



*Estrategias de aminoración de contaminantes: Calidad del agua de la cuenca baja del río Portoviejo*

*Strategies to reduce contaminants: Water quality in the lower basin of the Portoviejo River*

*Estratégias para reduzir contaminantes: Qualidade da água na bacia inferior do rio Portoviejo*

Johnny Andrés Prado-Vélez <sup>I</sup>  
[jprado9067@utm.edu.ec](mailto:jprado9067@utm.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0006-4505-4282>

Leandro Rafael Rodríguez-Moreira <sup>II</sup>  
[lrodriguez0838@utm.edu.ec](mailto:lrodriguez0838@utm.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0008-3907-2032>

Julio Benito Intriago-Flores <sup>III</sup>  
[rlopezf@ube.edu.ec](mailto:rlopezf@ube.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-0822-8184>

**Correspondencia:** [jprado9067@utm.edu.ec](mailto:jprado9067@utm.edu.ec)

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 30 de septiembre de 2023 \* **Aceptado:** 25 de octubre de 2023 \* **Publicado:** 09 de noviembre de 2023

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



## Resumen

El presente trabajo detalla las principales estrategias para aminorar la contaminación en la cuenca baja del río Portoviejo, en la provincia de Manabí en Ecuador por medio del análisis de los parámetros de calidad del agua. La metodología aplicada para esta investigación radicó en el modelo de análisis de Brown (1970) y propuesta por la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos (ICA-NSF). Esta metodología clasifica la calidad de agua en: pésima, mala, regular, buena y excelente calidad de acuerdo al índice obtenido. Cabe recalcar que el ICA-NSF está constituido por los siguientes parámetros: demanda bioquímica de Oxígeno (DBO5), coliformes fecales, cambios de temperatura, fosfatos, oxígenos disueltos (%), nitratos, pH, sólidos totales disueltos, y turbidez. Para el análisis se establecieron tres puntos de muestreo a lo largo de la cuenca baja del río Portoviejo. Los resultados de los estudios indican en el punto uno del muestreo (Sosote), tiene un índice ICA de 51.75%, en el punto dos (Higuerón de Rocafuerte) el ICA dio como resultado 65.77%, y en el punto tres (Puerto Salinas, Crucita), el ICA resultó con un valor de 65.16%, el cual se otorga una clasificación media para los tres puntos de muestreos. Se deduce que, en los puntos con mayor índice de habitante, la calidad del agua se ve afectada gradualmente, puesto que no se observan graves contaminaciones, pero tampoco se logra alcanzar niveles buenos de la calidad de agua, por lo que es necesario la implementación de estrategias para ayudar a mejorar la calidad.

**Palabras Clave:** Estrategias; ICA-NSF; Calidad del agua; Clasificación.

## Abstract

The present work details the main strategies to reduce pollution in the lower basin of the Portoviejo River, in the province of Manabí in Ecuador through the analysis of water quality parameters. The methodology applied for this research was based on the analysis model of Brown (1970) and proposed by the National Sanitation Foundation of the United States (ICA-NSF). This methodology classifies water quality into: poor, bad, regular, good and excellent quality according to the index obtained. It should be noted that the ICA-NSF is made up of the following parameters: biochemical oxygen demand (BOD5), fecal coliforms, temperature changes, phosphates, dissolved oxygen (%), nitrates, pH, total dissolved solids, and turbidity. For the analysis, three sampling points were established along the lower basin of the Portoviejo River. The results of the studies indicate that at point one of the sampling (Sosote), it has an AQI index of 51.75%, at point two

(Higuerón de Rocafuerte) the AQI resulted in 65.77%, and at point three (Puerto Salinas, Crucita), the ICA resulted in a value of 65.16%, which gives an average classification for the three sampling points. It is deduced that, in the points with the highest inhabitant index, the quality of the water is gradually affected, since no serious contamination is observed, but it is not possible to achieve good levels of water quality either, so it is necessary to implement of strategies to help improve quality.

**Keywords:** Strategies; ICA-NSF; Water quality; Classification.

### **Resumo**

O presente trabalho detalha as principais estratégias para reduzir a poluição na bacia inferior do rio Portoviejo, na província de Manabí no Equador, através da análise de parâmetros de qualidade da água. A metodologia aplicada para esta pesquisa baseou-se no modelo de análise de Brown (1970) e proposto pela National Sanitation Foundation of the United States (ICA-NSF). Esta metodologia classifica a qualidade da água em: qualidade ruim, ruim, regular, boa e excelente de acordo com o índice obtido. Ressalta-se que o ICA-NSF é composto pelos seguintes parâmetros: demanda bioquímica de oxigênio (DBO5), coliformes fecais, alterações de temperatura, fosfatos, oxigênio dissolvido (%), nitratos, pH, sólidos totais dissolvidos e turbidez. Para a análise foram estabelecidos três pontos amostrais ao longo da bacia inferior do rio Portoviejo. Os resultados dos estudos indicam que no ponto um da amostragem (Sosote) apresenta um índice de IQA de 51,75%, no ponto dois (Higuerón de Rocafuerte) o IQA resultou em 65,77%, e no ponto três (Puerto Salinas, Crucita), o ICA resultou num valor de 65,16%, o que dá uma classificação média para os três pontos amostrais. Deduz-se que, nos pontos com maior índice de habitabilidade, a qualidade da água é gradativamente afetada, uma vez que não se observa contaminação grave, mas também não é possível atingir bons níveis de qualidade da água, por isso é necessário implementar de estratégias para ajudar a melhorar a qualidade.

**Palavras-chave:** Estratégias; ICA-NSF; Qualidade da água; Classificação.

### **Introducción**

La contaminación de las aguas tiene importancia, ya que va a influir directamente en la salud del hombre, de la flora y fauna y del ecosistema (Baquerizo, Acuña, Solís).

El cauce del río como agua de calidad se presenta como un recurso esencial para el desarrollo sostenible de las sociedades, y su degradación se posiciona como un desafío inminente que requiere de una acción inmediata, impulsando la necesidad de desarrollar estrategias hidráulicas efectivas para controlar la contaminación del agua.

Dado con lo mencionado anteriormente, Zambrano, Delgado, Zambrano y Peñaherrera (2022, p. 2) sostienen que, en el Ecuador, el enfoque en la gestión del agua ha estado especialmente dirigido a mejorar su suministro, pero se ha descuidado garantizar su calidad.

Para Gil, Vizcaino y Montaña (2018), existen muchas fuentes de contaminantes como desechos de la población, establecimientos industriales, fertilizantes y pesticidas químicos y son por estas razones que se necesita una evaluación de la calidad del agua para conocer el impacto que ha tenido estas actividades sobre el mismo.

La implementación de normativas y aplicación de mejoras para garantizar la calidad de agua es la medida más efectiva para promover la salud global de la población y del ecosistema (Salas, Maraver, Rodríguez, Sáenz de Pipaon, Vitoria y Moreno, 2021).

