



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2024,
Volumen 8, Número 5.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5

**EFEECTO DE *EICHORNIA CRASSIPES* EN EL
CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA EN
SISTEMAS NFT**

**EFFECT OF *EICHORNIA CRASSIPES* ON WATER QUALITY
CONTROL IN NFT SYSTEMS**

Kevin Xavier Huilcarema Enríquez
Universidad Estatal de Milagro - Ecuador

Allison Nahomy Baño Ordoñez
Universidad Estatal de Milagro - Ecuador

Jousefin Elizabeth Castro Junco
Universidad Estatal de Milagro - Ecuador

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14171

Efecto de *Eichornia crassipes* en el control de la calidad del agua en sistemas NFT

Kevin Xavier Huilcarema Enríquez¹khuilcaremae@unemi.edu.ec<https://orcid.org/0009-0005-5140-0017>Universidad Estatal de Milagro
Ecuador**Allison Nahomy Baño Ordoñez**abanoo@unemi.edu.ec<https://orcid.org/0000-0002-2895-0644>Universidad Estatal de Milagro
Ecuador**Jousefin Elizabeth Castro Junco**jcastroj@unemi.edu.ec<https://orcid.org/0000-0002-6769-1585>Universidad Estatal de Milagro
Ecuador

RESUMEN

Este estudio evaluó el impacto de *Eichornia crassipes* (jacinto de agua) en la calidad del agua de sistemas hidropónicos NFT (Técnica de Película de Nutrientes) mediante la comparación de dos tratamientos: uno convencional (TA) y otro que incluía *Eichornia crassipes* (TJ). Se analizaron varios parámetros, como pH, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), conductividad eléctrica (CE) y oxígeno disuelto (OD). Los resultados indicaron que el pH se mantuvo estable en ambos tratamientos, y la temperatura promedio se situó en torno a los 23°C. En referencia a la DBO5, el tratamiento TJ logró una reducción de 3,2 mg/L a 3,05 mg/L; además, con el tratamiento TJ se logró disminuir la CE de 3,8 mS/cm a 3,2 mS/cm. En contraste, TA mostró un aumento de la CE. Respecto al oxígeno disuelto, TJ favoreció niveles más altos y estables, lo que benefició el crecimiento de las plantas, mientras que TA experimentó una disminución significativa en OD. El análisis multivariante reveló una correlación negativa entre tratamiento y DBO5 (-0,79) y una correlación moderada positiva entre CE y OD (0,57). Estos hallazgos demuestran que *Eichornia crassipes* es una alternativa para mejorar la calidad del agua en sistemas NFT y fomentar prácticas sostenibles en la agricultura urbana.

Palabras clave: eichornia crassipes, calidad del agua, sistemas hidropónicos, sostenibilidad, bioremediación

¹ Autor principal.

Correspondencia: khuilcaremae@unemi.edu.ec

Effect of *Eichornia crassipes* on water quality control in NFT systems

ABSTRACT

This study evaluated the impact of *Eichornia crassipes* (water hyacinth) on the water quality of Nutrient Film Technique (NFT) hydroponic systems by comparing two treatments: a conventional treatment (TA) and one that included *Eichornia crassipes* (TJ). Several parameters were analyzed, including pH, biochemical oxygen demand (BOD₅), electrical conductivity (EC), and dissolved oxygen (DO). The results indicate that the pH remained stable in both treatments, and the average temperature was approximately 23°C. Regarding BOD₅, treatment TJ achieved a reduction from 3.2 mg/L to 3.05 mg/L, while maintaining more stable EC levels, decreasing from 3.8 mS/cm to 3.2 mS/cm. In contrast, TA showed an increase in EC. Concerning dissolved oxygen, TJ favored higher and more stable levels, benefiting plant growth, while TA experienced a significant decrease in DO. Multivariate analysis revealed a negative correlation between treatment and BOD₅ (-0.79) and a moderate positive correlation between EC and DO (0.57). These findings suggest that *Eichornia crassipes* is an effective alternative for improving the water quality in NFT systems and promoting sustainable practices in urban agriculture.

