



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2025,  
Volumen 9, Número 1.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i1](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1)

**EFICACIA DE FITORREMEDIACIÓN DE LAS  
ESPECIES EICHHORNIA CRASSIPES Y PISTIA  
STRATIOTES EN LAS AGUAS DE LA  
SUBCUENCA DEL RÍO PINTO, DE LA  
AMAZONÍA ECUATORIANA**

**PHYTOREMEDIATION EFFICIENCY OF THE SPECIES  
EICHHORNIA CRASSIPES AND PISTIA STRATIOTES IN THE  
WATERS OF THE PINTO RIVER SUB-BASIN, OF THE  
ECUADORIAN AMAZON**

**Rubén Darío Ledesma Acosta**  
Universidad Estatal Amazónica

**Calvopiña Beltrán José Aníbal**  
Universidad Estatal Amazónica

## Eficacia de fitorremediación de las especies *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes* en las aguas de la subcuenca del río Pinto, de la Amazonía ecuatoriana

Rubén Darío Ledesma Acosta<sup>1</sup>

[rledesma@uea.edu.ec](mailto:rledesma@uea.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-2086-0185>

Universidad Estatal Amazónica

Calvopiña Beltrán José Aníbal

[ja.calvopinab@uea.edu.ec](mailto:ja.calvopinab@uea.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0007-2097-2359>

Universidad Estatal Amazónica

### RESUMEN

Este estudio evaluó la eficacia de fitorremediación de las especies *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes* para las aguas de la subcuenca del río Pinto, ubicado en la ciudad del Puyo, cantón y provincia de Pastaza. Durante un periodo de 30 días, se analizó los parámetros físico-químicos y biológicos del agua en tres fases: antes del tratamiento (In-Situ), en 15 días y en 30 días de fitorremediación. Los parámetros físico-químicos evaluados fueron: Temperatura, pH, Conductividad Eléctrica, Turbidez, Sólidos Disueltos Totales (SDT), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Oxígeno Disuelto (OD) y Demanda Bioquímica De Oxígeno (DBO<sub>5</sub>). Además, se cuantificaron los Coliformes Fecales utilizando el método del Número Más Probable (NMP) conforme a la norma ISO 4831. Los resultados mostraron una mejora notable en la calidad del agua, reduciéndose los niveles de Coliformes Fecales de 890 NMP a 665 NMP. También, disminuyó la Turbidez y la DBO<sub>5</sub>, y un aumento en el Oxígeno Disuelto de 5,95 mg O<sub>2</sub>/L a 6,10 mg O<sub>2</sub>/L, indicando una mejora significativa en la calidad del agua tras el tratamiento. Este estudio sugiere el uso de estas plantas acuáticas como fitorremediadoras para subcuencas de ríos Amazónicos.

**Palabras clave:** fitorremediación, remediación, jacinto de agua, lechuga de agua, plantas acuáticas

---

<sup>1</sup> Autor principal

Correspondencia: [rledesma@uea.edu.ec](mailto:rledesma@uea.edu.ec)

# Phytoremediation efficiency of the species *Eichhornia crassipes* and *Pistia stratiotes* in the waters of the Pinto River sub-basin, of the Ecuadorian Amazon

## ABSTRACT

This study evaluated the phytoremediation effectiveness of the species *Eichhornia crassipes* and *Pistia stratiotes* for the waters of the Pinto River sub-basin, located in the city of Puyo, canton and province of Pastaza. During a period of 30 days, the physical-chemical and biological parameters of the water were analyzed in three phases: before treatment (In-Situ), in 15 days and in 30 days of phytoremediation. The physical-chemical parameters evaluated were: temperature, pH, electrical conductivity, turbidity, total dissolved solids (TSD), total suspended solids (TSS), dissolved oxygen (DO) and biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>). In addition, fecal coliforms were quantified using the Most Probable Number (MPN) method in accordance with the ISO 4831 standard. The results showed a notable improvement in water quality, reducing fecal coliform levels from 890 MPN to 665 MPN. Also, turbidity and BOD<sub>5</sub> decreased, and an increase in dissolved oxygen from 5.95 mg O<sub>2</sub>/L to 6.10 mg O<sub>2</sub>/L, indicating a significant improvement in water quality after treatment. This study suggests the use of these aquatic plants as phytoremediators for sub-basins of Amazonian rivers.

