



*Monitoreo de la calidad biológica y microbiológica en el agua del río Jama,
Ecuador*

*Monitoring of biological and microbiological quality in the water of the Jama
River, Ecuador*

*Monitorização da qualidade biológica e microbiológica da água do Rio Jama,
Equador*

Gustavo Enrique Real-Goya ^I

greal@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0004-2142-7158>

Jorge Fernando Cedeño-Franco ^{II}

jorgecedenofranco2592@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0007-7876-8932>

Alex Adonis Guerrero-Quintana ^{III}

alex.guerreroq2015@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0007-3048-5837>

Ronny Fernando Molina-Pereira ^{IV}

ronnymol77@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0001-4258-8725>

Correspondencia: greal@uteq.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 12 de febrero de 2025 * **Aceptado:** 06 de marzo de 2025 * **Publicado:** 30 de abril de 2025

- I. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Los Ríos, Ecuador.
- II. Investigador Independiente, Ecuador.
- III. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Los Ríos, Ecuador.
- IV. Investigador Independiente, Ecuador.

Resumen

Este estudio tuvo como propósito analizar la calidad biológica y microbiológica del agua del río Jama, en Ecuador, mediante un monitoreo en campo y pruebas de laboratorio realizadas en tres puntos de muestreo a lo largo del río. Se evaluaron parámetros esenciales como la demanda bioquímica de oxígeno (mg/L), demanda química de oxígeno (mg/L), coliformes fecales (NMP/ 100 mL) y coliformes totales (NMP/ 100 mL), comparando los resultados con los estándares establecidos en la normativa ecuatoriana de calidad del agua para consumo humano (TULSMA). Para interpretar los datos, se empleó un análisis estadístico que incluyó ANOVA y la prueba de Tukey, con el fin de identificar diferencias significativas entre los sitios de muestreo y las muestras analizadas. Los hallazgos revelaron que el agua del río Jama no cumple con los estándares de calidad exigidos. Sin embargo, se determinó que, con un adecuado tratamiento de potabilización y desinfección, podría ser apta para el consumo humano y el uso doméstico.

Palabras clave: Río; coliformes; DBO; DQO; calidad de agua.

Abstract

The purpose of this study was to analyze the biological and microbiological quality of the water in the Jama River, Ecuador, through field monitoring and laboratory testing at three sampling points along the river. Essential parameters such as biochemical oxygen demand (mg/L), chemical oxygen demand (mg/L), fecal coliforms (MPN/100 mL), and total coliforms (MPN/100 mL) were evaluated, comparing the results with the standards established in the Ecuadorian Regulations for Water Quality for Human Consumption (TULSMA). To interpret the data, statistical analysis including ANOVA and the Tukey test was used to identify significant differences between the sampling sites and the samples analyzed. The findings revealed that the water in the Jama River does not meet the required quality standards. However, it was determined that, with adequate purification and disinfection, it could be suitable for human consumption and domestic use.

Keywords: River; coliforms; BOD; COD; water quality.

Resumo

O objetivo deste estudo foi analisar a qualidade biológica e microbiológica da água do Rio Jama, Ecuador, através de monitorização de campo e testes laboratoriais realizados em três pontos de amostragem ao longo do rio. Foram avaliados parâmetros essenciais como a procura bioquímica

de oxigênio (mg/L), a procura química de oxigênio (mg/L), os coliformes fecais (NMP/100 mL) e os coliformes totais (NMP/100 mL), comparando os resultados com os padrões estabelecidos na regulamentação equatoriana da qualidade da água para consumo humano (TULSMA). Para interpretar os dados foi utilizada uma análise estatística que incluiu a ANOVA e o teste de Tukey, de forma a identificar diferenças significativas entre os locais de colheita e as amostras analisadas. As conclusões revelaram que a água do rio Jama não cumpre os padrões de qualidade exigidos. No entanto, determinou-se que, com um tratamento de purificação e desinfecção adequado, poderia ser adequado para consumo humano e uso doméstico.

Palavras-chave: Rio; coliformes; DBO; BACALHAU; qualidade da água.

