



ARTICULO ORIGINAL

Características morfológicas del buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) y lenteja de agua (*Lemna minor*) a diferentes condiciones de aguas residuales municipales en la selva central, Perú

Morphological Characteristics of Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and Duckweed (*Lemna minor*) in different conditions of municipal wastewater in the Central Rainforest, Peru

Katherine Yolanda Pomazongo Cortez ¹ , Shirley Estefany Estalla Nuñez ¹ 

RESUMEN

Eichhornia crassipes (jacinto de agua) y *Lemna minor* (lenteja de agua) son plantas macrófitos acuáticas comunes en amazonia con una potencial fitoremediador de aguas con alta carga orgánica como las aguas residuales. Este estudio evaluó la tolerancia de ambas plantas a diferentes condiciones de aguas residuales municipales (ARM) vertidas al río Garou en la ciudad de Chanchamayo. Para ello, se analizó las características morfológicas de las plantas a condiciones de cinco tratamientos distintos: T1 (jacinto de agua + agua limpia), T2 (jacinto de agua + agua residual), T3 (lenteja de agua + agua limpia), T4 (lenteja de agua + agua residual) y T5 (grupo de control o testigo) durante un período de 20 días. Los resultados mostraron que el tratamiento T2 presentó una variación significativa y un mejor rendimiento en términos de pH ($p < 0.0001$) y altura ($p < 0.001$). Se concluye que el jacinto de agua posee mayor adaptabilidad a condiciones extremas de agua residual poblacional en la selva.

Palabras clave: *Eichhornia crassipes*; *Lemna minor*; tolerancia; descriptores morfológicos; Chanchamayo.

ABSTRACT

Eichhornia crassipes (water hyacinth) and *Lemna minor* (duckweed) are aquatic macrophyte plants native to the Central Rainforest with a remarkable capacity for adaptability to areas with high nutrient content, which gives them considerable phytoremediation potential. This study evaluated the tolerance of both plants to different conditions of municipal wastewater (MWW) discharged into the Garou River in the city of Chanchamayo. For this, verification of the morphology of the plants was carried out. For this purpose, five different treatments were implemented: T1 (water hyacinth + clean water), T2 (water hyacinth + wastewater), T3 (duckweed + clean water), T4 (duckweed + wastewater) and T5 (control or control group) for a period of 20 days. The results showed that treatment T2 presented a significant variation and better performance in terms of pH ($p > 0.0001104$) and height ($p > 0.001072$). It is concluded that water hyacinth is more efficient in its adaptability to extreme wastewater conditions.

Keywords: Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*); Duckweed (*Lemna minor*); Tolerance; Morphology; Residual water.

¹ Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa, Pichanaqui, Perú.

*Autor de correspondencia.
E-mail:
shirleyestefanyes@gmail.com

Recibido: 02 de febrero de 2024
Aprobado: 20 de junio de 2024
Publicado: 30 de julio de 2024

Para citar este artículo:

Pomazongo Cortez K., Estalla Nuñez S. (2024). Características morfológicas del buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) y lenteja de agua (*Lemna minor*) a diferentes condiciones de aguas residuales municipales en la selva central, Perú. *Yotantsipanko*, 4(1), 35 - 48. <https://doi.org/10.54288/yotantsipanko.v4i1.41>



Introducción

Chanchamayo, la ciudad capital de la provincia homónima, se ubica en la región de la selva central del Perú. Esta ciudad es un núcleo de diversas actividades domésticas y económicas (Gallardo Camarena, 2018; Freyde Sedano & Martínez Meza, 2023). En los últimos años, el crecimiento poblacional ha generado un aumento significativo en la producción diaria de aguas residuales (Gonzales Quispe, 2022). Lamentablemente, estas aguas residuales municipales no reciben un tratamiento adecuado y son vertidas directamente en los cuerpos receptores (MPCH, 2020), resultando en la contaminación de las aguas superficiales.

Para abordar esta problemática, se ha explorado una alternativa sostenible de remediación mediante el uso de plantas acuáticas. En el entorno, existen plantas que han demostrado ser efectivas en el tratamiento de aguas residuales, pero es fundamental realizar estudios de tolerancia para determinar su idoneidad para procesos de fitorremediación. Los mecanismos celulares desempeñan un papel crucial en la capacidad de las plantas para tolerar entornos desafiantes, una tolerancia que puede considerarse un proceso evolutivo adquirido por diversas especies vegetales (Cumpa, 2021). Estas plantas pueden soportar una amplia gama de condiciones adversas, incluyendo la exposición a metales pesados, aguas ácidas, déficit hídrico y aguas residuales (Amores, 2023).

