UEA Ambiental
PrePrint UEA

Sección Ambiental
Vol. AMB2324. ep22–144

| Recibido: 14/03/2024 |
| Aceptado: 15/04/2024 |
| Publicado: 20/10/2026 |

Determinar el grado de contaminación por aguas servidas e industriales en la microcuenca del río Quero del cantón Quero

Determination of the degree of contamination from domestic sewage and industrial wastewater in the Quero river micro-watershed, Quero canton.

Kelly Jazmín Aguilar Criollo[1], Ana Cristina Panimboza Peralta[1] José Aníbal Calvopiña Beltrán[1]

https://doi.org/10.59410/PREPRINT-UEA-vAMB2324ep22-144 Crossref

Resumen

El objetivo del presente estudio consistió en determinar el grado de contaminación por aguas residuales e industriales vertidas en el río Quero del cantón Quero, para lo cual, se utilizó una metodología descriptiva y deductiva, la recolección de muestras de agua se llevó a cabo en un tiempo de 4 semanas y por triplicado en tres puntos; antes del punto donde ingresan las aguas contaminadas al río y posterior al ingreso. El análisis fisicoquímico incluyó la medición de pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, temperatura, turbidez, DBO, DQO, sólidos totales, metales pesados y el análisis biológico que correspondió a la presencia de coliformes totales y fecales. Los resultados obtenidos indican que, al comparar el caudal con el volumen de la sección transversal de entrada y salida, existe un proceso natural de sedimentación de materiales, este proceso puede alterar la forma y tamaño del material con el tiempo, de igual manera se determinaron variaciones significativas en los parámetros fisicoquímicos en el área donde se realizó el estudio, relacionadas con los efluentes contaminados. Se observó una marcada influencia de aguas residuales e industriales en la concentración de metales pesados, especialmente en el punto dos de muestreo, donde se registraron los niveles más altos. Finalmente, la presencia de coliformes totales en todas las muestras indica una contaminación microbiana significativa. Estos hallazgos subrayan la urgencia de implementar medidas efectivas para controlar y mitigar la contaminación del río Quero, además, es importante fomentar la conciencia sobre el impacto de la contaminación del agua en el ecosistema acuático.

Palabras clave

contaminación, agua residual, agua industrial, parámetro fisicoquímico, metales pesados.

Abstract

The objective of the present study was to determine the degree of contamination by sewage and industrial wastewater discharged into the Quero River in the Quero canton. For this purpose, a descriptive and deductive methodology was used. Water samples were collected over a period of 4 weeks and in triplicate at three points: before, at the point where the contaminated waters enter the river, and after entry. The physicochemical analysis included measurements of pH, electrical conductivity, dissolved oxygen, temperature, turbidity, BOD, COD, total solids, heavy metals, and the biological analysis corresponded to the presence of total and fecal coliforms. The results obtained indicate that, when comparing the flow rate with the volume of the inlet and outlet cross section, there is a natural sedimentation process of materials. This process can alter the shape and size of the material over time. Similarly, significant variations were determined in the physicochemical parameters in the area where the study was conducted, related to the contaminated effluents. A marked influence of sewage and industrial wastewater was observed on the concentration of heavy metals, especially at the second sampling point, where the highest levels were recorded. Finally, the presence of total coliforms in all samples indicates significant microbiological contamination. These findings underscore the urgency of implementing effective measures to control and mitigate the pollution of the Quero River. Furthermore, it is important to promote awareness of the impact of water pollution on the aquatic ecosystem.

Keywords

pollution, sewage, industrial waters, physicochemical parameters, heavy metal.

Direcciones

[1]Universidad Estatal Amazónica. Pastaza, Ecuador. Email: Amb2017002@uea.edu.ec, Ac.panimbozap@uea.edu.ec, ja.calvopinab@uea.edu.ec

Autor para la correspondencia

Kelly Jazmín Aguilar Criollo. Universidad Estatal Amazónica. Pastaza, Ecuador. Email: Amb2017002@uea.edu.ec

Cómo citar

AGUILAR CRIOLLO, Kelly Jazmín, PANIMBOZA PERALTA, Ana Cristina and CALVOPIÑA BELTRÁN, José Aníbal 2026. Determinar el grado de contaminación por aguas servidas e industriales en la microcuenca del río Quero del cantón Quero . PrePrint UEA. Vol. AMB2324. p. ep22–144. https://doi.org/10.59410/PREPRINT-UEA-vAMB2324ep22-144

Editores Académicos Mario Javier Barrera Castro

Editorial Editorial de la Universidad Estatal Amazónica 2026

Copyright

Derechos de autor 2026 | PrePrint UEA.
Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.
Los autores del artículo autorizan a la RACYT a que este artículo sea compartido bajo las condiciones de la Licencia Creative Commons 4.0 (CC-BY 4.0).

1. Introducción

Las fuentes de agua pueden ser principalmente ríos, lagos, agua de lluvia, aguas subterráneas, entre otras. La calidad de estos fluidos es de vital importancia para el desarrollo sostenible de las comunidades, cumpliendo varios propósitos fundamentales como beber, bañarse y realizar tareas domésticas (Hasan et al., (2020). Además, el agua juega un papel vital en diferentes sectores de la economía como la ganadería, las actividades industriales, la silvicultura, la agricultura, la pesca y otras actividades recreativas (Orozco & Ocas, 2023).