Introducción

El monitoreo de la calidad del agua constituye una herramienta esencial para la evaluación ambiental, especialmente en regiones donde los cuerpos hídricos representan una fuente primaria para consumo humano, actividades agropecuarias y ecosistemas biodiversos (Figuroa et al., 2024). Por sus características propias, el río Jama, ubicado en la provincia de Manabí, atraviesa un entorno caracterizado por una intensa actividad agrícola y ganadera, así como por un crecimiento poblacional que no ha sido acompañado de una adecuada infraestructura sanitaria, cuyas condiciones lo convierten en un sistema fluvial susceptible a la contaminación física, biológica y microbiológica (Guillén et al., 2024).

En este contexto, los ríos son especialmente vulnerables a múltiples formas de contaminación, siendo la contaminación microbiológica una de las más preocupantes por su relación directa con riesgos para la salud pública (Pérez et al., 2021). La importancia del monitoreo microbiológico del agua radica en que permite identificar la presencia de organismos indicadores como coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*, cuya concentración revela el nivel de contaminación por aguas residuales o materia orgánica de origen fecal (Him et al., 2024).

En Ecuador, diversos estudios han alertado sobre el deterioro progresivo de los recursos hídricos, especialmente en zonas rurales y costeras donde el tratamiento de aguas residuales es limitado o inexistente (Pauta et al., 2020). Investigaciones realizadas en cuencas fluviales de la región costera del Ecuador han revelado concentraciones elevadas de bacterias coliformes, excediendo frecuentemente los límites permisibles establecidos por la normativa nacional (Zambrano et al., 2022). Estas evidencias indican una clara necesidad de establecer programas sistemáticos de

monitoreo y control, especialmente en zonas donde el uso del agua no tratada es una práctica común tanto en el consumo doméstico como en el riego de cultivos.

Además del análisis microbiológico, el monitoreo de la calidad biológica del agua de un río también se considera de trascendental importancia debido a que se caracterizan parámetros clave como la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO), cuyos indicadores permiten evaluar la carga orgánica biodegradable y no biodegradable presente en el cuerpo de agua, respectivamente, reflejando de manera integral el impacto de descargas domésticas, agrícolas e industriales (Larrea et al., 2022). Altos niveles de DBO y DQO son señales de contaminación orgánica significativa, que pueden causar disminución del oxígeno disuelto, afectando a la biodiversidad acuática. Su monitoreo periódico es esencial para establecer medidas correctivas y preservar el equilibrio ecológico del ecosistema fluvial (Navas et al., 2022).

En este sentido, el presente estudio tuvo como objetivo principal evaluar la calidad biológica y microbiológica del agua del río Jama a través de la determinación de parámetros clave como los coliformes fecales y totales, la demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno. La información generada pretende contribuir al diseño de estrategias de gestión hídrica sostenible, alertar sobre posibles riesgos sanitarios y promover políticas públicas basadas en evidencia científica para la conservación de los recursos hídricos de la región. Además, este trabajo busca ser un aporte a la literatura científica local, la cual aún presenta vacíos significativos respecto a la calidad del agua en cuerpos hídricos menores de la región costera ecuatoriana.

Metodología

Las pruebas biológicas y microbiológicas se llevaron a cabo en las instalaciones del laboratorio de la Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Jama, en la ciudad homónima, perteneciente a la provincia de Manabí, Ecuador. Para la recolección de muestras, se establecieron estratégicamente tres puntos de monitoreo, seleccionados en función de su relevancia geográfica e hidrológica. El primer punto (P1), denominado Sitio Potrereros, está ubicado en la zona de transición hacia las áreas montañosas, a aproximadamente 7 kilómetros río arriba del segundo punto. El segundo punto (P2) corresponde al lugar donde se realiza la captación del agua para el sistema de potabilización del cantón, localizado a unos 5 kilómetros del casco urbano. Finalmente, el tercer punto (P3) se encuentra dentro del área urbana de Jama, en las inmediaciones del puente principal de la localidad. Esta distribución permitió evaluar el comportamiento de los parámetros biológicos

y microbiológicos a lo largo del curso del río, desde zonas relativamente prístinas hasta áreas intervenidas por la actividad humana.

