



Determinación del uso de *Eichhornia crassipes* en la depuración de aguas pecuarias en San Martín de Cumbaza

Determination of the use of *Eichhornia crassipes* in the purification of livestock wastewater in San Martín de Cumbaza

✉ Cano-Jaimes, Joici^{1*}

Ríos-Vázquez, Allinson Fiorella¹

Guerra-Chota, Mabel¹

Vásquez-Vásquez, Juana Elizabeth¹

¹Universidad César Vallejo, Tarapoto, Perú

Recibido: 11 Nov. 2025 | Aceptado: 26 Dic. 2025 | Publicado: 20 Ene. 2026

Autor de correspondencia*: ccanoja@ucvvirtual.edu.pe

Como citar este artículo: Cano-Jaimes, J., Ríos-Vázquez, A. F., Guerra-Chota, M. & Vásquez-Vásquez, J. E. (2026). Determinación del uso de *Eichhornia crassipes* en la depuración de aguas pecuarias en San Martín de Cumbaza. *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas*, 5(1), e1267. <https://doi.org/10.51252/reacae.v5i1.e1267>

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar el uso de *Eichhornia crassipes* en la depuración de aguas pecuarias en el sector San Martín de Cumbaza, es de tipo aplicado, con enfoque cuantitativo y diseño experimental. La población estuvo formada por aguas residuales pecuarias del Fundo don Armas, la muestra fue de 50 L para cada tratamiento, T1= 50, T2=75, T3= 150 macrofitas, por un lapso de 30 días. Los resultados evidenciaron reducciones significativas en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, el T1 logró una remoción de 4,83% en Conductividad eléctrica, pH 14,06%, SST 8,30 %, OD 57,14%, DBO 65,10 %, DQO 21,90 %, Coliformes termotolerantes 49,16 %. En el T2 se registró un porcentaje de remoción de 14,35% en Conductividad eléctrica, pH 25,78%, SST 42,35%, OD 68,57, DBO 84,00 %, DQO 39,04 %, y 75,83 % en coliformes termotolerantes. Finalmente, en el T3 se obtuvieron valores altos de remoción de 26,13% en Conductividad eléctrica, pH 48,90%, SST 69,43%, OD 85,42%, DQO 74,44 %, DBO 92,29 % y 89,16 % en coliformes termotolerantes.

Palabras clave: aguas residuales; características de aguas residuales; *Eichhornia*; remoción de contaminantes; tratamiento de aguas residuales

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the use of *Eichhornia crassipes* in the treatment of livestock wastewater in the San Martín de Cumbaza sector. It was an applied research study with a quantitative approach and an experimental design. The population consisted of livestock wastewater from the Don Armas farm. The sample was 50 L for each treatment: T1 = 50 L, T2 = 75 L, and T3 = 150 L of macrophytes, over a period of 30 days. The results showed significant reductions in physicochemical and microbiological parameters. Treatment T1 achieved a 4.83% removal of electrical conductivity, a 14.06% reduction in pH, an 8.30% reduction in total suspended solids (TSS), a 57.14% reduction in dissolved oxygen (DO), a 65.10% reduction in biochemical oxygen demand (BOD), a 21.90% reduction in chemical oxygen demand (COD), and a 49.16% reduction in thermotolerant coliforms. In treatment T2, a removal percentage of 14.35% was recorded for electrical conductivity, pH 25.78%, TSS 42.35%, DO 68.57%, BOD 84.00%, COD 39.04%, and 75.83% for thermotolerant coliforms. Finally, in treatment T3, high removal values were obtained: 26.13% for electrical conductivity, pH 48.90%, TSS 69.43%, DO 85.42%, COD 74.44%, BOD 92.29% and 89.16% for thermotolerant coliforms.

Keywords: wastewater; wastewater characteristics; *Eichhornia*; contaminant removal; wastewater treatment



1. INTRODUCCIÓN

A escala global, el aumento de la población y el ritmo acelerado de la industrialización han generado impactos negativos al medio ambiente, como la contaminación por aguas residuales de origen pecuario (Hansen et al., 2020). En tiempos recientes, se ha observado un crecimiento en los niveles de polución del agua (Espinoza Gómez & León Sacoto, 2024). Las principales fuentes de esta alteración provienen de actividades pertenecientes a diversos sectores económicos, como la salud, la industria, la ganadería, la agricultura y la curtiembre (Gonzales León, 2023).