Las aguas residuales domésticas, generadas por el sector urbano de una ciudad, están compuestas por componentes disueltos, materiales suspendidos y altos niveles de nutrientes (Calderón & Pulgas, 2023; Castro, 2023). Sin un tratamiento adecuado, estas aguas pueden causar daños significativos a los cuerpos hídricos (Paredes, 2023). En este contexto, la fitorremediación se presenta como una alternativa viable para la purificación de aguas servidas mediante el uso de plantas (Ayala et al., 2018; Vargas et al., 2018). No obstante, para que este método sea eficaz, es crucial evaluar la capacidad de adaptación de las plantas a las condiciones específicas de las aguas residuales. Con este fin, se cultivan plantas mediante técnicas hidropónicas, lo que permite determinar su capacidad de adaptación al efluente (Jaramillo, 2017; Rivadavia, 2019).

Las aguas lenticas en la selva central albergan un ecosistema donde prosperan macrófitas como el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y la lenteja de agua (*Lemna minor*), plantas que han demostrado su habilidad para crecer en una amplia variedad de condiciones acuáticas (Huamani et al., 2021). Sin embargo, hasta la fecha, no se han realizado estudios en la ciudad que evalúen la capacidad de estas plantas para sobrevivir en entornos adversos.

En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar la tolerancia de las plantas acuáticas jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y

lenteja de agua (*Lemna minor*) en condiciones de aguas residuales municipales. El propósito de esta evaluación es determinar si estas plantas son adecuadas para un tratamiento biológico destinado a la remoción de contaminantes orgánicos de aguas residuales municipales de la selva.

Materiales y métodos

Ubicación

El estudio se llevó a cabo en el laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa, ubicado en el distrito de Pichanaqui, provincia de Chanchamayo, departamento de Junín, Perú. Las coordenadas geográficas del lugar son 10° 53' 59" de latitud sur y 74° 54' 13" de longitud oeste.

El clima de la zona es tropical, húmedo y lluvioso, con una temperatura máxima de 30 °C y una temperatura mínima de 17 °C. La precipitación media anual es de 458 mm y la humedad relativa promedio es del 65%. La investigación se desarrolló a lo largo de 3 semanas, siendo 2 días por semana los monitoreos de la cual se midió dos parámetros (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], 2021).

Plantas acuáticas

Se estudiaron dos especies de plantas acuáticas: el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y la lenteja de agua (*Lemna minor*). Ambas especies, utilizadas en esta investigación, se mantuvieron en condiciones uniformes de edad y tiempo de siembra (3 meses) y fueron adquiridas en el vivero Márquez, ubicado en la ciudad de Chanchamayo, departamento de Junín, Perú.

Tabla 1

Dimensiones de las plantas acuáticas antes de someterlas a condiciones extremas de las aguas residuales municipales vertidas en el río Garou en la ciudad de Chanchamayo.

Planta	Altura	Raíz	Ancho H.	Largo hoja	N° Hoja
Jacinto de Agua	13.6	41.7	8.1	5.1	8
Jacinto de Agua	11.64	40.72	6	4.1	7
Lentejita de agua	8.98	14.74	3.1	3.1	4
Lentejita de agua	13.14	25.27	2.9	4.1	5

Nota. La tabla presenta las dimensiones iniciales de las plantas acuáticas antes de someterlas a las aguas residuales.

Agua residual municipales (ARM)

Se llevaron a cabo muestreos de aguas residuales en dos ubicaciones distintas (A y B) a lo largo del río Garou. En cada punto de recolección, se recolectaron muestras de agua en envases de 5 litros para su análisis posterior. De acuerdo con el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos, establecido por la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, el muestreo se realizó en aguas lólicas utilizando un método integrado.

Esto implicó la recolección de muestras puntuales en diversos lugares a lo largo del río.