Las variables dependientes monitoreadas fueron las siguientes:

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): Siguiendo la metodología descrita por Cuella & Lezama (2022), se tomaron 420 mL de la muestra de agua para la evaluación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). A esta muestra se le incorporó una solución de Hidróxido de Litio como agente alcalinizante, junto con un sobre de nutriente específico para promover el crecimiento microbiano necesario en el proceso. Se introdujo un agitador magnético dentro del recipiente para asegurar una mezcla homogénea de los componentes. Posteriormente, las botellas fueron colocadas en una incubadora especializada, donde permanecieron durante cinco días a una temperatura constante de 20 °C. Este procedimiento permitió simular condiciones óptimas para la actividad bacteriana aeróbica, favoreciendo una medición precisa del consumo de oxígeno, lo cual refleja la carga orgánica biodegradable presente en la muestra.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): Se llevó a cabo aplicando el método de digestión en reactor, empleando viales de ensayo diseñados para medir concentraciones en rangos bajos. En uno de los viales se añadieron 2 mL de la muestra de agua a analizar, mientras que al vial destinado al blanco se le incorporaron 2 mL de agua desionizada, asegurando así una referencia confiable para la medición. Ambos viales fueron introducidos en el reactor térmico modelo COD LTG082.53.40001, donde permanecieron durante dos horas a una temperatura constante de 150 °C, permitiendo que ocurriera la digestión ácida necesaria para oxidar la materia orgánica presente. Una vez completada esta etapa, los tubos fueron enfriados naturalmente hasta alcanzar la temperatura ambiente. Posteriormente, se procedió a la lectura de los resultados mediante el espectrofotómetro HACH DR 3900, en el cual se estableció previamente una curva de calibración, permitiendo una interpretación precisa de los niveles de DQO en la muestra. Esta metodología garantiza una evaluación confiable de la carga orgánica total, tanto biodegradable como no biodegradable, contenida en el agua analizada (Uribe et al., 2023).

Coliformes fecales y totales: La evaluación microbiológica se efectuó utilizando el Método del Número Más Probable (NMP), específicamente adaptado para el análisis de muestras de agua, conforme a lo establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108 (Beltrán & Satuquina, 2024). El procedimiento consistió en preparar series de tubos de ensayo en formato 3x3, correspondientes a diluciones de 10, 1 y 0,1 mL, cada uno equipado con una campana de

Durham para detectar la producción de gas. Se utilizaron dos medios de cultivo: Ec Broth para la detección de coliformes fecales y Lactose Broth para coliformes totales. Ambos medios fueron preparados con estrictas condiciones de esterilidad y posteriormente esterilizados en autoclave a 121 °C durante 15 minutos. La inoculación se realizó en condiciones asépticas dentro de una cabina de flujo laminar, manteniendo la temperatura ambiente para evitar contaminación cruzada. Los tubos con Ec Broth fueron incubados en estufa a 44,5 °C por un periodo de 24 a 48 horas, mientras que los tubos con Lactose Broth se colocaron en la incubadora (WB 7) a 36,5 °C durante el mismo intervalo. Se consideraron resultados positivos aquellos tubos que presentaron simultáneamente turbidez en el medio y formación de gas dentro de las campanas de Durham, indicadores clásicos de actividad coliforme.

Resultados

Tal como se detalla en la Tabla 1, el análisis estadístico realizado mediante ANOVA reveló que los parámetros biológicos, representados por la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y el indicador microbiológico de coliformes totales, no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$), esta evidencia sugiere que dichos valores se mantuvieron relativamente constantes a lo largo de los distintos puntos de monitoreo establecidos. No obstante, se identificaron variaciones estadísticamente significativas en el caso de los coliformes fecales ($p < 0,05$), lo que pone de manifiesto una fluctuación relevante de esta variable entre los diferentes sitios de muestreo.