Keywords: eichornia crassipes, water quality, hydroponic system, sustainability, biorremediation

Artículo recibido 10 septiembre 2024

Aceptado para publicación: 15 octubre 2024



INTRODUCCIÓN

La Técnica de Película de Nutrientes (NFT, por siglas en inglés) es un método de cultivo hidropónico en el que las raíces de las plantas crecen en soluciones nutritivas poco profundas y en circulación constante. Este sistema permite que las plantas reciban agua, nutrientes y oxígeno de manera adecuada (Iswanto et al., 2020; Rahmawati et al., 2020). Generalmente, el sistema NFT consiste en que las plantas crezcan en capas de polietileno con sus raíces sumergidas en soluciones nutritivas que se recirculan continuamente (Mohapatra et al., 2020). Este sistema ofrece varias ventajas, como el uso eficiente del espacio y la conservación del agua, lo que lo hace adecuado para la agricultura urbana (Rozilan et al., 2023). Los sistemas NFT pueden diseñarse para diversos cultivos, incluyendo lechuga, tomates y espinaca de agua (Ibrahim et al., 2015; Safir & Nurza, 2022).

La calidad del agua es un factor crítico para el éxito de los sistemas hidropónicos de NFT, ya que esta puede impactar significativamente el crecimiento de las plantas. Varios parámetros clave son esenciales para mantener una calidad de agua óptima en los sistemas NFT. Estos incluyen la conductividad eléctrica (CE), el pH, la temperatura y los niveles de oxígeno disuelto (OD). La CE es especialmente crucial, ya que determina la tasa de crecimiento y la calidad de las plantas (Ibrahim et al., 2015). Por ejemplo, investigaciones de Cova et al. (2017) han demostrado que el uso de agua salobre en sistemas NFT puede disminuir el crecimiento y alterar los niveles de varios iones en las plantas en comparación con el uso de agua dulce. Esto resalta la importancia de considerar la calidad de la fuente de agua al implementar sistemas NFT.

Eichornia crassipes, comúnmente conocida como jacinto de agua, es una especie de planta acuática que ha ganado significativa atención debido a su rápida proliferación y su potencial impacto en el control de la calidad de los cuerpos de agua (Jha et al., 2024; Mahamadi, 2011). El jacinto de agua actúa como un eficaz depurador biológico en la remediación de cuerpos de agua contaminados, especialmente en la absorción y acumulación de metales pesados. Además, su rápido crecimiento y capacidad de formar complejos metálicos con diversos ligandos, junto con su tolerancia a altas concentraciones de metales pesados, hacen del jacinto de agua una opción sostenible y económica para la limpieza de aguas contaminadas (Poma Llantoy & Valderrama Negrón, 2014).

El estudio de Garcés-Gómez et al. (2024) reveló una fuerte correlación negativa entre la cobertura de



jacinto de agua y los niveles de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), lo que indica el posible impacto positivo de las plantas en la calidad del agua. La investigación de Jha et al. (2024) también ha demostrado que el jacinto de agua puede eliminar de manera efectiva nutrientes en exceso, metales pesados y contaminantes orgánicos de los cuerpos de agua. De manera interesante, investigaciones de Tobias et al. (2019) han mostrado que la presencia del jacinto de agua puede alterar los parámetros de calidad del agua, tanto dentro como alrededor de las zonas de plantas, incluso en sistemas de mareas donde el agua se desplaza en ambos sentidos.

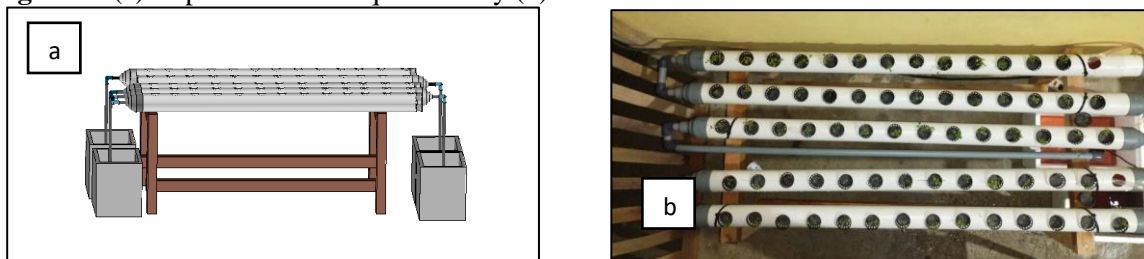
El presente estudio tiene como objetivo principal evaluar el impacto de *Eichornia crassipes* en la calidad del agua en sistemas hidropónicos tipo NFT, específicamente de parámetros fisicoquímicos claves como el pH, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la conductividad eléctrica (CE) y el oxígeno disuelto (OD). Para ello, se compararán dos tratamientos: uno convencional (TA) y otro que incorpora *Eichornia crassipes* (TJ), con el fin de determinar si el uso de *Eichornia crassipes* mejora la calidad del agua. Este estudio busca aportar evidencia científica sobre la viabilidad de utilizar *Eichornia crassipes* como un agente biotecnológico para el manejo eficiente de los recursos hídricos en sistemas hidropónicos, contribuyendo así al desarrollo de soluciones sostenibles en el ámbito de la agricultura urbana.