Diseño Experimental

Se desarrolló un sistema de tratamiento específico con el objetivo de analizar la respuesta de las plantas acuáticas a las aguas residuales tratadas. Este sistema de monitoreo fue diseñado para permitir una evaluación detallada del desempeño del tratamiento y su impacto sobre los parámetros físicos del agua.

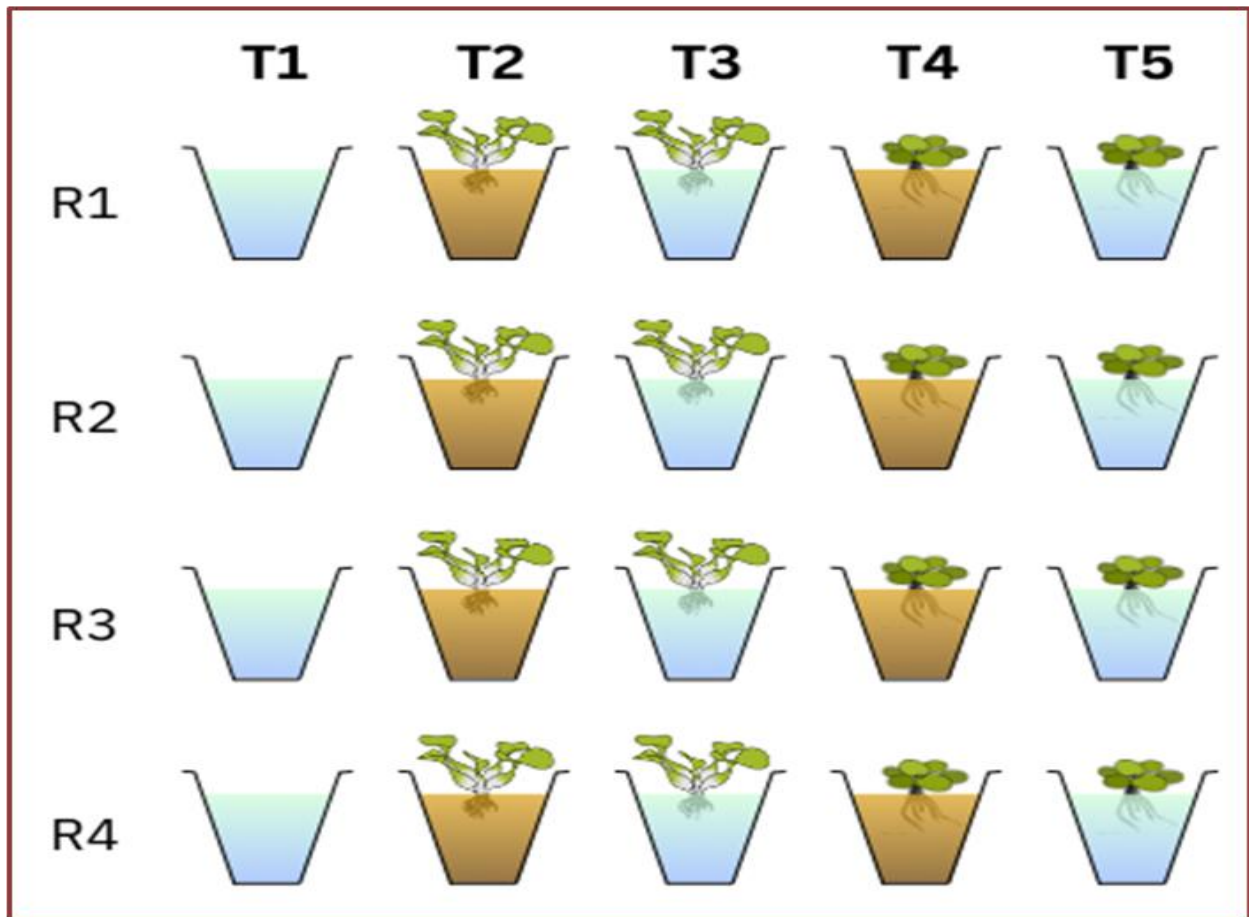


Figura 1. *Diseño del Sistema de Tratamiento.*

Nota. La ilustración presenta los cinco tratamientos distintos, en el T1 = Jacinto de agua + agua limpia, T2 = Jacinto de agua + agua residual, T3 = Lenteja de agua + agua limpia, T4 = Lenteja de agua + agua residual y T5 = Testigo

Cada uno de los tratamientos descritos en la Figura 1 se replicó cuatro veces para asegurar la confiabilidad de los resultados obtenidos. La cantidad de planta empleada fue de 25% del total.