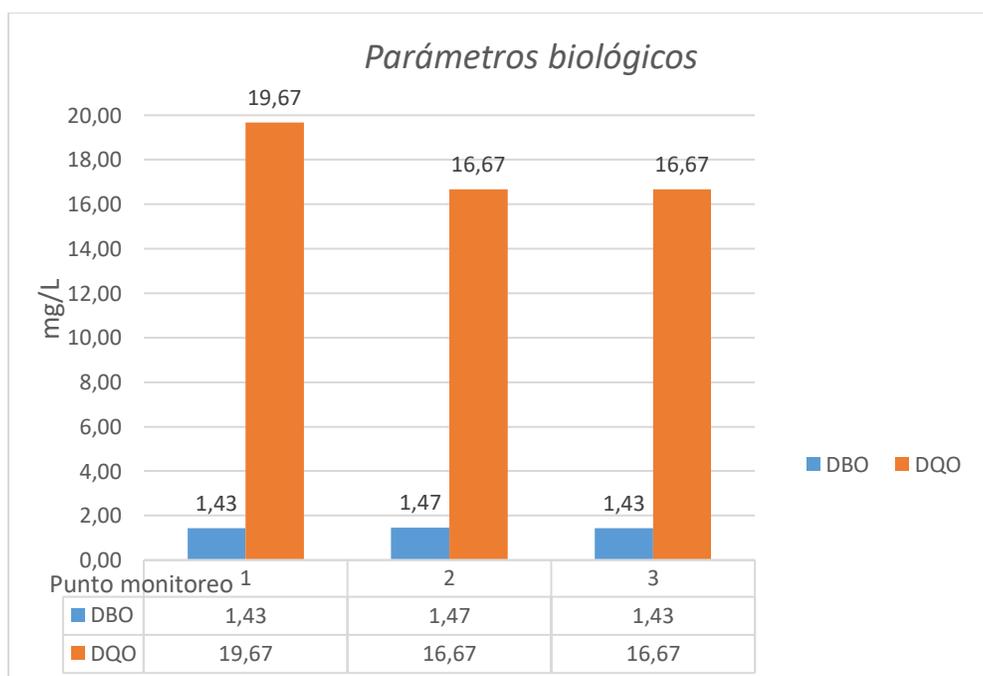
Tabla 1. Resumen resultados ANOVA

| Parámetro | F | Significancia |
|--|-------|---------------------|
| DBO | 6,156 | 0,995 ^{NS} |
| DQO | 0,341 | 0,892 ^{NS} |
| Coliformes Fecales | 0,520 | 0,006* |
| Coliformes Totales | 0,568 | 0,256 ^{NS} |
| * = Significativo NS = No significativo | | |

De acuerdo con los resultados obtenidos a través de la prueba de subconjuntos de Tukey, la Figura 1 ilustra los valores promedio registrados en los tres puntos de monitoreo establecidos para los parámetros biológicos analizados. En el Punto 1 (P1), correspondiente a una zona aguas arriba, se

identificó un valor medio de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de 1,43 mg/L y una Demanda Química de Oxígeno (DQO) de 19,67 mg/L. En el Punto 2 (P2), ubicado en la zona de captación de agua, los promedios fueron ligeramente diferentes, con una DBO de 1,47 mg/L y una DQO de 16,67 mg/L. Finalmente, en el Punto 3 (P3), situado en el centro urbano, los valores se mantuvieron estables para la DBO en 1,43 mg/L, mientras que la DQO se mantuvo en 16,67 mg/L. Estos datos reflejan una relativa uniformidad en la calidad biológica del agua entre los puntos de muestreo, sin cambios abruptos en los niveles de materia orgánica biodegradable, lo que podría interpretarse como una señal de estabilidad en la carga orgánica del ecosistema fluvial monitoreado.

