

DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v9i18.0365>

DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA Y LA INFRAESTRUCTURA HÍDRICA PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL RECURSO EN LA COMUNA JOA, JIPIJAPA

WATER QUALITY AND HYDRAULIC INFRASTRUCTURE ASSESSMENT FOR SUSTAINABLE RESOURCE MANAGEMENT IN THE JOA COMMUNITY, JIPIJAPA

Guillen-Morales Freddy Humberto ¹; Carbo-Medranda Simón Alberto ²

¹ Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Ecuador.

Correo: humberto.guillen@unesum.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1463-7032>

² Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Ecuador.

Correo: carbo-simon1381@unesum.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-8197-4642>

Resumen

El acceso al agua segura es un factor desigual en el Ecuador, especialmente en zonas rurales, donde apenas un 59% de la población se conecta a una red pública y los sistemas comunitarios operan con escasos mantenimiento y control sanitario. Ante esta problemática, el presente estudio evaluó de forma integral la calidad del agua y el estado de la infraestructura hídrica en la comuna Joa del cantón Jipijapa, para diagnosticar el recurso y estructurar una herramienta de seguimiento sostenible. Se aplicó una metodología con un enfoque mixto de diseño no experimental. Se evaluaron cinco puntos del sistema, en los cuales se midieron parámetros físicos, químicos y microbiológicos con equipos portátiles, contrastados con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2014, y se inspeccionó la infraestructura de captación, conducción, almacenamiento y distribución mediante recorridos georreferenciados. Se obtuvo que ninguna fuente resultó apta para el consumo humano directo debido a los coliformes fecales que oscilaron entre 40 y 180 NMP/100 mL, muy por encima del límite normativo, y cuatro de los cinco puntos superaron la turbidez máxima de 5 NTU. La infraestructura registró pérdidas por infiltración de hasta el 40% del caudal y reducción de volumen útil por sedimentación, evidencia de que el deterioro físico contribuye a la degradación hídrica. Se concluye que la problemática integra factores técnicos e institucionales. Como solución, se diseñó una red de monitoreo participativo de cuatro estaciones operables por la comunidad. Finalmente, se recomienda ampliar el muestreo a ambas épocas climáticas e incorporar el análisis de metales pesados y plaguicidas.

Palabras clave: coliformes fecales; monitoreo participativo; infraestructura hídrica; abastecimiento rural; gestión comunitaria.

Abstract

Access to safe water is unequal in Ecuador, particularly in rural areas where only 59% of the population is connected to a public network and community systems operate with minimal maintenance and sanitary oversight. Addressing this issue, this study comprehensively evaluated water quality and water infrastructure conditions in the Joa community (Jipijapa Canton) to assess the resource and structure a sustainable monitoring tool. A mixed-methods, non-experimental research design was employed. Five points within the system were evaluated; physical, chemical, and microbiological parameters were measured using portable equipment and compared against the Ecuadorian Technical Standard NTE INEN 1108:2014, while infrastructure for intake, conveyance, storage, and distribution was inspected via georeferenced site visits. Results showed that no source was suitable for direct human consumption due to fecal coliform levels ranging from 40 to 180 MPN/100 mL—well above regulatory limits—and four of the five points exceeded the maximum turbidity threshold of 5 NTU. Infrastructure assessments revealed infiltration losses of up to 40% of the flow rate and a reduction in usable volume due to

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 15 de junio de 2026.

Fecha de aceptación: 18 de agosto de 2026.

Fecha de publicación: 29 de septiembre de 2026.



sedimentation, demonstrating that physical deterioration contributes to water quality degradation. The study concludes that the problem involves both technical and institutional factors. As a solution, a participatory monitoring network comprising four community-operated stations was designed. Finally, it is recommended that sampling be expanded to cover both climatic seasons and include analyses for heavy metals and pesticides.

Keywords: fecal coliforms; participatory monitoring; water infrastructure; rural water supply; community management.

