



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v11i1.4260>

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

*Calidad del agua y enfoques de control en contaminantes de la cuenca alta del río
Portoviejo*

*Water quality and control approaches for contaminants in the upper basin of the
Portoviejo River*

*Qualidade da água e abordagens de controle de contaminantes na bacia superior
do rio Portoviejo*

Keyner Joshue Pincay Proaño ^I

kpincay8200@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0009-7729-2957>

Angel Manuel Prado Prado ^{II}

aprado4009@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0009-1312-601X>

Julio Benito Intriago Flores ^{III}

julio.intriago@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-0822-8184>

Correspondencia: kpincay8200@utm.edu.ec

***Recibido:** 26 de diciembre de 2024 ***Aceptado:** 21 de enero de 2025 * **Publicado:** 08 de febrero de 2025

- I. Estudiante de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Departamento de Construcciones Civiles, Arquitectura y Geología, Portoviejo, Manabí, Ecuador.
- II. Estudiante de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Departamento de Construcciones Civiles, Arquitectura y Geología, Portoviejo, Manabí, Ecuador.
- III. Docente, Magíster en Hidráulica en Gestión de Recursos Hídricos, Ingeniero Civil, Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Departamento de Construcciones Civiles, Arquitectura y Geología, Portoviejo, Manabí, Ecuador.

Resumen

La calidad del agua en la cuenca alta del río Portoviejo, ubicada en Manabí, Ecuador, es esencial para actividades humanas y ecológicas, como suministro de agua potable, riego, actividades industriales y recreativas. Esta zona enfrenta desafíos significativos debido a la contaminación causada por desechos domésticos, agrícolas e industriales. La investigación evalúa la calidad del agua mediante el Índice de Calidad del Agua (ICA-NSF), que mide parámetros clave como coliformes fecales, oxígeno disuelto, pH, nitratos, fosfatos, y demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), entre otros.

El estudio abarca cuatro puntos estratégicos: la presa Poza Honda, el puente de Ayacucho, el puente del cantón Santa Ana y el puente del Cady. Los resultados revelan contaminación orgánica, altos niveles de coliformes fecales y variaciones en parámetros como DBO5, fosfatos y oxígeno disuelto. Estos hallazgos indican el impacto de actividades humanas, como vertidos ilegales y uso excesivo de fertilizantes, sobre la calidad del agua.

Además, el análisis muestra que la calidad del agua varía a lo largo de la cuenca, desde niveles aceptables en ciertos puntos hasta condiciones deficientes en otros, según los estándares del ICA. La investigación subraya la necesidad de medidas de control y mitigación para garantizar un suministro de agua seguro y proteger el ecosistema acuático.

Este trabajo destaca la importancia del monitoreo continuo y el desarrollo de estrategias para reducir la contaminación y preservar la calidad del agua en beneficio de las comunidades locales y el medio ambiente.

Palabras clave: agua; calidad; enfoque; contaminantes.

Abstract

The quality of water in the upper basin of the Portoviejo River, located in Manabí, Ecuador, is essential for human and ecological activities, such as drinking water supply, irrigation, industrial and recreational activities. This area faces significant challenges due to pollution caused by domestic, agricultural and industrial waste. The research evaluates water quality using the Water Quality Index (WQI-NSF), which measures key parameters such as fecal coliforms, dissolved oxygen, pH, nitrates, phosphates, and biochemical oxygen demand (BOD5), among others.

The study covers four strategic points: the Poza Honda dam, the Ayacucho bridge, the Santa Ana canton bridge and the Cady bridge. The results reveal organic contamination, high levels of fecal coliforms and variations in parameters such as BOD5, phosphates and dissolved oxygen. These

findings indicate the impact of human activities, such as illegal dumping and excessive use of fertilizers, on water quality.

Additionally, the analysis shows that water quality varies throughout the basin, from acceptable levels in certain points to poor conditions in others, according to ICA standards. The research highlights the need for control and mitigation measures to ensure a safe water supply and protect the aquatic ecosystem.

This work highlights the importance of continuous monitoring and developing strategies to reduce pollution and preserve water quality for the benefit of local communities and the environment.

Keywords: water; quality; approach; pollutants.

Resumo

A qualidade da água da bacia superior do rio Portoviejo, localizada em Manabí, Equador, é essencial para atividades humanas e ecológicas, como abastecimento de água potável, irrigação, atividades industriais e recreativas. Esta área enfrenta desafios significativos devido à poluição causada por resíduos domésticos, agrícolas e industriais. A pesquisa avalia a qualidade da água por meio do Índice de Qualidade da Água (IQA-NSF), que mede parâmetros-chave como coliformes fecais, oxigênio dissolvido, pH, nitratos, fosfatos e demanda bioquímica de oxigênio (DBO5), entre outros.

O estudo abrange quatro pontos estratégicos: a barragem Poza Honda, a ponte Ayacucho, a ponte do cantão de Santa Ana e a ponte Cady. Os resultados revelam contaminação orgânica, altos níveis de coliformes fecais e variações em parâmetros como DBO5, fosfatos e oxigênio dissolvido. Estas conclusões indicam o impacto das atividades humanas, como o despejo ilegal e o uso excessivo de fertilizantes, na qualidade da água.

Além disso, a análise mostra que a qualidade da água varia ao longo da bacia, desde níveis aceitáveis em certos pontos até condições precárias noutros, de acordo com os padrões do ICA. A investigação destaca a necessidade de medidas de controle e mitigação para garantir um abastecimento de água seguro e proteger o ecossistema aquático.

Este trabalho destaca a importância do monitoramento contínuo e do desenvolvimento de estratégias para reduzir a poluição e preservar a qualidade da água em benefício das comunidades locais e do meio ambiente.

Palavras-chave: água; qualidade; abordagem; poluentes.

Introducción

La calidad del agua hace referencia al estado del recurso hídrico en relación con las necesidades tanto ecológicas como humanas. En la cuenca alta del río Portoviejo, ubicada en la provincia de Manabí, Ecuador, este tema es crucial debido a que este recurso se utiliza para el suministro de agua potable, riego agrícola, actividades industriales y recreativas. La calidad del agua es un componente esencial para la salud pública y el bienestar ambiental, especialmente en regiones donde las actividades humanas pueden impactar negativamente los recursos hídricos. (Chevasco Figueroa & García Bermello, 2022)

El río Portoviejo, que atraviesa cuatro cantones de la provincia de Manabí en Ecuador, es una fuente vital de agua para los habitantes de la región, utilizada en diversas actividades cotidianas (Andrade-Carreño et al., 2025). Sin embargo, a lo largo de los años, este recurso hídrico ha enfrentado un deterioro significativo en su calidad, lo que ha suscitado preocupaciones sobre la salud pública y el medio ambiente. (Guambo et al., 2022) Esta es una zona predominantemente agrícola, lo que la hace susceptible a la contaminación. La investigación realizada por Chevasco Figueroa & García Bermello (2022) destaca la importancia de monitorear la calidad del agua y la necesidad de implementar medidas para mitigar la contaminación, asegurando así la salud ambiental y pública en la región.

La cuenca alta del río Portoviejo, iniciada en la presa de Poza Honda de Santa Ana, es vital para el suministro de agua potable y el apoyo a actividades agrícolas y ganaderas (Casanova-Ruiz et al., 2024). La presa regula el flujo hídrico y mitiga los efectos de sequías e inundaciones, lo que subraya la importancia de preservar la calidad del agua en esta región. Este estudio se centrará en evaluar la calidad del agua y desarrollar estrategias de control de contaminantes para proteger tanto el medio ambiente como a las comunidades dependientes del río de la cuenca alta del río Portoviejo.