Sin embargo, estas actividades antropogénicas liberan contaminantes que han generado un impacto en la calidad de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos que afectan sus usos potenciales, generando problemas para el medio

ambiente y la salud humana (Zhao et al., (2021).

En este sentido, los ríos han experimentado transformaciones significativas debido a la influencia del desarrollo humano, y es raro encontrarlos en su estado natural original (Sharma et al., (2021). El aumento de la población y las actividades económicas establecidas en las cuencas hidrográficas han tenido un impacto negativo en los recursos hídricos. Estos efectos adversos se derivan principalmente de prácticas inapropiadas e ilegales (Cerna et al., (2022).

El método más eficaz para evaluar la calidad y el estado ecológico de un cuerpo de agua es cuantificando sus parámetros fisicoquímicos (Ustaoglu et al., (2020). Así mismo, los Índices de Calidad del Agua (ICA) permitió evaluar múltiples parámetros como la concentración de contaminantes, el pH, la turbidez, la temperatura (T), sólidos totales (SST), oxígeno disuelto (OD), demanda biológica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO), parámetros que determinan la calidad del agua de manera general y clasificarla en diferentes categorías, como excelente, buena, regular o mala (Robledo, 2023).

El río Quero enfrenta un grave problema que es recibir aguas residuales sin tratamiento, lo que es preocupante dado que el cantón tiene una actividad productiva predominante en ganadería y agricultura, que representa aproximadamente el 70% de su actividad económica, en comparación con otras actividades productivas (GADM Quero, 2020).

En este sentido, el estudio desarrollado por Sanguil (2022) reveló que la calidad del agua en el río Quero se clasifica como Regular"según la escala ICA-NSF. Además, se observó que existen parámetros que se encuentran fuera de los rangos establecidos por la normativa ecuatoriana, y también se notó que durante la época de alto caudal, los niveles de contaminación tienden a aumentar, siendo las principales fuentes de contaminación antropogénica, el vertido del sistema de alcantarillado del cantón y las comunidades cercanas al lecho del río, la presencia de un relleno sanitario cerrado cerca del cauce (aunque sin evidencia de fugas de lixiviados), y las actividades agropecuarias en la zona. El objetivo principal de esta investigación fue determinar el grado de contaminación por aguas residuales e industriales en la microcuenca del río Quero del cantón Quero, utilizando la metodología descriptiva y deductiva.

2. Metodología

2.1. Localización

El río Quero, objeto de investigación, se ubica en el cantón Quero de la provincia de Tungurahua, en la Región Sierra de Ecuador y tiene su origen en los páramos del volcán Carihuairazo como río Mocha, que atraviesa el cantón Mocha. Sin embargo, al llegar al cantón Quero, su curso se ve influenciado por la quebrada Curiquingue, con una longitud aproximada de 3,7 kilómetros, hasta su confluencia con la quebrada Cotohuayco, momento en el cual cambia su nombre a río Pachanlica (GADM Quero, 2020).

En la **(Figura 1)**, se muestra el mapa hidrológico del río Quero, el cual es utilizado como punto de desecho de aguas residuales contaminadas generadas por las actividades domésticas y comerciales en la zona (GADM Quero, 2020).

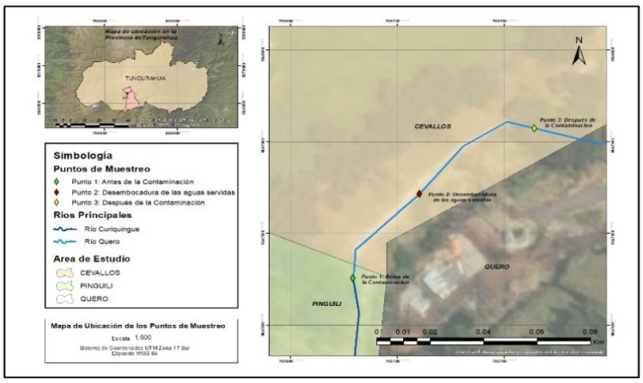


Figura 1 | Mapa Hidrológico Del Cantón Quero

2.2 Métodos

2.2.1. Tipo de investigación

Esta investigación se clasifica como descriptiva, dado que el objetivo principal es describir y analizar las características fisicoquímicas y biológicas del río en mención, para lo cual se empleó la observación, medición y recopilación de datos en el lugar de estudio.

2.2.2. Métodos de investigación

El método de investigación empleado en este estudio se basó en el enfoque deductivo, el cual implicó el desarrollo de hipótesis, como la calidad del agua y la posterior recolección y análisis de datos para validarlas, el cual permitió evaluar la calidad del agua residual generadas por las actividades domésticas y comerciales, en tres puntos del lugar de estudio.

2.2.3. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación se centró en recopilar datos tanto fisicoquímicos como biológicos para determinar la calidad del agua del río Quero, lo cual permitió abordar los objetivos de la investigación y proporcionar una visión completa de la situación ambiental en la zona de estudio.

