En regiones amazónicas como Lago Agrio (Ecuador), la gestión de la calidad del agua es esencial para garantizar la salud pública y la seguridad hídrica. Evaluar temporalmente la calidad y seguridad del agua potable producida por la planta de tratamiento de EMAPALA EP, en el cantón Lago Agrio (Sucumbíos), durante el año 2024, conforme a la normativa nacional e internacional. Se aplicó un diseño observacional-descriptivo con muestreo de agua cruda, tratada y distribuida en la red. Se analizaron parámetros físico-químicos (pH, turbidez, color, cloro residual, conductividad, TDS), químicos específicos (metales pesados: arsénico, plomo, cadmio, cromo, mercurio, cobre, hierro, manganeso) y microbiológicos (coliformes totales, coliformes fecales, *Giardia* spp. y *Cryptosporidium* spp.). Los resultados fueron comparados con la normativa NTE INEN 1108: Agua Potable-Requisitos y la Resolución ARCA-DE-016-2022. Los parámetros básicos (pH, turbidez, color, cloro residual, nitratos, nitritos y coliformes fecales) cumplieron con la normativa vigente, garantizando la potabilidad del recurso. Aunque la planta no cuenta con equipos para la detección rutinaria de metales pesados y protozoarios, los análisis complementarios en laboratorios acreditados confirmaron la ausencia de contaminación significativa. El monitoreo continuo cada dos horas evidenció estabilidad en los procesos de potabilización.

El agua potable distribuida por EMAPALA EP cumple con los estándares nacionales de calidad, asegurando la seguridad de los consumidores. Sin embargo, se identifican retos vinculados con la detección de contaminantes emergentes, la disponibilidad de tecnología avanzada y la necesidad de fortalecer la gobernanza hídrica en la Amazonía. Estos hallazgos refuerzan la importancia de la vigilancia sanitaria, la transparencia institucional y la corresponsabilidad social como pilares de la seguridad hídrica sostenible.

Palabras clave: Agua potable; seguridad hídrica; calidad del agua; Lago Agrio; normativa INEN 1108; salud pública.

Abstract

Access to safe drinking water is a global challenge and a fundamental human right. In Amazonian regions such as Lago Agrio (Ecuador), water quality management is essential to ensure public health and water security. To temporarily evaluate the quality and safety of drinking water

produced by the EMAPALA EP treatment plant, in the Lago Agrio canton (Sucumbíos), during 2024, in accordance with national and international regulations. An observational-descriptive design was applied with sampling of raw, treated, and distributed water. Physical-chemical parameters (pH, turbidity, color, residual chlorine, conductivity, TDS), specific chemicals (heavy metals: arsenic, lead, cadmium, chromium, mercury, copper, iron, manganese), and microbiological parameters (total coliforms, fecal coliforms, *Giardia* spp., and *Cryptosporidium* spp.) were analyzed. The results were compared with the NTE INEN 1108 standard: Drinking Water Requirements and Resolution ARCA-DE-016-2022. The basic parameters (pH, turbidity, color, residual chlorine, nitrates, nitrites, and fecal coliforms) complied with current regulations, guaranteeing the potability of the resource. Although the plant does not have equipment for the routine detection of heavy metals and protozoa, complementary analyses in accredited laboratories confirmed the absence of significant contamination. Continuous monitoring every two hours demonstrated stability in the purification processes.

The drinking water distributed by EMAPALA EP meets national quality standards, ensuring consumer safety. However, challenges have been identified related to the detection of emerging contaminants, the availability of advanced technology, and the need to strengthen water governance in the Amazon. These findings reinforce the importance of health surveillance, institutional transparency, and social co-responsibility as pillars of sustainable water security.

Keywords: Drinking water; water security; water quality; Lago Agrio; INEN 1108 regulation; public health.