METODOLOGÍA

En la investigación se empleó un sistema hidropónico de tipo NFT, construido con tubos de polietileno de 75 mm, adaptadores, codos de presión y abrazaderas para garantizar la estabilidad del sistema. Se utilizó una bomba de agua para asegurar la circulación continua de la solución nutritiva, que contenía macro y microelementos esenciales para el crecimiento de las plantas. El estudio experimental se llevó a cabo en el cantón Naranjal, provincia del Guayas, Ecuador, donde se implementó el sistema NFT con el propósito de evaluar el efecto de *Eichhornia crassipes*, incorporada como un agente biológico depurador para mejorar la calidad del agua. Para este fin, se utilizó *Eruca vesicaria ssp.* (rúcula) como especie de cultivo.



Figura 1. (a) Representación esquemática y (b) foto real del sistema NFT utilizado



Fuente: Elaboración propia

Las semillas de *Eruca vesicaria ssp.* fueron seleccionadas y trasplantadas al sistema NFT después de una fase de germinación en bandejas de 256 alveolos, utilizando esponjas para facilitar la adaptación de las raíces al entorno hidropónico. Previamente, las semillas se sometieron a un proceso de limpieza con agua destilada estéril a una temperatura de 22 °C durante 5 minutos, con el fin de asegurar condiciones óptimas de higiene y favorecer su desarrollo en el sistema hidropónico. El sistema NFT convencional se designó como tratamiento TA, mientras que el sistema NFT que incorporaba *Eichhornia crassipes* como agente depurador biológico se denominó tratamiento TJ. El análisis de la DBO5 se realizó siguiendo métodos estandarizados para evaluar la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos presentes en el agua durante la degradación de materia orgánica (Jouanneau et al., 2014). Para los análisis de los parámetros fisicoquímicos, tales como pH, temperatura, CE y OD del agua utilizada, se usa un instrumento de laboratorio multiparamétrico HACH. Cada uno de los parámetros fue evaluado en cuatro repeticiones a lo largo del estudio, con los valores referenciales y la frecuencia de medición especificados en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos para control de calidad del agua

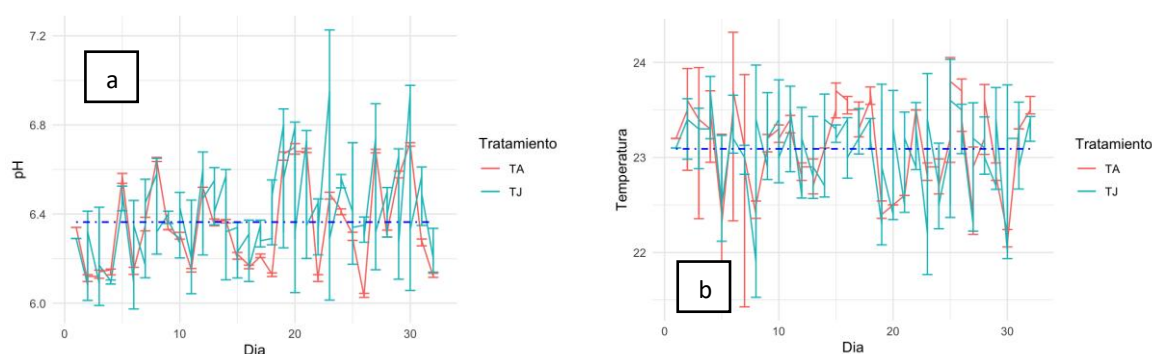
Parámetro	Unidad de medida	Frecuencia de medición	Valor referencial	Referencia
pH	-	Diaria	5,5-7	(Gillespie et al., 2020)
Temperatura	°C	Diaria	18-35	(Safira et al., 2022)
DBO5	mg/L	Cada 15 días	0,5-4,7	(Deswati et al., 2022)
Conductividad eléctrica	mS/cm	Cada 5 días	1,5-2,5	(Yang et al., 2021)
Oxígeno disuelto	mg/L	Cada 5 días	6-8	(Homoki et al., 2021)