Para la ejecución de estos experimentos, se emplearon un total de 25 contenedores de 5 litros, los cuales fueron etiquetados de manera precisa para identificar cada tratamiento y su respectiva replicación.

Para evitar interferencias de agentes biológicos, como mosquitos, moscas, hojas y otros contaminantes, así como factores físicos, como variaciones de temperatura y humedad, el área de ensayo se protegió utilizando una malla de tipo rache y plástico transparente. Esta medida buscó mantener las condiciones del experimento lo más estables y controladas posibles durante el período de evaluación.

Además, se incorpora la medición de un parámetro adicional, la temperatura, para asegurar la integridad de los resultados experimentales, lo que permitió un control de las condiciones ambientales a lo largo de la investigación.

El monitoreo se realizó durante un período de 6 días intercalados (2 días por semana). Este enfoque permitió la recolección de datos a lo largo del tiempo y facilitó la observación de cómo los tratamientos impactaron tanto en las plantas como en el agua residual.

Variables

Las variables consideradas para determinar la adaptación de las dos plantas acuáticas a las condiciones extremas de las aguas residuales fueron: altura de la planta, longitud de la raíz, ancho de la hoja, longitud de la hoja, cantidad de hojas y pH del agua.

La medición de la altura, diámetro, longitud de raíces y dimensiones de las hojas se realizó utilizando un flexómetro y una regla. Para caracterizar el número de hojas, así como la forma y el color de las plantas, se aplicó la técnica organoléptica.

Procesamiento de datos

Tras la recolección de los datos, estos fueron procesados utilizando el software estadístico Past 4.03. Dado el tamaño de la muestra, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para evaluar la distribución de los datos. Para realizar un análisis paramétrico, se utilizó el ANOVA (Análisis de Varianza) con el fin de identificar diferencias significativas entre los tratamientos. Posteriormente, se llevó a cabo la prueba de Tukey para realizar comparaciones múltiples y determinar cuál de los tratamientos presentó una adaptación superior a las condiciones extremas del agua. Este enfoque metodológico permitió identificar de manera precisa y estadísticamente robusta el tratamiento más eficaz en términos de adaptación a las condiciones adversas del agua.

Resultados

Tallo de la planta

Tabla 2

Crecimiento de tallos de las plantas acuáticas (Jacinto de agua y Lenteja de agua) en los 5 tratamientos con agua residual doméstica del río Garou de Chanchamayo, 2023.

Tratamientos	Altura de la Planta						p
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	
T1	13.6±1.56	12.8±1.48	8.72±1.64	8.72±1.64	10.9±1.24	11.1±1.2	> 0.05
T2	11.64±1.19	11.76±1.16	8.9±2.24	8.9±2.24	9.14±1	9.36±0.92	0.01072
T3	8.98±2.01	8.32±1.67	5.7±1.24	5.7±1.24	7.12±2.32	7.02±1.92	> 0.05
T4	13.14±4.3	13.16±4.22	7.1±2.21	7.1±2.21	6.74±1.62	6.84±1.59	0.00095

En la tabla 2, se muestra la evolución en el crecimiento del tallo de las plantas acuáticas (Jacinto de agua y lenteja de agua) sometidas en aguas residuales. Se observa que el T2 (p = 0.0107) se vio una caída a los dos días después de la instalación del tratamiento de ahí se adaptó a las condiciones y tuvo un crecimiento continuo,

en el T4 (p = 0.00095) la planta no tuvo una adecuada adaptación al agua residuos, pero se mantenía viva a pesar de ello. Esto manifiesta que el T2 respecto al crecimiento en altura es aquel que mejor se está adaptando a condiciones extremas.

Largo de Raíz

Tabla 3

Crecimiento de las raíces de las plantas acuáticas (Jacinto de agua y Lenteja de agua) en los 5 tratamientos con agua residual doméstica del río Garou de Chanchamayo, 2023.