En múltiples áreas en desarrollo, este crecimiento acelerado ha sido impulsado por un aumento significativo en la demanda de la crianza del cerdo, ocasionando el incremento de la generación de residuos nocivos, lo que provoca desequilibrios en las variables ambientales como la pérdida de biodiversidad, destrucción de nichos ecológicos. Además, afectan a la salud y la sociedad (Ledesma Acosta & Calvopiña Beltrán, 2025).

En la actualidad los sistemas agrícolas tradicionales, donde los agricultores criaban animales y cultivaban la tierra, han sido reemplazados por grandes empresas que albergan miles de animales. Estas utilizan mayores cantidades de nutrientes en el alimento para los animales, lo que genera un volumen de desechos mucho mayor al que puede ser utilizado como abono o absorbido por los suelos cercanos (Zhang et al., 2025).

La contaminación se intensifica especialmente cuando estas instalaciones se ubican en zonas ambientalmente sensibles, próximas a centros poblados o fuentes de agua, ya que los efluentes suelen ser vierten directamente al ecosistema o se almacenan en grandes "lagunas", desde donde pueden filtrarse o derramarse hacia ríos cercanos o acuíferos subterráneos. Estos residuos, además, generan gases perjudiciales que deterioran la calidad ambiental, afectan la salud de la población y liberación de partículas asociadas al calentamiento global y a la formación de lluvia ácida (Benavides et al., 2021).

En el Perú, la producción intensiva de aves de corral, ganado y cerdos ha dado lugar a una considerable acumulación de desechos tanto líquidos como sólidos, generando una problemática ambiental conocida como contaminación por aguas pecuarias (Paima Rufasto et al., 2020). Esta situación representa una preocupación significativa para la sociedad peruana (Pavlidis et al., 2022).

En numerosas granjas porcinas no se aplican tratamientos adecuados a las aguas residuales, lo que genera intensos olores, altos volúmenes de materia orgánica y acumulación de sedimentos (Bazán Espinoza, 2022). El estiércol porcino está compuesto, en su fracción física, por materia orgánica y sólidos en suspensión; mientras que su fracción química contiene nitrógeno, fósforo, potasio (Huamán Cuespán, 2020). Asimismo, si la concentración de estas sustancias en la superficie del agua es demasiado alta, puede producirse la eutrofización de los ecosistemas acuáticos (Moreno-Cruz et al., 2025).

En la Región San Martín, el agua no es ajena a esta problemática. El exceso de nutrientes y metales pesados deteriora la calidad del recurso hídrico. Por ello, la solución de la contaminación hídrica suele ser compleja, costosa y prolongada, por lo que resulta fundamental prevenirla. En la ciudad de Tarapoto, de forma específica en el sector San Martín de Cumbaza, existen instalaciones pecuarias que no cuentan con un óptimo tratamiento adecuado para sus descargas, convirtiéndose en un desafío crítico para el medio ambiente (Aranda Saboya & Pinchi Greenwich, 2020).

Frente a esta problemática existe un método de tratamiento; alterno a los tratamientos convencionales, llamada fitorremediación, que consiste en la absorción de contaminantes del agua dándole un tratamiento primario para tratar las aguas residuales de una manera natural mediante la absorción de diferentes

parámetros (Martelli et al., 2024). Por lo expuesto, es indispensable conocer el efecto de la fitorremediación usando la especie de *Eichhornia crassipes*, para el tratamiento de aguas residuales pecuarias.

La *Eichhornia crassipes*, o llamado también (jacinto de agua) es una planta acuática de continua flotación libre que forma parte del grupo de las hidrófitas. Su desarrollo óptimo se da en temperaturas templadas de 25 a 30 °C y en aguas con un pH comprendido entre 6,5 y 7,5. Además es una especie con una alta capacidad para eliminar contaminantes inorgánicos presentes en las aguas residuales (Javier Haro & Toscano Justino, 2023).

El objetivo de esta investigación es determinar el uso de *Eichhornia crassipes* en la depuración de aguas pecuarias en el sector San Martín de Cumbaza. Esto incluye 50 L de agua residual pecuaria para cada tratamiento, con adiciones de T1= 50, T2= 75, T3=150 macrofitas, en un tiempo de retención hidráulica de 30 días.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación es de **tipo aplicada**, pues permitió obtener nuevos datos y conocimientos científicos orientados a desarrollar soluciones concretas mediante el análisis físico-químico de las aguas residuales pecuarias, con el fin de optimizar su uso adecuado (Castro Maldonado et al., 2023). La información obtenida en el proyecto de investigación permitió sustentar científicamente los valores registrados, de acuerdo con el objetivo planteado.

