REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/10/2025 - **Accepted:** 20/10/2025
Vol: 19.02
DOI: 10.61164/04swg154
Pages: 1-15

REMOCIÓN DE CONTAMINANTES EN AGUA RESIDUAL CON CARACTERÍSTICAS DOMICILIARIAS EMPLEANDO MACRÓFITAS DEL NORTE DE SINALOA

REMOÇÃO DE CONTAMINANTES EM ÁGUAS RESIDUAIS COM CARACTERÍSTICAS DOMÉSTICAS USANDO MACRÓFITAS DO NORTE DE SINALOA

REMOVAL OF CONTAMINANTS IN WASTEWATER WITH HOUSEHOLD CHARACTERISTICS EMPLOYING MACROPHYTES FROM NORTH SINALOA

Marco Arturo Arciniega Galaviz
Doctorado en Ciencias en Desarrollo Sustentable y Recursos Naturales
Univerisidad Autónoma de Occidente
México
E-mail: marco.arciniega@uadeo.mx

Jeovan Alberto Ávila Díaz
Doctorado en Sustentabilidad
Univerisidad Autónoma de Occidente
México
E-mail: jeovan.avila@uadeo.mx

Solangel Guadalupe González Castro
Estudiante de Ingeniería Ambiental
Universidad Autónoma de Occidente
México
E-mail: 22020250@uadeo.mx

Julio Cesar Ruelas Leyva
Estudiante de Ingeniería Ambiental
Universidad Autónoma de Occidente
México
E-mail: 22020232@uadeo.mx

Resumen

Las macrofitas son plantas que pueden ser utilizadas en los humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales con características domesticas ya que tienen la capacidad de eliminar materia orgánica. Los humedales artificiales son una alternativa de tratamiento debido a su alta eficiencia de remoción de contaminantes y a su bajo costo de instalación y mantenimiento. Se construyeron tres humedales artificiales de 40x30x20 centímetros cada uno, con el objetivo de evaluar la capacidad de remoción de fósforo, fosfato y nitratos utilizando las micrófitas, lechuga de agua (*Pistia stratiotes*), lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) y tule (*Schoenoplectus lacustris*). Se preparó en el laboratorio un agua sintética que simulara la composición de un agua residual

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/10/2025 - **Accepted:** 20/10/2025
Vol: 19.02
DOI: 10.61164/04swg154
Pages: 1-15

doméstica, a cada humedal artificial se le adicionaron 23 litros de ésta agua preparada para su tratamiento. Los parámetros evaluados durante el tratamiento son nitrato, fósforo y fosfato, esto se realizó de manera quincenal durante tres meses. De acuerdo a los resultados, la planta acuática que removió en mayor cantidad de fósforo fue la *Eichhornia crassipes* con 94.2%, el fosfato fue eliminado en mayor cantidad por *Pistia stratiotes* (86.1%), de igual manera, para el nitrato, la lechuga de agua removió un 97.5%. Es importante hacer uso de recursos naturales como las macrofitas que no son aprovechadas y representan un problema para las personas, estas pueden ser utilizadas para el tratamiento de aguas residuales. Con los resultados obtenidos se pretende hacer una propuesta para construir humedades artificiales en comunidades rurales donde no cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales, ya que una vez tratada el agua, puede reusarse para riego de áreas verdes, huertos familiares o para los inodoros, esto es muy pertinente por los problemas de sequía que se padece en ciertos lugares de México y el mundo.

Palabras clave: plantas acuáticas; humedal artificial; eutrofización.