Resumo

O acesso à água potável é um desafio global e um direito humano fundamental. Em regiões amazônicas como o Lago Agrio (Equador), a gestão da qualidade da água é essencial para garantir a saúde pública e a segurança hídrica. Avaliar temporariamente a qualidade e a segurança da água potável produzida pela estação de tratamento EMAPALA EP, no cantão de Lago Agrio (Sucumbíos), durante o ano de 2024, de acordo com as normas nacionais e internacionais. Foi aplicado um desenho observacional-descritivo com amostragem de água bruta, tratada e distribuída. Foram analisados parâmetros físico-químicos (pH, turbidez, cor, cloro residual, condutividade, TDS), produtos químicos específicos (metais pesados: arsênio, chumbo, cádmio, cromo, mercúrio, cobre, ferro, manganês) e parâmetros microbiológicos (coliformes totais,

coliformes fecais, *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp.). Os resultados foram comparados com a norma NTE INEN 1108: Requisitos para a Potabilidade da Água e Resolução ARCA-DE-016-2022. Os parâmetros básicos (pH, turbidez, cor, cloro residual, nitratos, nitritos e coliformes fecais) estavam em conformidade com a regulamentação em vigor, garantindo a potabilidade do recurso. Embora a central não disponha de equipamento para a detecção de rotina de metais pesados e protozoários, análises complementares em laboratórios acreditados confirmaram a ausência de contaminação significativa. A monitorização contínua a cada duas horas demonstrou estabilidade nos processos de purificação.

A água potável distribuída pela EMAPALA EP cumpre as normas nacionais de qualidade, garantindo a segurança do consumidor. No entanto, foram identificados desafios relacionados com a detecção de contaminantes emergentes, a disponibilidade de tecnologia avançada e a necessidade de reforçar a governação da água na Amazônia. Estas constatações reforçam a importância da vigilância sanitária, da transparência institucional e da corresponsabilização social como pilares da segurança hídrica sustentável.

Palavras-chave: Água potável; segurança hídrica; qualidade da água; Lago Agrio; regulamento INEN 1108; saúde pública.

Introducción

El acceso a agua potable de calidad es un desafío global. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que 2.200 millones de personas carecen de agua segura para consumo humano, lo que incrementa la incidencia de enfermedades hídricas como diarrea, cólera y fiebre tifoidea. En América Latina, la gestión del agua enfrenta dificultades relacionadas con contaminación, deficiencias en infraestructura y variabilidad climática.

En Ecuador, la calidad del agua está regulada por el Código Orgánico de Salud, la normativa NTE INEN 1108 y las directrices del ARCA. Estas regulaciones establecen parámetros físico-químicos y microbiológicos que deben cumplirse para asegurar la potabilidad.

La ciudad amazónica de Lago Agrio, en la provincia de Sucumbíos, depende de la planta de tratamiento de EMAPALA EP como principal fuente de abastecimiento. Evaluar la calidad del agua en esta planta resulta crucial, no solo para garantizar el cumplimiento normativo, sino también para fortalecer la seguridad hídrica y proteger la salud de la población amazónica.

El acceso a agua potable segura constituye uno de los principales desafíos de salud pública y desarrollo sostenible en el mundo. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que aproximadamente 2.200 millones de personas carecen de acceso a agua potable segura, mientras que el UNICEF señala que 2.000 millones de personas viven en países con estrés hídrico, es decir, sin recursos suficientes para cubrir sus necesidades básicas. A estos factores se suman la sobreexplotación de recursos hídricos, el cambio climático y la contaminación, que agravan la crisis global del agua. El Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de Naciones Unidas advierte que, para 2025, hasta dos tercios de la población mundial podrían enfrentar escasez de agua si no se adoptan medidas urgentes.