Diseño de investigación. Experimental, de tipo cuasi-experimental, dado que se trabajó con una variable independiente (*Eichhornia crassipes*). Además, el estudio consideró un alcance explicativo-correlacional, lo que permitió describir y analizar el comportamiento de las aguas residuales pecuarias a partir de la aplicación de la macrófita. Del mismo modo se consideró un diseño completamente al azar simple (DCA), teniendo en consideración 3 tratamientos, el T1 fue con adición de 50, el T2 con 75 y el T3 con 150 macrofitas. Así, se pueda comparar qué tratamiento elimina mejor los agentes contaminantes presentes en las aguas residuales pecuarias, corroborando los resultados estadísticamente (Arias et al., 2022).

La población estuvo constituida por las aguas residuales pecuarias. **La muestra** fue de 50 L de agua residual pecuaria para cada tratamiento.

Muestreo: fue no probabilístico, por conveniencia, es decir según el criterio del autor. Según (Hernández González, 2021) Este tipo de muestreo permite seleccionar los casos que sean accesibles para su análisis.

Las variables de estudio fueron: Variable independiente: *Eichhornia crassipes*. Variable dependiente: Depuración de aguas pecuarias.

El estudio se desarrolló en seis fases:

Fase N°1: Ubicación del agua residual pecuaria

La ubicación del agua residual pecuaria se encontró el sector San Martín de Cumbaza, específicamente en el Fundo don Armas, cuyas coordenadas UTM son: 349563, 9276759. Situado entre la ciudad de Tarapoto y el Distrito de Morales – Provincia San Martín – Departamento San Martín, a una altitud de 353 m.s.n.m, con una temperatura de 23°C a 33°C.

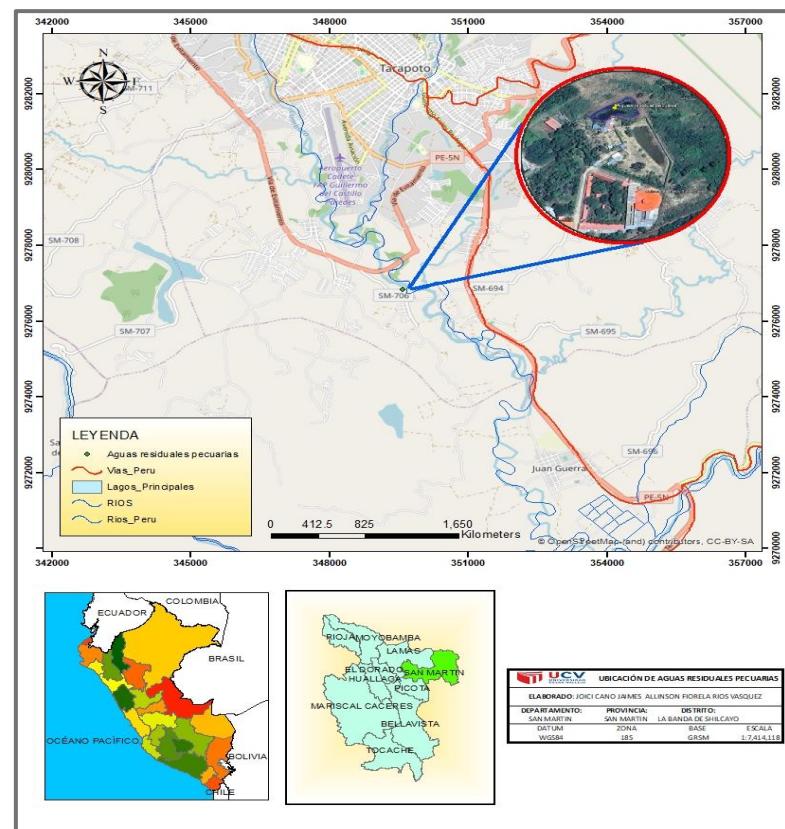


Figura 1. Mapa de ubicación del agua residual pecuaria

Fase N°2: Ubicación y recolección de la especie vegetal

Los ejemplares de *Eichhornia crassipes* se ubicaron dentro del Río Negro, en las siguientes coordenadas UTM: 249574, 9336063 – Distrito Elías Soplin Vargas – Provincia Rioja – Departamento San Martín. Estas serán recolectadas por la mañana, previendo que no se puedan marchitar en el traslado. Para ello se seleccionaron plantas maduras y en buen estado, para asegurar sus condiciones ambientales similares se escogieron hojas totalmente abiertas, sin partes rotas y de buen espesor radicular.