Resumo

Macrófitas são plantas que podem ser utilizadas em wetlands artificiais para o tratamento de águas residuais domésticas, pois possuem a capacidade de eliminar matéria orgânica. Os wetlands artificiais são uma alternativa de tratamento devido à sua alta eficiência na remoção de poluentes e aos baixos custos de instalação e manutenção. Três wetlands artificiais, cada um medindo 40x30x20 centímetros, foram construídos para avaliar sua capacidade de remoção de fósforo, fosfato e nitrato usando as micrófitas alface-d'água (Pistia stratiotes), nenúfar (Eichhornia crassipes) e tule (Schoenoplectus lacustris). Água sintética foi preparada em laboratório para simular a composição de águas residuais domésticas. Vinte e três litros dessa água preparada foram adicionados a cada wetlands artificial para tratamento. Os parâmetros avaliados durante o tratamento são nitrato, fósforo e fosfato; isso foi feito a cada duas semanas durante três meses. De acordo com os resultados, a planta aquática que removeu a maior quantidade de fósforo foi Eichhornia crassipes com 94,2%, o fosfato foi removido em maiores quantidades por Pistia stratiotes (86,1%), da mesma forma, para o nitrato, a alface d'água removeu 97,5%. É importante aproveitar recursos naturais como macrófitas que não são exploradas e representam um problema para as pessoas, estas podem ser usadas para tratamento de águas residuais. Com os resultados obtidos, pretende-se fazer uma proposta para construir umidificadores artificiais em comunidades rurais onde não possuem estações de tratamento de águas residuais, pois uma vez tratada a água pode ser reutilizada para irrigação de áreas verdes, jardins familiares ou para banheiros, isso é muito pertinente devido aos problemas de seca sofridos em certos lugares do México e do mundo.

Palavras-chave: plantas aquáticas; pântano artificial; eutrofização.

Abstract

Macrophytes are plants that can be used in constructed wetlands for the treatment of domestic wastewater because they have the ability to eliminate organic matter. Constructed wetlands are a treatment alternative due to their high pollutant removal efficiency and low installation and maintenance costs. Three constructed wetlands, each measuring 40x30x20 centimeters, were constructed to evaluate their phosphorus, phosphate, and nitrate removal capacity using the microphytes water lettuce (Pistia stratiotes), water lily (Eichhornia crassipes), and tule (Schoenoplectus lacustris). Synthetic water was prepared in the laboratory to simulate the composition of domestic wastewater. Twenty-three liters of this prepared water were added to each constructed wetland for treatment. The parameters evaluated during treatment are nitrate, phosphorus, and phosphate; this was done every two weeks for three months. According to the results, the aquatic plant that removed the greatest amount of phosphorus was Eichhornia crassipes with 94.2%, phosphate was removed in greater amounts by Pistia stratiotes (86.1%),

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/10/2025 - **Accepted:** 20/10/2025
Vol: 19.02
DOI: 10.61164/04swg154
Pages: 1-15

likewise, for nitrate, water lettuce removed 97.5%. It is important to make use of natural resources such as macrophytes that are not exploited and represent a problem for people, these can be used for wastewater treatment. With the results obtained, it is intended to make a proposal to build artificial humidities in rural communities where they do not have wastewater treatment plants, since once treated the water can be reused for irrigation of green areas, family gardens or for toilets, this is very pertinent due to the drought problems suffered in certain places in Mexico and the world.

Keywords: aquatic plants; artificial wetland; eutrophication.

1. Introducción

El agua es uno de los recursos más importantes para la vida en el planeta. Los seres humanos dependemos de su disponibilidad no sólo para el consumo doméstico, sino también para el funcionamiento y la continuidad de las actividades agrícolas e industriales. El consumo del agua a nivel mundial, la industria utiliza el 19%, el consumo personal el 12%, y 70% de la agricultura (ONU, 2021). A nivel global, para el 2030 se espera que el uso del agua aumente en un 40% gracias a una combinación de factores como el cambio climático, la acción humana y el crecimiento demográfico (ONU-Habitat, 2021).

Durante el uso del agua en actividades como la agricultura, industria, comercios y hogares, adquiere una serie de elementos extraños como metales pesados, materia orgánica, microorganismos patógenos, sustancias químicas que alteran el potencial de hidrógeno, sustancias químicas toxicas, grasas y aceites, que la convierten en no apta para el hombre por lo que son desechadas a los cuerpos de agua sin ningún tratamiento, lo que ocasiona grandes problemas de contaminación a distintos ecosistemas (Conagua, 2020). Las aguas residuales domesticas después de ser usadas pueden obtener distintos contaminantes, por ejemplo productos químicos presentes en jabones y detergentes (Telwesa, 2023) que pueden dañar a toda forma de vida en el agua, materia orgánica que al caer a un cuerpo de agua se lleva a cabo el proceso de descomposición por medio de microorganismos los cuales requieren oxígeno para llevar a cabo la oxidación de la materia orgánica, el oxígeno es tomado del agua, por lo que peces son afectados al disminuir el oxígeno disuelto en agua (Bulbul et al, 2022), y por lo tanto toda la cadena trófica. Por lo tanto es imperante dar tratamiento a las aguas residuales para que puedan ser reutilizadas y asi aumentar la disponibilidad de agua,

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 10/10/2025 - **Accepted:** 20/10/2025
Vol: 19.02
DOI: 10.61164/04swg154
Pages: 1-15

principalmente en lugares donde la sequía causa estragos en la industria, agricultura y población (Teamb, 2023).