Los resultados obtenidos de los diferentes análisis de los parámetros fisicoquímicos fueron procesados y analizados utilizando la plataforma estadística RStudio. Esta herramienta permite realizar un seguimiento detallado de los cambios en los parámetros medidos a lo largo del periodo de estudio, proporcionando una evaluación exhaustiva de las variaciones temporales. A través de técnicas estadísticas, se identificarán tendencias, correlaciones y posibles anomalías en los datos, lo que facilitará una comprensión más profunda del comportamiento de las variables bajo estudio. En el contexto del análisis multivariante, se utilizará un gráfico de correlación por pares para generar una matriz de correlaciones que representa la relación de cada variable con las demás, proporcionando una visión integral de las dependencias que puedan existir.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de la evolución del pH y la temperatura en los sistemas hidropónicos, realizado durante un periodo de 30 días, se muestra en la Figura 2. Se puede observar que la frecuencia de los datos de ambos tratamientos se encuentra en un rango óptimo, muy cercano a la neutralidad. Las variaciones de temperatura del agua se mantienen en un rango considerablemente bueno, según los parámetros estándares establecidos para una óptima agua de los cultivos (Tabla 1), lo cual se compara con los resultados de Safira et al. (2022), quienes además señalan que el control automatizado de la temperatura y el pH del agua en sistemas hidropónicos mejora la estabilidad de la solución nutritiva y facilita el crecimiento uniforme de las plantas

Figura 2. Resultados experimentales de (a) pH y (b) temperatura en función del tiempo

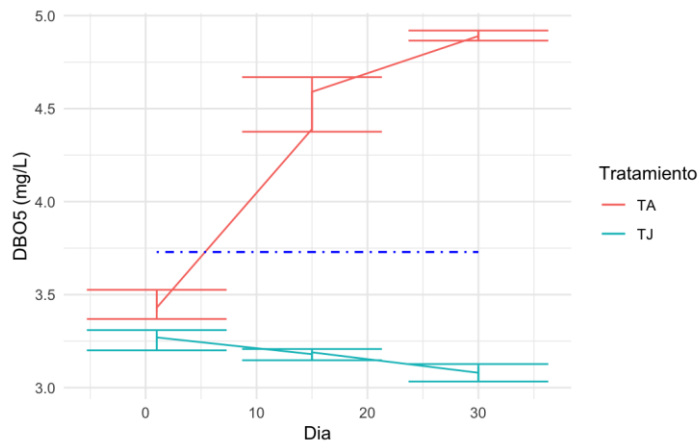


Fuente: Elaboración propia

Los resultados que se muestran en la Figura 3 indicaron que el tratamiento TA presentó una tendencia creciente en la DBO5, aumentando de 3,4 mg/L a 4,6 mg/L a lo largo del tiempo, una tendencia similar

fue observada por Xu et al. (2020) en su estudio sobre sistemas de techos verdes hidropónicos. En contraste, el tratamiento TJ mostró una DBO5 decreciente en promedio, disminuyendo de 3,2 mg/L a 3,05 mg/L.

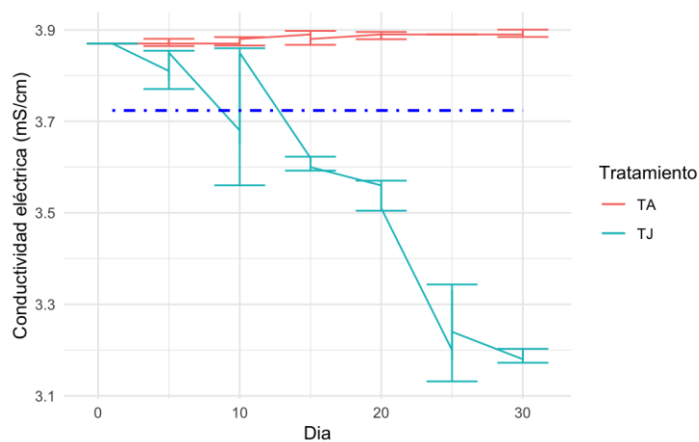
Figura 3. Resultados experimentales de DBO5 en función del tiempo



Fuente: Elaboración propia

Estos resultados muestran una tendencia similar con los obtenidos por Mustafa & Hayder (2021), quienes sugieren que la incorporación del Jacinto de agua redujo la DBO5 en un 70% en sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas. De manera similar, el estudio de Riset et al. (2023) reveló una reducción del 81% en la DBO5 para un efluente de industria cafetera, gracias a la utilización del Jacinto de agua. El análisis de los resultados sobre conductividad eléctrica (EC) en los tratamientos comparados revela diferencias significativas en el comportamiento de ambos sistemas, tal como se muestran en la Figura 4.