2.3 Materiales

- Medidor de conductividad
- Medidor de pH
- Papel Tornasol
- Desecador al vacío
- Botellas de Muestreo
- Tiras medidoras de metales
- Balanza
- Balanza analítica
- Botellas de vidrio
- Medidor de oxígeno disuelto
- Incubadora De DBO

- Medidor De DBO
- Estufa De Secado
- Turbidímetro
- Láminas De Petrifilm

2.4 Procedimiento

2.4.1 Toma de muestras de agua

La toma de muestras se llevó a cabo durante cuatro semanas, período en el cual se obtuvieron las muestras de agua en los siguientes puntos:

- Punto 1. Antes del desemboque de las aguas contaminadas, este punto de muestreo se ubicó aguas arriba de la zona, donde las aguas contaminadas ingresan al río.
- Punto 2. En la zona de descarga de las aguas residuales, este punto de muestreo se ubicó en el área donde las aguas residuales e industriales ingresan al río y permitió detectar y analizar directamente el impacto de éstas.
- Punto 3. Después del ingreso de aguas contaminadas, este punto de muestreo se ubicó aguas abajo del punto crítico **(Tabla 1)**.

Punto N°	X(ESTE)	X(NORTE)
1	765703	9847900
2	765731	9847937
3	765771	9874965

Tabla 1 | Coordenadas UTM-S.17 geográficas de los puntos de muestreo

Las coordenadas geográficas correspondientes al cantón Quero en la provincia de Tungurahua, Ecuador y se sitúan en la zona 17 sur, a una altitud 2799 m.s.n.m, las cuales permiten tener una ubicación exacta de la investigación, además son elementos importantes para la planificación territorial. Estos tres puntos estratégicos de muestreo, proporcionaron una zona adecuada para la investigación sobre la calidad del agua en el cuerpo fluvial, lo que permitió identificar las fuentes y los impactos ambientales ocasionados por la descarga de las aguas residuales.

Para la toma de muestras de agua se utilizaron botellas de 500 mL color ámbar, ya que permiten proteger la muestra, mismas que fueron transportadas al laboratorio de la Unidad de Estudios Ambientales (UEA), se tomaron tres muestras por cada punto y se esperó 15 minutos entre cada muestreo; luego se evaluaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. En relación a la determinación de metales pesados y aniones, se realizaron in situ por medio de tirillas reactivas, las cuales están diseñadas para detectar la presencia y concentración de ciertos metales en el agua; sin embargo, se destaca que este método solo indica una aproximación a la concentración; por otro lado, los sólidos totales, disueltos y suspendidos, turbidez, oxígeno disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y los coliformes se efectuaron ex situ.

En relación a la espera de los resultados, el pH del agua, temperatura, conductividad eléctrica y la turbidez se obtuvieron en aproximadamente 2 minutos, mientras que para la DBO se requirió un período de 5 días de espera, y los sólidos disueltos y totales se determinaron después de 5 horas de análisis, finalmente los sólidos suspendidos se calcularon después de 2 horas.

2.4.2 Características fisicoquímicas del agua en la microcuenca del río Quero del cantón Quero

Para determinar la calidad del agua mediante el análisis de los parámetros fisicoquímicos en el laboratorio, se utilizó la metodología especificada en la **(Tabla 2)**.

Parámetros	Unidades	Metodología de Análisis
Potencial hidrógeno pH	pH	Standard Methods 4500 H+B
Conductividad Eléctrica	µS/cm	Standard Methods 2520 B
Oxígeno Disuelto	ppm	Standard Methods 4500-O+G
Temperatura	°C	Standard Methods 2520 A+B
Turbidez	NTU	Standard Methods 2130 B
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	Standard Methods 5220 BQD
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)	mg/L	Standard Methods 5510 BOD
Sólidos Totales	mg/L	2540 B Standard Methods 22 ND Ed
Sólidos Disueltos	mg/L	2540 C Standard Methods 22 ND Ed
Sólidos suspendidos	mg/L	2540 D Standard Methods 22 ND Ed
Coliformes Totales	NMP/100 mL	Standard Methods NMP

Tabla 2 | Metodología de los análisis fisicoquímicos

2.4.3 Presencia de metales pesados y aniones en el agua del río Quero

La determinación de metales pesados y aniones se efectuó a través de tirillas de medición, las cuales proporcionaron una estimación aproximada de la concentración de mercurio, nitratos, nitritos, bromuro, sulfitos y fluoruro.

2.4.4 Evaluación biológica del agua del río Quero

La determinación de coliformes totales se efectuó mediante el método del Número Más Probable (NMP) permitido en agua, como se muestra en la **(Tabla 3)**:

Parámetros	Unidades	Metodología de análisis
Coliformes totales	NMP/100 mL	Método del Número Más Probable (NMP) usando Caldo Lactosa

Tabla 3 | Metodología del análisis calidad biológica

2.5 Resultados

En la **(Figura 2)**, se muestra la ubicación de los puntos de muestreo, según se estableció en la metodología:

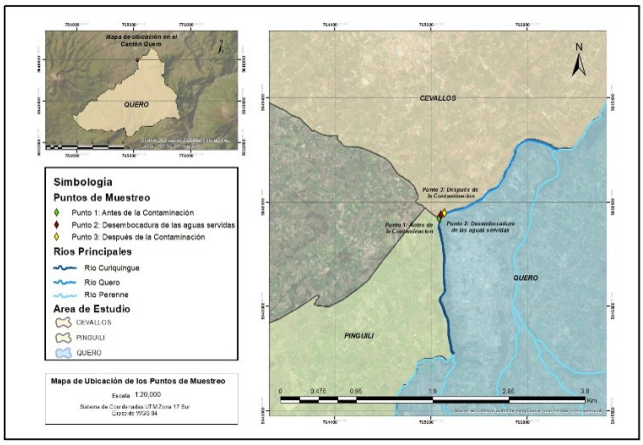


Figura 2 | Identificación de los puntos de muestreo

Con base en la información recolectada, se procedió a caracterizar el río, estableciendo los datos sobre el comportamiento hidrológico, su capacidad de transporte de agua, su velocidad de flujo y la topografía de la zona por la que atraviesa, los cuales se muestran a continuación **(Tabla 4)**:

Elemento	Valor	Unidad
Longitud	3700	m
Área	174,260,0000	m2
Ancho del rio	4,7	m3
Perfil de entrada	0,358	m2
Perfil de salida	0,353	m2
Sección transversal media	0,355	m2
Tiempo	39,8	S
Velocidad	0,093	m/s
Caudal	0,033	m3/s
Cota mayor	2960	Msnm

Tabla 4 | Caracterización del río Quero del cantón Quero

De igual manera, se procedió a establecer el perfil de la sección transversal del río, en el punto de entrada y salida, como se muestra a continuación **(Figura 3 y 4)**:

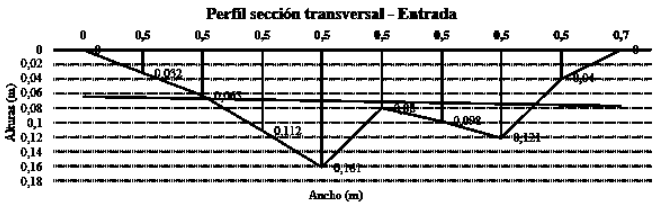


Figura 3 | Perfil sección transversal - entrada

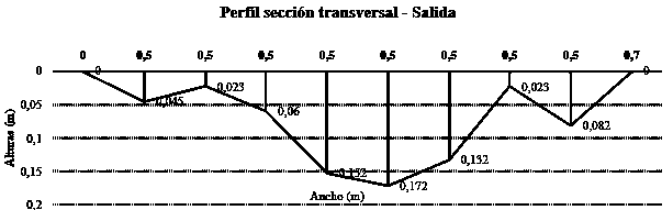


Figura 4 | Perfil sección transversal - salida

Al comparar los dos perfiles, se puede observar cómo varía el área transversal del tramo del río evaluado, identificando que el área del perfil de entrada es ligeramente superior que el de salida, lo que indica un ensanchamiento hacia el punto final del tramo, que se relaciona con un proceso natural de sedimentación de materiales en el lecho, que con el tiempo puede alterar su forma y tamaño. A continuación, se presentan los resultados correspondientes a las propiedades fisicoquímicas medidas en los tres puntos de muestreo, tomando en cuenta los criterios de la calidad del agua del Acuerdo Ministerial 097-A en lo que se refiere a los límites permisibles para el uso agrícola en riego **(Tabla 5 y 6)**:

Criterios de calidad del agua para uso agrícola riego, Acuerdo Ministerial 097-A				Resultado Obtenido		
Parámetro	Expresado	Unidad	Criterio de calidad	P1	P2	P3
Mercurio	Hg	mg/l	0,001	0,002	0,02	0,01
Coliformes Totales	NMP	NMP/100mL	1000	110,00	1.800,000	800,000
Potencial hidrógeno	PH		6-9	7,47	7,29	7,27

Tabla 5 | Comparación de resultados con el Acuerdo Ministerial 097-A

Parámetros	Unidades	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Promedio	Desviación Estándar
Potencial de Hidrógeno	pH	7,47	7,29	7,27	7,34	0,11
Conductividad Eléctrica	µS/cm	362,6	463,38	339,58	388,52	65,84
Temperatura	°C	14,3	14,78	14,53	14,54	0,24
Oxígeno Disuelto	% saturación	6,11	1,66	4,71	4,16	2,28
Turbidez	NTU	14,27	23,08	19,93	19,09	4,46
Sólidos Totales	mg/L	125,7	79,89	68,21	91,27	30,39
Sólidos Disueltos	mg/L	116,3	158,8	124	133,03	22,64
Sólidos Sedimentables	mg/L	2,1	5,25	2,5	3,28	1,71
Demanda Biológica de Oxígeno	mg/L	14,6	28	12,83	18,48	8,29
Sólidos Suspendidos	mg/L	33	99	44	58,67	35,36
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	0,156	0,179	0,078	0,14	0,05

Tabla 6 | Caracterización fisicoquímicas de las muestras del agua río Quero del cantón Quero

Los resultados de la caracterización fisicoquímica del agua del río Quero indica en el primer punto antes de la descarga existe una ligera concentración de contaminantes, el punto dos donde existe la descarga directa, se pudo verificar que hay una mayor carga de contaminantes, finalmente en el punto tres de la muestra, aguas abajo disminuye la contaminación, por lo que al momento de producirse la combinación de elementos de forma natural ocurre una interacción que puede reducir los contaminantes de forma inherente. Una vez realizada la comparación con el Acuerdo Ministerial 097-A de la **(Tabla 1)** de criterios de calidad del agua para consumo humano y doméstico al igual que la **(Tabla 4)** de

criterios de calidad del agua para riego agrícola no cumplen con los límites permisibles refiriéndonos a los tres parámetros como son: Potencial hidrógeno (PH), Metales Pesados, aniones y Coliformes Totales **(Figura 5)**.