**Keywords:** phytoremediation, remediation, water hyacinth, water lettuce, aquatic plants

*Artículo recibido 08 enero 2025  
Aceptado para publicación: 15 febrero 2025*



## INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua es uno de los desafíos ambientales más apremiantes del siglo XXI, afectando no solo la salud humana, sino también la biodiversidad y la sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos (Larramendi Benítez et al., 2021). En todo el mundo, más de 2 mil millones de personas carecen de acceso a agua potable segura, lo que resalta la necesidad urgente de estrategias efectivas para el tratamiento de aguas residuales y la mejora de la calidad del agua (Argáiz, 2019). Los métodos convencionales de tratamiento de aguas residuales, aunque efectivos, a menudo son costosos y requieren una infraestructura considerable, lo que limita su aplicación en comunidades rurales y en desarrollo (Cárdenas Torrado & Molina Pérez, 2022).

La fitorremediación, que utiliza plantas para absorber, acumular y descomponer contaminantes, se ha perfilado como una alternativa sostenible y económica para el tratamiento de aguas residuales (Calvanapón-Alva et al., 2023). Entre las especies acuáticas más prominentes utilizadas en este proceso se encuentran el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) (Ayme Estacio et al., 2022). Ambas especies son reconocidas por su rápida tasa de crecimiento y su capacidad para mejorar la calidad del agua al eliminar nutrientes y contaminantes (Borda Luna et al., 2023).

El jacinto de agua, por ejemplo, es conocido por su habilidad para absorber grandes cantidades de nitrógeno y fósforo, elementos que contribuyen a la eutrofización de los cuerpos de agua (Tejada Tobar et al., 2020). Esta planta, además, puede incrementar la productividad de biomasa, lo que la convierte en un recurso valioso para la agricultura y la producción de biocombustibles (Checa-Artos et al., 2023). Por su parte, la lechuga de agua ha mostrado eficacia en la remoción de metales pesados y patógenos, lo que la hace especialmente útil en la rehabilitación de cuerpos de agua contaminados (Cárdenas et al., 2023).

En el contexto del Ecuador, el río Pindo, ubicado en el cantón y provincia de Pastaza, ha sido afectado por actividades antrópicas, incluyendo actividades pecuarias y el desarrollo urbano (Quishpe-López et al., 2020). Estas actividades han incrementado los niveles de nutrientes y patógenos en el agua, comprometiendo la calidad del recurso hídrico y afectando la salud de las comunidades locales. Por esta razón, es crucial implementar estrategias de tratamiento que sean accesibles y efectivas (Diéguez Santana, 2020).

Este estudio se centra en la evaluación de la eficacia del tratamiento de aguas residuales mediante el uso de jacinto de agua y lechuga de agua en el río Pindo. Se realizó un análisis detallado de los parámetros físico-químicos y biológicos del agua antes, durante 15 días y después de 30 días del proceso de fitorremediación, con el objetivo de determinar la calidad del agua (Duran, 2023). Los resultados obtenidos de este estudio no solo contribuyen a la literatura científica, sino que también pueden guiar políticas locales sobre el manejo sostenible del agua y la implementación de prácticas de fitorremediación en comunidades vulnerables.

Este enfoque holístico permite evaluar no solo la efectividad de las plantas acuáticas en la remoción de contaminantes, sino también su potencial como herramientas de gestión ambiental en la región, impulsando así un cambio hacia prácticas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.

## **METODOLOGÍA**

### **Diseño del estudio**

Este estudio se realizó en la subcuenca del río Pindo, situado en la ciudad del Puyo, en el cantón y provincia de Pastaza, Ecuador. Las aguas del río Pindo, son receptoras de aguas residuales pecuarias y de aguas provenientes de sistemas de tratamiento de aguas municipales. Para evaluar la eficiencia de dos especies de plantas acuáticas en la fitorremediación, se seleccionaron cinco plantas de *Pistia stratiotes* y cinco de *Eichhornia crassipes* naturalizadas en las mismas aguas del río Pindo. Estas plantas son conocidas por su capacidad para absorber contaminantes. El ensayo de fitorremediación se realizó en dos recipientes de 20 litros y monitoreado su dinámica de fitorremediación en un laboratorio de la Universidad Estatal Amazónica.