Figura 4. Resultados experimentales de conductividad eléctrica en función del tiempo

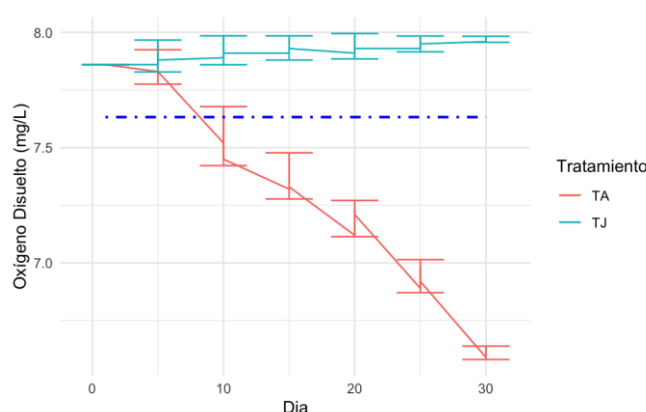


Fuente: Elaboración propia

En el tratamiento TA, se observó un aumento en los niveles de EC a lo largo del tiempo, lo que podría estar relacionado con la acumulación de sales en la solución nutritiva, afectando negativamente la absorción de nutrientes por parte de las plantas. Este fenómeno es coherente con estudios previos, como el de Neto et al. (2023) que indica que el aumento en la CE puede comprometer el rendimiento productivo de cultivos hidropónicos, reduciendo la absorción de nutrientes y el crecimiento de las plantas. En contraste, el tratamiento TJ, que mostró una tendencia a mantener una EC más estable, resultó en una mejor eficiencia en la absorción de nutrientes y rendimiento de las plantas, lo cual concuerda con hallazgos de Oliveira et al. (2023), que destacan la importancia de mantener niveles óptimos de CE para evitar el estrés salino y optimizar la calidad del cultivo.

En la Figura 5 se observa que en el tratamiento TA los niveles de OD fueron más bajos, lo que podría estar vinculado a una menor aireación o un mayor consumo de oxígeno por la actividad biológica, lo cual puede limitar el crecimiento radicular y la absorción de nutrientes. Estudios previos de Homoki et al. (2021) han demostrado que bajos niveles de OD (<6.0 mg/L) reducen el crecimiento y la absorción de nutrientes en sistemas hidropónicos, afectando negativamente el rendimiento de los cultivos. Por otro lado, el tratamiento TJ mostró una mayor estabilidad en los niveles de DO, lo que favoreció un ambiente más adecuado para el crecimiento de las plantas. La importancia de mantener niveles óptimos de OD ha sido destacada en estudios como el de Shan et al. (2023), que encontró que concentraciones mayores a 8 mg/L mejoró significativamente el crecimiento de plantas como el Pakchoi en sistemas hidropónicos.

Figura 5. Resultados experimentales de oxígeno disuelto en función del tiempo

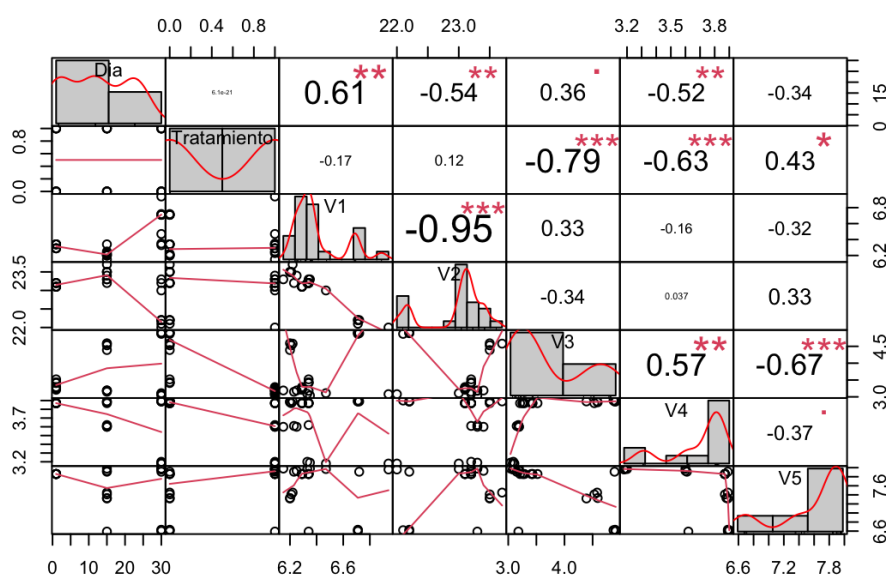


Fuente: Elaboración propia

Para profundizar el análisis de los parámetros estudiados, se aplicó un análisis de correlación por pares,