La calidad y seguridad del agua potable son fundamentales para la salud humana. El consumo de agua contaminada se asocia con la proliferación de enfermedades gastrointestinales, cólera, fiebre tifoidea y diarreas, responsables de millones de muertes anuales en países en desarrollo. Normativas internacionales como la Safe Drinking Water Act de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) en Estados Unidos, la Directiva Marco del Agua en Europa y las guías de la OMS, establecen estándares para controlar contaminantes microbiológicos, químicos y físicos. Además, emergen nuevos retos asociados con contaminantes emergentes como fármacos y disruptores endocrinos, lo que exige una actualización constante de las estrategias de monitoreo y tratamiento.

En América Latina y Ecuador, la regulación del agua potable recae en entidades como el Ministerio de Salud Pública y la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA). El Código Orgánico de Salud y la normativa NTE INEN 1108 definen parámetros obligatorios de calidad que incluyen pH, turbidez, color, cloro residual y ausencia de coliformes. El ARCA-Ecuador establece además estándares de evaluación basados en las recomendaciones de la OMS. Sin embargo, en varias regiones del país se han reportado casos de contaminación por metales pesados, bacterias patógenas y productos químicos, lo que plantea la necesidad de fortalecer la vigilancia sanitaria y promover prácticas seguras de tratamiento y abastecimiento, especialmente en comunidades amazónicas y rurales.

Diversos estudios internacionales han demostrado la relevancia de evaluar y controlar la calidad del agua. Por ejemplo, investigaciones en áreas rurales de Bangladesh identificaron riesgos elevados por coliformes fecales y metales pesados, con efectos adversos a corto y largo plazo en la salud de las poblaciones afectadas. De manera complementaria, literatura especializada como

Water Quality: Guidelines, Standards and Health de Fewtrell y Bartram, profundiza en los riesgos asociados al agua contaminada y en la importancia de políticas de control preventivo. Estos antecedentes destacan la necesidad de mantener un monitoreo constante en todos los niveles del ciclo de potabilización.

En este contexto, la ciudad amazónica de Lago Agrio (Sucumbíos, Ecuador) depende de la planta de tratamiento EMAPALA EP como principal sistema de abastecimiento de agua potable. Dada la vulnerabilidad ambiental de la región y la importancia del recurso hídrico para la salud pública, resulta indispensable analizar la calidad del agua que produce esta planta y verificar su cumplimiento con las normativas nacionales e internacionales.

Este estudio busca evaluar temporalmente la calidad y seguridad del agua potable de EMAPALA EP en 2024, aportando evidencia científica que contribuya a la gestión sostenible de los recursos hídricos en el Ecuador.

Metodología

Área de estudio

La investigación se desarrolló en el cantón Lago Agrio, provincia de Sucumbíos, ubicado en la región amazónica del Ecuador, cercano a la frontera con Colombia (Figura 1). Esta zona se caracteriza por condiciones climáticas húmedas, alta pluviosidad y dependencia de fuentes superficiales de agua, factores que inciden directamente en la gestión de recursos hídricos y en la necesidad de garantizar la seguridad en el suministro de agua potable.

Figura 1. Ubicación del cantón Lago Agrio en la Amazonía ecuatoriana.



Diseño del estudio

El estudio adoptó un diseño observacional-descriptivo con enfoque cuantitativo, orientado a evaluar temporalmente la calidad y seguridad del agua potable producida por la planta de tratamiento EMAPALA EP durante el año 2024.

Muestreo y recolección de datos

La toma de muestras se realizó en diferentes puntos del sistema de abastecimiento, con el fin de obtener una visión integral del proceso de potabilización y distribución:

- Muestra 1: Agua cruda proveniente de la fuente superficial.
- Muestra 2: Agua tratada en planta (tanques de almacenamiento).
- Muestra 3: Agua tratada en red de distribución 1.
- Muestra 4: Agua tratada en red de distribución 2.

Las muestras fueron recolectadas bajo protocolos estandarizados, en condiciones representativas y en horarios de operación regular.