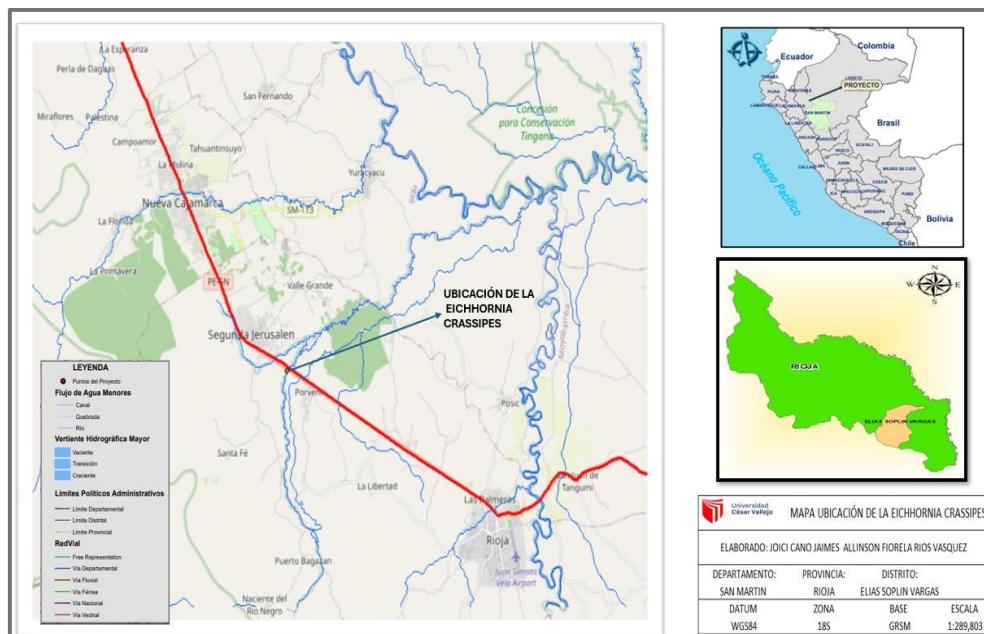


Figura 2. Ubicación de la especie vegetal

Fase N°3: Acondicionamiento del lugar para el tratamiento

El lugar para el acondicionamiento del tratamiento, se realizó en el Jr. Amazonas 677 – Distrito de la Banda de Shilcayo. Para los humedales, se construyó tres (3) estanques de madera con extensiones de 0,77 cm de largo, 0,57 cm de ancho y 0,20 cm de altura, buscando almacenar 50 L de agua residual pecuaria por cada tratamiento. Haciendo un total de 150 L.

Fase N°4: Recolección de agua residual pecuaria y toma de muestra para pretratamiento

La recolección del agua residual pecuaria fue de procedencia del Fundo don Armas. Para la cual se usó un balde de plástico de 20 L para recolectar el agua y disponerla en los estanques artificiales. Para luego poder emplear el sistema de fitorremediación con la implantación de la *Eichhornia crassipes* durante un lapso de 30 días. La recolección de muestra de agua residual pecuaria para el pretratamiento se realizó conforme los protocolos técnicos de muestreo, con el propósito de asegurar la representatividad y confiabilidad de los resultados, en concordancia con las normativas ambientales vigentes

Fase N°5: Aplicación de la *Eichhornia crassipes*

Después del traslado, la distribución de macrófitas por tratamiento fue la siguiente: T1= 50, T2= 75, T3 =150 macrofitas. Transcurrido el periodo de 30 días, se realizará una evaluación para determinar el % de remoción de la especie, con estudios previos que respaldan esta metodología (Ballón Durand, 2021)

Fase N°6: Recolección del agua postratamiento

Las muestras fueron tomadas de los mismos estanques artificiales, para posterior ser enviadas al laboratorio.

Técnica e instrumentos de recolección de datos: Se utilizarán técnicas como el análisis de información documental de revistas, artículos, tesis. Incluyendo estudios previos sobre la determinación del uso de *Eichhornia crassipes* en la depuración de aguas pecuarias. Para los Instrumento de recolección de datos se empleó fichas de registros: Ficha de sistematización y recolección de datos, que permitió recolectar información de los parámetros antes y después de la aplicación de *Eichhornia crassipes*. Para el proceso de análisis y recopilación de contenido, se utilizó el programa Excel con la prueba estadística Anova de un factor que sirve para contrastar las medias de tres o más grupos (Das et al., 2023).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de haber realizado las evaluaciones de campo y laboratorio se obtuvieron los siguientes resultados:

Para determinar el porcentaje (%) de remoción de los tratamientos se utilizó la siguiente formula de (Ruiz Bohorquez 2024):

$$\% \text{ de remoción} = \left(\frac{vi - vf}{vi} \right) \times 100$$

Donde:

Vi= Valor inicial

Vf= Valor final

De los análisis realizados se estimó el porcentaje de remoción para cada uno de los tratamientos aplicados, considerando individualmente los parámetros evaluados.