Las fuentes de agua superficial son susceptibles a la contaminación tanto por causas naturales, como el arrastre de materiales particulados y disueltos y la presencia de materia orgánica, como por actividades humanas, que incluyen descargas de aguas residuales domésticas, escorrentía agrícola y efluentes industriales. La degradación de estas fuentes impacta directamente en el riesgo sanitario y en el tipo de tratamiento necesario para asegurar la calidad del agua. Evaluar la calidad del agua es crucial para implementar acciones de control y mitigación, garantizando así un suministro seguro de agua (Quiñones Huatangari, et al., 2020). El Índice de Calidad del Agua (ICA) permite analizar parámetros físicos, químicos y biológicos para determinar la condición del agua, es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua existentes siendo diseñado en 1970, y puede ser

Calidad del agua y enfoques de control en contaminantes de la cuenca alta del río Portoviejo

utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río además de comparar lo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no. Este índice utiliza estándares del ICA-NSF, los cuales son reconocidos por su efectividad en la evaluación de la calidad de las aguas fluviales. Un aspecto crítico en este análisis es la contaminación del río, ya que tiene un impacto adverso significativo tanto en el ecosistema como en el bienestar de la población (García González, Osorio Ortega, Saquicela Rojas, Cadme, 2021).

Para la determinación del “ICA” interviene 9 parámetros, los cuales son: Coliformes Fecales (en NMP/100 mL) , pH (en unidades de pH) , Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO5 en mg/L) , Nitratos (NO3 en mg/L) ,Fosfatos (PO4 en mg/L) , Cambio de la Temperatura (en °C) , Turbidez (en FAU) ,Sólidos disueltos totales (en mg/ L)

El “ICA” adopta para condiciones óptimas un valor máximo determinado de 100, que va disminuyendo con el aumento de la contaminación y el curso de agua en estudio. Posteriormente al cálculo el índice de calidad de agua de tipo “General” se clasifica la calidad del agua con base a la siguiente tabla:

Tabla 1: Clasificación de la Calidad del Agua según el Índice de Calidad del Agua (ICA)

VALOR DEL ICA	CALIDAD DEL AGUA	DESCRIPCIÓN	ESCALA DE COLOR
91-100	Excelente	Apta para consumo humano sin tratamiento previo.	
71-90	Buena	Requiere un tratamiento mínimo para el consumo humano.	
51-70	Aceptable	Usos domésticos con tratamiento previo.	
26-50	Deficientes	No apta para consumo humano, pero se puede usar para agricultura.	
0-25	Muy deficiente o peligrosa	No apta para ningún uso.	

Fuente:(Samboni et al. 1991)

Elaborado por: Pincay k, Prado A.,2024

Calidad del agua y enfoques de control en contaminantes de la cuenca alta del río Portoviejo

Como se mencionó anteriormente, la ecuación del ICA genera un valor entre 0 y 100, que califica la calidad del agua, a partir del cual y en función del uso del agua, permite estimar el nivel de contaminación de un cuerpo de agua. Para calcular el ICA se realiza mediante la aplicación de la siguiente ecuación (1)

$$ICA - NSF = \sum_{i=1}^9 SI_i * W_i \quad (1)$$

Dónde:

ICA-NSF: Índice de Calidad de Agua método NSF

Si: Subíndice del parámetro i

Wii: Pesos relativos asignados a cada parámetro (Si), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno.

La asignación de pesos a los diferentes parámetros en los índices de calidad del agua se basa en su sensibilidad a distintos tipos de contaminantes y su relevancia para los usos del agua. Parámetros como el oxígeno disuelto, los coliformes fecales y la DBO, al estar estrechamente relacionados con procesos biológicos fundamentales y la salud de los ecosistemas acuáticos, suelen recibir mayor ponderación. Esta ponderación permite obtener una evaluación más precisa del estado trófico del cuerpo de agua.

Los pesos de los diversos parámetros son:

Tabla 2: Pesos relativos para cada parámetro del "ICA"

	SUB _I	W _I
I.	Coliformes Fecales	0.15
II.	pH	0.11
III.	DBO5	0.13
IV.	Nitratos	0.10
V.	Fosfatos	0.10
VI.	Temperatura	0.10
VII.	Turbidez	0.06
VIII.	Sólidos Disueltos Totales	0.08
IX.	Oxígeno Disuelto	0.17

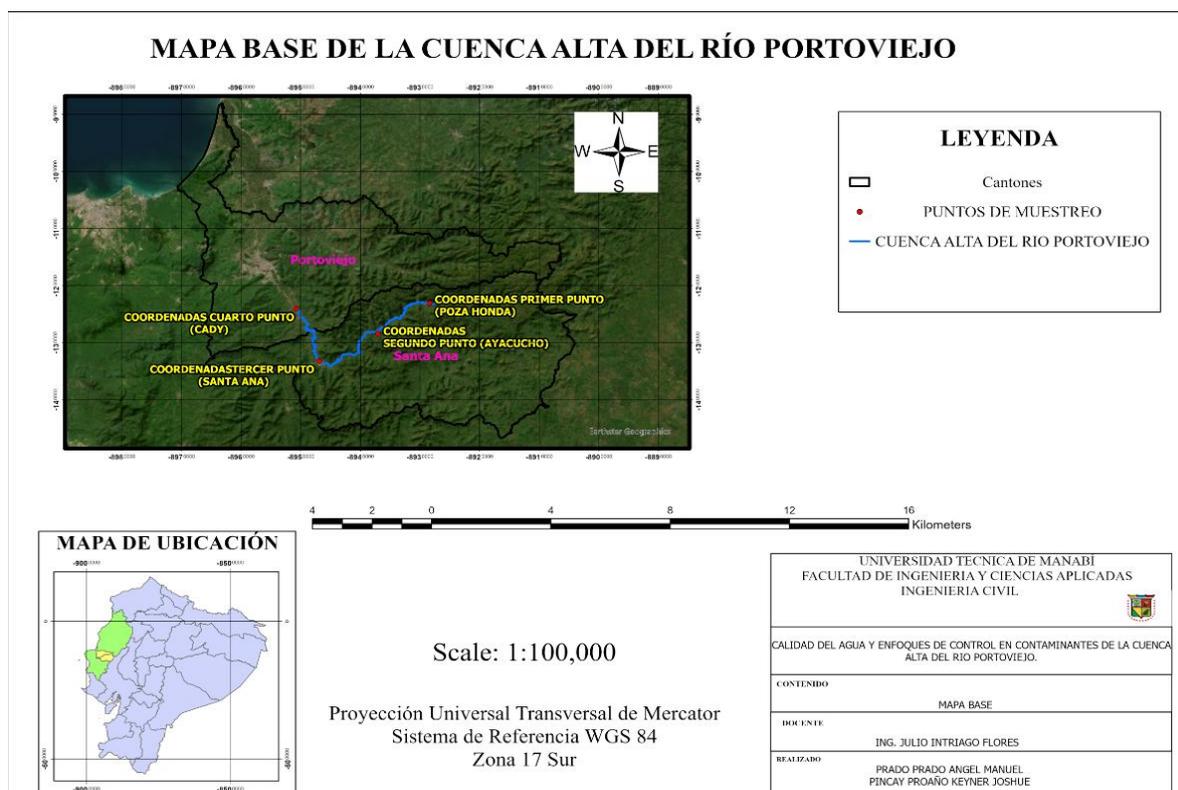
Fuente: (Servicio Nacional de Estudios Territoriales)

Elaborado por: Pincay K, Prado A., 2024

Metodología

Según Quiroz Fernández, Izquierdo Kulich & Menéndez Gutiérrez (2017) la calidad de las aguas fluviales se ve afectada negativamente, principalmente porque se utilizan como receptores de los desechos provenientes de áreas urbanas, zonas industriales, actividades agrícolas y escorrentías. Evaluar la calidad del agua de un río implica medir el nivel, la magnitud o la intensidad de la contaminación presente, la cual puede tener origen físico, químico o biológico, así como la capacidad del ecosistema para restaurar de manera natural sus condiciones originales antes de ser alterado por el contaminante. Estos aspectos permiten integrar la relevancia del estudio para garantizar la estabilidad y funcionalidad del ecosistema. En base a esto, se determinaron cuatro sitios estratégicos en la parte alta de la cuenca del río Portoviejo. En estos puntos seleccionados, se realizaron los nueve ensayos correspondientes del ICA-NSF, los cuales se pueden visualizar en una imagen satelital generada a través de Google Earth Pro.