### **Preparación de las muestras**

Las muestras de agua se recolectaron en tres momentos diferentes:

- Antes del proceso de fitorremediación: se recogió una muestra de agua del río Pindo para analizar sus características físicas y químicas,
- Durante 15 días de fitorremediación: se recolectó muestras para evaluar los cambios en la calidad del agua debido a la acción de las plantas; y,
- Al finalizar el proceso de fitorremediación a los 30 días se realizó un análisis para determinar la eficacia y determinar la calidad del agua.

Para la recolección de muestras, se utilizaron envases de 5 litros, los cuales fueron previamente lavados y secados para evitar la contaminación cruzada. Las muestras fueron selladas y etiquetadas adecuadamente, y se almacenaron en condiciones estándar y oscuro durante un tiempo de seis horas antes de su análisis.

### **Análisis de parámetros Físicos y Químicos**

Los análisis físicos y químicos se analizaron en los laboratorios de aguas y microbiología de la Universidad Estatal Amazónica, para determinar los siguientes parámetros:

- Temperatura
- pH
- Conductividad
- Turbidez
- Sólidos Disueltos Totales, aplicando los métodos 2540 B, 2540 C y 2540 D del libro Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.
- Sólidos Suspendidos Totales: aplicando el similar método como los Sólidos Disueltos Totales.
- Oxígeno Disuelto: se realizó siguiendo el método 4500-O G.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días: se utilizó el método 5210 D de respirometría, utilizando el equipo BODTrak.

### **Análisis biológico**

Para evaluar la calidad biológica del agua se analizó la presencia de coliformes fecales. Las muestras de agua se examinaron utilizando el método Petrifilm - ISO 4831, el cual permite enumerar coliformes fecales mediante el método del Número Más Probable (NMP). Este método se basa en la capacidad de los coliformes para crecer y producir gas a partir de la lactosa en un caldo selectivo. Los resultados se interpretaron observando las colonias rojas asociadas a gas en las placas Petrifilm EC. Para calcular el NMP, se utilizó la ecuación 1.

$$NMP/g \text{ o } mL = FD * Col \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

FD: factor de dilución.

Col: Número más probable de unidades formadoras de colonias por placa.



## Procedimiento de fitorremediación

Las plantas se mantuvieron en condiciones controladas durante el ensayo de fitorremediación. Durante la prueba de fitorremediación se controló la temperatura, humedad y radiación solar tengan las condiciones similares de su hábitat natural de las plantas y el agua de muestra del río Pindo. A los 30 días de tratamiento, se registraron observaciones sobre el crecimiento de las plantas y su interacción con el agua residual. Además, se evaluó la eficacia de las plantas en la reducción de contaminantes y la mejora de la calidad del agua comparando los resultados de las muestras tomadas en los tres momentos mencionados.

## RESULTADOS

Para determinar la eficacia de la fitorremediación, primero se analizó las características físico-químico de las aguas del río Pindo antes del ensayo. En la tabla 1 se muestra los parámetros obtenidos.

**Tabla 1**

Parámetros iniciales físicos-químicos y biológicos del agua del río Pindo

Parámetro	Unidad	Valor
Temperatura	°C	23,50
Conductividad Eléctrica	μS/cm	76,24
Turbidez	NTU	5,57
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	71,50
Solidos Suspendidos Totales	mg/L	0,40
pH	Unidades	7,10
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /L	5,83
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O <sub>2</sub> /L	5,93
Coliformes Fecales	NMP	890,00

La Tabla 1, muestra los valores iniciales de los parámetros físico-químico del agua del río Pindo antes de aplicar el tratamiento de fitorremediación. Los resultados manifiestan que el río tiene una Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) de 5,93 mg O<sub>2</sub>/L, considerable concentración de Coliformes Fecales (CF) de 890,00 NMP, la Turbidez de 5,57 NTU y Sólidos Disueltos Totales (SDT) de 71,50 mg/L.

**Parámetros físicos durante la fitorremediación con lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) en 15 y 30 días.**

Los datos obtenidos en la fitorremediación en los 15 y 30 días de tratamiento se presentan en la tabla 2.