Porcentaje de remoción del T1= 50 macrofitas

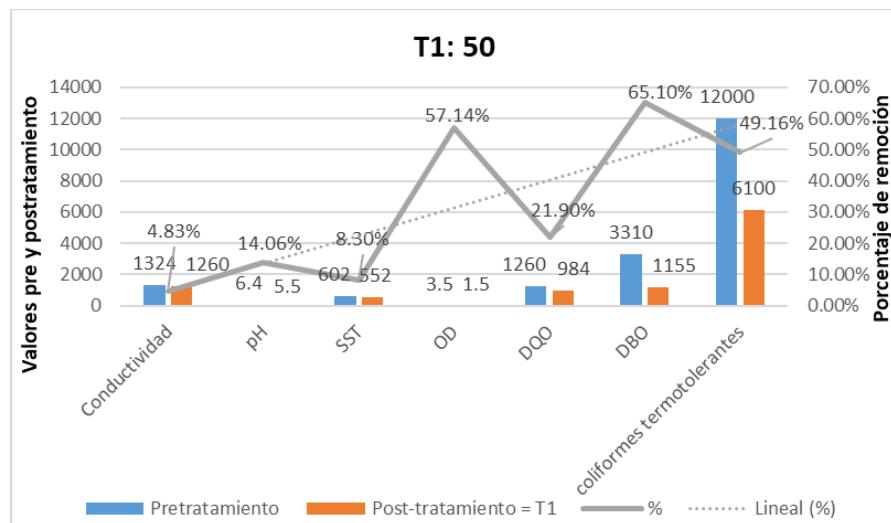


Figura 3. Porcentaje de remoción del T1

El T1, con 50 macrófitas, muestra reducciones controladas. Con una remoción de 4,83% en Conductividad eléctrica, pH 14,06%, SST 8,30 %, OD 57,14% 65,10 % en DBO, 21,90 % en DQO. Mientras que, los coliformes termotolerantes disminuyen en 49,16 %. Estos resultados reflejan una depuración parcial debido a la menor cantidad de plantas, que limita la superficie de absorción. Al comparar los resultados de nuestra investigación con (Ballón Durand, 2021), se observa que reportó una eficiencia mucho mayor, de un 92,7 % en DBO5, 77,3 % en DQO y 96,4 % en SST al utilizar *Eichhornia crassipes* en aguas residuales domésticas durante 38 días. La diferencia radica en el tipo de efluente tratado, las condiciones ambientales, la cantidad de macrofitas y cantidad de agua utilizada. En la presente investigación, las aguas pecuarias presentan una carga orgánica mucho mayor y un tiempo de exposición de 30 días. por otra parte, (Mendoza et al., 2021) obtuvieron remociones del 89,8 % en DBO5 y 91,1 % en DQO en aguas domésticas tratadas por 8 meses, evidenciando que el tiempo de exposición y la cantidad de biomasa son factores determinantes en la eficiencia depuradora.