el cual es una herramienta efectiva para identificar relaciones significativas entre las variables. Este tipo de análisis permite evaluar tanto la dirección como la magnitud de las correlaciones, proporcionando una visión más completa de cómo interactúan los diferentes parámetros dentro del sistema. En este análisis se consideró las mediciones realizadas en los días 1, 5 y 15, con el objetivo de garantizar la homogeneidad en la evaluación de las variables y captar adecuadamente su evolución a lo largo del tiempo. En la Figura 6, se presenta el resultado de correlación por pares de los parámetros fisicoquímicos medidos durante el experimento.

Figura 6. Resultados multivariante para correlacionar los parámetros analizados



Fuente: Elaboración propia

Los coeficientes de correlación permiten visualizar las interacciones entre las diferentes variables, lo que facilita la interpretación de las dependencias y posibles influencias entre ellas. En este contexto, se observó que existe una correlación negativa entre pH y Temperatura (-0,95) significa que a medida que la temperatura aumenta, el pH tiende a disminuir, y viceversa. Esta relación es muy significativa, lo que indica que las variaciones en la temperatura están altamente asociadas con cambios en el pH del sistema hidropónico. La correlación negativa (-0,79) entre el tratamiento aplicado y la DBO5 indica que el tratamiento TJ, que incluye a *Eichhornia crassipes*, tiene un impacto significativo en la reducción de la DBO5, lo que sugiere una mayor capacidad de depuración de la materia orgánica. Un coeficiente de correlación de -0,67 entre la DBO5 y el oxígeno disuelto indica que cuando la demanda biológica de

oxígeno aumenta, el oxígeno disuelto en el agua disminuye, lo cual es consistente con la dinámica esperada en sistemas acuáticos, ya que un mayor DBO5 refleja un mayor consumo de oxígeno por parte de los organismos presentes en el agua. La correlación de 0,57 entre la CE y OD refleja que a medida que aumenta la conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto también tiende a aumentar, lo que puede indicar que en este caso, un mayor contenido de iones en el agua favorece una mayor disolución de oxígeno. Así también, se observa una correlación moderada positiva (0,61) entre los días y la conductividad eléctrica. A lo largo del tiempo, la salinidad del agua tiende a aumentar, lo que podría reflejar la acumulación de sales o nutrientes en el sistema.