1. Introducción

El acceso al agua segura sostiene la salud y el desarrollo de cualquier comunidad, y el Ecuador lo reconoce como derecho fundamental ligado al Sumak kawsay en su Constitución (Martínez Moscoso et al., 2018). No obstante, ese reconocimiento formal, no ha cerrado la distancia entre lo urbano y lo rural. Según Alvarez et al. (2024), en América Latina y el Caribe, en el 2022 el 65,1% de las personas no contaban con servicios básicos de agua y el 44,6% de quienes carecían de saneamiento básico vivían en zonas rurales. La carencia se concentra donde la población está más dispersa y la institucionalidad llega con menos fuerza.

Ecuador reproduce esa brecha con cifras propias. El acceso nacional a agua potable subió del 69% en 2006 al 83,6% en 2016 gracias a la inversión pública de la última década, pero en el área rural la

conexión a una red pública alcanza apenas al 59% de los habitantes (Martínez Moscoso et al., 2018). Detrás de ese promedio conviven modelos de gestión muy distintos, puesto que las grandes ciudades operan bajo empresas municipales con coberturas cercanas al 90 % y buena parte de zonas rurales depende de juntas administradoras de agua de base comunitaria, cuya eficiencia varía según la capacidad técnica y organizativa de cada localidad (Pinos, 2020).

Ese arreglo comunitario carga con una debilidad estructural ya que la sostenibilidad de los sistemas rurales gestionados por la propia población se ve comprometida por factores críticos en su implementación, operación y mantenimiento, y rara vez existe un plan que los anticipe (Machado et al., 2023). Es decir, cuando el mantenimiento falta, la calidad del agua deja de verificarse y el riesgo

sanitario crece sin que nadie lo registre.

La evidencia ecuatoriana confirma que el problema no es hipotético. En la región Sierra específicamente en la provincia de Tungurahua el río Pachanlica fue clasificado con una calidad de agua muy crítica mediante el índice BMWP-Col (Biological Monitoring Working Party), con valores que rondan entre los 2 y 36, además se determinó un índice de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) por debajo del 25%, lo cual según los autores se vinculan a descargas de industrias como la alimenticia, agrícola y aguas domésticas sin tratamiento previo. En la región costera, Yépez et al. (2017) expone una condición crítica bajo los mismos índices del río Quevedo el cual es afectado por las descargas residenciales. Son cuencas separadas por cientos de kilómetros, pero repiten el mismo patrón, las cuales están expuestas a la actividad productiva y a un monitoreo intermitente.

La comuna Joa, en el cantón Jipijapa, se inscribe en ese mismo cuadro. Puesto que sus habitantes dependen de fuentes superficiales y

subterráneas de bajo caudal, entre ellas un pozo de agua azufrada reconocido como referente local. La infraestructura que capta, conduce y almacena ese recurso presenta microfisuras, canales sin revestimiento y reservorios sin tapa hermética, condiciones que abren la puerta a la contaminación cruzada y reducen el volumen útil disponible.

En este sentido la mayor parte de los estudios revisados aborda la calidad del agua desde el parámetro ambiental o desde el modelo de gobernanza, pero pocos integran en un mismo diagnóstico el estado físico de la infraestructura que transporta el recurso y la participación de quienes lo consumen a diario. Este cruce es transcendental en el ámbito rural ya que la obra deteriorada y la ausencia de seguimiento comunitario se retroalimenta. Es por ello que el presente estudio atiende ese vacío, ya que evalúa la calidad de agua y la infraestructura hídrica de la comuna Joa articulando mediciones de carácter físico-químicas y microbiológicas, inspección técnica georreferenciada y el diseño de una red de monitoreo participativo. El objetivo es proporcionar un

diagnóstico verificable y dotar a la comunidad de una herramienta autogestionada para la vigilancia del recurso, alineada con el sexto Objetivo de Desarrollo Sostenible.

2. Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en la comuna Joa, ubicada en el cantón Jipijapa, provincia de Manabí, Ecuador. Se trata de un asentamiento rural cuya población, según el último censo disponible, asciende a 389 habitantes (Instituto Nacional de Estadísticas y Censo, 2010). El abastecimiento de agua depende de fuentes superficiales y subterráneas de bajo caudal, entre

las que destaca un pozo de agua azufrada localizado al inicio de la localidad y reconocido por la población como referente del sector. Las fuentes se distribuyen a lo largo de quebradas, tomas superficiales y un reservorio comunitario, en un territorio donde la actividad agrícola y el manejo de residuos sólidos ejercen presión directa sobre el recurso.