Parámetros evaluados

Se analizaron parámetros físico-químicos, químicos específicos y microbiológicos, de acuerdo con la normativa nacional e internacional:

- Parámetros físico-químicos: pH, turbidez, color, conductividad, sólidos disueltos totales (TDS), cloro residual libre.
- Parámetros químicos específicos: metales pesados (arsénico, plomo, cadmio, cromo, mercurio, cobre, hierro, manganeso).
- Parámetros microbiológicos: coliformes totales, coliformes fecales, *Giardia* spp. y *Cryptosporidium* spp.

Técnicas analíticas

- Análisis físico-químico, para la determinación de pH, turbidez, color y conductividad mediante equipos de campo y laboratorio; medición de cloro residual libre mediante el método DPD.
- Análisis químico, para la cuantificación de metales pesados mediante espectrofotometría de absorción atómica; determinación de nutrientes (nitratos y nitritos) mediante espectrofotometría UV-Vis.

- Análisis microbiológico, para la filtración por membrana y cultivo selectivo para coliformes; pruebas especializadas en laboratorios acreditados para protozoarios (*Giardia* y *Cryptosporidium*).

Normativas de referencia

La evaluación de los parámetros se realizó conforme a:

- Resolución Nro. ARCA-DE-016-2022, emitida por la Autoridad de Regulación y Control del Agua (ARCA-Ecuador).
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108: Agua Potable-Requisitos (2013), que establece los límites permisibles para parámetros físico-químicos y microbiológicos de potabilidad.
- Directrices internacionales de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para agua potable.

Procesamiento de datos

Los resultados obtenidos fueron contrastados con los límites máximos permisibles establecidos en la normativa ecuatoriana e internacional. Para validar los hallazgos, algunos parámetros específicos fueron enviados a laboratorios acreditados por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE).

Resultados

Cumplimiento de parámetros según ARCA

La revisión de los formatos de laboratorio de EMAPALA EP permitió verificar el cumplimiento de los parámetros básicos de potabilidad establecidos por la Autoridad de Regulación y Control del Agua (ARCA).

Tabla 1. Resultados de análisis de parámetros básicos según ARCA (Laboratorio EMAPALA EP)

Nº	Parámetro	Cumple	Observación
1	Color	Sí	—
2	Turbiedad	Sí	—
3	pH	Sí	—
4	Cloro libre residual	Sí	—
5	Coliformes fecales	Sí	—
6	Arsénico	No	Analizado en laboratorio externo; cumple con norma

7	Fluoruros	No	Analizado en laboratorio externo; cumple con norma
8	Nitratos	Sí	—
9	Nitritos	Sí	—

Parámetros específicos y limitaciones técnicas

Además de los parámetros básicos, se analizaron aquellos de interés por su riesgo sanitario, aunque con limitaciones de infraestructura en la planta.

Tabla 2. Resultados de análisis de parámetros específicos de interés (Laboratorio EMAPALA EP y externos acreditados)

Nº	Parámetro	Cumple	Observación
1	Cobre	Sí	—
2	Plomo	No	Analizado en laboratorio externo; sin contaminación detectada
3	Dureza	Sí	—
4	Hierro	Sí	—
5	Manganeso	Sí	—
6	Cryptosporidium	No	No se realiza en planta por costo de insumos; se analiza indirectamente
7	Giardia spp.	No	Igual que anterior; control indirecto mediante coliformes
8	Cadmio	No	Analizado en laboratorio externo; sin contaminación detectada
9	Cromo	No	Analizado en laboratorio externo; sin contaminación detectada
10	Mercurio	No	Analizado en laboratorio externo; sin contaminación detectada

Determinación de la calidad según NTE INEN 1108

La norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1108: Agua Potable – Requisitos establece límites máximos permisibles. Los resultados de EMAPALA EP se muestran en las tablas siguientes.