Porcentaje de remoción del T2= 75 macrofitas

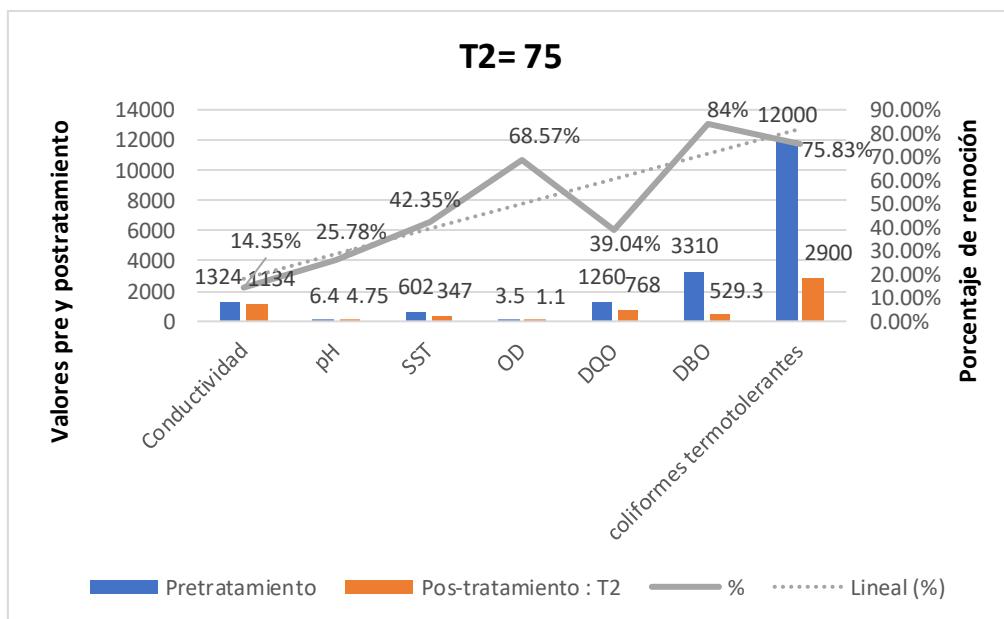


Figura 4. Porcentaje de remoción del T2

De igual forma en el tratamiento T2, con 75 macrófitas, evidencia una mejora sustancial en todos los parámetros evaluados. Se registran porcentajes de remoción de 14,35% en Conductividad eléctrica, pH 25,78%, SST 42, 35%, OD 68,57, en DBO 84,00 %, 39,04 % en DQO, y 75,83 % en coliformes termotolerantes. Este comportamiento reafirma la eficacia del jacinto de agua al aumentar la densidad de plantas, mejorando los procesos de absorción de materia orgánica y sedimentación de partículas suspendidas. Tales resultados se asemejan a los hallazgos de (Mendoza et al., 2021) mostraron resultados de un proceso de remoción de 8 meses de hasta 91,1 % en DQO, 89,8 % de DB05, y 95,9 % en sólidos suspendidos totales. Lo que destaca que el incremento de macrófitas favorece la sedimentación de partículas y la actividad microbiana asociada a las raíces.