Los puntos de interés se georreferenciaron en coordenadas UTM Datum WGS 84 zona 17S, lo que permitió ubicar cada fuente y su infraestructura asociada dentro del análisis espacial y priorizar las zonas de mayor vulnerabilidad.

Tabla 1. Ubicación de los puntos de muestreo en la comuna Joa

Estación	Este (m)	Norte (m)	Descripción / Ubicación
P1	541529,69	9848182,14	Quebrada principal cercana a sector residencial
P2	541396,41	9848216,09	Fuente subterránea (pozo azufrado)
P3	540832,60	9847317,24	Punto de toma superficial en zona de cultivo
P4	541160,84	9848051,46	Reservorio e infraestructura de distribución

Nota: Coordenadas UTM, zona 17S.

El presente estudio se realizó bajo un enfoque mixto, de carácter

exploratorio-descriptivo y de diseño no experimental. La parte

cuantitativa buscó medir los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua junto con el estado funcional de las obras hidráulicas, mientras que la componente cualitativa recogió la percepción de los habitantes mediante entrevistas estructuradas y observación directa. El apartado no experimental responde a las fuentes evaluadas en su entorno natural, sin manipular variables ni introducir intervenciones para de este modo obtener un diagnóstico realista. De este modo el trabajo combinó tres estrategias las cuales corresponden a la investigación de campo para la toma de muestras y datos in situ, revisión documental de normativa e informes técnicos, e inspección georreferenciada de captaciones, conducciones, almacenamiento y distribución.

Población y muestra

La población quedó conformada por los 389 habitantes de la comuna (INEC, 2010). Al no ser viable estudiar el universo completo, se calculó una muestra representativa con la fórmula para poblaciones finitas:

$$n = \frac{N * z^2 * p * q}{(N - 1)e^2 + z^2 * p * q}$$

donde N es la población (389), z el valor del nivel de confianza entre 1,96 al 95 %, p y q las probabilidades a favor y en contra (0,5 cada una) y e el error muestral (0,05). Como resultado se obtuvo una muestra de aproximadamente 50 comuneros a quienes se aplicaron encuestas y entrevistas sobre el manejo del agua y percepción ambiental, en este sentido la selección priorizó los sectores más próximos a las fuentes de agua y contó con el apoyo de los líderes comunitarios.

Parámetros y criterios normativos

En cada uno de los puntos se midieron factores como el pH, turbidez (NTU), temperatura (°C), oxígeno disuelto (mg/L) y coliformes fecales (NMP/100 mL), mediante kits simplificados y equipos portátiles de lectura in situ, lo cual es una elección condicionada por la falta de laboratorios en zonas rurales. El cumplimiento de estos factores se determinó mediante la comparación de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2014, que fija los requisitos del agua potable como adaptación de las Guías de la OMS

(Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2024).

En este sentido la norma establece un máximo de 5 NTU para turbidez y un requisito microbiológico de menos de 1,1 NMP/100 mL de coliformes fecales, valor que en la práctica equivale a la ausencia de contaminación fecal. No obstante, la norma no fija un valor de pH, por ende, se adoptó un intervalo de 6 a 8 recomendados por la OMS para el consumo de agua, de este modo presencia de coliformes por encima del umbral se interpretó como indicador directo de contaminación sanitaria.

Evaluación de la infraestructura y recolección de datos

Mediante la inspección visual y el soporte fotográfico se evaluó la infraestructura en sus componentes de captación, conducción, almacenamiento y distribución. En cada componente se pudo identificaron microfisuras, sedimentación, ausencia de tapas herméticas, canales sin revestimiento y falta de válvulas de control. Cuando fue posible se estimaron pérdidas por infiltración, la reducción del volumen útil por sedimentación y las variaciones de

presión en la pared, para de este modo contrastar el deterioro físico con la calidad del agua. La información se recopiló combinando observación directa, muestreo y análisis de agua, entrevistas a comuneros, y revisión documental de estudios previos, mapas hídricos y normativa aplicable, lo que sostiene un diagnóstico verificable de las condiciones hídricas de la comuna.