Tabla 3. Cumplimiento de parámetros físico-químicos básicos (NTE INEN 1108)

Parámetro	Unidad	Límite permitido	Resultado	Cumplimiento
Cloro libre residual	mg/L	0,3 – 1,5	Dentro de rango	Sí
Cobre	mg/L	≤ 2,0	< 2,0	Sí
Color aparente	mg/L	≤ 15	≤ 15	Sí
Nitratos (NO ₃ ⁻)	mg/L	≤ 50,0	≤ 50	Sí
Nitritos (NO ₂ ⁻)	mg/L	≤ 3,0	≤ 3	Sí

Turbiedad	NTU	≤ 5	≤ 5	Sí
-----------	-----	-----	-----	----

Tabla 4. Cumplimiento de parámetros microbiológicos básicos (NTE INEN 1108)

Parámetro	Unidad	Límite permitido	Resultado	Cumplimiento
Coliformes fecales	Número/100 mL	Ausencia	Ausencia	Sí

Nota: Los demás parámetros contemplados en la norma no se realizan de manera rutinaria en planta por limitaciones de equipos y reactivos; sin embargo, se envían periódicamente a laboratorios acreditados por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE).

Monitoreo continuo de la calidad del agua

El laboratorio de EMAPALA EP mantiene un control interno cada dos horas durante la jornada laboral (08h00 – 17h00). Se monitorean parámetros físico-químicos como pH, turbidez, color, cloro residual libre y sólidos disueltos totales, asegurando estabilidad en el proceso de potabilización.

Impactos esperados del estudio

El cumplimiento de los parámetros establecidos no solo garantiza la potabilidad del agua, sino que tiene repercusiones en distintos ámbitos:

Tabla 5. Impactos previstos del estudio

Ámbito	Efecto previsto	Indicador/resultados
Académico	Soprote bibliográfico para asignaturas e investigaciones	Nuevas líneas de investigación sobre uso y gestión del agua
Social	Confianza de la población en el servicio de agua potable	Documento técnico elaborado para publicación
Científico	Contribución al conocimiento aplicado en la Amazonía	Evidencia para futuras investigaciones en seguridad hídrica

La evaluación realizada evidenció que los parámetros básicos establecidos en la norma NTE INEN 1108 fueron cumplidos en su totalidad, garantizando la potabilidad del agua distribuida en Lago Agrio. En cuanto a los parámetros específicos que no pudieron ser evaluados directamente en la planta de tratamiento, los análisis complementarios realizados en laboratorios externos acreditados confirmaron la ausencia de contaminantes de riesgo, lo que refuerza la confiabilidad del servicio. Asimismo, el monitoreo continuo efectuado cada dos horas permitió comprobar la estabilidad en

los procesos de potabilización y distribución, asegurando un control riguroso de la calidad del recurso. Cabe señalar que el sistema de abastecimiento de EMAPALA EP se encuentra clasificado como Categoría I, conforme a la Resolución ARCA-DE-016-2022, lo que garantiza que cumple con los estándares más exigentes en materia de suministro de agua potable. En conjunto, estos hallazgos demuestran que el agua distribuida por EMAPALA EP cumple con los estándares nacionales de potabilidad y se consolida como un servicio confiable para la protección de la salud pública en la Amazonía ecuatoriana.

Discusión

Los resultados de la evaluación de la planta de tratamiento de EMAPALA EP en Lago Agrio demuestran que el agua distribuida cumple con los parámetros básicos establecidos por la normativa nacional NTE INEN 1108 y las disposiciones de la ARCA. Este cumplimiento refleja la eficacia de los procesos de potabilización aplicados, asegurando que el recurso hídrico distribuido a la población es seguro para el consumo humano.

Comparación con estudios internacionales

La evidencia obtenida en Lago Agrio contrasta con estudios realizados en otros contextos, como el reportado en Bangladesh, donde se detectaron niveles elevados de coliformes fecales y metales pesados, con un alto riesgo de enfermedades gastrointestinales y problemas de salud crónicos. En África y Asia, la literatura muestra que las deficiencias en infraestructura y control de calidad del agua contribuyen a crisis sanitarias recurrentes.