Figura 1. Parámetros biológicos del río



Con base en los resultados obtenidos mediante la Prueba de Subconjuntos de Tukey, la Figura 2 presenta los valores promedio de los parámetros microbiológicos en los tres puntos estratégicos de monitoreo. En el Punto 1 (P1), correspondiente a una zona rural y menos intervenida, se registraron niveles promedio de coliformes fecales de 1966,66 NMP/100 mL y coliformes totales de 2333,33 NMP/100 mL. En el Punto 2 (P2), ubicado en el área de captación de la planta potabilizadora, los coliformes fecales disminuyeron a 1100,00 NMP/100 mL, mientras que los coliformes totales se

mantuvieron en 2333,33 NMP/100 mL. Por su parte, el Punto 3 (P3), localizado en la zona urbana del cantón Jama, mostró una reducción significativa en la concentración de coliformes fecales con un promedio de 137,66 NMP/100 mL, aunque los coliformes totales aumentaron ligeramente a 2400,00 NMP/100 mL. Estos resultados evidencian una tendencia decreciente en los coliformes fecales a lo largo del recorrido del río, lo cual podría atribuirse a procesos naturales de autodepuración o a diferencias en las fuentes de contaminación entre los tramos evaluados. No obstante, la persistencia de altos niveles de coliformes totales sugiere una carga bacteriana generalizada, posiblemente relacionada con descargas domésticas o actividades agrícolas cercanas.

Figura 2. Parámetros microbiológicos del río



Al contrastar los valores obtenidos para los parámetros químicos con los estándares establecidos en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), se evidenció que las aguas del río Jama no satisfacen los requisitos exigidos para su uso en actividades de consumo humano y doméstico a excepción del DBO. Cabe señalar que, aunque la normativa específica ciertos límites para parámetros microbiológicos, no establece de manera explícita un valor de referencia para coliformes totales, como se observa en la Tabla 2.

Tabla 2. Parámetros biológicos con criterios de calidad de agua (TULSMA)

| Parámetro | Unidad | P1 | P2 | P3 | Límite cumplimiento para consumo | Nivel de cumplimiento |
|--------------------|------------|--------|--------|--------|----------------------------------|-----------------------|
| DBO | mg/L | 1,43 | 1,47 | 1,43 | <2 | Cumple |
| DQO | mg/L | 19,67 | 19,67 | 19,67 | <4 | No cumple |
| Coliformes fecales | NMP/100 mL | 1966,0 | 1100,0 | 137,6 | 1000 | No Cumple |
| Coliformes totales | NMP/100 mL | 2333,3 | 2333,3 | 2400,0 | N/A | N/A |

Discusión

El análisis de la calidad del agua del río Jama reveló valores significativos para las variables biológicas y microbiológicas, lo cual indica un deterioro de las condiciones sanitarias y ecológicas del cuerpo hídrico. Estas variables son comúnmente empleadas como indicadores del grado de contaminación orgánica y del riesgo microbiológico para la salud pública (Him et al., 2022).

Una DBO elevada es indicativa de una alta concentración de materia orgánica biodegradable, lo que puede llevar al agotamiento del oxígeno disuelto en el agua, afectando gravemente la biodiversidad acuática (León, 2024). Este fenómeno puede estar asociado a descargas domésticas no tratadas y al arrastre de materia orgánica de actividades agrícolas, prácticas que son comunes en zonas rurales de Ecuador (Márquez et al., 2023), este puede ser el caso del río Jama que se asienta en una zona altamente agrícola y ganadera (Guillén et al., 2024).

La DQO mide la cantidad total de sustancias susceptibles de ser oxidadas químicamente, incluyendo compuestos no biodegradables (Centeno et al., 2021). Por lo tanto, una alta DQO junto con una DBO elevada sugiere la presencia tanto de contaminantes orgánicos biodegradables como de compuestos recalcitrantes, lo cual complica los procesos de depuración natural del cuerpo de agua (Masias et al., 2025), este hallazgo podría estar asociado a fuentes puntuales de contaminación fecal o a cambios en las condiciones ambientales y antrópicas a lo largo del trayecto del río (Crombet et al., 2023).

Respecto a la carga microbiológica, los valores de coliformes totales alcanzaron concentraciones permitidas por la normativa. Por su parte, los coliformes fecales superaron en algunos casos los 1000 NMP/100 mL, un valor indicativo de contaminación fecal reciente, probablemente asociada a vertidos directos de aguas residuales sin tratamiento o a infiltración desde pozos sépticos mal

gestionados (Arias et al., 2023). Esta situación representa un riesgo significativo para la salud humana, ya que estos microorganismos pueden actuar como indicadores de la presencia de patógenos entéricos como *Escherichia coli*, *Salmonella* spp y virus entéricos (Handam et al., 2024).