Sierra (2021, p. 27) da a conocer que el concepto “calidad del agua” es un reto debido a la complejidad de los elementos que la determinan y a las múltiples variables utilizadas para medir el estado de los cuerpos hídricos. Los conocimientos sobre este tema han evolucionado en concordancia con la creciente demanda de agua y los avances en las técnicas de análisis e interpretación de sus atributos. Así mismo, en la investigación de Quijano (2022, p. 11) manifiesta que la contaminación del río se origina de la descarga de aguas residuales, acumulación de materiales como escombros y residuos orgánicos, así como la presencia de objetos plásticos arrojados por residentes y personas ajenas al área.

Según García, Osorio, Saquicela y Cadme (2021, p. 116) el ICA permite evaluar parámetros físicos, químicos y biológicos para determinar la calidad del agua. Se utilizan estándares establecidos del ICA-NSF, descritos como eficaz para evaluar la calidad del agua de los ríos. Uno de los principales aspectos a considerar es la contaminación del río, la cual afecta negativamente al medio ambiente y al patrimonio de los ciudadanos.

Respecto a esto, (Lobos, 2002) detalla que el índice de calidad de agua se clasifica en 5 parámetros obteniendo índices de calidad escalado de 0 a 100, evaluando su estado de la siguiente forma; Excelente, Buena, Regular, Mala o Pésima.

**Tabla 1:** Clasificación del ICA propuesto por Brown.

Valor del índice de Calidad	Clasificación	Escala de Color
91-100	Excelente	Azul
71-90	Buena	Celeste
51-70	Regular	Verde
26-50	Mala	Amarillo
0-25	Pésima	Rojo

**Fuente:** Propia a partir de modelo de Lobos, José. Evaluación de los Contaminantes del Embalse del Cerrón Grande PAES 2002.

La metodología aplicada para la obtención del índice de calidad de agua es la del modelo de Brown (1970) y propuesta por la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos (ICA-NSF). Recalcando a la vez que su índice de clasificación se efectúa entre 0 y 100, lo cual es un promedio ponderado extraído de los nueve parámetros que conforman el ICA-NSF; demanda bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), coliformes fecales, cambios de temperatura, fosfatos, oxígenos disueltos (%), nitratos, pH, sólidos totales disueltos, y turbidez (Álava, Marín, Gallo, 2021). El método del ICA-NSF se determina con la expresión (1).

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

Dónde:

ICA-NSF: Índice de Calidad de Agua propuesta por la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos.

SI: Subíndice del parámetro i

Wi: Peso o factor de ponderación para el Subíndice i

Para obtener el índice de calidad de agua es fundamental sustituir los datos de la ecuación mencionada y conocer los pesos relativos para cada parámetro del ICA.

**Tabla 2:** Peso de los parámetros que constituyen el ICA-NSF

No	Parámetros	Peso NSF
1	DBO <sub>5</sub>	0,10
2	Coliformes Fecales	0,15

3	Cambios de Temperatura	0,10
4	Fosfatos	0,10
5	Oxígenos disueltos	0,17
6	Nitratos	0,10
7	pH	0,12
8	Sólidos totales disueltos	0,08
9	Turbidez	0,08

**Fuente:** Elaboración propia de autores.

El ICA obtenido resume y simplifica en un único valor numérico, el cúmulo de resultados sobre la calidad de agua (Méndez, Arcos, Cazorla, 2020).

Dado con lo ya expuesto, el objetivo general de este trabajo investigativo fue establecer un conjunto de estrategias hidráulicas competentes para reducir la contaminación y mejorar la calidad del agua en la cuenca baja del río Portoviejo, por medio de un análisis en su índice de calidad del agua, sustentado con las normas establecidas, con el fin de preservar el ecosistema y proteger la salud de las distintas comunidades.

### Metodología

La metodología propuesta es de enfoque cuantitativo con alcance descriptivo, ya que se realizó el análisis de la calidad del agua de la cuenca baja del río Portoviejo, situada en la provincia de Manabí, en Ecuador. Cantos y Delgado (2022), indican que la cuenca baja del río Portoviejo comienza en Mejía hasta desembocar en la Boca de Crucita.

Según Maignan y Nicolalde (2005) la cuenca baja del río Portoviejo abarca una extensión de 150 km<sup>2</sup> si En cuanto a la morfología del Río Portoviejo, esta se detalla a continuación:

**Tabla 3:** Datos Principales de la Morfología del Río Portoviejo.

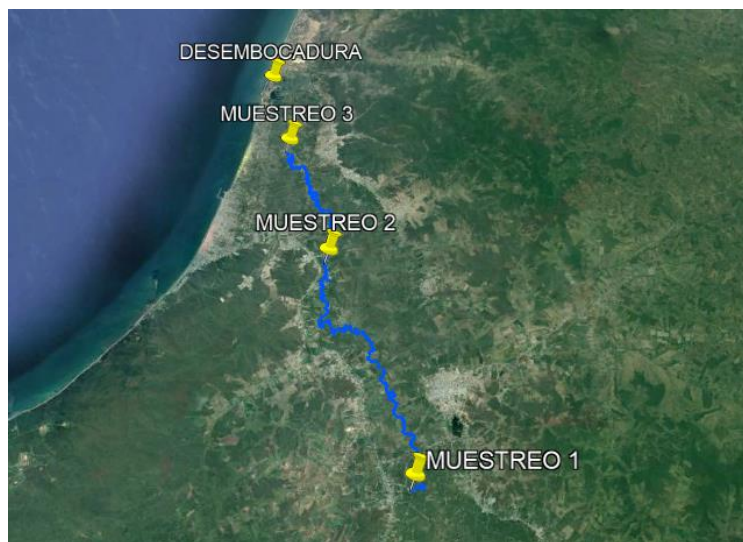
Descripción	Cantidad	Unidades
Área	2.105,07	km <sup>2</sup>
Perímetro	293,58	km
Largo	62,02	km
Ancho	36,30	km

**Fuente:** Giler, Donoso y Zaldumbide (2020).

Santana y Lima (2021) manifiestan que en la cuenca baja del río Portoviejo las diversas comunidades se basan en el desarrollo de la actividad agrícola y ganadera.

Se realizó una selección de tres puntos a lo largo de la cuenca baja del río Portoviejo, tomando en consideración algunos aspectos como: diferentes áreas de influencia (zona aguas arriba, zona media y aguas debajo de la cuenca baja), zonas pobladas y poco pobladas, ganadería y agricultura, vegetación, entre otros. Estos factores mencionados permiten englobar la importancia de los componentes tanto bióticos como abióticos en un ecosistema para su debida estructura y funcionamiento. En la cual se aplicaron los nueve ensayos respectivos del ICA-NSF, los tres puntos seleccionados se muestran en la siguiente imagen satelital aplicado en el programa Google Earth Pro.

**Figura 1:** Imagen satelital de ubicación de los tres puntos de muestreo y del tramo del río.



**Fuente:** Aplicado por autores en el programa Google Earth Pro.

Así mismo, se detalla las coordenadas UTM de los puntos de muestreo.