Tratamientos	Largo de Raíz						p
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	
T1	41.68±6.77	41.74±6.73	40.56±7.25	40.64±7.27	42.38±6.37	42.54±6.29	> 0.05
T2	40.72±5.06	40.8±4.87	39.64±7.05	39.68±7.08	40.3±5.65	40.54±5.86	0.9992
T3	14.74±13.21	16.38±12.68	14.78±7.18	14.86±7.26	22.9±4.2	23.06±4.17	> 0.05
T4	27.04±8.6	27.08±8.54	26.56±9.58	26.56±9.56	25.28±7.87	25.38±7.82	0.0085

En la tabla 3, se muestra la evolución en el crecimiento del largo de las plantas acuáticas (Jacinto de agua y lenteja de agua) sometidas en aguas residuales. Se observa que el tratamiento T2 ($p = 0.99$) para el día 4 comenzó a ascender y

T4 ($p = 0.009$) hay una varianza cada día. Esto manifiesta que el T2 respecto al largo de las raíces es aquel que mejor está evolucionando en su crecimiento en aguas residuales.

Ancho de hoja

Tabla 4

Evolución en el ancho de las hojas de las plantas acuáticas (Jacinto de agua y Lenteja de agua) en los 5 tratamientos con agua residual doméstica del río Garou de Chanchamayo, 2023.

Ancho de Hoja							
Tratamientos	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	P
T1	8.16±1.01	8.18±1.04	7.84±0.84	7.88±0.94	7.94±1.11	7.96±1.1	> 0.05
T2	6.5±0.35	6.5±0.25	6.38±0.33	6.42±0.19	6.46±0.35	6.58±0.26	0.919
T3	3.12±0.65	3.38±0.56	3.4±0.51	3.54±0.4	3.3±0.52	3.36±0.6	> 0.05
T4	3.72±0.64	3.84±0.49	3.6±0.78	3.62±0.76	3.5±0.84	3.72±0.79	0.9833

Del mismo modo la tabla 4, se muestra la evolución en el ancho de las hojas de las plantas acuáticas (Jacinto de agua y lenteja de agua) sometidas en aguas residuales. Se observa que el tratamiento T2 ($p = 0.92$) y T4 ($p = 0.98$) tienen

una ampliación de la hoja progresivo. Esto manifiesta que el T2 y T4 empleando el método organoléptico respecto al ancho de la hoja se mantiene en condiciones normales cuando se somete a aguas residuales.

Largo de hoja**Tabla 5**

Evolución a lo largo de las hojas de las plantas acuáticas (Jacinto de agua y Lenteja de agua) en los 5 tratamientos con agua residual doméstica del río Garou de Chanchamayo, 2023.

Largo de Hoja							
Tratamientos	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	P
T1	5.44±0.56	5.4±0.51	5.36±0.67	5.36±0.67	5.84±0.69	5.98±0.73	> 0.05
T2	4.92±0.98	4.98±0.95	4.46±0.38	4.46±0.38	5.22±0.48	5.32±0.44	0.2097
T3	3.72±0.79	3.65±0.9	3.66±0.68	3.74±0.57	3.7±0.78	3.82±0.73	> 0.05
T4	4.78±0.52	4.68±0.58	4.14±0.56	4.14±0.73	4.04±0.99	4.08±1.05	0.4872

Para la tabla 5, se muestra la evolución a lo largo de las hojas de las plantas acuáticas (Jacinto de agua y lenteja de agua) sometidas en aguas residuales. Se observa que en el tratamiento T2

(p = 0.21) hay un crecimiento acelerado y T4 (p = 0.49) un crecimiento más lento. Esto manifiesta que el T2 respecto al largo de hoja es el que mejor está adaptándose.

Cantidad de Hojas**Tabla 6**

Evolución en el número de hojas de las plantas acuáticas (Jacinto de agua y Lenteja de agua) en los 5 tratamientos con agua residual doméstica del río Garou de Chanchamayo, 2023.