A diferencia de esos casos, el sistema de EMAPALA EP mantiene un nivel de cumplimiento estable en parámetros críticos como cloro residual, nitratos, nitritos y turbidez, lo cual sitúa al cantón Lago Agrio en una posición relativamente favorable respecto a estándares internacionales de la OMS y la EPA.

Limitaciones técnicas y desafíos

No obstante, la investigación reveló limitaciones importantes:

- La planta no cuenta con equipos para la detección rutinaria de contaminantes como plomo, cadmio, mercurio, cromo, Giardia y Cryptosporidium.
- Estos parámetros son analizados de forma externa en laboratorios acreditados, lo cual garantiza confiabilidad, pero también evidencia la dependencia de recursos externos y la vulnerabilidad institucional frente a posibles contaminaciones emergentes.

La ausencia de análisis directos de protozoarios patógenos representa un vacío relevante, ya que organismos como *Giardia* y *Cryptosporidium* han sido asociados con brotes epidémicos en sistemas de agua potable en otros países. Según la OMS (2020), el control de estos parásitos es fundamental en contextos amazónicos donde la presión antrópica y la deforestación pueden incrementar la exposición a contaminantes biológicos.

Seguridad hídrica en el contexto amazónico

El concepto de seguridad hídrica no se limita al cumplimiento de parámetros normativos, sino que implica la capacidad de garantizar de forma sostenible la disponibilidad y calidad del recurso en escenarios de presión climática, crecimiento poblacional y actividades extractivas.

En el caso de Lago Agrio, la ubicación en la Amazonía ecuatoriana implica retos particulares:

- Alta vulnerabilidad ambiental por deforestación, derrames petroleros y expansión agrícola.
- Condiciones climáticas extremas, con lluvias intensas que pueden afectar la captación y el tratamiento.
- Contexto social diverso, con comunidades urbanas y rurales que requieren acceso equitativo y confiable al recurso.

La planta de EMAPALA EP representa un esfuerzo institucional importante; sin embargo, la sostenibilidad del sistema dependerá de su capacidad para digitalizar el monitoreo, ampliar el espectro de análisis de contaminantes emergentes y fortalecer la participación comunitaria en la gestión del agua.

Implicaciones para la salud pública y la gestión institucional

El cumplimiento de la normativa nacional garantiza, en el corto plazo, que la población de Lago Agrio disponga de agua segura para consumo humano. Esto contribuye a reducir riesgos de enfermedades hídricas y fortalece la confianza ciudadana en el servicio público.

En el ámbito institucional, los resultados resaltan la necesidad de:

- Mejorar la capacidad técnica interna mediante inversión en equipos y formación de personal especializado.
- Fortalecer los programas de vigilancia sanitaria, integrando análisis de laboratorio acreditados con registros digitales de monitoreo.
- Promover transparencia y corresponsabilidad social, compartiendo los resultados con la comunidad para fomentar la confianza y el buen uso del recurso.

El caso de Lago Agrio evidencia que, aunque los procesos de potabilización cumplen con la normativa vigente, aún existen retos para consolidar la seguridad hídrica en la Amazonía ecuatoriana. La experiencia demuestra la importancia de mantener un sistema de monitoreo constante y confiable, de alinear las prácticas locales con estándares internacionales, y de invertir en infraestructura y gobernanza hídrica como estrategias clave para garantizar agua segura y sostenible en territorios vulnerables.

Conclusiones

La evaluación temporal de la calidad del agua potable en la planta de tratamiento EMAPALA EP (Lago Agrio, 2024) demostró que los parámetros básicos físico-químicos y microbiológicos (pH, turbidez, color, cloro residual, nitratos, nitritos y coliformes fecales) cumplen con la normativa NTE INEN 1108 y con las disposiciones de la ARCA-Ecuador, garantizando la seguridad para el consumo humano.