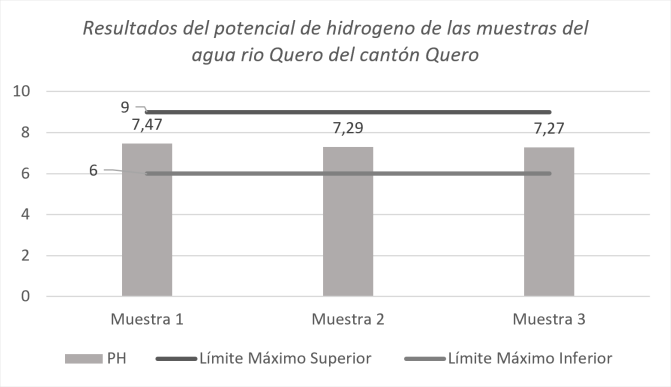


Figura 5 | Resultados del potencial de hidrógeno de las muestras del agua río Quero

Se evaluaron los valores de pH en las tres muestras, obteniendo que la muestra 1 registró un pH de 7,47, la muestra 2 de 7,29 y la Muestra 3 de 7,27, todas dentro del rango aceptable entre 6 y 9 establecido por la normativa. Sin embargo, la variación observada puede indicar fluctuaciones naturales o influencias externas en la composición química del agua **(Figura 6) (Tabla 7)**.

Parámetros	Unidades	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Mercurio (Mg)	mg/L	0,002	0,02	0,01
Nitratos (NO3)	mg/L	1	20	50
Nitritos (NO2)	mg/L	10	100	10
Bromuro (Ch3Br)	mg/L	1	10	5
Sulfito de sodio (Na2 SO3)	mg/L	10	100	80
Fluoruro (F-)	mg/L	25	200	100

Tabla 7 | Presencia de metales pesados y aniones en las muestras del agua río Quero

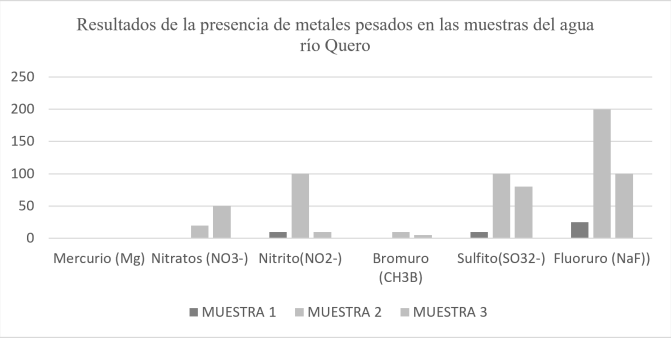


Figura 6 | Resultados de la presencia de metales pesados y aniones en las muestras del agua río Quero

Los resultados reflejan que existe un aumento en la concentración de mercurio, nitratos, nitrito, bromo, sulfito y fluoruro en el punto 2, donde se encuentra la zona de descarga del efluente, como indica una fuerte influencia de las aguas residuales en la calidad del agua del río Quero; aunque en el punto 3, aguas abajo, se observa una disminución en las concentraciones de la mayoría de los contaminantes, aún persisten niveles considerables de nitratos, sulfito y fluoruro, lo que indica un impacto significativo de la contaminación del río según menciona en el Acuerdo Ministerial 097-A **(Figura 7)**.

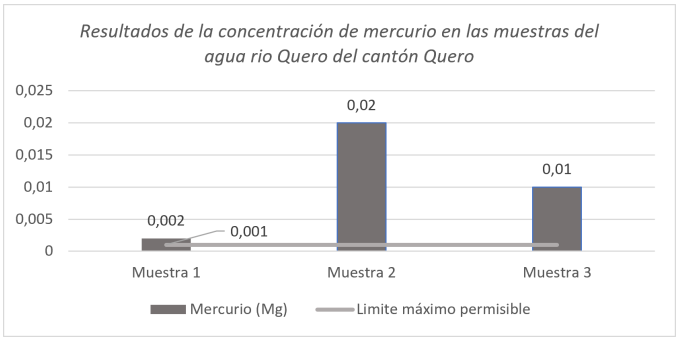


Figura 7 | Resultados de la concentración de mercurio en las muestras del agua río Quero

Los resultados de la concentración de mercurio en las muestras, exceden el límite permitido que es de 0,001 mg/L, por lo tanto, indica que todas las muestras de agua están contaminadas con mercurio por encima del nivel considerado como seguro, según los estándares del Acuerdo Ministerial 097-A aplicable, esta situación representa un riesgo para la salud humana y el medio ambiente, ya que este metal puede acumularse en los organismos vivos y causar efectos adversos **(Tabla 8) (Figura 8)**.