Imagen 1: Ilustración satelital que muestra la localización de los cuatro sitios de muestreo



Elaborado por: Pincay K, Prado A., 2024

Calidad del agua y enfoques de control en contaminantes de la cuenca alta del río Portoviejo

A continuación, se presentan las coordenadas correspondientes a las zonas de muestreos en sistema UTM.

Tabla 4: Detalle de las coordenadas correspondientes a los puntos ubicados en la zona de muestreo

MUESTREO	UBICACIÓN	COORDENADAS (UTM)	NOTA O COMENTARIO
1	Represa poza honda. Punto de descarga - Parroquia Honorato Vázquez. (Cantón Santa Ana)	588422 9876970	La recolección de muestra se llevó a cabo en el mes de septiembre del 2024.
2	Puente vía la Unión - Parroquia Ayacucho. (Cantón Santa Ana)	579771 9871637	La recolección de muestra se llevó a cabo en el mes de septiembre del 2024.
3	Puente de Santa Ana (Cantón Santa Ana)	569964 9866846	La recolección de muestra se llevó a cabo en el mes de septiembre del 2024.
4	Puente del Cady - Parroquia Colón. (Cantón Portoviejo)	566099 9875983	La recolección de muestra se llevó a cabo en el mes de septiembre del 2024.

Elaborado por: Pincay K , Prado A .,2024

Materiales y equipos

Se dividió la toma de muestras en dos tipos: aquellas efectuadas en el lugar y las que se analizarían en el laboratorio. En la tabla siguiente se especifican los detalles, destacando la importancia del uso de diferentes instrumentos y materiales necesarios para medir los parámetros analíticos.

Tabla 5: Métodos y Equipamientos aplicados en la toma de muestras

No	Parámetros	Unidades	Sitio	Instrumentos o equipo	Método
11	DBO5	mg/L	Laboratorio	Incubadora marca HACH Espirómetro marca HACH	APHA 5210 D
22	Coliformes Fecales	NMP/100m L	Laboratorio	Incubadora, Cabina de flujo laminar, Mechero Bunsen	APHA 9223 B
33	Temperatura	°C	In situ	Multiparámetro con 2 sondas marca HACH	APHA 2550 B
44	Fosfatos	mg/L	Laboratorio	Espectrofotómetro Kit de reactivos para fosfatos.	APHA 4500 P
55	Oxígenos disueltos	%	In situ	Multiparámetro con 2 sondas marca HACH	APHA 4500-O G
66	Nitratos	mg/L	Laboratorio	Espectrofotómetro Kit de reactivos para nitratos.	HACH 8039
77	pH	-	In situ	pH metro marca HACH SENSON Ionl	APHA 4500 B
88	Sólidos totales disueltos	mg/L	In situ	Multiparámetro con 2 sondas marca HACH	APHA 2510 B
99	Turbidez	NTU	Laboratorio	Turbidímetro marca HACH	APHA 2130 B

Fuente: (Johnny P, Leandro R, Julio I.,2023) Elaborado por: Pincay K, Prado A.,2024

Resultados

Al concluir la recopilación de los datos de las muestras de agua obtenidas in situ y analizadas en laboratorio, se procedió al cálculo de los 9 parámetros del ICA-NSF, para ello se hizo uso de la ecuación 1, dándonos así los resultados de la calidad de agua en cada punto donde se realizó la obtención de las muestras de la cuenca alta del río Portoviejo, mismos que se presentan en la tabla 6.

Tabla 6: Valores de concentración de parámetros contemplando para la obtención del ICA

No	Parámetros	Unidades	Punto1	Punto2	Punto3	Punto4	Wi
1	DBO5	mg/L	9,60	17,60	19,20	12,60	0.13
2	Coliformes Fecales	NMP/100m L	9.200,00	9.200,00	16.000,00	16.000,00	0.15
3	Temperatura	°C	9,60	9,10	4,50	1,30	0.10
4	Fosfatos	mg/L	0,39	0,25	0,42	0,63	0.10
5	Oxígenos Disueltos	% Saturación	53,70	92,40	99,20	96,40	0.17
6	Nitratos	mg/L	0,60	0,50	0,80	0,50	0.10
7	pH	Unidad pH	7,27	7,36	7,51	7,37	0.11
8	Sólidos Totales Disueltos	mg/L	92,20	101,10	136,90	465,00	0.008
9	Turbidez	NTU	0,62	3,46	7,30	16,70	0.06

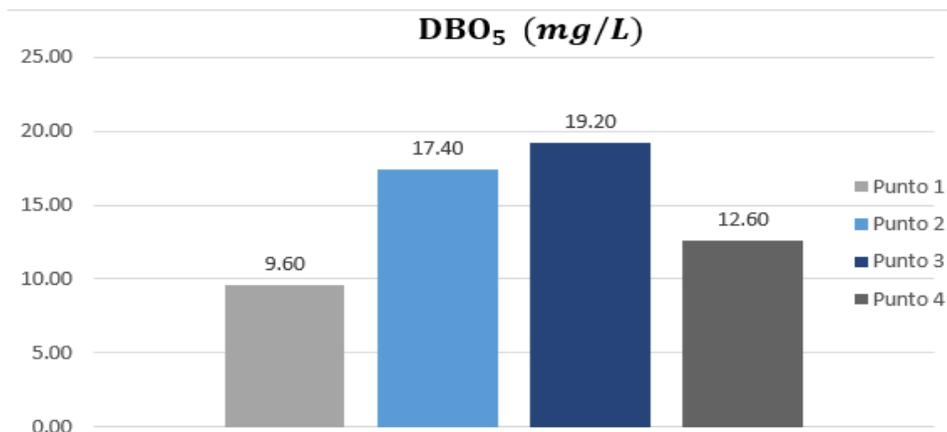
Elaborado por: Pincay K, Prado A.,2024

DBO5

El análisis de DBO5 mostró una marcada variedad geográfica en la calidad del agua, con el punto de muestreo 3 exhibiendo una DBO5 considerablemente superior a los otros tres puntos. Estas diferencias entre distintas zonas sugieren la influencia de factores locales, tales como descargas de efluentes sin tratar o aportes difusos de origen agrícola o urbano. Los valores de DBO5 obtenidos en todos los puntos evaluados exceden significativamente los estándares de calidad establecidos en las

normas nacionales e internacionales para aguas de consumo humano, lo que indica una contaminación orgánica generalizada en la zona de estudio.