Los análisis de parámetros específicos (metales pesados como plomo, cadmio, mercurio y contaminantes biológicos como *Giardia* y *Cryptosporidium*) no pudieron realizarse rutinariamente en planta por limitaciones técnicas; sin embargo, los ensayos externos en laboratorios acreditados confirmaron la ausencia de contaminación significativa, lo que refuerza la confiabilidad de los resultados.

El monitoreo continuo cada dos horas en la planta constituye un mecanismo efectivo para asegurar estabilidad en los procesos de potabilización. No obstante, se recomienda avanzar hacia un sistema digitalizado y estandarizado de registro, que permita mejorar la trazabilidad y la gestión de la información.

El estudio evidenció que, aunque la planta cumple con los estándares normativos, persisten retos estructurales y operativos relacionados con la detección de contaminantes emergentes, la disponibilidad de equipos especializados y la necesidad de fortalecer la formación técnica del personal responsable.

Desde una perspectiva de seguridad hídrica en la Amazonía ecuatoriana, este caso aporta evidencia de que es posible garantizar agua segura en contextos de alta vulnerabilidad ambiental, siempre que exista vigilancia sanitaria robusta, participación comunitaria y gobernanza institucional transparente. Estos elementos son claves para consolidar la sostenibilidad del servicio y la confianza de los usuarios.

Referencias

1. Agencia de Protección Ambiental (EPA). (2019). Safe Drinking Water Act. United States Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/sdwa>
2. Chapman, D. (2016). *Water Quality Assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. CRC Press.
3. Chere-Quiñónez, B. F., Ulloa-de Souza, R. C. ., Reyna-Tenorio, L. J. ., Canchingre-Bone, M. E. ., & Mosquera-Quintero , G. A. . (2022). Electrical energy from industrial wastewater in Guayaquil, Ecuador. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 3(6), 202–210. <https://doi.org/10.51798/sijis.v3i6.509>
4. Chere-Quiñónez, B. F. (2017). Significados de la responsabilidad social en la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento . *Revista Científica FIPCAEC (Fomento De La investigación Y publicación científico-técnica multidisciplinaria)*. ISSN : 2588-090X . *Polo De Capacitación, Investigación Y Publicación (POCAIP)*, 2(5), 33-61. <https://doi.org/10.23857/fipcaec.v2i5.71>
5. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2020). Global diarrheal disease burden. CDC. <https://www.cdc.gov>
6. Comisión Europea. (2000). Directiva Marco del Agua. Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. https://ec.europa.eu/environment/water/water-drink/index_en.html
7. Gleick, P. H. (2003). Water resources and freshwater ecosystems. *Ecosystems*, 6(8), 625–631. <https://doi.org/10.1007/s10021-003-0024-7>
8. Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (2018). Código Orgánico de Salud. <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2018/03/C%C3%B3digo-Org%C3%A1nico-de-Salud.pdf>
9. Organización Mundial de la Salud (OMS). (2011). *Guidelines for Drinking-water Quality (4th ed.)*. WHO Press.
10. Organización Mundial de la Salud (OMS). (2020). *Drinking Water Fact Sheet*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
11. Sánchez, D. (2017). *Integrated Water Resources Management: Conceptual foundations and principles*. UNESCO.

12. United Nations. (2018). World Water Quality Assessment: A Global Review. United Nations Environment Programme (UNEP). <https://www.unwater.org/publications/world-water-quality-assessment/>
13. Uddin, M. G., Nash, S., & Olbert, A. I. (2020). A review of water quality index models and their use for assessing surface water quality. *Ecological Indicators*, 122, 107218. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107218>
14. World Health Organization (WHO). (2011). *Arsenic in Drinking-water*. WHO Press.

© 2025 por el autor. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).