**Tabla 4:** Coordenadas Geográficas de los puntos de la zona de los puntos de muestreo.

Punto o muestreo	Ubicación	Coordenadas UTM	Fecha de toma de muestra.
1	Puente del sitio “Los Positos” (parroquia Sosote de Portoviejo)	559873 9893983	La toma de muestra se efectuó en el mes de agosto de 2023



2	Puente del Balneario “La Guayaba” (El Higuerón de Rocafuerte, Rocafuerte)	556198 9903196	La toma de muestra se efectuó en el mes de agosto de 2023
3	Puente colgante del sitio “Puerto Salinas del Pueblito” (1 km de la Gilces de Crucita)	554265 9908474	La toma de muestra se efectuó en el mes de agosto de 2023

**Fuente:** Elaboración propia por autores.

### Materiales y equipos

Para la toma de muestras se clasificó las tomas de muestras para in situ y realización de ensayos de laboratorio, mismos detallados en la siguiente tabla y que fue esencial emplear un conjunto de materiales y equipos para cuantificar los parámetros analíticos correspondientes.

**Tabla 5:** Equipos y métodos utilizados en la obtención de muestras.

No	Parámetros	Unidades	Sitio	Instrumento o Equipo	Método
1	DBO <sub>5</sub>	mg/L	Laboratorio	Incubadora marca HACH Espirómetro marca HACH	APHA 5210 D
2	Coliformes Fecales	NMP/10 0mL	Laboratorio	Incubadora, Cabina de flujo laminar, Mechero Bunsen	APHA 9223 B
3	Temperatura	°C	In situ	Multiparámetro con 2 sondas marca HACH	APHA 2550 B
4	Fosfatos	mg/L	Laboratorio	Espectrofotómetro Kit de reactivos para fosfatos.	APHA 4500 P
5	Oxígenos disueltos	%	In situ	Multiparámetro con 2 sondas marca HACH	APHA 4500-O G
6	Nitratos	mg/L	Laboratorio	Espectrofotómetro Kit de reactivos para nitratos.	HACH 8039
7	pH	-	In Situ	pH metro marca HACH SENSON Ionl	APHA 4500 B

8	Sólidos totales disueltos	mg/L	In Situ	Multiparámetro con 2 sondas marca HACH	APHA 2510 B
9	Turbidez	NTU	Laboratorio	Turbidímetro marca HACH	APHA 2130 B

**Fuente:** Elaboración propia de autores.

## Resultados

Una vez obtenido los resultados de ensayos tanto in situ como en laboratorio de los parámetros correspondientes del ICA-NSF, se aplicó la ecuación 1 mencionada anteriormente para determinar el índice de calidad de agua en las muestras tomadas a lo largo de la cuenca baja del río Portoviejo, las cuales se harán mención a continuación.

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

No	Parámetros	Unidades	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Wi
1	DBO <sub>5</sub>	mg/L	12,10	8,32	8,32	0,10
2	Coliformes Fecales	NMP/100mL	7.900,00	200,00	450,00	0,15
3	Temperatura	°C	0,60	1,10	0,70	0,10
4	Fosfatos	mg/L	1,94	1,91	1,11	0,10
5	Oxígenos disueltos	% Saturación	67,00	95,30	102,90	0,17
6	Nitratos	mg/L	2,30	1,90	1,50	0,10
7	pH	Unidad pH	6,97	7,18	7,19	0,12
8	Sólidos totales disueltos	mg/L	752,00	660,00	699,00	0,08
9	Turbidez	NTU	34,10	7,13	12,66	0,08

**Fuente:** Elaborado por autores.

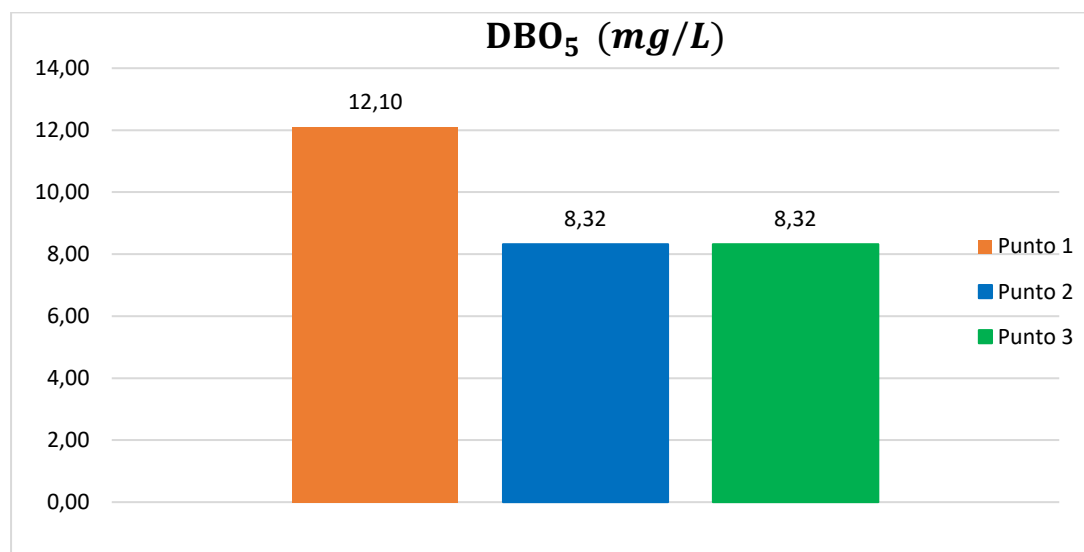
Dado lo expuesto, se llevó a cabo un estudio analítico utilizando representaciones estadísticas para cada uno de los parámetros del ICA-NSF, los cuales permitieron obtener un mejor análisis comparativo para los puntos de muestreos tomados.

## 1. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

En el análisis correspondiente del parámetro de DBO5, se obtuvo una alta presencia de demanda bioquímica de oxígeno para el punto 1 que representa al puente del sitio “Los Positos”, en comparación a los puntos 2 y 3 el parámetro DBO5 es similar sabiendo que en dichos puntos existe menos contaminación orgánica.

Dichos valores obtenidos en los puntos uno, dos y tres según el “Anexo 1 Libro VI de las Normas TULSMA – Tabla 1: Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico”, no cumplen con los límites máximos permisibles (<2.7) para aguas de consumo humano y uso doméstico. Mientras que las normas establecidas del MAE (2015), el límite máximo permisible es de <2. Por lo tanto, tampoco cumpliría con dichas normas.

**Figura 2:** Resultados obtenidos para el parámetro de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en los tres puntos de análisis a lo largo de la Cuenca Baja del río Portoviejo.