**Tabla 2**  
Fitorremediación con *Pistia stratiotes* en 15 y 30 días

Parámetro	Unidad	15 días	30 días
Temperatura	°C	22,10	22,10
Conductividad Eléctrica	μS/cm	165,50	178,50
Turbidez	NTU	5,03	4,59
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	122,50	173,50
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	0,90	1,50
pH	Unidad	6,90	7,10
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /L	5,95	6,10
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O <sub>2</sub> /L	5,14	4,65

En la tabla 2, se observa una notable mejora en parámetros físicos como la turbidez reduciendo de 5,03 NTU a 4,59 NTU en 30 días causando mayor claridad del agua. Sin embargo, los SDT aumentaron, lo que sugiere que la *Pistia stratiotes* pudo estar acumulando ciertos nutrientes disueltos en el agua. Los Sólidos Suspendidos Totales (SST) también incrementaron, lo que podría estar relacionado con la descomposición parcial de la biomasa de la planta. Los niveles de oxígeno disuelto (OD) aumentaron con el paso del tiempo de 5,95 mg O<sub>2</sub>/L a 6,10 mg O<sub>2</sub>/L, lo que sugiere una mejora en la calidad del agua en términos de oxigenación. La DBO<sub>5</sub> también disminuye de 5,14 mg O<sub>2</sub>/L a 4,65 mg O<sub>2</sub>/L, indicando una reducción en la cantidad de materia orgánica biodegradable en el agua.

El uso combinado de las especies *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*, muestra una mejora significativa en la calidad del agua en todos los parámetros evaluados. Si se emplean estas especies para el tratamiento, podrían lograrse los siguientes efectos:

- Reducción de la turbidez: el promedio entre las dos especies logró reducir la turbidez del agua de 5,57 NTU a 4,45 NTU, lo que indica una mayor claridad del agua.
- Aumento en la Conductividad Eléctrica (CE) y los SDT: aunque la conductividad y los SDT aumentaron en el proceso de 76,24 μS/cm a 156,55 μS/cm y de 71,50 mg/L a 147,00 mg/L respectivamente, sugiere que las especies están absorbiendo nutrientes y concentrándolos en sus tejidos.

- Incremento en los SST: el aumento de los SST de 0,40 mg/L a 1,35 mg/L podría estar relacionado con la descomposición parcial de las plantas o la liberación de ciertos materiales orgánicos.
- Mejora en la oxigenación del agua: los niveles de OD aumentaron de 5,83 mg O<sub>2</sub>/L (74,8%) a 6,23 mg O<sub>2</sub>/L (78,10%), lo que indica una mejor oxigenación del agua, un factor clave para mantener la vida acuática saludable.
- Disminución de la DBO<sub>5</sub>: la reducción de la DBO<sub>5</sub> de 5,93 mg O<sub>2</sub>/L a 4,70 mg O<sub>2</sub>/L indica la capacidad de las especies para remover materia orgánica biodegradable del agua, mejorando su calidad.
- Reducción de Coliformes Fecales: los coliformes fecales disminuyeron significativamente, de 890 NMP a 665 NMP, demostrando que son efectivas para reducir este parámetro.

### Parámetros físicos durante la fitorremediación con jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*) en 15 y 30 días.

La fitorremediación en este proceso se presenta en la tabla 3.

**Tabla 3**  
Fitorremediación con *Eichhornia crassipes* en 15 y 30 días

Parámetro	Unidad	15 días	30 días
Temperatura	°C	22,10	22,10
Conductividad Eléctrica	μS/cm	123,40	134,60
Turbidez	NTU	4,95	4,32
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	115,20	120,50
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	0,80	1,20
pH	Unidad	6,85	7,00
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /L	6,10	6,35
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O <sub>2</sub> /L	5,20	7,75