Coliformes fecales totales presentes	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Promedio
NMP/100 mL	110.000	1.800.000	800.000	903.333

Tabla 8 | Resultados de los coliformes totales presentes en las muestras del agua río Quero del cantón Quero

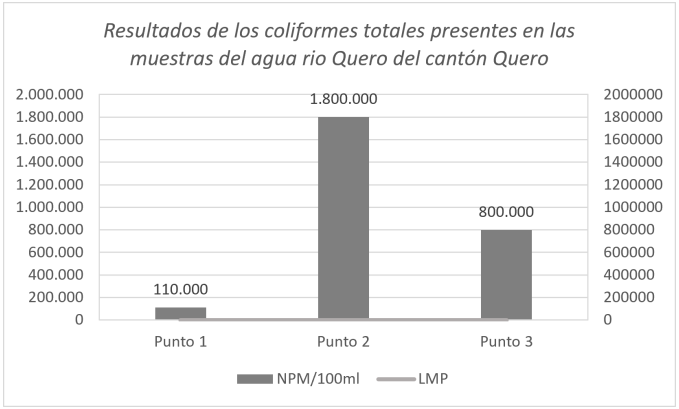


Figura 8 | Resultados de los coliformes totales presentes en las muestras del agua río Quero

Los resultados muestran niveles alarmantes de contaminantes en los tres puntos analizados, superando lo establecido en la normativa 097-A que permite la reutilización del agua para riego, evidenciando la presencia de un agua altamente contaminada. Estos resultados subrayan la necesidad de una gestión adecuada de los recursos hídricos para garantizar su seguridad y disponibilidad, especialmente en áreas propensas a la contaminación.

3. Resultados y discusión

Los resultados del presente estudio, obtenidos en la (Tabla 5) comparando con el Acuerdo Ministerial 097-A, y sus límites permisibles para consumo humano que es permitido hasta 2000 NMP/100 mL en lo que respecta a coliformes Totales y para riego agrícola con un límite de 1000 NMP/100mL, en este caso no cumple ya que está fuera de los rangos permitidos, por lo tanto no es apto para sus usos antes mencionados, por lo que se emitió las siguientes respuestas en los análisis: P1 110.000 NMP/100mL, P2 1.800.000 NMP/100mL, P3 800.000 NMP/100mL. En metales pesados y aniones especialmente en la muestra 2 se observa una elevada acumulación de mercurio, basándonos en la normativa A.M. 097 a, y en los resultados obtenidos en nuestro análisis demostrado en la (Tabla 5), podemos mencionar que estas aguas residuales no cumplen con los parámetros permisibles, por tanto, no son aptas para ninguna actividad recreacional ni para actividades agrícolas. El potencial de Hidrógeno de los tres puntos muestreados tiene un promedio de 7,34 ± 0,11, por lo que se encuentra dentro de los rangos establecidos, la conductividad eléctrica presenta un valor promedio de 388,52 ± 65,84 μS/cm, la temperatura varía por la presencia de otros cuerpos de agua, en este caso en el punto 1 antes de la descarga es inferior, punto 2 donde la temperatura tiene un valor de 14.78°C debido al efluente directo, presentan un leve aumento. En el punto 3 aguas abajo tiende a disminuir la temperatura por su oxigenación natural. La concentración de oxígeno disuelto muestra un promedio de 4,16 ± 2,28%, la turbidez promedio es de 19,09 ± 4,46 NTU, indicando la presencia de partículas en suspensión.

Los resultados en comparación del estudio realizado en el río Quero, y según la investigación de Sanguil (2022), demuestran una similitud con el parámetro como el potencial de hidrógeno (PH) 7.9 y en este caso la temperatura 12.8 °C, oxígeno disuelto 7.52, varían por diferentes factores como precipitación, ubicación geográfica e hídrica y relieve provocando un cambio en sus propiedades físicas, en los parámetros microbiológicos como coliformes fecales presenta un valor de 773.89 NMP/100 mL, de igual manera existe una gran diferencia ya que en el periodo del 2022 que menciona el autor cumple con los límites permisibles, y en la actualidad se pudo contrastar un aumento significativo de los mismo ya que esta carga contaminante aún no ha sido tratada. Según Toapanta & Mejía (2022), en el estudio del río Chibunga, menciona que la turbidez tiene un promedio de 16.72 NTU, que se da por el resultado de la erosión del suelo, la actividad humana como la agricultura o la deforestación y sedimentos.

De igual manera, en el estudio de Pérez & Garcés (2021) el cual tuvo como objetivo evaluar el efecto de las actividades humanas en las características fisicoquímicas del río Ambato a lo largo de un período de dos años, se obtuvo que los niveles de varios parámetros fisicoquímicos como oxígeno disuelto, turbidez, fosfatos, color, sólidos suspendidos y metales pesados como cadmio, níquel, plomo y magnesio superaron los límites permisibles establecidos dentro de la norma TULSMA, lo que sugiere una calidad regular y mala del agua en las diferentes zonas muestreadas, debido principalmente a descargas de aguas domésticas e industriales.