CONCLUSIONES

Los resultados mostraron que el tratamiento TA y TJ, con *Eichornia crassipes* se encuentran en un rango óptimo de pH, muy cercano a la neutralidad. La temperatura se mantuvo estable, alrededor de 23°C, en ambos tratamientos. Así mismo, el tratamiento TJ alcanzó una disminución en la DBO5 de 3,2 mg/L a 3,05 mg/L, en comparación con el tratamiento TA, que experimentó un aumento de la DBO5 a medida que avanzaba el tiempo, posiblemente debido a la descomposición de residuos vegetales, nutrientes no absorbidos y materia orgánica proveniente de los cultivos. La conductividad eléctrica en TJ también disminuyó (de 3,8 mS/cm a 3,2 mS/cm), lo que sugiere una mayor absorción de iones por parte de *Eichornia crassipes*. El oxígeno disuelto se redujo en TA hasta un 20%, reflejando una acumulación de materia orgánica, mientras que el tratamiento TJ demostró una mayor consistencia en los niveles de oxígeno disuelto (DO), lo que contribuyó a generar un entorno más propicio para el desarrollo óptimo de las plantas. El análisis multivariante mostró una correlación negativa de -0,79 entre el tratamiento aplicado y la DBO5, así como una correlación moderada positiva de 0,57 entre la conductividad eléctrica (CE) y el oxígeno disuelto (OD), lo cual destaca la interdependencia crítica de los parámetros de calidad del agua en sistemas hidropónicos; así como la importancia de un monitoreo integral para optimizar las condiciones ambientales. Los resultados muestran que *Eichornia crassipes* tiene un gran potencial para gestionar recursos hídricos, ya que es una opción eficaz para mejorar la calidad del agua en sistemas de cultivo NFT, favoreciendo así prácticas sostenibles en la agricultura urbana.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cova, A. M. W., De Freitas, F. T. O., Viana, P. C., Rafael, M. R. S., De Azevedo Neto, A. D., & Soares, T. M. (2017). Content of inorganic solutes in lettuce grown with brackish water in different hydroponic systems. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 21(3), 150-155. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/AGRIAMBI.V21N3P150-155>
- De Oliveira, F. de A., de Oliveira, M. K. T., Dos Santos, S. T., de Medeiros, J. F., Helena, H. M., Cordeiro, C. J. X., Alves, F. A. T., & Costa, M. J. V. (2023). Production and quality of purple kohlrabi under nutrient solutions of different electrical conductivities. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 28(1), e270704. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/AGRIAMBI.V28N1E270704>
- Deswati, D., Safni, S., Khairiyah, K., Yani, E., Yusuf, Y., & Pardi, H. (2022). Biofloc technology: water quality (pH, temperature, DO, COD, BOD) in a flood & drain aquaponic system. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 102(18), 6835-6844. <https://doi.org/10.1080/03067319.2020.1817428>
- Garcés-Gómez, Y. A., Cabezas-Alzate, D. F., Henao-Céspedes, V., & Corpas-Iguarán, E. J. (2024). Assessing the effects of Water hyacinth proliferation on biochemical oxygen demand with operational land imager data. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 136, 103733. <https://doi.org/10.1016/J.PCE.2024.103733>
- Gillespie, D. P., Kubota, C., & Miller, S. A. (2020). Effects of Low pH of Hydroponic Nutrient Solution on Plant Growth, Nutrient Uptake, and Root Rot Disease Incidence of Basil (*Ocimum basilicum* L.). *HortScience*, 55(8), 1251-1258. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14986-20>
- Homoki, D., Odunayo, -Toviho, Minya, -Dániel, Kovács, -László, Lelesz, J., Bársony, -Péter, Fehér, -Milán, Kövics, -György, & Stündl, -László. (2021). The effect of dissolved oxygen on common carp (*Cyprinus carpio*) and basil (*Ocimum basilicum*) in the aquaponics system. *Acta Agraria Debreceniensis*, 1, 89-96. <https://doi.org/10.34101/ACTAAGRAR/1/8933>
- Ibrahim, M. N. R., Solahudin, M., & Widodo, S. (2015). Control System for Nutrient Solution of Nutrient Film Technique Using Fuzzy Logic. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 13(4), 1281-1288.



<https://doi.org/10.12928/TELKOMNIKA.V13I4.2113>

Iswanto, Megantoro, P., & Ma'Arif, A. (2020). Nutrient Film Technique for Automatic Hydroponic System Based on Arduino. Proceeding - 2020 2nd International Conference on Industrial Electrical and Electronics, ICIEE 2020, 84-86.

<https://doi.org/10.1109/ICIEE49813.2020.9276920>

Jha, K., Wu, B., Aziz, S. Q., Ahmed, H. G., & Ahmed, M. S. (2024). Sustainable solutions for water hyacinth invasion: Characteristics, impacts, control, and utilization. World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences, 2024(01), 47-058.

<https://doi.org/10.30574/wjaets.2024.12.1.0169>

Jouanneau, S., Recoules, L., Durand, M. J., Boukabache, A., Picot, V., Primault, Y., Lakel, A., Sengelin, M., Barillon, B., & Thouand, G. (2014). Methods for assessing biochemical oxygen demand (BOD): A review. Water Research, 49(1), 62-82.

<https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2013.10.066>

Mahamadi, C. (2011). Water hyacinth as a biosorbent: A review. African Journal of Environmental Science and Technology, 5(13), 1137-1145. <https://doi.org/10.5897/AJESTX11.007>

Mohapatra, B. C., Chandan, N. K., Panda, S. K., Majhi, D., & Pillai, B. R. (2020). Design and development of a portable and streamlined nutrient film technique (NFT) aquaponic system. Aquacultural Engineering, 90, 102100. <https://doi.org/10.1016/J.AQUAENG.2020.102100>

Mustafa, H. M., & Hayder, G. (2021). Evaluation of water lettuce, giant salvinia and water hyacinth systems in phytoremediation of domestic wastewater. H2Open Journal, 4(1), 167-181.