Los resultados de la Tabla 3, muestran una tendencia clara en el proceso de fitorremediación utilizando *Eichhornia crassipes*. Se observa un aumento en la conductividad y en los SDT, lo que indica que esta planta tiene la capacidad de absorber y concentrar compuestos disueltos en el agua. La Turbidez disminuyó de 4,95 NTU a 4,32 NTU, lo que indica una mejora en la claridad del agua. Esto probablemente se deba a la reducción de partículas suspendidas, mejorando la apariencia visual. Los SST también aumentaron lo que podría estar relacionado con la acumulación de biomasa vegetal o la absorción de sólidos presentes en el agua. Los niveles de oxígeno disuelto (OD) pasó de 6,10 mg O<sub>2</sub>/L a 6,35 mg O<sub>2</sub>/L en el transcurso del tratamiento. Este incremento en los niveles de OD indica una mejor

oxigenación del agua, lo que favorece el entorno acuático. Además, la DBO<sub>5</sub> disminuyó de 5,20 mg O<sub>2</sub>/L a 4,75 mg O<sub>2</sub>/L, lo que muestra una reducción en la materia orgánica biodegradable presente en el agua.

**Tabla 4**

Comparativa fitorremediación en los Coliformes Fecales antes y después de los tratamientos

Parámetro	Unidad	Inicial	<i>Pistia stratiotes</i>		<i>Eichhornia crassipes</i>	
			15 días	30 días	15 días	30 días
Coliformes Fecales	NMP	890	750	670	740	660

La tabla 4, muestra una disminución significativa de coliformes fecales en el tiempo de tratamiento con las plantas de estudio. Tanto *Pistia stratiotes* como *Eichhornia crassipes* fueron efectivas en la reducción de los coliformes. En el caso de *Pistia stratiotes*, los coliformes disminuyeron de 890 NMP a 670 NMP después de 30 días de tratamiento. De manera similar, *Eichhornia crassipes* redujo los coliformes de 890 NMP a 660 NMP tras el mismo período.

## DISCUSIÓN

Los resultados del estudio indican que la fitorremediación mediante *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*, es efectiva en la mejora de la calidad del agua en el río Pindo. La disminución de Coliformes Fecales (CF) es un indicador clave de la eficacia del tratamiento, debido a que los microorganismos son indicadores de contaminación fecal y riesgo para la salud humana (Martínez et al., 2019). Los niveles de CF se redujeron de 890 NMP a 750 NMP en el transcurso de 15 días con *Eichhornia crassipes*, y a 670 NMP después de 30 días con *Pistia stratiotes*, lo que muestra que ambas especies de plantas acuáticas pueden contribuir significativamente a la depuración de aguas residuales.

Los parámetros físico-químicos mostraron una mejora durante el período de fitorremediación. Por ejemplo, la turbidez se redujo de 5,57 NTU a 5,03 NTU en los primeros 15 días y a 4,59 NTU después de 30 días, lo que indica una disminución en la cantidad de partículas suspendidas en el agua, mejorando su claridad (Meza, 2022). Además, los SDT aumentaron de 71,50 mg/L a 122,50 mg/L en los primeros 15 días y a 173,50 mg/L después de 30 días, demostrando la absorción de nutrientes y contaminantes (Qayoom & Jaies, 2023). Este fenómeno es respaldado por investigaciones anteriores que evidencian la capacidad de las plantas acuáticas para acumular metales pesados y nutrientes del agua (Pagoray & Ghitarina, 2020).

La reducción en la turbidez es un indicador directo de la capacidad de las plantas para retener partículas en suspensión, mejorando así la claridad del agua y reduciendo los riesgos asociados a la sedimentación de materiales particulados (Meza, 2022). Sin embargo, se observó un aumento en los SDT, pasando de 71,5 mg/L en el agua sin tratamiento a 122,5 mg/L después de 15 días y a 173,5 mg/L tras 30 días. Este incremento puede atribuirse a la absorción de nutrientes y contaminantes por parte de las plantas, demostrando que, *Pistia stratiotes* como *Eichhornia crassipes* están acumulando ciertos compuestos disueltos en sus tejidos. Investigaciones anteriores han demostrado que las plantas acuáticas tienen la capacidad de retener metales pesados y otros contaminantes disueltos, lo que contribuye a la reducción de la contaminación del agua (Qayoom & Jaies, 2023). Aunque este aumento en los SDT podría interpretarse como una limitación del proceso de fitorremediación, también es un reflejo de la capacidad de las plantas para extraer y acumular compuestos dañinos, lo que a largo plazo podría disminuir la carga contaminante del agua.