**Fuente:** Elaborado por autores mediante el programa de Excel.

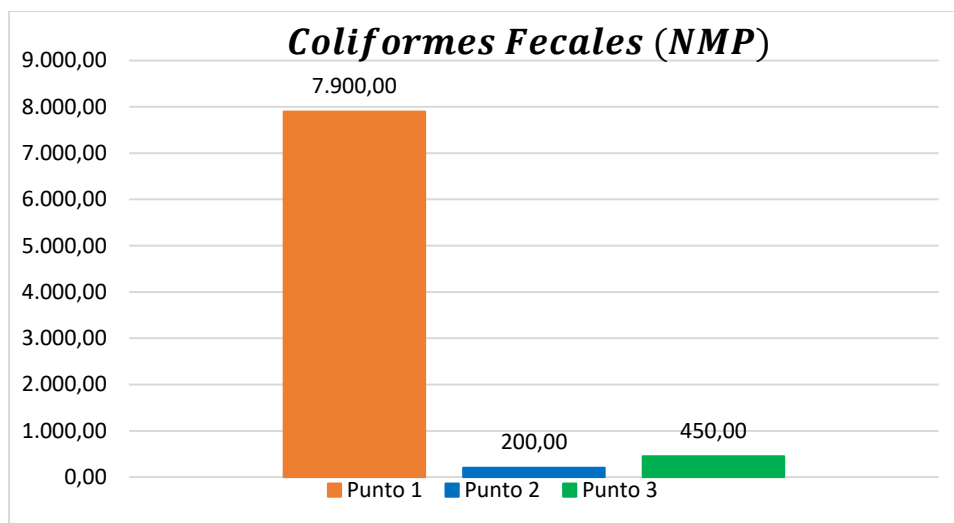
## 2. Coliformes Fecales

Analizando los resultados de la Figura 3, obtenemos una gran presencia de coliformes fecales en el punto 1 (Puente del sitio “Los Positos”), donde concuerda con la visualización que se realizó en sitio de las múltiples conexiones clandestinas de aguas servidas que terminan su recorrido en los canales de aguas lluvias y posteriormente en el río. En los puntos 2 y 3 observamos una disminución

radical de los coliformes fecales, considerando que manejan un mejor mantenimiento de infraestructuras y tratamientos de agua.

De acuerdo a las Normas TULSMA y las normas establecidas del MAE (2015), los valores obtenidos de este parámetro en el punto 1 (Puente del sitio “Los Positos”), NO cumple los límites máximos permisibles, el cual es 1000 NMP/100 ml para aguas de consumo humano y uso domésticos, mientras tanto los parámetros del punto 2 y 3, se encuentra dentro del rango de los límites máximo permisibles.

**Figura 3:** Resultados obtenidos para el parámetro de Coliformes Fecales en los tres puntos de análisis a lo largo de la Cuenca Baja del río Portoviejo.

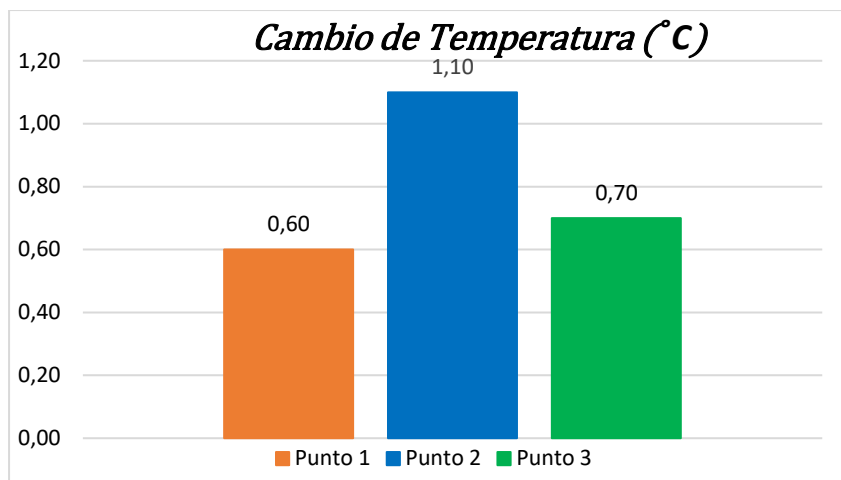


**Fuente:** Elaborado por autores mediante el programa de Excel.

### 3. Temperatura

A través de la figura 4, pudimos constatar que en el cambio de temperatura surge un incremento elevado del punto 1 al punto 2 (Puente del Balneario “La Guayaba”), siendo este el más alto de las 3 muestras tomadas, disminuyendo posteriormente en el punto 3.

**Figura 4:** Resultados obtenidos para el parámetro de Cambio de Temperatura (°C) en los tres puntos de análisis a lo largo de la Cuenca Baja del río Portoviejo.

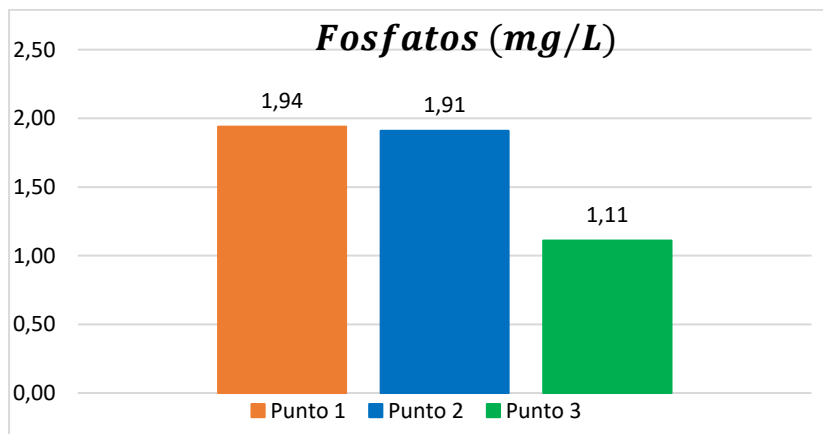


**Fuente:** Elaborado por autores mediante el programa Excel.

#### 4. Fosfatos

Por medio de la figura 5, el punto 1 (Puente del sitio “Los Positos”) expresa como resultado la concentración de fosfatos más elevados, seguido por el punto 2 con muy poca diferencia y finalmente, el punto 3 que a comparación de los otros sitios de muestreo arroja una disminución notable.

**Figura 5:** Resultados obtenidos para el parámetro de Fosfatos en los tres puntos de análisis a lo largo de la Cuenca Baja del río Portoviejo.