<https://doi.org/10.2166/H2OJ.2021.096>

Neto, D., Ferreira da Silva, P., Davis Brito dos Santos, B., Dantas Neto, J., Soares de Melo, A., Moreira de Matos, R., Ibrahim Bonou, S., José Araújo da Silva, T., Maria Bonfim-Silva, E., Paula Candido Gabriel Berilli, A., & Franco Duarte, T. (2023). Effect of Electrical Conductivity Levels and Hydrogen Peroxide Priming on Nutrient Solution Uptake by Chives in a Hydroponic System. Agriculture 2023, Vol. 13, Page 1346, 13(7), 1346.

<https://doi.org/10.3390/AGRICULTURE13071346>

Poma Llantoy, V. R., & Valderrama Negrón, A. C. (2014). Estudio de los parámetros fisicoquímicos



para la fitorremediación de cadmio (ii) y mercurio (ii) con la especie Eichornia Crassipes (jacinto de agua). Revista de la Sociedad Química del Perú, 80(3), 164-173.

http://rg.peorg.peorg.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2014000300003&lng=es&nrm=iso&tlng=en

Rahmawati, L., Iswahyudi, H., Baimy Alexander, dan, Tanaman Perkebunan-Politeknik Hasnur Jl Brigjen Hasan Basri -Barito Kuala, B. H., & Otomotif-Politeknik Hasnur Jl Brigjen Hasan Basri -Barito Kuala, T. H. (2020). Hydroponic Installation Nutrient Film Technique (NFT) System in Politeknik Hasnur. Agrisains: Jurnal Budidaya Tanaman Perkebunan Politeknik Hasnur, 6(01), 8-12. <https://doi.org/10.46365/AGRS.V6I01.371>

Riset, J., Pencegahan, T., Industri, P., Novita, E., Wahyuningsih, S., Andika, M., & Pradana, H. A. (2023). Water Hyacinth Potential in The Pollution Impact Reduction of Coffee Agroindustry Wastewater. Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, 14(2), 10-22. <https://doi.org/10.21771/JRTPPI.2023.V14.NO2.P10-22>

Rozilan, M. R., Mohd Rodzi, A. S., Faiz Zubair, A., Hemdi, A. R., Deraman, R., & Md Sin, N. D. (2023). Design and Fabrication of Nutrient Film Technique (NFT) Hydroponic System. Lecture Notes in Electrical Engineering, 882, 123-144. https://doi.org/10.1007/978-981-19-1577-2_11

Safir, I., & Nurza, A. (2022). Cultivation of Water Spinach (Ipomoea Reptans Poir) Production By Using Dft and Nft. Journal of Social Research, 1(10), 1110-1115. <https://doi.org/10.55324/JOSR.V1I10.241>

Safira, M. R., Lim, M. W., & Chua, W. S. (2022). Design of control system for water quality monitoring system for hydroponics application. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1257(1), 012027. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1257/1/012027>

Shan, Y., Sun, Y., Tao, W., & Su, L. (2023). Effects of Oxygenated Brackish Water on Pakchoi (Brassica chinensis L.) Growth Characteristics Based on a Logistic Crop Growth Model. Agriculture 2023, Vol. 13, Page 1345, 13(7), 1345. <https://doi.org/10.3390/AGRICULTURE13071345>

Tobias, V. D., Conrad, J. L., Mahardja, B., & Khanna, S. (2019). Impacts of water hyacinth treatment on water quality in a tidal estuarine environment. Biological Invasions, 21(12), 3479-3490.



<https://doi.org/10.1007/S10530-019-02061-2/FIGURES/5>

Xu, L., Yang, S., Zhang, Y., Jin, Z., Huang, X., Bei, K., Zhao, M., Kong, H., & Zheng, X. (2020). A hydroponic green roof system for rainwater collection and greywater treatment. *Journal of Cleaner Production*, 261, 121132. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.121132>

Yang, T., Samarakoon, U., Altland, J., & Ling, P. (2021). Photosynthesis, Biomass Production, Nutritional Quality, and Flavor-Related Phytochemical Properties of Hydroponic-Grown Arugula (*Eruca sativa* Mill.) ‘Standard’ under Different Electrical Conductivities of Nutrient Solution. *Agronomy* 2021, Vol. 11, Page 1340, 11(7), 1340. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY11071340>.