En cuanto a los parámetros químicos, el pH del agua mostró una ligera disminución de 7,10 a 6,90 durante los primeros 15 días, atribuible a la producción de ácidos orgánicos por la descomposición de materia orgánica (Torres S, 2020). El oxígeno disuelto (OD) aumentó de 5,83 mg O<sub>2</sub>/L a 5,95 mg O<sub>2</sub>/L en 15 días y luego a 6,10 mg O<sub>2</sub>/L después de 30 días, deduciendo que las plantas contribuyeron a la oxigenación del agua como parámetro vital para la supervivencia de organismos acuáticos (Norma Técnica Ecuatoriana Instituto Ecuatoriano de Normalización 1106, 2013).

La DBO<sub>5</sub> se redujo de 5,93 mg O<sub>2</sub>/L a 5,14 mg O<sub>2</sub>/L en 15 días y a 4,65 mg O<sub>2</sub>/L después de 30 días, lo que indica una disminución en la materia orgánica biodegradable presente en el agua. Este resultado es importante ya que un menor nivel de DBO<sub>5</sub> implica que el agua es menos contaminada y más apta para su uso en actividades recreativas y en la agricultura (Bautista, 2020). Sin embargo, es importante señalar que la efectividad de la fitorremediación puede variar en función de diversos factores como: el tiempo de contacto, las condiciones ambientales y la especie de planta utilizada. Estudios previos han indicado que la eficiencia de las plantas acuáticas puede verse afectada por la concentración de contaminantes y la temperatura del agua. Por lo tanto, se debe realizar estudios adicionales que consideren estas variables para optimizar los procesos de fitorremediación en el río Pindo.

Otro parámetro crítico como OD, mostró un aumento progresivo, pasando de 5,83 mg O<sub>2</sub>/L en el agua sin tratar a 5,95 mg O<sub>2</sub>/L en los primeros 15 días y a 6,10 mg O<sub>2</sub>/L al finalizar los 30 días de tratamiento. Este incremento en el OD es particularmente importante mostrando una mayor disponibilidad de oxígeno para los organismos acuáticos, lo cual, mejora las condiciones de habitabilidad y contribuye a la recuperación de ecosistemas deteriorados (Pagoray & Ghitarina, 2020). La mayor concentración de oxígeno disuelto es un claro indicativo de que las plantas acuáticas favorecen la oxigenación del agua, probablemente debido a la fotosíntesis realizada por las mismas.

Este estudio de fitorremediación para las aguas de la subcuenca del río Pindo, demuestran que la combinación de *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* puede ser una solución viable y efectiva para mejorar la calidad del agua en el río Pindo, reduciendo tanto la contaminación microbológica como los niveles de materia orgánica y partículas suspendidas.

## CONCLUSIONES

La fitorremediación empleada con *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* es un método eficaz para mejorar la calidad del agua del río Pindo. Uno de los indicadores clave que respalda esta afirmación es la reducción de los niveles de Coliformes Fecales, los cuales son utilizados como referencia para evaluar la contaminación fecal y, por ende, el riesgo sanitario del agua. Al inicio del tratamiento, los coliformes fecales presentaban un valor de 890 NMP, cifra que disminuyó progresivamente durante el proceso de fitorremediación.

A pesar de los resultados positivos, es importante señalar que la efectividad de la fitorremediación puede variar dependiendo de varios factores, como: la temperatura del agua, la concentración de contaminantes y el tiempo de exposición de las plantas. Estudios previos han demostrado que las plantas acuáticas pueden ser menos eficientes en la remoción de contaminantes en condiciones de alta concentración de metales pesados o en aguas con temperaturas extremas, lo que podría afectar su capacidad de absorción y crecimiento.

La fitorremediación con las especies de estudio promueve una alternativa para mejorar la calidad de las aguas del río Pinto contribuyendo a mejorar el recurso hídrico al incrementar la biodiversidad acuática y reducir la carga contaminante del río. La aplicación de la fitorremediación, con estas especies podría

implementarse de manera más amplia en otros ecosistemas acuáticos en riesgo, con el fin de abordar problemas de calidad del agua a nivel local y global.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