Conclusiones

El presente estudio sobre la calidad biológica y microbiológica del agua del río Jama permitió evidenciar importantes afectaciones en los parámetros evaluados, lo cual refleja el impacto de las actividades antrópicas en esta cuenca hidrográfica. Los niveles de Demanda Química de Oxígeno (DQO) superaron los límites recomendados por la normativa ambiental ecuatoriana (TULSMA) para agua destinada al consumo humano y recreación, lo cual indica una elevada presencia de materia orgánica biodegradable y compuestos oxidables en el agua del río.

Además, las concentraciones de coliformes fecales y coliformes totales registradas en los distintos puntos de muestreo fueron alarmantemente altas, especialmente en las zonas próximas a asentamientos humanos y actividades agrícolas, rebasando los estándares permisibles y revelando una fuerte contaminación por aguas residuales domésticas. Esta situación representa un serio riesgo para la salud pública, especialmente para las comunidades que hacen uso del río como fuente de agua o para actividades recreativas.

En conjunto, los resultados obtenidos evidencian la urgente necesidad de implementar medidas de manejo integral de la cuenca, incluyendo el tratamiento adecuado de aguas residuales, educación ambiental a la población local y monitoreos periódicos para el seguimiento de la calidad del agua. Estas acciones son fundamentales para mitigar la contaminación y preservar este recurso vital para el ecosistema y la población de Jama.

Referencias

1. Arias-Echandi, M. L., Barrantes, G., & Retana, M. (2023). Efecto de la actividad truchícola sobre la concentración de coliformes totales y *Escherichia coli* en aguas de la cuenca alta del río Savegre, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 71(1). <http://dx.doi.org/10.15517/rev.biol.trop.v71i1.52425>
2. Beltrán, J. A. C., & Satuquina, J. (2024). Comparación de la Calidad del Agua Subterránea y Superficial Mediante la Presencia de Metales Pesados en la Parroquia Juan Montalvo

- Cantón Latacunga Provincia Cotopaxi-Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 4374-4392. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13903
3. Centeno-Bordones, G., Labrador, H., Lara, G., & Jiménez, Y. (2021). Eficiencia en la reducción de materia orgánica petrolera combinando procesos de oxidación avanzada solar y el reactor biológico de una PTAR. *Ingeniería del agua*, 25(4), 257-270. <https://doi.org/10.4995/ia.2021.14874>
 4. Crombet-Grillet, S., Abalos-Rodríguez, A., Pérez-Pompa, N. E., Hernández-Nazario, L., & Castillo-Moncada, S. (2023). Variación temporal del nivel de contaminación en el río San Juan. *Revista Cubana de Química*, 35(3), 461-479. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-54212023000300461&script=sci_abstract
 5. Cuellar, A. F., & Lezama, J. F. (2022). Análisis de calidad de agua del río Chipalo por el vertimiento Santa Ana 1 y 2 utilizando el modelo Qual2k. *ITECKNE: Innovación e Investigación en Ingeniería*, 19(1), 60-60. <https://doi.org/10.15332/iteckne.v19i1.2630>
 6. Figueroa, J. M. B., Santos, L. G. S., Cusme, N. E. L., Becerra, N. M. Q., Mendoza, V. Y. P., & Obregón, L. W. M. (2024). Caracterización física del agua del río Jama, Manabí, Ecuador. *Dominio de las Ciencias*, 10(2), 74-85. <https://doi.org/10.23857/dc.v10i2.3792>
 7. Guillén, J. J. V., Orrego, L. Á. S., Mendoza, L. S. M., Haro, C. E. R., & Chica, A. L. G. (2024). Caracterización de la concentración de metales pesados en el agua del río Jama-Ecuador. *Dominio de las Ciencias*, 10(4), 534-547. <https://doi.org/10.23857/dc.v10i4.4077>
 8. Handam, N. B., Silva, R. B. D., Carvajal, E., & Sotero-Martins, A. (2024). Decaimento de patógenos (indicadores de *Escherichia coli* e *Salmonella spp.*) no solo devido a utilização de água de reúso. *Revista Ambiente & Água*, 19, e2950. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2950>
 9. Him, J., Marín, J., Montilla, D., & Herrera, R. (2024). Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua en la desembocadura del Río Suay, Mariato, Veraguas. *Centros: Revista Científica Universitaria*, 13(2), 117-133. <https://doi.org/10.48204/j.cent%C3%ADos.v13n2.a5293>
 10. Him Fábrega, J. J., Núñez, K., & González, A. (2022). CONTAMINACIÓN POR COLIFORMES Y EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL AGUA EN LAS CERCANÍAS DE LA DESEMBOCADURA DEL RÍO MARIATO, VERAGUAS,