Imagen 2: Resultados del parámetro de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) en los tres puntos de análisis



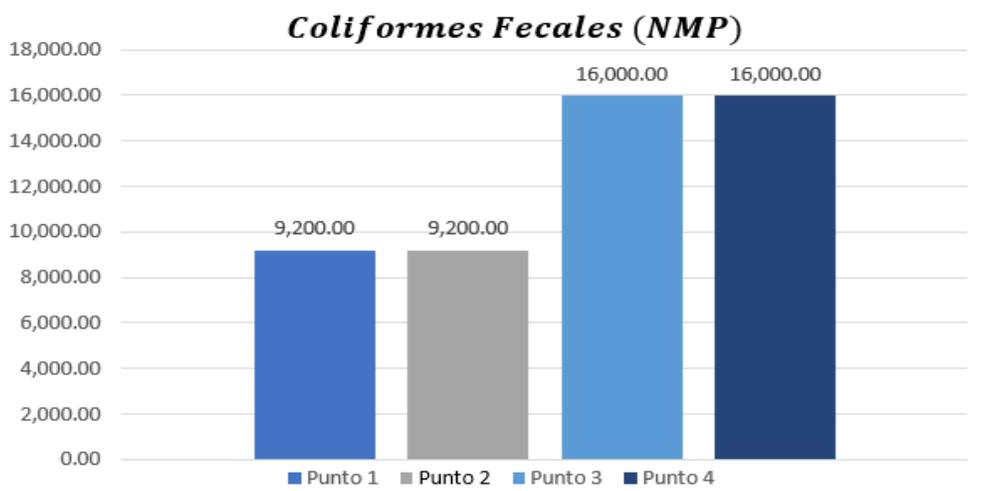
Elaborado por: Pincay K, Prado A., 2024

Coliformes Fecales

Al revisar los resultados de la imagen 3, en los puntos 1 y 2 (Represa Poza Honda. Punto de descarga-Parroquia Honorato Vázquez; Puente vía la Unión-Parroquia Ayacucho) se observan niveles elevados de coliformes fecales, lo que se debe a un mantenimiento inadecuado de las infraestructuras y tratamiento de aguas. Además, se evidencia un aumento en la presencia de coliformes fecales en el punto 3 y 4 (Puente del Cantón Santa Ana; Puente del Cady-Parroquia Colón). Esto concuerda con las observaciones en el lugar, donde se identificaron varias conexiones clandestinas de aguas residuales. El sistema de ductos tipo cajón contribuye a canalizar estas aguas residuales y pluviales, que eventualmente desembocan en los canales de aguas lluvias y luego en el río. Según las Normas TULSMA y las establecidas por el MAE (2015), los valores obtenidos en los puntos 1,2,3 y 4 (Represa Poza Honda. Punto de descarga-Parroquia Honorato Vázquez; Puente vía la Unión-Parroquia Ayacucho; Puente del Cantón Santa Ana; Puente del Cady-Parroquia Colón) no cumplen con los límites máximos permitidos, que son 1000 NMP/100 ml para aguas de consumo humano y uso doméstico.

Calidad del agua y enfoques de control en contaminantes de la cuenca alta del río Portoviejo

Imagen 3. Resultados del análisis de Coliformes Fecales en los cuatro puntos de análisis

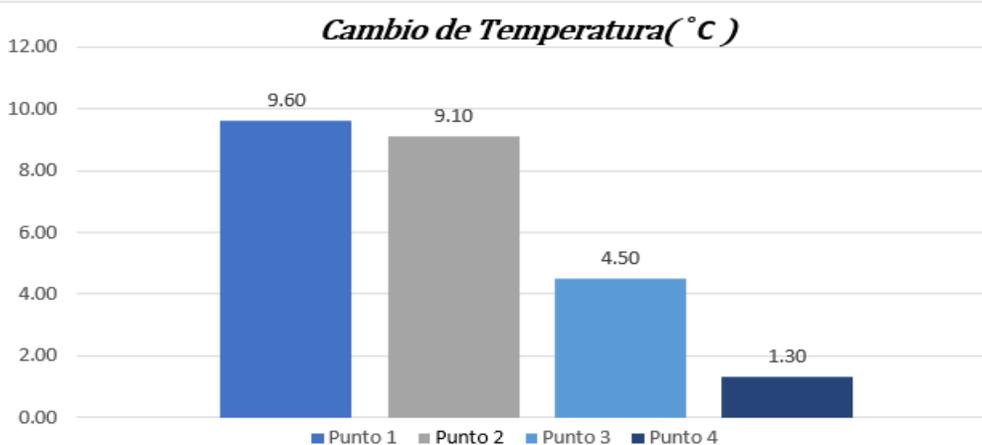


Elaborado por: Pincay K, Prado A., 2024

Temperatura

En la imagen 4 se aprecia que el punto 1 (Represa Poza Honda-Parroquia Honorato Vázquez) registra el valor más elevado entre las cuatro muestras evaluadas. Posteriormente, se observa una reducción en los puntos 2 (Puente vía la Unión-Parroquia Ayacucho) y 3 (Puente del Cantón Santa Ana), con un marcado descenso de la temperatura al llegar al punto 4 (Puente del Cady-Parroquia Colón).

Imagen 4. Resultados del parámetro de Cambio de Temperatura en los cuatro puntos de análisis

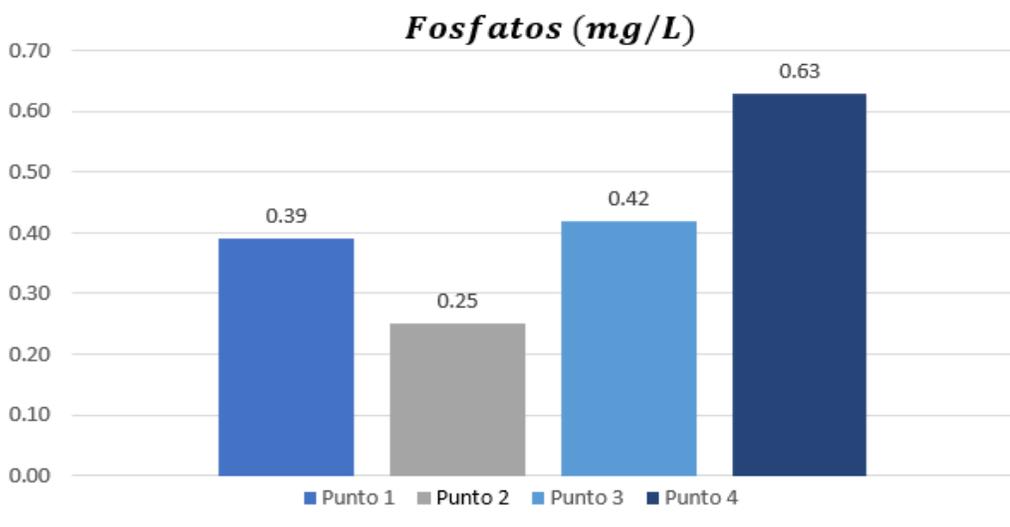


Elaborado por: Pincay K, Prado A., 2024

Fosfato

A través de la imagen 5, se observa que el punto 4 (ubicado en el puente del Cady-Parroquia Colón) presenta las concentraciones más altas de fosfatos. Le siguen los puntos 3 y 1, con una disminución en la concentración, mientras que el punto 2 muestra una reducción significativa en comparación con los otros lugares de muestreo.