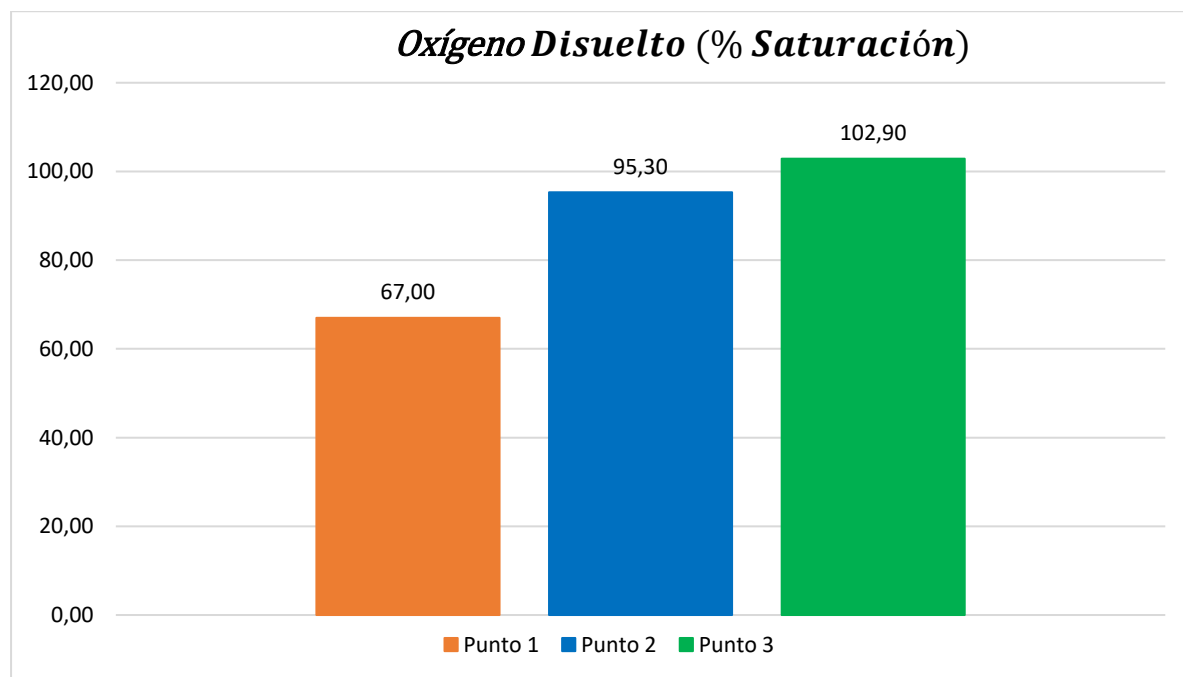


**Fuente:** Elaborado por autores mediante el programa Excel.

#### 5. Oxígenos Disueltos

Conforme a los resultados obtenidos del parámetro de Oxígenos Disueltos, mediante la figura 6, se muestra que a medida avanza la cuenca baja del río Portoviejo existe un incremento progresivo de Oxígenos Disueltos basándose en porcentajes de saturación. El punto más elevado para este parámetro se efectúa en el punto 3 (Puente colgante del sitio “Puerto Salinas del Pueblito”, Crucita). De acuerdo a las Normas TULSMA y las normas establecidas del MAE (2015), los valores obtenidos de este parámetro en el punto 1, NO cumple los límites máximos permisibles, el cual debe ser >80%, mientras tanto los parámetros del punto 2 y 3, se encuentran dentro del rango de los límites máximo permisibles.

**Figura 6:** Resultados obtenidos para el parámetro de Oxígenos Disueltos (% Saturación) en los tres puntos de análisis a lo largo de la Cuenca Baja del río Portoviejo.



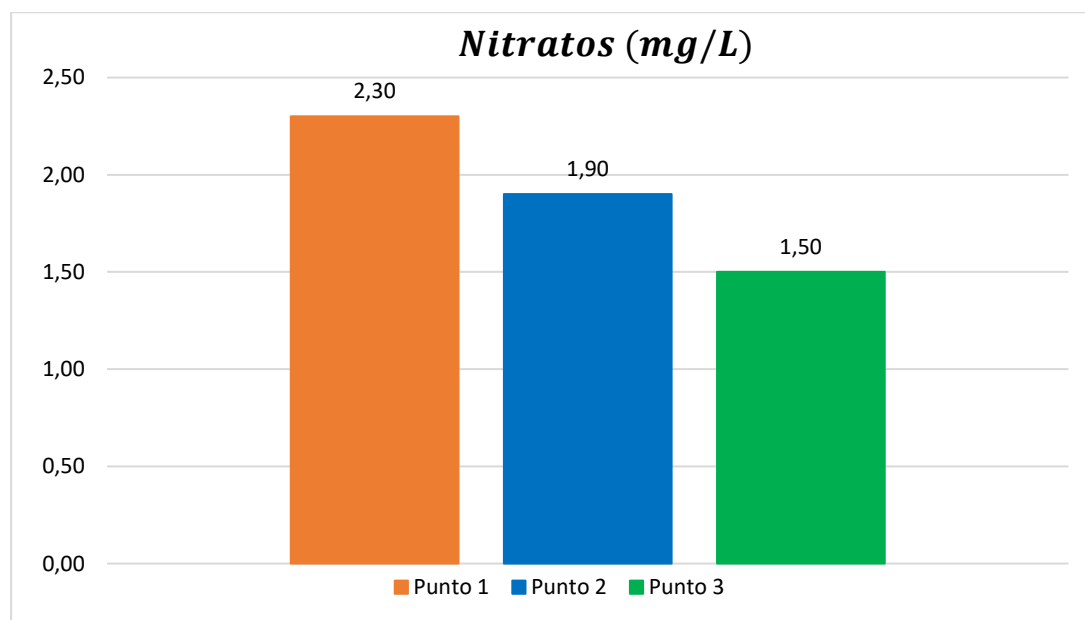
**Fuente:** Elaborado por autores mediante el programa Excel.

## 6. Nitratos

De acuerdo a los resultados obtenidos de la figura 7, la concentración de nitratos (N-NO<sub>3</sub>) disminuye conforme avanza la cuenca baja del río Portoviejo y esto se debe a la actividad que se realiza en los distintos puntos de muestreo. La concentración más crítica se efectúa en el punto 1 (Puente del sitio “Los Positos”), evidenciando el mal uso de fertilizantes en el sector agrícola aguas arribas y también la descarga ilegal de aguas residuales a diferencia de los otros dos puntos. En el

punto 2 mantiene un alto nitrato producto de la descomposición de materia orgánica que se evidenció y finalmente en el punto 3 se pudo visualizar solamente la actividad agrícola y ganadera, presumiendo el uso de pesticidas en el sitio.

**Figura 7:** Resultados obtenidos para el parámetro Nitratos en los tres puntos de análisis a lo largo de la Cuenca Baja del río Portoviejo.