3. Resultados y discusión

Estado de la infraestructura hídrica

La inspección de campo permitió determinar cuatro componentes del sistema de abastecimiento de la comuna Joa, el cual no alcanzó una condición óptima. La captación en tomas superficiales de quebrada y pozos azufrados presentó erosión en los márgenes, sedimentación y exposición directa a contaminantes de uso agrícola, además se registra una acumulación de sólidos que en la caja de captación llegó a superar el 20% y 30% del volumen útil. En lo que respecta a la conducción del fluido, una mezcla no estandarizada de tuberías de material PVC y HDPE

registro empalmes defectuosos, tramos expuestos y perdidas por infiltración entre un 15% y 40% del caudal transportado. El almacenamiento en tanques de hormigón mostró microfisuras, ausencia de tapas herméticas y una reducción del volumen útil del 10% y

15% por la sedimentación interna. Por último, la distribución evidenció desigualdad marcada de presiones entre las cotas altas y bajas, con conexiones domiciliarias improvisadas que abren puntos de posible ingreso de contaminantes.

Tabla 2. Diagnóstico técnico-funcional de la infraestructura de agua en la comuna Joa

Fase del Sistema	Tipología y Materiales	Problemas Identificados	Calificación Funcional
Captación de agua	Captaciones superficiales y pozos azufrados	Acumulación de sedimentos, socavación de márgenes y vulnerabilidad ante agroquímicos	Deficiente / Crítico
Líneas de conducción	Canales a cielo abierto, mangueras flexibles y tuberías PVC/HDPE	Fugas continuas por infiltración, empalmes defectuosos y deterioro por exposición ambiental	Baja eficiencia
Almacenamiento	Reservorios y tanques estructurales de hormigón	Sedimentación interna, grietas superficiales (microfisuras) y ausencia de sellado hermético	Regular
Red de distribución	Tuberías secundarias y conexiones domiciliarias	Variaciones bruscas de presión, acometidas no autorizadas y ausencia de micromedición	Deficiente / Crítico

Nota: Elaboración propia basada en la evaluación e inspección in situ.

Estado de la calidad del agua en las fuentes evaluadas

Todos los puntos se compararon con la NTE INEN 1108:2014. Entre los hallazgos importante se encontró uno de orden microbiológico, debido a que, ninguna de las fuentes cumplió con el requisito de

coliformes fecales, la cual la normativa fija en menos de 1,1 NMP/100 mL. Los valores encontrados van entre 40 NMP/100 mL en el pozo azufrado y 180 NMP/100 mL en la captación para riego agrícola, siendo el último el más contaminado.

En lo que respecta a turbidez cuatro de los cinco puntos superan el máximo de turbidez establecido por la normativa de 5 NTU, de las cuales la captación agrícola presentó un 25 NTU y la quebrada 18 NTU lo cual está asociado a escorrentías superficiales y ausencias de barreras físicas. No obstante, el pozo se

mantuvo con un índice de 4 NTU. En lo que respecta a pH se ubicó dentro del rango establecido de 6 a 8 en todos los puntos, mientras que en el oxígeno disuelto fue consistentemente bajo entre 3,8 y 5,2 mg/L, lo que sugiere una carga orgánica apreciable en todo el sistema.

Tabla 3. Caracterización físicoquímica y microbiológica del agua en las fuentes de la comuna Joa

Fuente	pH	Turbidez (NTU)	Temp. (°C)	OD (mg/L)	Coliformes (NMP/100 mL)	Turbidez ≤ 5
Pozo de agua azufrada	6,3	4	26,1	3,8	40	Cumple
Distribución domiciliar	7	10	26	4,2	70	No cumple
Reservorio comunitario	7,1	12	25,8	4,5	95	No cumple
Quebrada Joa	6,7	18	24,5	5,2	120	No cumple
Captación para riego agrícola	6,9	25	25,3	4,9	180	No cumple

Nota: El pH se contrastó con el intervalo 6 a 8 recomendado por la OMS; todos los puntos lo cumplen.