Cantidad de Hojas							
Tratamientos	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	p
T1	7.6±0.55	7.8±0.45	8.4±1.34	8.8±1.1	9.8±1.3	10±1.22	> 0.05
T2	6.8±1.48	7±1.22	8.2±1.3	8.2±0.84	8.6±1.14	8.8±1.3	0.07632
T3	4.4±1.82	5±1.22	5.6±1.14	6.2±1.3	7±1.41	7.8±1.1	> 0.05
T4	4.8±0.84	5±1.58	6.8±3.7	8.2±3.9	10.4±3.91	10.8±2.59	0.01218

En la tabla 6, se muestra la evolución en el número de las hojas de las plantas acuáticas (Jacinto de agua y lenteja de agua) sometidas en

aguas residuales. Se observa que el tratamiento T2 (p = 0.07) hay un aumento de hojas progresivo y T4 (p = 0.01) un crecimiento más rápido de

hojas nuevas. Esto manifiesta que el T4 es el que mejor aumento de hojas tiene respecto al T2,

esto se debe también al tipo de planta que es la lenteja de agua es expansiva.

pH

Tabla 7

Análisis del pH de las aguas residuales domésticas con plantas acuáticas (Jacinto de agua y Lenteja de agua), Chanchamayo, 2023.

Tratamientos	pH						P
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	
T1	7.68±0.12	7.73±0.11	7.57±0.12	7.57±0.16	7.78±0.17	7.79±0.03	> 0.05
T2	7.83±0.13	7.77±0.06	7.76±0.12	7.77±0.12	7.97±0.17	8.12±0.02	0.0001104
T3	8.46±0.13	8.62±0.17	8.49±0.07	8.53±0.04	8.4±0.12	8.54±0.06	> 0.05
T4	8.03±0.07	8.02±0.17	8.09±0.08	8.1±0.13	8.2±0.06	8.32±0.06	4.5745 ⁻¹⁵

Para el caso de la tabla 7 se observa que el T2 ($p = 0.0001$) y T4 ($p = <0.0001$) mantiene su pH dentro de los estándares de calidad de agua Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM de la Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales (6.5 – 8.5); para el tratamiento T5, que solo es agua residual, se observa que el pH va en aumento.

Discusión

La macrofita *E. crassipes* demuestra una notable capacidad para adaptarse a condiciones extremas, particularmente en entornos de aguas residuales, gracias a mecanismos específicos que le permiten prosperar en estas condiciones adversas (Limache et al., 2022). Esta capacidad adaptativa se debe en gran medida a la presencia

de nutrientes particulares en las aguas residuales, lo que establece una relación simbiótica entre el agua y las plantas, en la que ambos elementos contribuyen al crecimiento del jacinto de agua. Los nutrientes presentes en las aguas residuales actúan como factores clave que favorecen el desarrollo saludable de la planta. Valladares (2019) señala que el jacinto de agua desempeña un papel crucial al absorbente y asimilar estos nutrientes, contribuyendo así a la mitigación de impactos ambientales negativos. Esta interacción no solo facilita la adaptación del jacinto de agua a condiciones adversas, sino que también destaca su función esencial en la reducción de nutrientes en el entorno.

Velastegui y Poveda (2014) destacan que la relación simbiótica entre el jacinto de agua y las aguas residuales es un ejemplo sobresaliente de

cómo las plantas pueden actuar como aliadas efectivas en la gestión ambiental, favoreciendo el equilibrio y la salud de los ecosistemas.

En el tratamiento T5, que utiliza exclusivamente agua residual sin la presencia de plantas acuáticas, se observa un aumento significativo en el pH, lo cual es un indicador preocupante de potencial afectación para la salud humana y el medio ambiente. Estos resultados subrayan la importancia crítica de las plantas acuáticas en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Al ser incorporadas en tratamientos como el T2 y el T4, las plantas acuáticas emergen como agentes eficaces en la regulación de los parámetros del agua residual. Su capacidad para estabilizar y mantener niveles adecuados de pH representa una estrategia efectiva para prevenir la contaminación ambiental y salvar la salud pública. El análisis estadístico indica que el Tratamiento T2 muestra la mejor variabilidad, con un nivel de confianza del 95%.

Tuanama (2020) destaca que *E. crassipes* resulta ser un buen depurador, aunque su eficiencia es variable y compleja. Por otro lado, se menciona que *L. minor* no suele ser eficiente por sí sola y requiere un coadyuvante para eliminar contaminantes. Coronel (2016) también señala que *E. crassipes* presenta un mejor rendimiento en la remoción del pH, con una reducción del 17.53%, en comparación con la lenteja de agua, que alcanzó solo un 8.82%. Además, Ballón (2021) reporta que el agua residual tratada con jacinto de agua mostró un pH más alcalino,

reduciendo la acidez del agua residual y manteniéndose dentro de los estándares normativos de 6.5 a 8.5, condiciones adecuadas para la vida acuática. Finalmente, Nuñez (2021) manifiesta que, aunque el pH en el afluente inicial no cumple con los límites máximos permisibles, el afluente tratado con la planta se ajustó a los parámetros de permeabilidad establecidos.