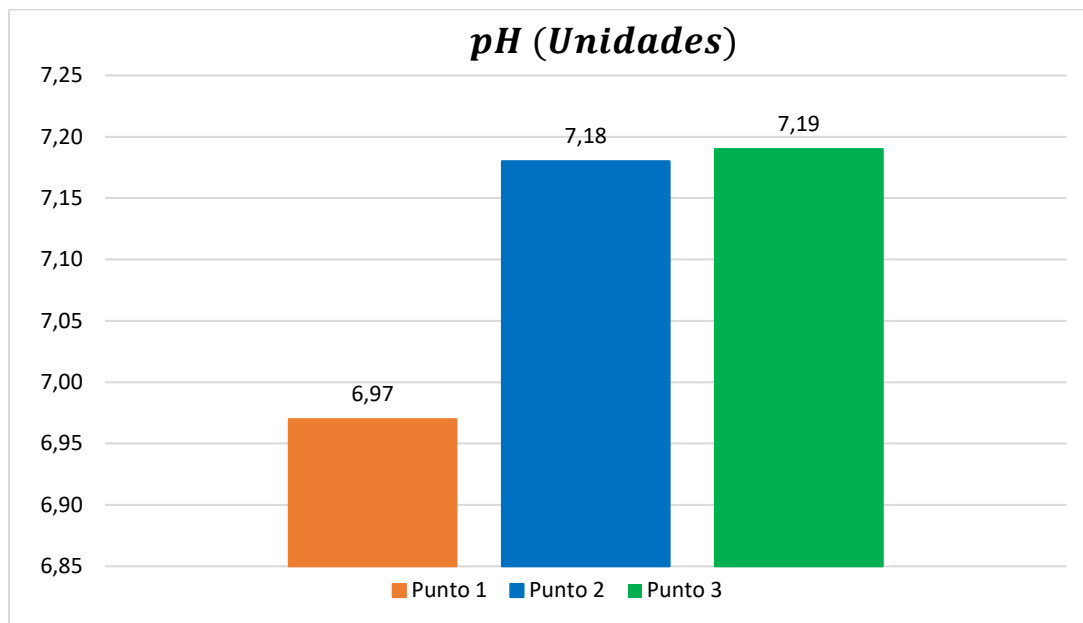
**Fuente:** Elaborado por autores mediante el programa Excel.

### 7. El Potencial de Hidrógeno (pH)

Conforme a los resultados obtenidos de la figura 8, el parámetro correspondiente al potencial de hidrógeno (pH), se puede notar que el nivel de pH va en aumento a medida que recorre la cuenca Baja del río Portoviejo, siendo el valor más alto el punto 3 (Puente colgante del sitio “Puerto Salinas del Pueblito”, Crucita).

Según las normas establecidas por el MAE y las TULSMA, el límite máximo permisible del pH debe de encontrarse en un rango neutral entre 6 a 9 unidades de pH, es decir, no debe de encontrarse ni muy ácido ni muy alcalino, y para el estudio de este parámetro en la cuenca Baja del río Portoviejo todas muestras tomadas se encuentran dentro del límite máximo permisible.

**Figura 8:** Resultados obtenidos para el parámetro pH en los tres puntos de análisis a lo largo de la Cuenca Baja del río Portoviejo.



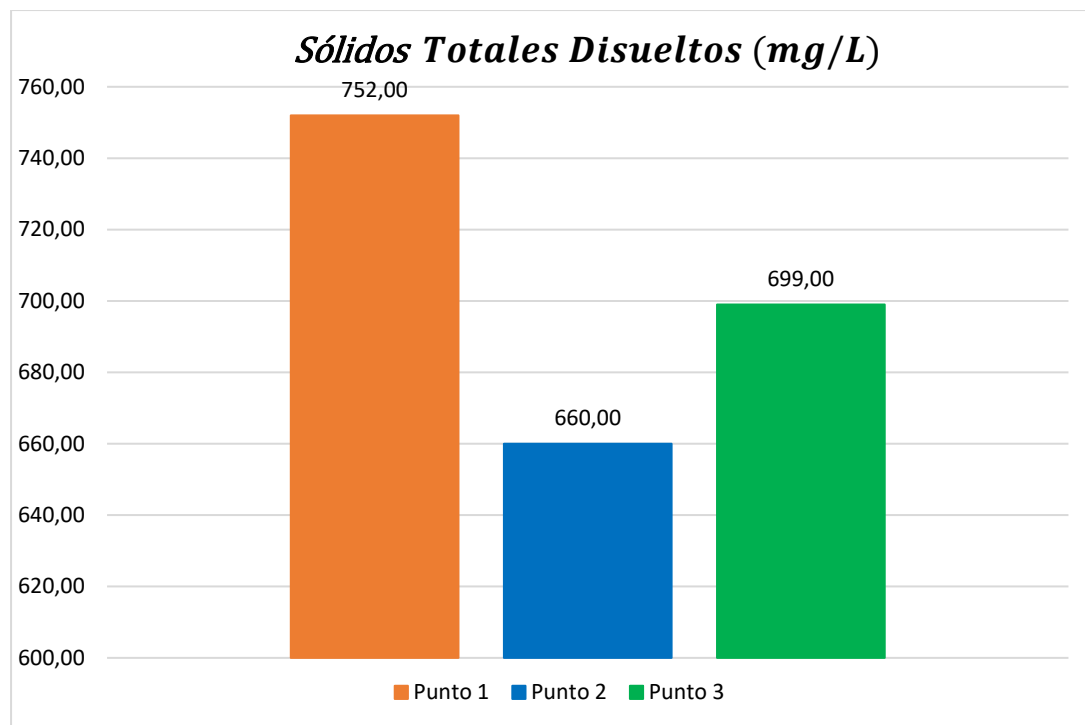
**Fuente:** Elaborado por autores mediante el programa Excel.

### 8. Sólidos totales disueltos

Por medio de los resultados obtenidos del parámetro de Sólidos Totales Disueltos en la figura 9, se puede visualizar un alto contenido de STD en el punto 1 (Puente del sitio “Los Positos”) lo que es evidente por la presencia de basura arrojada en el sitio como también la quema de basura que se observó en las riberas del río, mientras que en el punto 2 tiene un nivel de STD más bajo debido a la compuerta situada en el sitio, esta daba lugar a una mayor sedimentación de los sólidos suspendidos, lo que significa que se producía una aminoración de los niveles de STD en el flujo del agua.

**Figura 9:** Resultados obtenidos para el parámetro Sólidos Totales Disueltos en los tres puntos de análisis a lo largo de la Cuenca Baja del río Portoviejo.





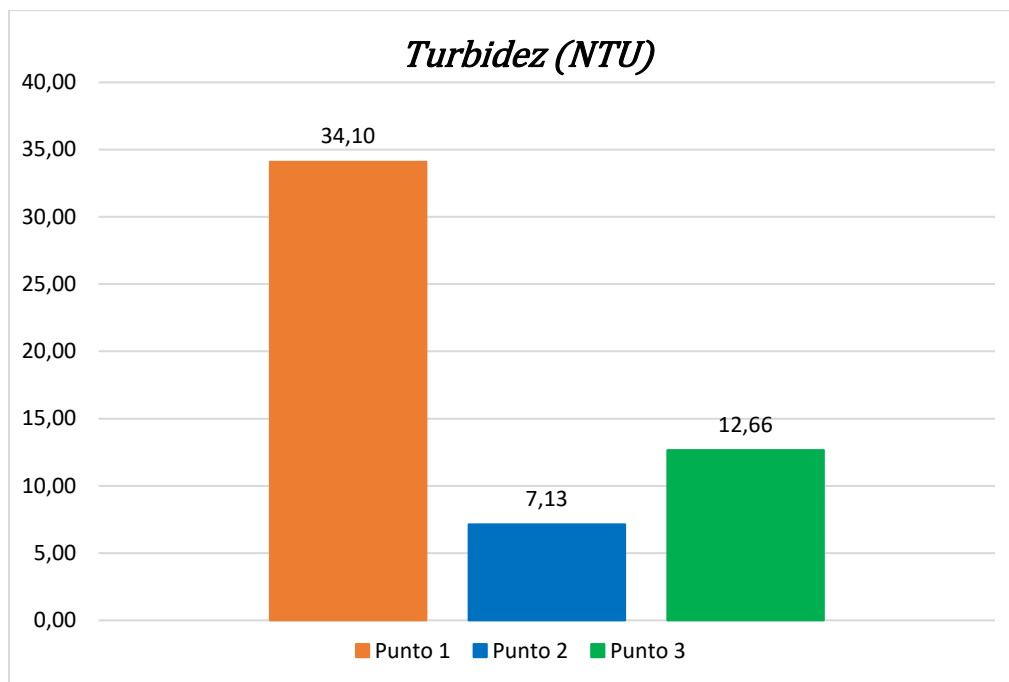
**Fuente:** Elaborado por autores mediante Excel.