Imagen5. Resultados del parámetro de Fosfatos en los cuatro puntos de análisis

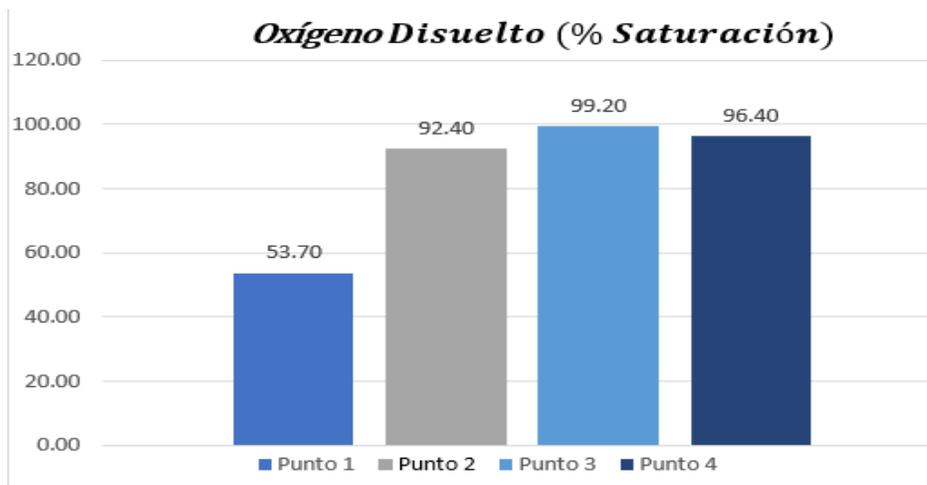


Elaborado por: Pincay K, Prado A., 2024

Oxígenos Disueltos

De acuerdo con los resultados obtenidos para el parámetro de Oxígeno Disuelto, se evidencia un aumento constante a medida que se desciende por la cuenca alta del río Portoviejo, expresado en porcentajes de saturación. El punto 3 (Puente del Cantón Santa Ana) registra el nivel más alto de oxígeno disuelto. En cuanto a los límites normativos establecidos por las Normas TULSMA y el MAE (2015), el valor correspondiente al punto 1 (53.70) no alcanza el mínimo permitido del 80%, mientras que los puntos 2 (Puente vía la Unión-Parroquia Ayacucho, 92.40), 3 (Puente del Cantón Santa Ana, 99.20) y 4 (Puente del Cady-Parroquia Colón, 96.40) sí cumplen con los valores aceptables.

Imagen 6. Resultados del parámetro de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en los cuatro puntos de análisis

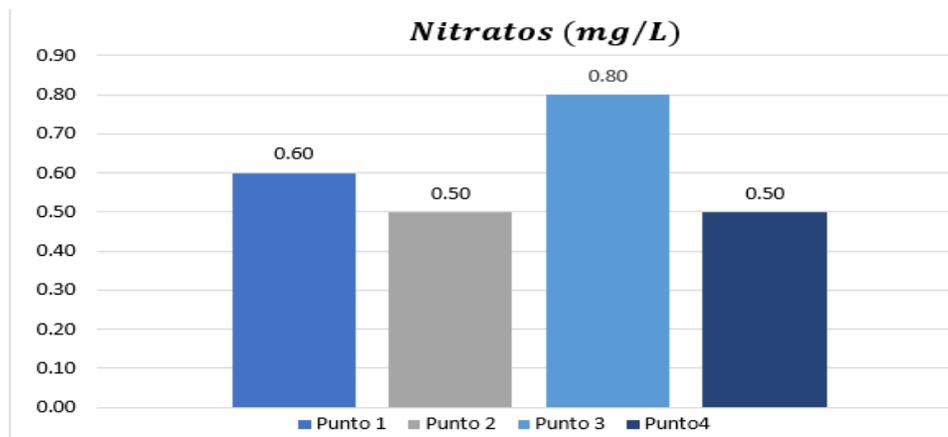


Elaborado por: Pincay K, Prado A., 2024

Nitratos

Con base en los resultados obtenidos en la imagen 7, la concentración de nitratos (N-NO₃) no sigue un patrón uniforme a lo largo de la cuenca alta del río Portoviejo, ya que varía según las actividades presentes en los puntos de muestreo. El punto 1 (Represa Poza Honda-Parroquia Honorato Vázquez) presenta una concentración significativa de 0.60, lo que indica un mal uso de fertilizantes y vertidos ilegales de aguas residuales en las áreas agrícolas cercanas. En el punto 2 (Puente vía la Unión-Parroquia Ayacucho), la concentración baja a 0.50. Sin embargo, en el punto 3 (Puente del Cantón Santa Ana) se detecta un aumento a 0.80, asociado a prácticas agrícolas y ganaderas, probablemente debido al uso de pesticidas. Finalmente, en el punto 4 (Puente del Cady-Parroquia Colón), la concentración regresa a 0.50, reflejando una disminución similar al punto 2.

Imagen 7. Resultados sobre el análisis de Nitratos en los tres puntos de análisis

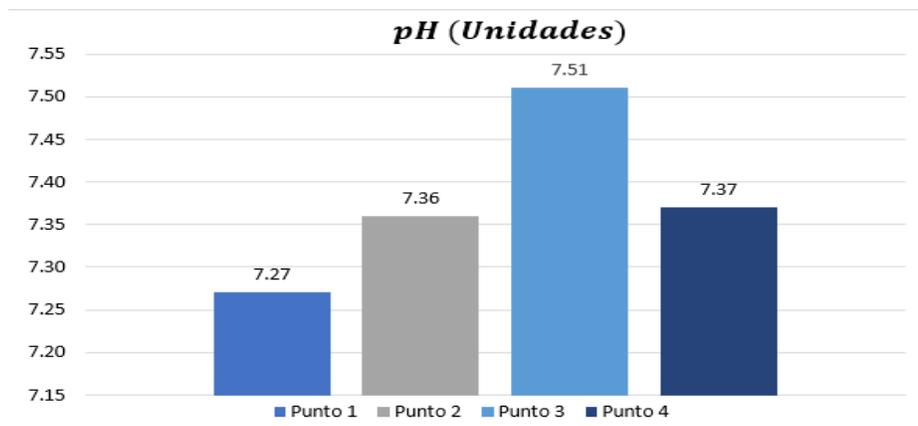


Elaborado por: Pincay K, Prado A.,2024

El Potencial de Hidrógeno (pH)

Según los resultados presentados en la figura 8, el parámetro del potencial de hidrógeno (pH) muestra un leve aumento conforme se avanza por la cuenca alta del río Portoviejo. El valor más elevado se encuentra en el punto 3 (Puente del Cantón Santa Ana) con un pH de 7.51. Los puntos 1 (Represa Poza Honda-Parroquia Honorato Vázquez), 2 (Puente vía la Unión-Parroquia Ayacucho) y 4 (Puente del Cady-Parroquia Colón) presentan valores de 7.27, 7.36 y 7.37, respectivamente. De acuerdo con las normativas del MAE y las TULSMA, el pH debe mantenerse dentro de un rango neutral entre 6 y 9 unidades, lo cual indica que todas las muestras analizadas cumplen con el límite permisible.

Imagen 8. Resultados del análisis del parámetro pH en los cuatro puntos de análisis

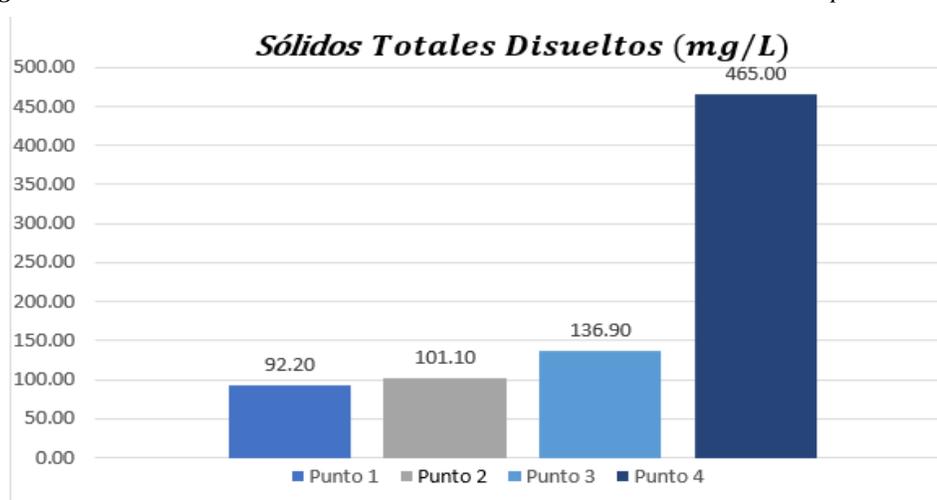


Elaborado por: Pincay K, Prado A.,2024

Sólidos totales disueltos

De acuerdo con los resultados del parámetro de Sólidos Totales Disueltos (STD) en la imagen 9, se observa una concentración elevada de estos sólidos en el punto 4 (Puente del Cady-Parroquia Colón), alcanzando 465.00, el valor más alto entre las muestras analizadas. En los puntos anteriores, los valores son menores, comenzando en 92.20 en el punto 1 (Represa Poza Honda-Parroquia Honorato Vázquez), aumentando ligeramente a 101.10 en el punto 2 (Puente vía la Unión-Parroquia Ayacucho), y luego incrementando a 136.90 en el punto 3 (Puente del Cantón Santa Ana). La gran diferencia en el punto 4 sugiere la posible acumulación de residuos o descargas en esa área. En general, los niveles más bajos en los primeros puntos pueden deberse a una mayor sedimentación o menor intervención humana.