Los datos sugieren que el tratamiento T2, al utilizar jacinto de agua, sobresale como el método más eficiente para regular los parámetros físico-químicos, especialmente el pH, en aguas residuales. Este hallazgo indica que el jacinto de agua no solo actúa como un regulador altamente eficaz, sino que también exhibe un potencial considerable como agente biorremediador de aguas residuales. La capacidad del jacinto de agua para ajustar de manera óptima el pH en aguas residuales subraya su papel como una solución integral para mejorar la calidad del agua y mitigar la contaminación, promoviendo la recuperación ambiental mediante procesos de biorremediación.

Es crucial destacar que, en los diversos tratamientos, la temperatura emerge como un factor de gran relevancia tanto para la reproducción bacteriana del efluente como para el proceso de fotosíntesis de las plantas. La variación de temperatura ejerce una influencia significativa en ambos aspectos, subrayando su importancia en la eficacia global de los

tratamientos. Estos hallazgos resaltan la necesidad de considerar y controlar cuidadosamente la temperatura durante los tratamientos, reconociéndola como un factor clave que impacta tanto en la biología bacteriana como en la salud de las plantas (Delgado et al., 2019). La comprensión y gestión efectiva de la temperatura son esenciales para maximizar la eficiencia y los resultados positivos de los procesos de tratamiento implementados.

Conclusión

El tratamiento T2, que emplea *E. crassipes*, ha demostrado ser altamente efectivo en términos de adaptación biométrica. Las condiciones proporcionadas por este tratamiento han propiciado un notable incremento en el crecimiento de la planta, consolidándose como una potencial opción para optimizar su desarrollo de tecnologías biológicas de descontaminación.

Agradecimiento

A la universidad por prestarnos las instalaciones del laboratorio para la instalación de las muestras y a la ingeniera Eva Livano por su apoyo por permitirnos el uso de los equipos de campo.

Contribución de los autores

KYPC recolección de datos, redacción del artículo, discusión, conclusión.

SEEN redacción del artículo, análisis de resultados, revisión final del artículo.

Conflictos de interés

No presenta conflicto de intereses.

Referencias

- Amores Hernández, F. D. (2023). Influencia de la vermicomposta en la germinación de semillas de árboles maderables de cedro rojo (*cedrela odorata*), plantas ornamentales (*Pachtpodium lamerei*) y hortalizas (*Zea Mays*), 1-82. <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/4866>
- Ayala, R., Calderon, E., Rascon, J., & Collazos, R. (2018). Fitorremediación de aguas residuales domésticas utilizando las especies *Eichhornia crassipes*, *Nymphoides humboldtiana* y *Nasturtium officinale*. Revista De Investigación Sustentable, 2(3), 48–53. <https://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/view/403>
- Ballón, K. (2021). Fitorremediación de aguas residuales domésticas con la especie *Eichhornia crassipes* en el distrito de Yarabamba, Arequipa - 2021.