La contaminación de las fuentes de agua por metales pesados se ha convertido en una importante preocupación ambiental mundial, que amenaza tanto a los ecosistemas acuáticos como a la salud humana (Hama et al., (2023). Asimismo, se ha determinado la presencia de metales como el zinc y el cobre, puesto que sobrepasan los límites recomendados, en el 94% y 89% de los ríos de Quito (El Comercio, 2020). Esto indica que algunas de las concentraciones, dependiendo de los sitios de muestreo, se encuentran incluso por debajo del límite máximo permisible para aguas de consumo humano y uso doméstico, establecido en 1 μg/L según el TULAS, esta disminución de la concentración de mercurio podría atribuirse al paso de fenómenos climáticos que actúan como procesos de limpieza, eliminando contaminantes. En cuanto a la investigación realizada en el río Quero en lo que se refiere a contaminantes tóxicos predomina el mercurio con mayor concentración en el punto 2 con un valor de 0.02 mg/L, donde sobrepasa el límite requerido de 0.001 mg/L según el Acuerdo Ministerial 097-A.

En relación a los análisis microbiológicos del río Quero, los resultados señalan que no cumplen con los parámetros microbiológicos establecidos en la norma NTE INEN 1108:2020, comparando con el estudio desarrollado en la Universidad San Francisco de Quito (USFQ) sobre la contaminación de los ríos en Ecuador, de 12 ríos en diferentes regiones del país, incluyendo la Costa, la Sierra y la Amazonía; revelaron que todos los ríos presentaron niveles elevados de Escherichia Coli y coliformes totales, superando los límites máximos establecidos por las regulaciones internacionales y ecuatorianas (El Oriente, 2021). Comparación que demuestra que los ríos de la región andina sobrepasan los límites permisibles establecidos en la normativa ecuatoriana, este alto grado de contaminación se debe a la cantidad de materia orgánica e inorgánica presente en los efluentes producto de las actividades agrícolas, ganaderas, domésticas e industriales, elementos que afectan la calidad del agua de los ríos, inhabilitando su aprovechamiento.

4. Conclusiones

Los resultados de la caracterización del río Quero en el cantón Quero indican que actualmente la calidad del agua es deficiente debido a los altos niveles de contaminación, observando variaciones considerables en las propiedades fisicoquímicas en los puntos de muestreo, con niveles moderados de pH ligeramente alcalino y valores medios de conductividad eléctrica. Sin embargo, se destacan cambios significativos en los niveles de oxígeno disuelto, con valores que oscilan entre el 1,66% y el 6,11%, indicando posibles diferencias en la calidad del agua a lo largo del río.

En cuanto a la presencia de los metales pesados y aniones, presentaron valores elevados de mercurio, nitratos, nitrito, bromuro, sulfito y fluoruro, debido a la desembocadura del efluente y basándonos en los análisis de aguas abajo se pudo apreciar una ligera disminución de éstos, esto se debe a la depuración natural del río.

Los análisis microbiológicos revelaron la presencia de coliformes totales en los tres puntos de muestreo, con valores que superan ampliamente los límites permitidos por las regulaciones. En particular, el punto 2 muestra el valor más alto,

con una concentración de 1.800.000 NMP/100 mL, mientras que el punto más bajo registra 110.000 NMP/100 mL.

Los resultados obtenidos en nuestro estudio y contrastado con otros autores que realizaron investigaciones similares en ríos de la región, demostramos que sus aguas no son aptas para la reutilización y que estos deben tener una mejor atención y aplicación de la Legislación Ambiental ecuatoriana, tanto local como regional, y así lograr una considerable mitigación de los impactos ambientales que ocasionan a los ecosistemas acuáticos, para garantizar la seguridad y disponibilidad del agua en la región.

Contribuciones de los autores

Kelly Jazmín Aguilar Criollo: Adquisición, y análisis de los datos; redactó el manuscrito, aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Ana Cristina Panimboza Peralta: Adquisición, y análisis de los datos; redactó el manuscrito, aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

José Aníbal Calvopiña Beltrán: Concepción del trabajo; aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Todos los autores aporbaron la version enviada y editada.[0.5em]

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

5. Referencias

ABRIL, R.,et al. Calidad de agua del río Puyo y afluentes, Pastaza, Ecuador. Tecnología y Ciencias del Agua [en línea]. 2021, vol. 12, núm. 3. [consulta: 03-03-2024]. Disponible en: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7915867

CERNA, A., et al. Calidad de agua para riego en la cuenca Huallaga, Perú. Scientia Agropecuaria [en línea], 2022, vol. 13, núm 4. [consulta: 03-03-2024]. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172022000300239

DELOYDE, C., & MABEE, W. Environmental Governance. International Encyclopedia of Human Geography [en línea]. 2020, pp. 1-6 [consulta: 03-03-2024]. Disponible en: https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102295-5.10009-5

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS (USDA). El agua y Hidrográficas, s.f.. [consulta: 03-03-2024]. Disponible en: https://www.fs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb5338930.pdf

DURÁN LASCANO, J. Diagnosticar la contaminación por Mercurio (Hg) en aguas y sedimentos de ríos que reciben efluentes de la minería de oro en los sectores de Nambija, Ponce Enríquez y Portovelo [Tesis de Pregrado, Universidad de Fuerzas Armadas ESPE], 2020 [consulta: 03-03-2024]. Disponible en: http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/785

EL COMERCIO. Ríos de Pichincha tienen metales y contaminantes, 2020. [consulta: 03-03-2024]. Disponible en: https://www.elcomercio.com/tendencias/investigacion-rios-pichincha-metales-contaminantes.html