Dentro de los tratamientos de aguas residuales domesticas están los humedales artificiales, los cuales utilizan plantas acuáticas (macrofitas) que tienen la capacidad de absorber contaminantes y de ésta manera reducir los sólidos totales, materia orgánica, organismos patógenos, nitrógeno y fosforo (Ramos et al, 2007). Los humedales artificiales son sistemas que aprovechan recursos de la naturaleza para limpiar residuos del agua, cuentan con una capacidad excelente de eliminar contaminantes (Romero et al, 2009). Requiere de tiempos de retención mayores en comparación a tratamientos físicos o químicos, además de necesitar de superficies grandes para su construcción y operación.

Las plantas acuáticas desarrollan el proceso de fitorremediación para eliminar contaminantes orgánicos e inorgánicos, es una técnica ambientalmente amigable en la que los contaminantes son absorbidos por las raíces de las plantas (Abid et al, 2020). Debido a que las aguas residuales con características domiciliarias están sobrecargadas de nutrientes, las plantas pueden crecer y reproducirse por la presencia de fosforo, nitritos y nitratos.

Otro proceso que se lleva a cabo es la rizodegradación, en este proceso microrganismos encuentran condiciones para poder alojarse en las raíces de las plantas acuáticas estimulando el crecimiento y la supervivencia de bacterias y hongos, degradando contaminantes orgánicos presentes en las aguas residuales (Delgadillo et al, 2011).

De acuerdo a Jinging et al (2018), la *Eicchornia crassipes* tiene raíces con una longitud promedio de 18.9 ±1.2 centímetros, mientras que la *Pistia stratiotes* tienen sus raíces una longitud de 22.2 ±1.2 centímetros. Las raíces del lirio acuático son fibrosas y densas, con hasta 70 raíces laterales por centímetro, y son cruciales para su flotabilidad. Las de la lechuga de agua son más largas que las del lirio acuático, además de numerosas, esta característica permite que la cantidad de nutrientes presentes en agua residuales sean absorbidas sin dificultad y puedan albergar a una gran cantidad de microorganismos que degradaran a los contaminantes. Esta investigación también nos impulsa directamente a los

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 10/10/2025 - **Accepted:** 20/10/2025
Vol: 19.02
DOI: 10.61164/04swg154
Pages: 1-15

Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 2030 de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, especialmente ODS 6 (Agua limpia y Saneamiento) que aspira a garantizar que todo el mundo disponga de agua potable y saneamiento, centrándose en la gestión sostenible de los recursos hídricos, las aguas residuales y los ecosistemas.

Un elemento fundamental para el funcionamiento de los humedales artificiales son las plantas que harán la función remediadora, en la región Norte del estado de Sinaloa se pueden observar en drenes o canales que conducen agua de riego y ríos una diversidad de éstas plantas y que no son aprovechadas, por lo que su disponibilidad para el tratamiento de aguas residuales es factible de realizarse. Existen diferentes tipos de marcrofitas, entre ellas Lirio Acuático (*Ecihcornia crasipes*), Lechuga de agua (*Pistia stratiotes*), Lenteja de agua (*Lemna minor*), Tule (*Schoenoplectus lacustris*) entre otras.

Sistema de tratamiento de aguas residuales con humedales artificiales utilizando macrofitas han sido estudiadas como una alternativa ecológica y de bajo costo, algunos investigadores han demostrados la efectividad de remoción de contaminantes utilizando macrofitas.

Borda et al (2023), evaluaron la *Pistia stratiotes y Eichhornia crassipes* en la reducción de sólidos en suspensión de aguas residuales, concluyendo que la especie de macrofita *Stratiotes sp* logró la remoción de SST en un 75%, mientras que para la especie de *E.crassipes sp* se obtuvo una reducción de SST equivalente a 72.5% en 60 días.