La integración de los parámetros en un índice de calidad de agua permitió ordenar los puntos de forma descendente, lo cual alcanzó un valor de 62 en la quebrada y un 22 en las líneas de distribución. La disminución de este índice es acompañada del aumento de la demanda bioquímica de oxígeno hacia los tramos de almacenamiento y distribución, donde la DBO₅ pasó

de 2,9 mg/L en la quebrada a 10,1 mg/L en el punto final de la red. Esa progresión vincula de forma directa el deterioro físico de la infraestructura, sedimentada y sin protección, con la pérdida de calidad del recurso a medida que avanza por el sistema.

Tabla 4. Índice de calidad del agua por punto de monitoreo

Punto	Fuente	OD (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	Turbidez (NTU)	ICA
P1	Cercana a quebrada	4,5	2,9	18	62
P2	Pozo azufrado	4,2	4,1	4	50
P3	Zona agrícola	3,1	7,8	25	35
P4	Almacenamiento	3,5	9,6	12	28
P5	Línea de distribución	3,4	10,1	10	22

Nota: El ICA se presenta como ordenamiento relativo entre los puntos evaluados.

Red de control participativo

Según el análisis se definieron cuatro estaciones de monitoreos en zonas de mayor afectación, en las cuales cada una consta de parámetros, frecuencia y responsables comunitarios. El criterio de selección se basó en el nivel de contaminación medido, el deterioro de la infraestructura y la cercanía de zonas agrícolas y domésticas. Siguiendo este esquema se asigna a la quebrada y

a la toma agrícola un seguimiento mensual, por ser los puntos de mayor turbidez y escorrentía, mientras que el pozo azufrado y el reservorio recibe control trimestral y bimestral respectivamente por la presencia de coliformes y sedimentación. Mediante esta distribución de responsabilidades entre comité comunitario, líderes locales, junta de agua y técnicos se busca que el seguimiento sea sostenible con recursos accesibles.

Tabla 5. Propuesta de red de monitoreo participativo del recurso hídrico en la comuna Joa

Estación	Fuente	Problema	Parámetros	Frecuencia	Actor responsable
PM-01	Quebrada principal	Alta turbidez y sedimentación	pH, turbidez, temperatura	Mensual	Comité comunitario
PM-02	Pozo azufrado	Riesgo de contaminación microbiológica	pH, coliformes fecales	Trimestral	Líderes locales
PM-03	Toma superficial	Escorrentía y arrastre de insumos agrícolas	pH, nitratos, turbidez	Mensual	Comunidad y técnicos

Estación	Fuente	Problema	Parámetros	Frecuencia	Actor responsable
PM-04	Reservorio de almacenamiento	Acumulación de sedimentos y microfisuras	Turbidez e inspección física visual	Bimestral	Junta de agua

Nota: Coordenadas geográficas registradas en el sistema UTM (Zona 17S) a partir del levantamiento de campo.

Discusión

Los hallazgos confirman que la comuna Joa presenta un patrón de deterioro hídrico que la literatura reciente documenta en zona rurales del Ecuador. El resultado más relevante es de factor microbiológico debido a que las cinco fuentes evaluadas superan el requisito de coliformes fecales de la NTE INEN 1108:2014, con concentraciones que van desde el 40 al 180 NMP/100 mL frente a un límite normativo de menos de 1,1 NMP/ 100 mL.

Ninguna resulta apta para consumo humano directo. Este hallazgo concuerda con lo reportado en el río Pachanlica, en la provincia de Tungurahua, donde la descarga directa de efluentes domésticos y productivos provocó un deterioro crítico en la calidad hídrica (Bueñaño et al., 2018), así como los tramos del río Quevedo los cuales son vulnerados por vertimientos residenciales (Yépez Rosado et al., 2017). Por consiguiente, la

contaminación fecal generalizada en la comuna Joa no constituye una condición aislada, sino la manifestación de un déficit de saneamiento común a las comunidades rurales del país.