Imagen 9: Resultados sobre el análisis de Sólidos Totales Disueltos en los cuatro puntos de análisis



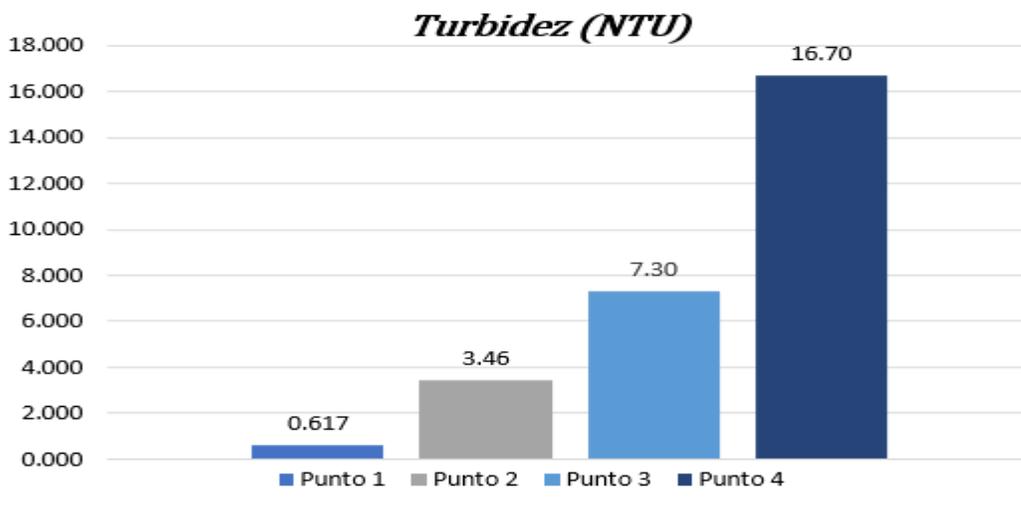
Elaborado por: Pincay K, Prado A., 2024

Turbidez

De acuerdo con los resultados presentados en la imagen 10 sobre el parámetro de turbidez, se observa que el punto con el valor más alto corresponde al punto 4 (Puente del Cady-Parroquia Colón), alcanzando 16.70. En comparación, los valores de turbidez en los puntos previos son considerablemente más bajos, comenzando en 0.617 en el punto 1 (Represa Poza Honda-Parroquia Honorato Vázquez), subiendo a 3.46 en el punto 2 (Puente vía la Unión-Parroquia Ayacucho), y llegando a 7.30 en el punto 3 (Puente del Cantón Santa Ana). Aunque hay un aumento gradual en los

niveles de turbidez, todos los puntos se encuentran dentro del límite máximo permisible de 100 NTU establecido por las Normas del MAE (2015) y TULSMA.

Imagen 10. Resultados sobre el análisis de Turbidez en los cuatro puntos de análisis



Elaborado por: Pincay K, Prado A., 2024

Interpretación de los hallazgos

El análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la cuenca alta del río Portoviejo revela una variedad geográfica en la calidad del agua, evidenciando una contaminación orgánica y bacteriológica significativa en varios puntos de muestreo.

Los elevados valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), particularmente en el punto 3 (Puente del Cantón Santa Ana), indican una alta carga orgánica biodegradable en el cuerpo de agua, posiblemente asociada a descargas de efluentes sin tratar provenientes de actividades agrícolas y urbanas. Estos resultados indican una reducción en los niveles de oxígeno disuelto, lo que refleja un empeoramiento en la calidad ambiental del agua, comprometiendo las condiciones óptimas.

La presencia de coliformes fecales en concentraciones superiores a los límites permisibles en todos los puntos de muestreo indica una contaminación fecal de origen antropogénico, probablemente asociada a descargas de aguas residuales sin el tratamiento adecuado. Esta situación representa un riesgo significativo para la salud pública al incrementar la probabilidad de enfermedades transmitidas por el agua.

Calidad del agua y enfoques de control en contaminantes de la cuenca alta del rio Portoviejo

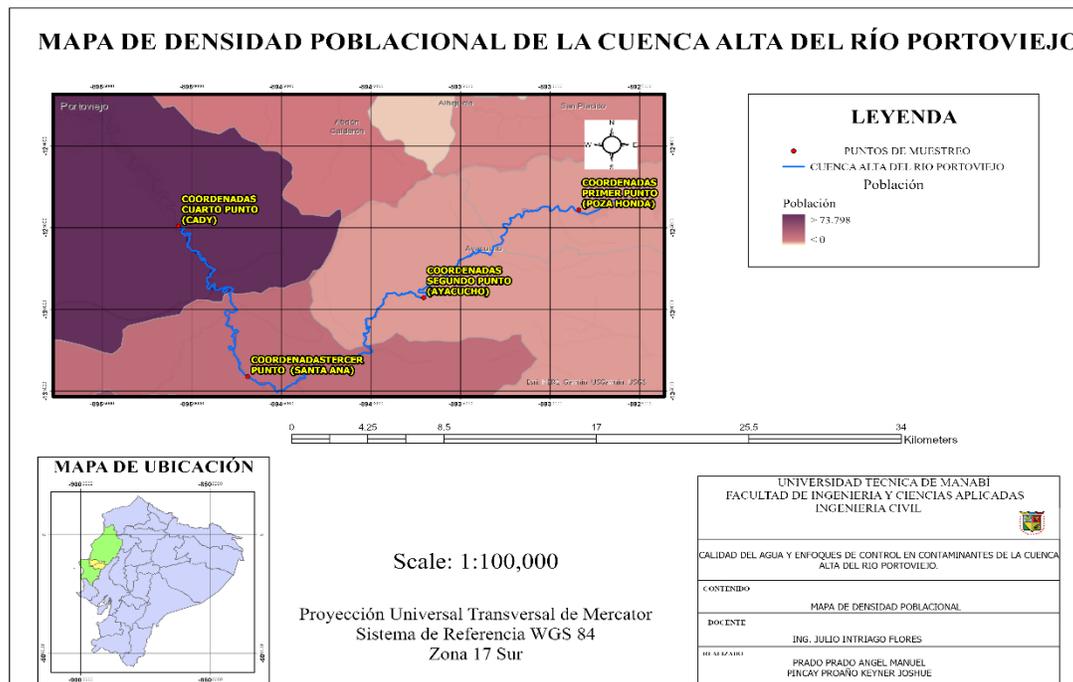
La relación entre la población y estos parámetros es directa, es decir que una mayor densidad poblacional, especialmente en áreas sin un adecuado sistema de saneamiento, suele correlacionarse con una mayor carga orgánica en las aguas receptoras y, por ende, con valores más altos de DBO5 y coliformes fecales .