EL ORIENTE. Los ríos de Ecuador están contaminados con coliformes. 2021 [consulta: 03-03-2024]. Disponible en: https://www.juiciocrudo.com/articulo/los-rios-de-ecuador-estan-contaminados-con-coliformes/18413

EL UNIVERSO. Presencia de metales pesados en los ríos de Santo Domingo de los Tsáchilas. 2017 [consulta: 03-03-2024]. Disponible en: https://www.eluniverso.com/vida/2017/10/08/nota/6420019/presencia-metales-pesados-rios-santo-domingo/

GADM QUERO. Plan de Desarrollo de Ordenamiento Territorial del Cantón Santiago de Quero. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Aguarico, 2020. [consulta: 03-03-2024]. Disponible en: https://www.quero.gob.ec/ordenanzas/

HAMA, K., et al. Heavy metal pollution in the aquatic environment: efficient and low-cost removal approaches to eliminate their toxicity: a review. RSC Adv. [en línea]. 2023, vol. 13, núm 26, pp. 17595–17610 [consulta: 03-03-2024]. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10258679/

HASAN, M., AHMED, M., & SHAFIQUZZAMAN, M. Water quality indices to assess the spa-tiotemporal variations of Dhaleshwari river in central Bangladesh. Environmental and Sustainability Indicators [en línea]. 2020, vol. 8 [consulta: 03-03-2024]. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.indic.2020.100068

HASSAN, N. Water Quality Parameters. Intechopen, 2019. doi:10.5772/intechopen.89657

MINISTERIO DEL AMBIENTE, AGUA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA. Acuerdo Ministerial 097-A, 30 de julio de 2015. Ecuador. Anexos del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA). Edición Especial Registro Oficial. Nº 387, 4 de noviembre de 2015.

OROZCO, C., & OCAS, M. Aquatic Macroinvertebrates as Bioindicators of Water Quality: A Study of an Ecosystem Regulation Service in a Tropical River. Ecologies [en línea]. 2023, vol 4, núm 2, pp. 209-228 [consulta: 03-03-2024]. Disponible en: https://doi.org/10.3390/ecologies4020015

OSORIO, M. et al.. La calidad de las aguas residuales domésticas. Pol. Con., 2021, 6(3), 228-245. doi:10.23857/pc.v6i3.2360

PÉREZ, L., & GARCÉS, M. Efecto de las actividades antrópicas sobre las características fisicoquímicas del río Ambato. [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Ambato] 2021 [consulta: 03-03-2024]. Disponible en:https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/34004

ROBLEDO, J. Evaluación del Índice de Calidad de Agua ICA-NSF en las microcuencas del Parque Nacional Río Dulce como herramienta en la gestión integral del manejo sustentable, Livingston, Izabal, Guatemala, Centroamérica. Tecnología en Marcha [en línea]. 2023, vol. 36, núm 1, pp. 106-116 [consulta: 03-03-2024]. Disponible en: https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/6241/6342

SANGUIL, B. Evaluación de la calidad del agua mediante el índice de calidad de agua ica-nsf del río quero, cantón Quero [Tesis de Pregrado, Universidad Internacional Sek], 2022 [consulta: 03-03-2024]. Disponible en:https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4580/1/Sanguil%20Medina%20%20Byron%20Sebastian.pdf

SHARMA, V., et al. Assessment of water quality using different pollution indices and multivariate statistical techniques. Heavy Metals in the Environment [en línea]. 2021, pp. 165-178 [consulta: 03-03-2024]. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128216569000092?via%3Dihub

SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Normatividad ambiental, s.f. consulta: 03-03-2024.Disponible en: https://propaem.edomex.gob.mx/normatividad_ambiental

SINGH, B., CHAKRABORTY, A., & SEHGAL, R. A systematic review of industrial wastewater management: Evaluating challenges and enablers. Journal of Environmental Management [en línea]. 2023, vol 348. [consulta: 03-03-2024]. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479723020182

SINGH, S. Chapter 3 - Water pollution in rural areas: Primary sources and associated health issues. Water Resources Management for Rural Development Challenges and Mitigation [en línea]. 2024, pp. 29-44. [consulta: 03-03-2024]. Disponible en: https://doi.org/10.1016/B978-0-443-18778-0.00011-8

SYEED, M., et al. Surface water quality profiling using the water quality index, pollution index and statistical methods: A critical review. Environmental and Sustainability Indicators, 2023, vol. 18 [consulta: 03-03-2024]. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.indic.2023.100247

TOAPANTA, J., & MEJÍA, A. Evaluación de la calidad de agua en un tramo de la microcuenca del río Chibunga, utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores e índice ICA-NSF [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo], 2022 [consulta: 03-03-2024]. Disponible en: http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9009

USTAOGLU, F., TEPE, Y., & TAS, B. Assessment of stream quality and health risk in a subtropical Turkey river system: A combined approach using statistical analysis and water quality index. Ecological Indicators [en línea]. 2020, vol. 113, pp. 1-9 [consulta: 03-03-2024]. Disponible en: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1470160X1930809X

ZHAO, E., KUO, Y., & CHEN, N. Assessment of water quality under various environmentalfeatures using a site-specific weighting water quality index. Science of The Total Environment [en línea]. 2022, vol. 783 [consulta: 03-03-2024]. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146868