La turbidez refuerza esa lectura. Cuatro de los cinco puntos excedieron el máximo de 5 NTU, con los valores más altos en la captación agrícola (25 NTU) y la quebrada (18 NTU). La asociación entre turbidez elevada y actividad agrícola circundante concuerda con lo reportado en el río Yanaquincha, en la Amazonía ecuatoriana, donde la turbidez figuró entre los parámetros que más incidieron en el deterioro y ninguno de los cinco sitios muestreados alcanzó buena calidad (Vargas-Tierras et al., 2023). En ambos casos la escorrentía superficial sin barreras de protección aparece como el vector principal, lo que sugiere que las medidas de contención en las márgenes, y no

solo el tratamiento en el punto final, son parte de la solución.

Un aporte de este trabajo frente a los estudios centrados solo en el parámetro ambiental es haber cruzado la calidad del agua con el estado físico de la infraestructura que la transporta. El descenso progresivo del índice de calidad hacia los tramos de almacenamiento y distribución, acompañado del aumento de la demanda bioquímica de oxígeno de 2,9 a 10,1 mg/L, indica que el deterioro no se origina únicamente en la fuente, sino que se agrava a lo largo de una red sedimentada y sin protección. Las microfisuras de los reservorios, la ausencia de tapas herméticas y las conexiones domiciliarias improvisadas operan como puntos de ingreso de contaminantes. En otras palabras, la obra deteriorada no solo pierde agua, también la ensucia. Esta relación entre infraestructura y calidad rara vez se cuantifica en los diagnósticos rurales y constituye una de las contribuciones del estudio.

El origen del problema, sin embargo, es tanto técnico como institucional. La sostenibilidad de estos sistemas

rurales gestionados por la misma comunidad depende de factores que limitan su operación y mantenimiento que sin ningún plan que los anticipe, terminan por comprometer el servicio (Machado et al., 2023). Según Pinos (2020) en el Ecuador, gran parte del abastecimiento rural cae en juntas comunitarias con capacidades técnicas desiguales, en este sentido la falta de mantenimiento periódico observada en Joa es la causa directa de sedimentación, fugas y pérdidas del volumen útil. Alvarez et al. (2024) sostiene que en estas zonas rurales requiere un marco regulatorio más adaptado a la realidad, es decir una asesoría técnica y controles sanitarios recurrentes, de lo contrario la obra construida se deteriora a corto plazo.

La red de monitoreo participativo propuesta responde a este vacío, puesto que antes que una solución tecnológica costosa, se plantea un esquema de seguimiento en el cual la comuna puede operar con recursos accesibles, asignado parámetros, frecuencias y responsables según el nivel de riesgo de cada punto establecido. Este enfoque se apoya en la participación de la comunidad local y

la capacidad de respuesta, un principio que la gobernanza del Ecuador ha demostrado eficaz cuando la comunidad asume la responsabilidad de sus fuentes (Pinos, 2020). No obstante, cabe señalar que el monitoreo no sustituye al tratamiento ni a la rehabilitación de la infraestructura, pero genera la información periódica necesaria para decisiones correctivas posibles.

El presente estudio tiene sus limitaciones que conviene reconocer, debido a que el muestreo no tiene cobertura de la variabilidad estacional entre la época seca y lluviosa, lo que impide analizar cómo cambia la calidad a lo largo del año. Asimismo, se debe establecer que, aunque los kits presentan resultados acertados, estos no se comparan con la precisión de un laboratorio certificado. Finalmente, el índice de calidad utilizado proporciona un ordenamiento relativo de las estaciones que facilita la toma de decisiones, no obstante, su contraste con la literatura científica requiere unificar el método de cálculo. Es por ello que lejos de invalidar estos hallazgos, estas limitaciones definen el marco de aplicabilidad del estudio

y traza la ruta para un seguimiento posterior.

4. Conclusiones

La evaluación integral de la comuna Joa permite concluir que ninguna de sus fuentes hídricas es apta para consumo humano directo. Las cinco fuentes analizadas superaron el requisito microbiológico de la NTE INEN 1108:2014, con coliformes fecales entre 40 y 180 NMP/100 mL frente a un límite de menos de 1,1, y cuatro de ellas excedieron también el máximo de turbidez de 5 NTU. El agua del sistema requiere tratamiento previo en todos los casos antes de cualquier uso de consumo.