- https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12579/3/IV_FIN_107_TE_Ballon_Durand_2021.pdf
- Calderon, J. & Pulgar, A. (2023). Efecto de la conductividad eléctrica a partir de la salinidad y sólidos disueltos en los procesos biológicos de nitrificación y desnitrificación para la remoción de compuestos nitrogenados en aguas residuales domésticas. Editorial Corporación Universidad de la Costa, 1-69.
<https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/10205/Proyecto%20de%20grado%20juana.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castro Moran, B. J. (2023). Evaluación de la eficiencia del carbón activado y la turba como material filtrante para la remediación de las aguas residuales urbanas del canal de la ciudadela mucho lote 1, 1-105. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CASTRO%20MORA%20BURLAN%20JOEL.pdf>
- Coronel Castro, E. (2016). Eficiencia del jacinto de agua y lenteja de agua en el tratamiento de las aguas residuales de la universidad nacional Toribio Rodriguez de Mendoza de Amazonas. <https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/657/EFICIENCIA%20DEL%20JACINTO%20DE%20AGUA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cuenca, E., Alvarado, A., & Camacho, K. (2012). El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México. *Quivera*, 14(1), 78–97. <https://www.redalyc.org/pdf/401/40123894005.pdf>
- Cumpa-Velasquez, L. M. (2021). Adaptación de rizobios y bacterias solubilizadoras de fosfato a condiciones salino-alcálinas para el desarrollo de biofertilizantes eficientes para *Lotus tenuis* e identificación de genes bacterianos implicados en la tolerancia a dicha condición, 1-278. <https://digibug.ugr.es/handle/10481/70168>
- Huamani, E., Huayta, D. & Ortega, D. (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. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11100/1/IV_FIN_107_TE_Huamani_Huayta_Ortega_2021.pdf
- Freyde Sedano, S. G., & Martinez Meza, J. A. (2023). Costos según Estructura Tarifaria del Agua Potable y Optimización de Servicios de Suministro, EPS SELVA CENTRAL S.A, Chanchamayo – 2022 [Universidad Peruana Los Andes].
https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/3863/T037_45223618_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gallardo Camarena, M. (2018). Centro Cafetalero de Chanchamayo [Universidad San Ignacio de Loyola]. <https://repositorio.usil.edu.pe/items/6e826ab2-73cb-4d97-bf44-3553579263c5>

- Gonzales Quispe, F. (2022). Sostenibilidad del sistema de agua y alcantarillado en el mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores de la ciudad de la merced, provincia de Chanchamayo. Universidad Peruana del Centro.
- Jaramillo, M. (2017). Utilización de tres especies de plantas acuáticas en el tratamiento de aguas residuales producto del lavado de arenas provenientes del proceso de cianuración de oro. <https://idea.manizales.unal.edu.co/publicaciones/eventos/CongresoInternacionalAmbiental/dia4/Auditorio3/7.pdf>
- Larios, F., González, C., & Morales, Y. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. Saber y Hacer. Revista de La Facultad de Ingeniería de La USIL, 2(2), 9–25. <http://revistas.usil.edu.pe/index.php/syh/article/view/115>
- Limache, F. & Michael, L. (2022). Acción de dos macrófitas para el tratamiento del agua residual de las lagunas de estabilización de Magollo, Tacna – Perú. <https://revistas.unjbg.edu.pe/index.php/cyd/article/view/1239/1698>
- MPCH. (2020). REMISIÓN DE INFORMACIÓN DE DENUNCIAS AMBIENTALES 2020 (p. 7). <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/70373>
- Nuñez, F. (2021). “JACINTO DE AGUA Y TIEMPO DE PERMANENCIA EN EL PROCESO DE FITORREMEDIACIÓN DE LAS LAGUNAS PTAR EL INDIÓ”. <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/2705/IASIN-NUN-ALB-2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Paredes Sálan, M. C. (2023). Evaluación de la eficiencia y repotenciación de la Planta de Tratamiento de Agua Residual del Camal Municipal del Cantón Pelileo, 1-134. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/11429/1/MUTC-001656.pdf>
- Rivadavia, E. (2019). El agua residual como recurso de nutrientes. https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/45453/TFM_RIVADAVIA_HUAMANI_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sandra D. & Daladier C. (2019). Influencia de la temperatura en el crecimiento de un consorcio microbiano y su capacidad biooxidativa sobre el hierro de la calcopirita. <https://doi.org/10.21704/rea.v18i1.1310>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], (2021). Clima del Perú. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01404SENA-4.pdf>
- Tuanama, A. (2020). Comparación de eficiencia de humedales en la remoción de contaminantes en aguas residuales municipales con especies caña brava, jacinto de agua y lenteja de agua, basado en dos investigaciones. https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/4129/Alexandra_Trabajo_Bachillerato_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Valladares, E. (2019). Remoción de fósforo empleando Eichhornia Crassipes "Jacinto De Agua" en Aguas Residuales Municipales. <http://publicaciones.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/12406>
- Vargas, C., Oviedo, A., Montañez, M., & Polania, A. (2018). Estado del arte; del uso de la eichhornia crassipes en la fitorremediación de aguas residuales industriales. Ingenio Magno, 9(2), 2411–2399. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7021685>