Tabla7. Resultados del ICA de las cuatro muestras tomadas

PARÁMETROS	Punto 1			Punto 2			Punto 3			Punto 4		
	SI	Wi	SI*Wi									
DBO5	34.73	0.13	4.51	14.98	0.13	1.95	12.34	0.13	1.60	25.13	0.13	3.27
Coliformes Fecales	10.55	0.15	1.58	10.55	0.15	1.58	8.49	0.15	1.27	8.49	0.15	1.27
Cambio de Temperatura	90.39	0.10	9.04	90.39	0.10	9.04	90.39	0.10	9.04	89.92	0.10	8.99
Fosfatos	70.97	0.10	7.10	83.19	0.10	8.32	68.79	0.10	6.88	56.49	0.10	5.65
Oxígeno Disuelto	48.21	0.17	8.20	99.54	0.17	16.92	100	0.17	17.00	100	0.17	17.00
Nitratos	85.18	0.10	8.52	85.55	0.10	8.56	84.45	0.10	8.45	85.55	0.10	8.56
Ph	93.28	0.11	10.26	93.01	0.11	10.23	91.81	0.11	10.10	92.96	0.11	10.23
Solidos Totales Disueltos	84.47	0.08	6.76	84.19	0.08	6.74	82.09	0.08	6.57	38.41	0.08	3.07
Turbiedad	94.53	0.06	5.67	89.43	0.06	5.37	83.03	0.06	4.98	69.44	0.06	4.17
$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i W_i$	61.64			68.70			65.89			62.20		
Clasificación de calidad según la tabla	Aceptable			Aceptable			Aceptable			Aceptable		

Elaborado por: Pincay K, Prado A.,2024

Imagen 11. Ilustración de Mapa de Densidad Poblacional



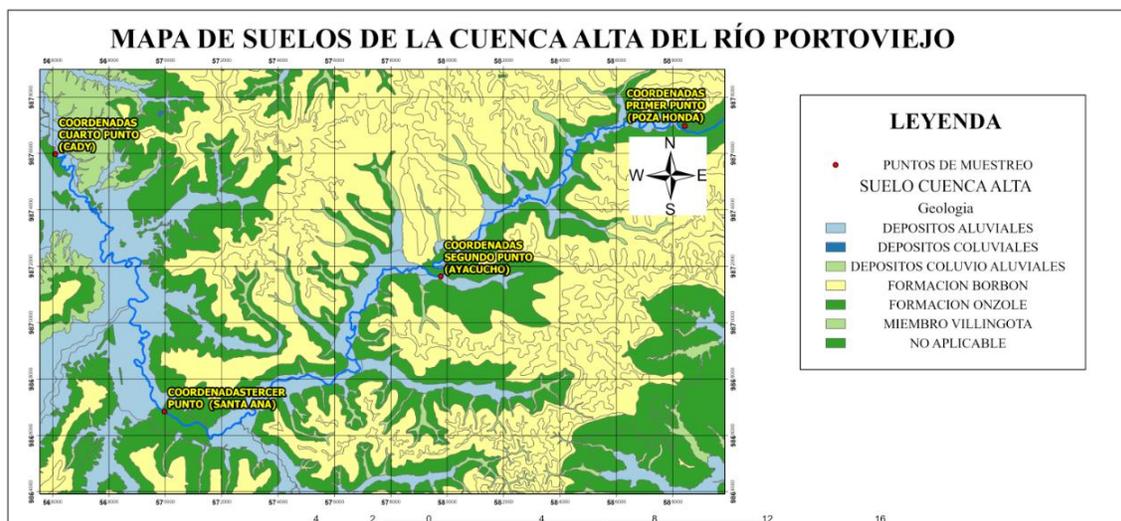
Elaborado por: Pincay K, Prado A., 2024

La temperatura del agua mostró un aumento gradual a lo largo de la cuenca, lo que podría estar relacionado con factores como la radiación solar, la descarga de aguas residuales con mayor temperatura y la actividad biológica. El pH se mantuvo dentro de los rangos aceptables, indicando condiciones ligeramente alcalinas. Los STD presentaron una tendencia al aumento, especialmente en el punto 3, lo que sugiere aportes de sedimentos y materiales disueltos provenientes de la erosión de los suelos y las actividades humanas.

Las concentraciones de fosfatos y nitratos, nutrientes que pueden estimular el crecimiento de algas y plantas, fueron variables a lo largo de la cuenca. Los altos niveles de estos nutrientes, particularmente en ciertos puntos, sugieren una sobrecarga de nutrientes en el agua y un posible riesgo de sobrecrecimiento de algas, lo que podría comprometer la calidad del agua y alterar el equilibrio ecológico. Los resultados obtenidos muestran una relación positiva entre la turbidez y la presencia de material en suspensión, lo cual tiene implicaciones directas en los procesos hidráulicos y la calidad del agua. La **erosión** de suelos, especialmente en zonas con depósitos coluvio-aluviales o agrícolas, puede arrastrar **sedimentos** que aumentan la **turbidez**, y **nutrientes** como los **fosfatos**. En áreas con mayor erosión, se espera ver mayores concentraciones de ambos parámetros, esto explica como en el

punto 4 (Puente del Cady-Parroquia Colón), se observa un incremento tanto en **turbidez** como en **fosfatos**, donde la escorrentía o la sedimentación está transportando ambos componentes hacia el cuerpo de agua.

Imagen 12. Ilustración Mapa de Suelos



Elaborado por: Pincay K, Prado A., 2024

Los niveles de oxígeno disuelto, aunque mostraron una tendencia al aumento a lo largo de la cuenca, no alcanzaron los valores mínimos permisibles en el punto 1 (Represa Poza Honda - Parroquia Honorato Vázquez.). Esta situación puede deberse a la alta demanda bioquímica de oxígeno y a la limitada capacidad de reaireación del agua en este tramo del río.

Enfoques de control en contaminantes

Tras analizar los resultados de los ensayos y aplicar el índice de calidad del agua (ICA-NSF) en los puntos de estudio de la cuenca alta del río Portoviejo, se ha decidido implementar una serie de enfoques de control en contaminantes en estas áreas, reconociendo la importancia de proteger la calidad del agua y su entorno.

Enfoques de gestión hídricos

- Restauración de ecosistemas ribereños

- Protección de microcuencas y laderas para evitar la erosión y la contaminación por sedimentos.
- Incrementar la cobertura de alcantarillados sanitarios
- Mejorar el tratamiento de los actuales sistemas de aguas residuales con un consumo eficiente del agua, menor utilización de productos químicos y correctas infraestructuras de depuración del agua.
- Implementar técnicas para controlar la escorrentía de aguas pluviales y evitar que lleven contaminantes hacia ríos y lagos.
- Uso de la geomática y GIS en la gestión hídrica para identificar las áreas más vulnerables a la contaminación y facilitar la toma de decisiones en la planificación de infraestructuras hídricas.
- Manejo de cuencas hidrográficas y planificación territorial

Enfoques de gestión institucional y gubernamental

- Actividades de concientización sobre la relación entre la calidad del agua del río y el desarrollo de las comunidades.
- Programas de educación ambiental dirigidos a gremios y sectores organizados.
- Fortalecer la implementación de actividades establecidas por parte del ministerio de educación en programas sobre las agresiones al río y las medidas que podemos tomar para mitigarlas.
- Control a los restaurantes en las riberas del río.
- Incorporar cláusulas obligatorias para que los municipios ejecuten las medidas de preservación y control.
- Brindar asistencia técnica, financiera y de capacitación a los municipios para que puedan implementar las medidas de control y conservación estipuladas en la legislación.
- Asegurar que la normativa incluya disposiciones específicas para la preservación de cuencas hídricas.
- Diseñar y promulgar una normativa nacional única que regule la prevención y el control de la contaminación por aguas residuales, estableciendo estándares claros y aplicables en todo el país.