## 9. Turbidez

Conforme a los resultados obtenidos por medio de la figura 10 que muestra los valores del parámetro de turbidez, el punto con mayor turbidez se efectúa en el Puente del sitio “Los Positos” en comparación con los otros puntos que tienen una reducción de nivel de turbidez notable.

De acuerdo a las Normas establecidas por el MAE (2015) y las Normas TULSMA, el límite permisible máximo es de 100 NTU, por lo tanto, todos los puntos de muestreo tomados a lo largo de la cuenca Baja del río Portoviejo cumplen con dichas normas.

**Figura 10:** Resultados obtenidos para el parámetro Turbidez en los tres puntos de análisis a lo largo de la Cuenca Baja del río Portoviejo.



**Fuente:** Elaborado por autores mediante el programa Excel.

### Discusión de los resultados obtenidos

Se tiene entendido que a medida que el agua circule por el cauce del río ocurrirá una disminución de su calidad del agua, según los resultados obtenidos en la tabla 7, podemos deducir que esto no es del todo cierto, ya que realmente lo que afecta a la calidad del agua es la presencia de asentamientos humanos tales como pueblos y comunidades cercanas al río, lo cual son los principales problemas de contaminación del río como la quema de basura en la ribera del río como también descarga de múltiples sistemas clandestinos, en lo cual se puede ver reflejado en el punto 1 (en el Puente del sitio “Los Positos”) que en su mayoría en las pruebas de coliformes fecales, fosfatos, los sólidos disueltos totales, entre otros, es el punto con mayor impacto en mencionados parámetros.

Podemos ver una disminución notable en el punto 2 (Puente del Balneario “La Guayaba”, El Higuierón de Rocafuerte, Rocafuerte) en diversos parámetros en comparación al punto 1, que se vio reflejado por la estructura de una compuerta en dicho sitio, el cual su diseño puede ayudar a mantener niveles adecuados de oxígenos disueltos en el agua, como también a regular el flujo del mismo, por otra parte, ayuda a controlar la erosión y la sedimentación lo que produce una menor presencia de la turbidez, los sólidos disueltos entre otros.

Mientras que en el punto 3 (Puente colgante del sitio “Puerto Salinas del Pueblito”, Crucita) su ecosistema se caracterizaba por ser netamente área ganadera y agrícola, lo que conlleva a tener también parámetros críticos tales como; el ph (cumple con las normas establecidas), así mismo es el punto con mayor cantidad de oxígenos disueltos, siendo esto producto por la poca contaminación que existe en dicho punto. Cabe recalcar que la introducción de nutrientes en exceso o contaminantes tóxicos, puede disminuir los niveles de OD al estimular el crecimiento de algas y microorganismos que agotan el oxígeno durante la descomposición de la materia orgánica.

De acuerdo a la tabla 7, es notorio ver que la calidad del agua en base a la mayoría de los parámetros que forman parte del ICA-NSF, se encuentran deteriorados desde el primer punto de muestreo, pero sus condiciones mejoran a medida que avanza la cuenca baja del río, debido a las zonas habitadas y poco habitadas cercanas al cauce del río. La calidad del agua de la cuenca baja del río Portoviejo a través del ICA-NSF se expone del siguiente orden: punto 1, con 51,75; punto 2, con 65,77 y punto 3 con 65,16., de esta manera se clasifica el agua según la tabla 1 como regular en todos los puntos de muestreos tomados.

**Tabla 7:** Resultados del ICA de las tres muestras

Parámetros	Punto 1			Punto 2			Punto 3		
	SI	Wi	SI*Wi	SI	Wi	SI*Wi	SI	Wi	SI*Wi
DBO <sub>5</sub>	26,52	0,10	2,65	39,87	0,10	3,99	39,87	0,10	3,99
Coliformes Fecales	11,18	0,15	1,68	36,68	0,15	5,50	29,24	0,15	4,39
Temperatura	87,71	0,10	8,77	89,44	0,10	8,94	87,75	0,10	8,78
Fosfatos	25,69	0,10	2,57	26,03	0,10	2,60	39,71	0,10	3,97
Oxígenos disueltos	68,52	0,17	11,65	100	0,17	17,00	100	0,17	17,00
Nitratos	79,19	0,10	7,92	80,56	0,10	8,06	81,95	0,10	8,20
pH	91,76	0,12	11,01	93,22	0,12	11,19	93,24	0,12	11,19

Sólidos totales disueltos	18,35	0,08	1,47	22,87	0,08	1,83	20,79	0,08	1,66
Turbidez	50,44	0,08	4,04	83,30	0,08	6,66	74,94	0,08	6,00
$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i W_i$	<b>51,75</b>			<b>65,77</b>			<b>65,16</b>		
Clasificación de calidad según la tabla 1	<b>REGULAR</b>			<b>REGULAR</b>			<b>REGULAR</b>		

### Estrategias de aminoración

Una vez efectuado el respectivo análisis de los resultados de los ensayos y aplicándose el índice de calidad del agua (ICA-NSF) para los puntos de estudios de la cuenca baja del río Portoviejo, se ha optado por implementar un conjunto de estrategias que permitan reducir la contaminación ambiental que se presenta en los mismos, debido a la importancia de cuidar la calidad del agua y el medio que lo rodea.

#### 1. Estrategias Hidráulicas

- El sistema de tratamiento de aguas residuales, implementando plantas de tratamientos y sistemas de lagunas de estabilización a lo largo de la cuenca baja para garantizar que las aguas residuales sean tratadas antes de descargarlas al río.
- Drenaje sostenible, estimulando prácticas de drenaje sostenible en áreas rurales, incluyendo llevar a cabo sistemas de drenaje que permitan la infiltración del agua pluvial en el suelo en lugar de enviarla directamente al río.
- Control de Sedimentos grandes, diseñando estructuras de control como: terrazas y trincheras de infiltración para reducir el flujo superficial de sedimentos hacia el río.
- Rehabilitación de vegetación de las riberas del río, por medio de plantación de vegetación nativa para evitar la eutrofización.
- Optimización de infraestructura de riego, asistiendo con agricultores para reducir la escorrentía de agua de riego contaminada y descargue en el río.

- Restauración de cauces, manteniendo la morfología natural del cauce del río para perfeccionar el flujo del agua y reducir la acumulación de contaminantes.