Hernández et al (2022), evaluaron macrófitas flotantes para el tratamiento de agua residual sintética en humedales artificiales, como resultado encontraron que la reducción más significativo la obtuvo *Eicchornia crassipes* disminuyendo la DBO un 86% para un periodo de 15 dias y después de 21 días de tratamient, *Eichhornia crassipes* redujo un 92 % de la DBO, mientras que *Pistia stratiotes* con eliminó 90 % y *Lemna minor* 77 %.

Yuda et al (2023), estudiaron la Fitorremediación de varias fuentes de aguas residuales utilizando *Pistia stratiotes y Eichhornia crassipes*, y llegaron a la concusión de ambas macrofitas reducen con éxito la DBO hasta un 98%, DQO

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 10/10/2025 - **Accepted:** 20/10/2025
Vol: 19.02
DOI: 10.61164/04swg154
Pages: 1-15

hasta un 99%, fosfato hasta un 73%, amoníaco hasta un 70%, nitrito hasta un 48% y nitrato hasta un 91% después de cinco semanas.

Ledesna y Aníbal (2025), Evaluaron la eficacia de fitorremediación de *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes* en aguas de río, sus resultados demuestran que disminuyó la Turbidez y la DBO_5, y un aumento en el Oxígeno Disuelto de 5,95 mg O2/L a 6,10 mg O2/L, indicando una mejora significativa en la calidad del agua tras el tratamiento.

Mendoza et al (2018), evaluaron el aporte de *Pistia stratiotes y Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales municipales, encontraron eficiencias de remoción en *Pistia stratiotes y Eichhornia crassipes* de 78,5%; 79,1%; 76,2% y 99,9% para NO 2 −, DBO5, DQO y CT respetivamente.

Vásquez et al. (2022) evaluaron el uso de macrofita flotante (*Lemna minor, Pistia stratiotes, Eichhornia crassipes*) en humedales artificiales, obteniendo una remoción de DQO del 96% cuando se combinaban las tres especies. Otro investigador como Ocaña et al. (2023) evaluaron un sistema de humedal artificial en series con especies macrofita del trópico húmedo, logrando remoción del 89.2% en DQO y 84.8% en fosforo total.

Este proyecto de investigación buscó evaluar diferentes plantas que se utilizan para bajar los niveles de fosforo, fosfato y nitratos en un humedal artificial a nivel laboratorio, y de esta manera poder determinar de acuerdo a los resultados que planta acuática es más viables para tratar aguas residuales con características domiciliarias.

2. Metodología

La presente investigación se realizó mediante el enfoque de estudio experimental y descriptivo, la parte experimental consistió en la instalación de un humedal artificial a nivel laboratorio, recolección de las plantas acuáticas, su aclimatación en el humedal, la recolección de muestras de agua tratada y el análisis en el laboratorio para determinar las concentraciones de solidos totales, materia orgánica, nitrógeno, fosforo y turbiedad. La parte descriptiva se llevará a cabo construyendo una base de datos con los resultados obtenidos de los análisis con los cuales se elaborarán

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 10/10/2025 - **Accepted:** 20/10/2025
Vol: 19.02
DOI: 10.61164/04swg154
Pages: 1-15

graficas de distribuciones de frecuencias.

Construcción de los humedales artificiales

Se instalaron los humedales en el vivero utilizando peceras de 40 L, se colocaron 2 mesas con el fin de instalar las peceras, en las mesas se pusieron las 3 peceras en donde se podrán 3 diferentes tipos de macrofitas para su evaluación, las macrofitas a evaluar son Tule (*Schoenoplectus acutus),* Lechuga de agua *(Pistia stratiotes)* y Lirio acuático *(Eichhornia crassipes*).





Preparación del agua residual con características domésticas.

Para preparar el agua residual con características domesticas se basó en el trabajo de Rodríguez y Lozano (2012), es una mezcla de diferentes componentes en diferentes cantidades (Tabla 1).