Enfoques de sostenibilidad y administración ambiental

- Disminución del uso de plaguicidas químicos en el sector e incentivar el uso de nutrientes y plaguicidas naturales que permiten una agricultura más ecológica y sostenible.
- Fomentando la valoración del ecosistema hídrico como elemento clave para el desarrollo y el bienestar de la comunidad local.
- Promover las prácticas ambientales responsables en sectores como el ganadero, agrícola, forestal, de transporte, entre otros.
- imponer costos o sanciones a quienes descarguen efluentes
- permisos negociables de vertimientos
- Regulaciones en la planificación, como Evaluaciones de Impacto Ambiental.
- Reducir la tala de árboles ya que estos sirven como depuradores de muchos contaminantes que se vierten al medio ambiente y ayudan a que no lleguen al agua.
- Fomentar la denuncia ciudadana frente a prácticas contaminantes.

Conclusiones

La calidad del agua en la cuenca alta del río Portoviejo se ha degradado significativamente debido a las actividades antropogénicas, en particular los vertidos agrícolas y los sistemas inadecuados de tratamiento de aguas residuales. Estos factores han dado lugar a niveles elevados de contaminantes, como coliformes fecales, nitratos y fosfatos, que superan los límites permisibles, comprometiendo el equilibrio ecológico y la salud pública. El análisis espacial revela que los niveles de contaminación varían considerablemente, siendo los sitios cercanos a zonas urbanas o agrícolas los más afectados. La contaminación orgánica está muy extendida, como lo indican los altos valores de demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), lo que sugiere que las aguas residuales no tratadas o mal tratadas son un contribuyente importante.

Las prácticas agrícolas desempeñan un papel importante en la contaminación por nutrientes, ya que el escurrimiento de fertilizantes genera concentraciones elevadas de fosfatos y nitratos, que podrían desencadenar la eutrofización en los sistemas acuáticos. Los niveles de oxígeno disuelto son inconsistentes y algunos sitios están por debajo de los estándares aceptables, lo que podría dañar la vida acuática. La prevalencia de coliformes fecales subraya las deficiencias en la gestión de las aguas

residuales y destaca la necesidad urgente de contar con sistemas eficientes de recolección, tratamiento y eliminación para mitigar los riesgos para la salud y el daño ambiental.

La aplicación del NSF-WQI ha demostrado ser una valiosa herramienta de toma de decisiones, ya que proporciona evaluaciones claras y prácticas de la calidad del agua y pone de relieve la necesidad de estrategias de intervención específicas. La gestión sostenible de la cuenca requiere enfoques integrados, incluida la promoción de prácticas agrícolas respetuosas del medio ambiente, el establecimiento de una infraestructura eficaz para el tratamiento de aguas residuales y la conservación de las zonas ribereñas.

La participación activa de las comunidades locales, los gobiernos y las partes interesadas es esencial para abordar los desafíos de la contaminación. Se necesitan campañas de concienciación, una aplicación más estricta de las normas y esfuerzos de colaboración para lograr mejoras a largo plazo en la calidad del agua. Con estas medidas, la cuenca alta del río Portoviejo puede recuperarse como un recurso sostenible para la agricultura.

Referencias

1. Andrade-Carreño, I., Delgado, D., & Guillén Vivas, M. (2025). Evaluación de la vulnerabilidad del suelo por erosión hídrica en la provincia de Manabí (Ecuador) mediante la aplicación de un modelo geoespacial.
2. Casanova-Ruiz, G., Delgado, D., & Panchana, R. (2024). Estimación de volúmenes de sedimentos por erosión hídrica empleando el modelo RUSLE en cuencas de la provincia de Manabí, Ecuador. *Revista de Teledetección*, (63), 1-21.
3. Guambo, G., Torres, J., & Quiroz, S. (2022). Historical analysis of water pollution in the Portoviejo River. *Minerva*, 3(8), 54–60. <https://doi.org/10.47460/minerva.v3i8.64>
4. Francisco Javier, C. F. & García Bermello, N. S. (2022). Análisis de la concentración de metales pesados en la cuenca baja del Río Portoviejo, Provincia de Manabí [Titulación, Universidad Estatal Del Sur De Manabí]. Repositorio UNESUM. <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/5327/1/Chevasco%20Figuroa%20Francisco%20Javier%20-%20García%20Bermello%20Narcisa%20Stefania.pdf>
5. Quiroz Fernández, L. S., Izquierdo Kulich, E., & Menéndez Gutiérrez, C. (2017). Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38(3), 41–51. <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v38n3/riha04317.pdf>

6. Anchundia Vélez Ericka Lissette (2021). Análisis de hábitat potencial del Gavilán Caracolero (*Rostrhamus sociabilis*), en la cuenca baja del río Portoviejo. Jipijapa. UNESUM. Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura. 91 pg
https://www.researchgate.net/publication/351238468_Determinacion_del_indice_de_calidad_del_agua_en_rios_de_Santo_Domingo_de_los_Tsachilas_Ecuador
7. García, G., Osorio, O., Saquicela, R. y Cadme, M. (2021). Determinación del índice de calidad del agua en ríos de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. *Ingeniería del Agua*, 25(2), 115-128.
https://www.researchgate.net/publication/361689742_Aproximacion_al_modelo_de_gestion_mancomunado_de_la_cuenca_del_rio_Portoviejo_para_la_reduccion_de_riesgos_presentes_y_futuros
8. Quiñones Huatangari, Lenin, Ochoa Toledo, Luis, Gamarra Torres, Oscar, Bazán Correa, José, Delgado Soto, Jorge, Kemper Valverde, Nicolás. (2020). Red neuronal artificial para estimar un índice de calidad de agua. *Enfoque UTE*, 11(2), 109-120.
<https://www.redalyc.org/journal/6538/653871546013/html/>
9. Velasco Pazmiño, C., & Benalcázar Gallardo, D. (2022). Aproximación al modelo de gestión mancomunado de la cuenca del río Portoviejo para la reducción de riesgos presentes y futuros. *Estudios De La Gestión: Revista Internacional De Administración*, (12), 31–47.
<file:///C:/Users/User/Downloads/DialnetRevisionDeEstrategiasPorEnfoquesEnTornoALaGestionD-8690909.pdf>
10. Zambrano Mero, Jessica Daniela, Delgado Párraga, Alex Gabriel, Zambrano Mero, Emely Tatiana, Peñaherrera Villafuerte, Sofía Lorena. (2022). Contaminantes biológicos presentes en fuentes de agua del centro-sur de la provincia de Manabí, Ecuador. *Siembra*, 9(2), e4011
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181220509053>
11. Álvarez-Tinoco, I. y Preciado-Beltrán, J. (2020). Revisión de estrategias por enfoques en torno a la gestión del agua a nivel global y latinoamericano. *Revista Nodo*, 15(29), pp. 20-37.
12. Macías Párraga, R., & Díaz Aguirre, S. (2010). Estrategias generales para el control y prevención de la contaminación del agua superficial en la cuenca del Río Portoviejo. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 41(), 1-7.
13. L., E. I. (2011, abril). contaminación de las aguas y políticas para enfrentarla. foro de los recursos hídricos. Retrieved from <https://www.camaren.org/documents/contaminacion.pdf>

Calidad del agua y enfoques de control en contaminantes de la cuenca alta del río Portoviejo

14. Johnny Andrés Prado-Vélez, L. R.-M.-F. (2023, noviembre 09). Estrategias de aminoración de contaminantes: Calidad del agua de la cuenca baja del río Portoviejo. polo del conocimiento, 8(11), pp. 175-197.
15. Julio Benito Intriago-Flores, L. S.-F. (2021, junio 17). Calidad del agua de la cuenca media del río Portoviejo. Estrategias para mitigar la contaminación . Polo del conocimiento, 6(6), pp. 1144-1171.

©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/>).