## **2. Estrategias de Sostenibilidad y Gestión Ambiental**

- Recuperación de áreas degradadas mediante la limpieza, reforestación y plantaciones.
- Fomentar la innovación de puntos estratégicos de recolección de residuos sólidos reciclables.
- Control de especies invasoras que degraden especialmente las riberas y el cauce del río.
- Control de emisiones de humo para erradicar la quema de basura en área cercanas al río.
- Planificar campañas de limpiezas de áreas cercanas al río en conjunto a las comunidades que habitan en sus alrededores para recolectar y eliminar los desechos acumulados.

## **3. Estrategias de Gestión Institucional y Gubernamental**

- Promover programas de reciclajes en la cuenca baja del río Portoviejo con instalaciones de reciclaje, mediante capacitaciones a la ciudadanía.
- Fortalecimiento con inspecciones ambientales, identificando y sancionando a todo ciudadano que incumpla teniendo conexiones clandestinas, por medio de los artículos y normas dispuestas por el órgano colegiado de la legislación local.
- Políticas de desarrollo sostenible que fomenten la gestión responsable de recursos naturales y la reducción de la contaminación.
- Establecimiento de áreas restringidas y protegidas en la cuenca baja del río para evitar actividades que incrementen contaminantes.
- Impulsar por medio de investigaciones científicas e ingenieriles sobre la calidad del agua de la cuenca, su contaminación y la problemática en salud que pueda generar.
- Formación de comité por sectores para la exposición de información pública que concientice y responsabilice a la ciudadanía sobre la importancia y protección del río.
- Participación con instituciones tanto públicas como privadas para trabajar conjuntamente por la reducción de contaminación en la cuenca baja del río Portoviejo.
- Capacitación campesina que permita llevar a cabo un plan de contingencia para la gestión ambiental que proteja a la cuenca baja del excesivo uso de productos químicos.

## Conclusiones

Las evaluaciones de la calidad del agua en la cuenca baja del río Portoviejo, por medio de los nueve parámetros del ICA-NSF, reflejaron un cuadro complejo. Se evidenció que la calidad del agua influye por la presencia de asentamientos humanos cercanos al río.

Los ensayos en sitio y en laboratorio permitieron obtener un buen análisis de las fuentes y causas de contaminantes en la cuenca baja del río Portoviejo. Producto del incremento poblacional que es el elemento clave de dichas fuentes, se observó actividades como: quema de basura en la ribera del río, vertimiento de cualquier tipo de desecho al río, malas prácticas agrícolas y ganaderas y una red amplia de conexiones clandestinas. La calidad del agua es muy crítica en el primer punto de análisis, ya que es el punto con mayor número poblacional, mientras que para el punto dos y tres existe una reducción notable, esto se debe a aspectos positivos que evitan el exceso de contaminación en la cuenca baja del río como: la presencia de una compuerta, al ser río pedregoso permite así una filtración natural, poca densidad poblacional a diferencia del punto 1, y suministro no tan excesivo de químicos en la agricultura.

Por medio de los resultados y hallazgos obtenidos, se plantea estrategias de control para aminorar la contaminación en la cuenca baja del río Portoviejo. Estrategias que abordan de manera eficaz la gestión de control para las distintas actividades que perjudican la calidad del agua y en apoyo y colaboración con la ciudadanía en particular. A demás, se enfatiza la importancia de fomentar actividades agrícolas y ganaderas por medio de un desarrollo sostenible con la participación de los habitantes. Cabe recalcar que dichas estrategias permitirán mejorar la calidad del agua y también a preservar el entorno natural beneficiando a las comunidades.

## Referencias

- Álava, L., y Marin, L. (2021). Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en la cuenca baja del río Lelía (Santo Domingo de los Tsáchilas – Ecuador). *Dominios de las Ciencias*, 7(4), 625-648. doi: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i6.2356>
- Baquerizo, M., Acuña, M., y Solís, M. (2019). Contaminación de los ríos: caso río Guayas y sus afluentes. *Manglar*, 16(1), 63-70.
- Cantos, H., y Delgado, L. (2023). Estudio de la actividad antrópica en la cuenca baja del río Portoviejo y su Incidencia en la calidad de agua. Tesis de pregrado. Universidad Estatal del sur de Manabí. Jipijapa- Ecuador

- 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.
- Gil, J., Vizcaino, C., y Montaña, N. (2018). Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando el índice de calidad del agua (ICA). Caso de estudio: Cuenca del Río Guarapiche, Monagas, Venezuela. *Anales Científicos*, 79(1), 111-119. doi: <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v79i1.1146>
- Lobos, José. Evaluación de los Contaminantes del Embalse del Cerrón Grande PAES 2002.
- MAE. (2015). Registro Oficial. Edición Especial. Ministerio del Ambiente del Ecuador. Año III - N° 387. [https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento\\_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015\\_0.pdf](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf)
- Quijano, J. M. (2022). Contaminación del río Portoviejo producida por las actividades antrópicas de la ciudadela la paz, cantón Portoviejo, Provincia de Manabì. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Portoviejo, Ecuador.
- RÉPUBLICA DEL ECUADOR. (2002). Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Ley de Gestión Ambiental y de Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental: TULSMA ANEXO 1 LIBRO VI.
- Salas, J., Maraver, F., Rodríguez, L., Sáenz, M., Vitoria, I., y Moreno, L. (2020). Importancia del consumo de agua en la salud y la prevención de la enfermedad: situación actua. *Nutrición Hospitalaria*, 1072-1086.
- Santana, H., y Lima, P. (2021). Propuesta de obra para el control de inundaciones en la cuenca baja del río Portoviejo, sector el Horcón - Ceibal, cantón Rocafuerte - Manabí – Ecuador. *Polo del Conocimiento*, 2305-2331. doi:10.23857/pc.v6i9.3168
- Sierra, C. A. (2021). Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico. Medellín- Colombia: Universidad de Medellín: Editorial Ediciones de la U 2011. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=2fAYEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA25&dq=concepto+de+calidad+de+agua&ots=cd1RMp1K6r&sig=VmlwnFuMbOMBwS2R7fprjOsRAtY#v=onepage&q=concepto%20de%20calidad%20de%20agua&f=false>

- Vaillant, M., Cepeda, D., Gondard, P., Zapatta, A., y Meunier, A. (2007). Límites de la intensificación agropecuaria en un contexto de mercado inestable: El caso de la cuenca baja del río Portoviejo. Quito, Ecuador.: SIPAE-IRD-IFEA.
- Vladimir, P., Arcos, J., y Cazorla, X. (2020). Determinación del índice de calidad del agua (NSF) del río Copueno ubicado en Cantón Morona. *Dominio de las Ciencias*, 6(2), 734-746. doi: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1245>
- Zambrano, J. D., Delgado, A. G., Zambrano, E. T., y Peñaherrera, S. L. (2022). Contaminantes biológicos presentes en fuentes de agua del centro-sur de la provincia de Manabí, Ecuador. *Siembra*, 9(2), 2-15.

© 2023 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/>).