- PANAMÁ. Revista Colegiada De Ciencia, 3(2), 90–101.
<https://revistas.up.ac.pa/index.php/revcolciencia/article/view/2855>
11. Larrea Murrell, J. A., Romeu Alvarez, B., Lugo Moya, D., & Rojas Badía, M. M. (2022). Aspectos fundamentales del monitoreo de calidad de las aguas: el río almendares como caso de estudio. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 53(2), 148-159.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2221-24502022000200148&script=sci_arttext
 12. León Chimbolema, J. G. (2024). Desarrollo de estrategias educativas basadas en el análisis físico-químico de aguas residuales en los barrios del cantón Chambo. *Revista Imaginario Social*, 7(3). <https://doi.org/10.59155/is.v7i3.214>
 13. Márquez-Pacheco, H., Leyva-Morales, J. B., Davizón-Castillo, Y. A., Ontiveros-García, L. A., & Amillano-Cisneros, J. M. (2023). Análisis de tendencia de parámetros indicadores de la calidad del agua en un embalse tropical. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 10(2). <https://doi.org/10.19136/era.a10n2.3562>
 14. Masias-Flores, S. M., Granada-Cruz, G. O., & Vera-Marmanillo, V. I. (2025). Eficiencia de rizobacterias de *Scirpus californicus* y *Typha dominguensis* en la reducción de DQO de aguas residuales bajo condiciones de laboratorio. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 41. <https://doi.org/10.20937/RICA.55026>
 15. NAVAS GALLO, N. A., Carrillo Flores, M. A., & Ortega Hernández, Y. F. (2022). Alteración de las fuentes hídricas por los vertimientos de las aguas residuales. Caso de estudio Río Chiquito, Norte de Santander Colombia. *REDS*. <https://revistas.ulatina.ac.cr/index.php/ecologia/article/view/490>
 16. Pauta, G., Vázquez, G., Abril, A., Inga, C. S. T., Sari, M. L., & Vera, A. P. (2020). Indicadores bacteriológicos de contaminación fecal en los ríos de Cuenca, Ecuador. *Maskana*, 11(2), 46-57. <https://doi.org/10.18537/mskn.11.02.05>
 17. Pérez-Gómez, G., Alvarado-García, V., Rodríguez-Rodríguez, J. A., Herrera, F., & Sánchez-Gutiérrez, R. (2021). Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua superficial del río Grande de Tárcoles, Costa Rica: un enfoque ecológico. *Cuadernos de Investigación UNED*, 13(1). <http://dx.doi.org/10.22458/urj.v13i1.3148>
 18. Uribe, L. F., Reyes, A., & Hernández, L. (2023). Calidad del agua en ríos urbanos: caso del río Fucha, Bogotá, Colombia. *Tecnología y ciencias del agua*, 14(5), 291-330. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-14-05-07>

19. Zambrano Mero, J. D., Delgado Párraga, A. G., Zambrano Mero, E. T., & Peñaherrera Villafuerte, S. L. (2022). Contaminantes biológicos presentes en fuentes de agua del centro-sur de la provincia de Manabí, Ecuador. *Siembra*, 9(2).
<https://doi.org/10.29166/siembra.v9i2.4011>

© 2025 por los autores. 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/>).