Porcentaje de remoción del T3= 150 macrofitas

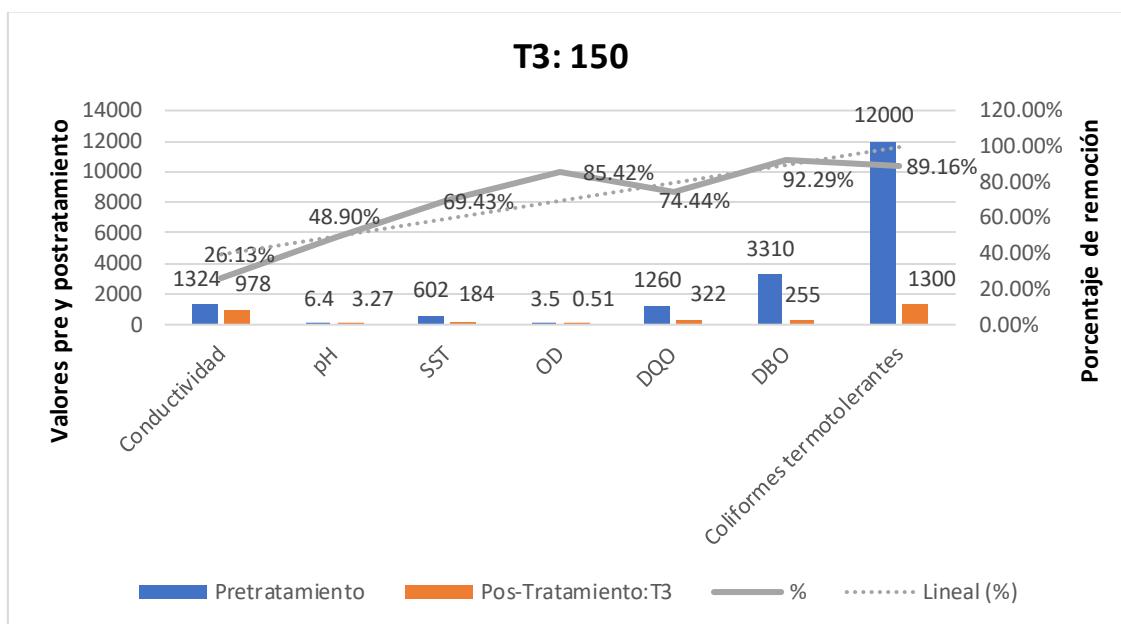


Figura 5. Porcentaje de remoción del T3

Finalmente, en el tratamiento T3, con 150 macrófitas, se registran los valores más altos de remoción de 26,13% en Conductividad eléctrica, pH 48,90%, SST 69, 43%, OD 85,42% en DQO, 74,44 % en DBO, 92,29 % y 89,16 % en coliformes termotolerantes. Estos resultados son consistentes con los de (Ballón Durand, 2021), quien reportó remociones similares en aguas residuales domésticas. También guardan relación con (Huamani et al., 2021), cuyas eficiencias en DBO y DQO fueron del 73,48 % y 62,42 %, respectivamente, demostrando la coherencia de los resultados con los estudios previos. Además, (Mendoza et al., 2021) encontraron valores comparables (89,8 % en DBO y 91,1 % en DQO). De acuerdo con (Aranda Saboya, 2020), esta especie presenta un rendimiento superior a otras macrófitas debido a su sistema radicular extenso y su capacidad de absorber una amplia gama de contaminantes. Este comportamiento confirma que el aumento en la densidad de plantas mejora significativamente la depuración del agua. Lo que refuerza la evidencia de que la *Eichhornia crassipes* puede alcanzar niveles de depuración superiores al 90 % cuando las condiciones del sistema son adecuadas.

CONCLUSIONES

La aplicación de *Eichhornia crassipes* evidenció una tendencia clara. A mayor densidad de macrófitas y tiempo de exposición, mayor eficiencia en la depuración de aguas residuales pecuarias, demostrando que se trata de una alternativa biológica de bajo costo, sostenible y con un impacto positivo en la calidad del recurso hídrico. El estudio confirma que esta especie posee una alta capacidad de remoción de

contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos, aportando una solución ecológica viable para los productores pecuarios de San Martín de Cumbaza. Estos resultados refuerzan la importancia de promover sistemas de fitorremediación a pequeña escala y de fortalecer las capacidades locales mediante educación ambiental y acompañamiento técnico, a fin de impulsar una gestión responsable del agua. Asimismo, se proyecta que la articulación entre instituciones académicas, autoridades ambientales y gobiernos locales permitirá escalar este tipo de tecnologías limpias, consolidando estrategias comunitarias orientadas a la sostenibilidad y al bienestar ambiental y social.

FINANCIAMIENTO

Los autores no recibieron ningún patrocinio para llevar a cabo este estudio-artículo.

CONFLICTO DE INTERESES

El presente artículo no presenta conflicto de interés.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización, investigación, administración del proyecto, validación, visualización, redacción – borrador original –preparación y redacción –revisión y edición: Cano-Jaimes, J., Ríos-Vasquez, A., Guerra-Chota, M., y Vásquez-Vásquez, J.E.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, J., Holgado, J., Tafur, T. & Vasquez, M., (2022). *Metodología de la investigación: El método ARIAS para desarrollar un proyecto de tesis*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.016>
- Aranda Saboya, G. S., & Pinchi Greenwich, X. (2020). “Eficiencia de las macrófitas Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y repollo de agua (*Pistia stratiotes*) en la remoción de nutrientes en las aguas contaminadas de la laguna Ricuricocha por los efluentes de la ganadería del Águila. – Morales- San Martin, 2019”. <https://hdl.handle.net/20.500.12840/3120>
- Bazán Espinoza, E. F. (2022). *Evaluación de remoción de la materia orgánica con Pistia stratiotes “repollo de agua” de las aguas residuales porcinas de la agropecuaria lock, distrito de Chancay, provincia de Huaral-2020*. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/6058>
- Ballón Durand, K. A. (2021). *Fitorremediación de aguas residuales domésticas con la especie Eichhornia crassipes en el distrito de Yarabamba, Arequipa—2021*. Universidad Continental. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12579>
- Benavides, K. L. Q., Baylón, N. K. G., Avalos, H. D., & Panduro, H. G. D. (2021). Utilización de Eichhornia crassipes y Lemna minor en la remoción de nitrógeno y fósforo de las aguas residuales de la laguna de oxidación de la ciudad de Pucallpa, Perú. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(2), 2367-2384. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i2.452
- Castro Maldonado, J. J., Gómez Macho, L. K., & Camargo Casallas, E. (2023). La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. *Tecnura*, 27(75), 140-174. <https://doi.org/10.14483/22487638.19171>
- Das, B. K., Jha, D. N., Sahu, S. K., Yadav, A. K., Raman, R. K., & Kartikeyan, M. (2023). Analysis of Variance (ANOVA) and Design of Experiments. In: Concept Building in Fisheries Data Analysis. Springer,

- Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-4411-6_7
- Espinoza Gómez, K. E., & León Sacoto, H. J. (2024). *Evaluación de biofiltros para el tratamiento de aguas residuales de una granja pecuaria*. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/45476>
- Gonzales León, S. C. (2023). *Evaluación de la capacidad de fitorremediación de Eichhornia crassipes (JACINTO DE AGUA) en efluentes con cromo de una industria curtidora del parque industrial Río Seco, Arequipa*. <https://hdl.handle.net/20.500.12920/13305>
- Hansen, É., Monteiro de Aquim, P., Hansen, A. W., Cardoso, J. K., Ziulkoski, A. L., & Gutterres, M. (2020). Impact of post-tanning chemicals on the pollution load of tannery wastewater. *Journal of Environmental Management*, 269, 110787. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110787>
- Hernández González, O. (2021). Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 37(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-21252021000300002&lng=es&nrm=iso&tlang=es
- Huamán Cuespán, C.E., (2020). *Evaluación de la eficiencia de remoción de contaminantes mediante filtros de residuos orgánicos en aguas residuales de granjas porcinas*. Universidad Nacional del Centro del Perú. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=341981>
- Huamani Leon, E., Huayta Astopillo, D., & Ortega Veliz, D. F. (2021). *Eficiencia de remoción de la especie Hydrocotyle bonariensis (redondita de agua) y Eichhornia crassipes (jacinto de agua) en las aguas residuales del río Shullcas—2021*. Universidad Continental. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11100>
- Javier Haro, J. C., & Toscano Justino, R. E. (2023). *Reducción de la materia orgánica de las aguas residuales del canal municipal de supe, mediante plantas FitoremEDIadoras a escala piloto*. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/7519>
- Ledesma Acosta, R. D., & Calvopiña Beltrán, J. A. (2025). Eficacia de fitorremediación de las especies Eichhornia crassipes y Pistia stratiotes en las aguas de la subcuenca del río Pinto, de la Amazonía ecuatoriana. *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar*, 9(1), 6624-6635. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10077095>
- Martelli, A., Zualet, T.-V., Miras-Gagliardi, M.-B., & Rubilar, T. (2024). Fitoremedición de efluentes acuícolas mediante el uso de seis microalgas marinas: Aportes de sustentabilidad en la industria acuícola del erizo de mar en Argentina. *Revista de Biología Tropical*, 72. <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.v72is1.58979>
- Mendoza Guerra, Y. I., Castro Echavez, F. L., & Marín Leal, J. C. (2021). *Eichhornia Crassipes como tratamiento biológico de aguas residuales: FitoremEDIación con plantas acuáticas como alternativa de tratamiento para aguas domésticas*. Universidad de la Guajira. <https://repositoryinst.uniguajira.edu.co/handle/uniguajira/310>
- Moreno-Cruz, C. F., Tzintzun-Camacho, O., Gonzalez-Joaquin, M. C., Aguilar-Martinez, X. E., González-Mendoza, D., & Martinez-Quiroz, M. (2025). Livestock wastewater as a microalgae growth medium for potential production of biodiesel in arid areas of Mexico. *Algal Research*, 86, 103957. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2025.103957>
- Paima Rufasto, R., Vásquez Coronel, C. E., & Almestar Villegas, C. (2020). Revisión de la eficiencia de una macrófita en la disminución de parámetros físico químicos en aguas residuales de piscigranja y matadero.

<https://agris.fao.org/search/en/providers/125046/records/67659e1a6784547a43e38b47>

Pavlidis, G., Zotou, I., Karasali, H., Marousopoulou, A., Bariamis, G., Nalbantis, I. & Tsirhrintzis, V.A., (2022). Experiments on Pilot-Scale Constructed Floating Wetlands Efficiency in Removing Agrochemicals. *Toxics*, 10(12), ISSN 2305-6304. <https://doi.org/10.3390/toxics10120790>

Ruiz Bohorquez, C. E. (2024). *Análisis de la capacidad fitoremediadora de la especie Eichhornia crassipes de las aguas residuales en la PTAR del distrito de Chulucanas, Piura – 2023*. Universidad Continental. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/16454>

Zhang, H., Chen, R., He, Y., Cao, Z., Zhou, R., Zheng, C., Pan, D., Fang, H. & Wu, X., (2025). Integrating livestock and aquatic plant towards mitigating antibiotic resistance transmission from swine wastewater. *npj Clean Water*, 8(14). <https://doi.org/10.1038/s41545-025-00446-6>