El diagnóstico de la infraestructura reveló un deterioro que atraviesa los cuatro componentes del sistema. El componente de la captación padece de problemas de erosión y sedimentación, por otra parte, la conducción registra pérdidas de caudal por infiltración entre un 15% y 40%, mientras que el almacenamiento sufre de una reducción del volumen útil de un 10% al 15% debido a la presencia de microfisuras y ausencia de tapas herméticas. Finalmente, la red de

distribución opera bajo presiones desiguales mediante conexiones improvisadas.

La progresiva disminución del índice de calidad del agua en los tramos finales, sumada al incremento de la demanda bioquímica de 2,9 a 10,1 mg/L, demuestra que el deterioro físico de la obra no solo ocasiona pérdidas volumétricas, sino que degrada activamente su calidad. Este hallazgo constituye la principal aportación del estudio de diagnósticos hídricos rurales, que suelen abordar estos aspectos de forma independiente.

La red de monitorio participativo propuesta constituye una alternativa sostenible con recursos locales y de bajo costo. Sus cuatro estaciones con parámetros, frecuencia y responsables definidos proporcionan a la comunidad la información técnica para tomar decisiones y la ejecución de medidas preventivas. Este enfoque fortalece la gobernanza local y compensa las limitaciones de la vigilancia sanitaria en el entorno natural.

Como líneas futuras de investigación se recomienda extender el monitoreo

a ambas estaciones climáticas, incorporar un análisis agroquímico y metales pesado debido a la alta actividad agrícola de la zona y validar las mediciones de campo mediante análisis de laboratorios acreditados. Asimismo, es fundamental reparar los sistemas de captación, conducción y almacenamiento, e implementar un programa de mantenimiento gestionado por la junta de agua para asegurar la sostenibilidad de su calidad a largo plazo.

Bibliografía

- Alvarez, L., Vargas, L., & Jimenez, A. (2024). Priorities for the rural water and sanitation services regulation in Latin America. *Frontiers in Water*, 6. <https://doi.org/10.3389/frwa.2024.1406301>
- Bueñaño, M., Vásquez, C., Zurita-Vásquez, H., Parra, J., & Pérez, R. (2018). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua en la cuenca del Pachanlica, provincia de Tungurahua, Ecuador. *Intropica*, 41. <https://doi.org/10.21676/23897864.2405>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2024). *Norma*

Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108: Agua potable. Requisitos (Quinta revisión).

Instituto Nacional de Estadísticas y Censo. (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010*. INEC.
<https://redatam.inec.gob.ec/cgi-bin/RpWebEngine.exe/PortalAction?BASE=CPV2010>

Machado, A., Oliveira, P., Matos, P., & Santos, A. (2023). Strategies for Achieving Sustainability of Water Supply Systems in Rural Environments with Community Management in Brazil. *Water*, 15(12), 2232. <https://doi.org/10.3390/w15122232>

Martínez Moscoso, A., Aguilar Feijó, V., & Verdugo Silva, T. (2018). The Vital Minimum Amount of Drinking Water Required in Ecuador. *Resources*, 7(1), 15. <https://doi.org/10.3390/resources7010015>

Pinos, J. (2020). Multiple water governance models: Ecuador as a case study. *MASKANA*, 11(1), 74–80. <https://doi.org/10.18537/mskn.11.01.08>

Vargas-Tierras, T., Suárez-Cedillo, S., Morales-León, V., Vargas-Tierras, Y., Tinoco-Jaramillo, L., Viera-Arroyo, W., & Vásquez-Castillo, W. (2023). Ecological River Water Quality Based on

Macroinvertebrates Present in the Ecuadorian Amazon. *Sustainability*, 15(7), 5790. <https://doi.org/10.3390/su15075790>

Yépez Rosado, Á., Yépez Yanez, Á. B., Urdánigo Zambrano, J., Morales Cabezas, D. C., Guerrero Chuez, N. M., & TayHing Cajas, C. C. (2017). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en áreas de descargas residuales al río Quevedo, Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 10(1), 27–34. <https://doi.org/10.18779/cyt.v10i1.196>