Tabla 1. Compuesto y cantidad del agua residual sintética com características domestica

Compuesto	Cantidad (mg/L)
Leche en polvo	100
Gelatina sin sabor	35

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 10/10/2025 - **Accepted:** 20/10/2025
Vol: 19.02
DOI: 10.61164/04swg154
Pages: 1-15

Almidón	170
Sal común	7
Úrea	3
Fosfato bicálcico	2.5
Jabón de tocador	3 gotas
Aceite de soya	15 gotas

Las cantidades mostradas en a tabla se calcularon para un volumen de 23 litros, siendo la cantidad que se agregó a cada humedal artificial.

Recolección y aclimatación de las macrofitas

Las plantas acuáticas fueron recolectadas en canales, drenes o ríos del municipio de Ahome, Sinaloa México, en los meses de mayo a julio, se colocaron en los humedales artificiales, el proceso de aclimatación duró 20 días, antes de empezar a realizar los muestreos para los análisis de los parámetros a evaluar y conocer de ésta manera las cantidades de contaminantes removidos. Las plantas a recolectadas son lechuga de agua, lirio acuático y tule.

Toma de muestra

Transcurrido el periodo de aclimatación, se inició con las mediciones de los parámetros las cuales fueron de manera quincenal por un periodo de cuatro meses, previamente se calculó el índice de evaporación tomando en cuenta los factores temperatura del aire, la velocidad del viento, la humedad relativa y la radiación solar con la finalidad de conocer la cantidad de agua que se pierde por evaporación y poder ser recuperada a los humedales artificiales. Las muestras se analizaron mediante un espectrofotómetro marca HANNA, en donde se midieron fosforo, fosfato y nitrato.

Análisis fisicoquímicos de acuerdo a las NMX.

Los análisis se realizaron de acuerdo a las metodologías descritas en las normas mexicanas; NMX-AA-028-SCFI-2001, “Análisis de agua - determinación de la

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 10/10/2025 - **Accepted:** 20/10/2025
Vol: 19.02
DOI: 10.61164/04swg154
Pages: 1-15

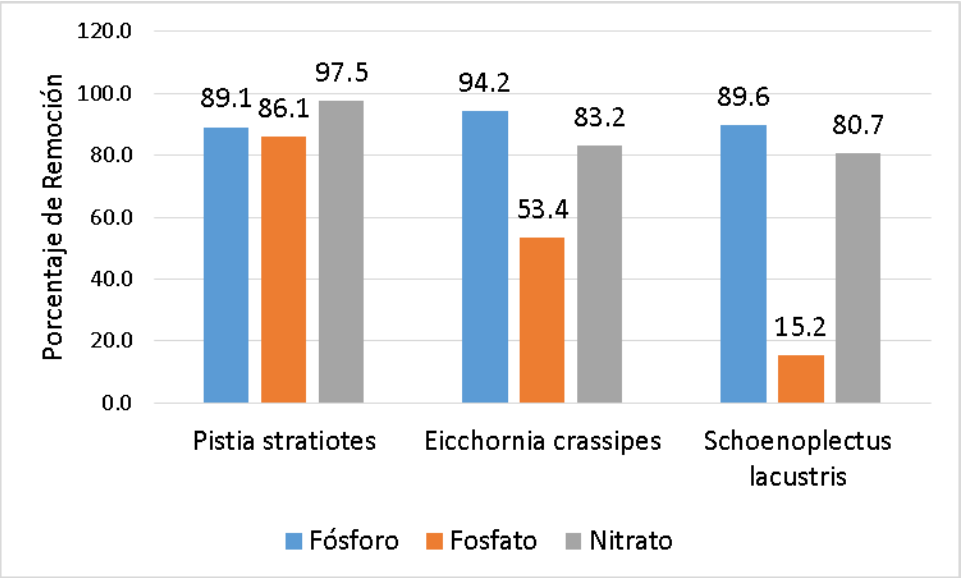
demanda bioquímica de oxígeno en aguas naturales, residuales (DBO_5) y residuales tratadas", las concentraciones de Nitrógeno y Fosforo serán determinadas por métodos espectrofotométricos de acuerdo a la NMX-AA-099-SCFI-2021 (Análisis de Agua – Medición de Nitrógeno de Nitritos en Aguas Naturales, Residuales, Residuales Tratadas y Marinas) y NMX-AA-029- SCFI2001 (Análisis de aguas - determinación de fósforo total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba).

Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico descriptivo obteniendo distribuciones de frecuencias de los porcentajes de remoción para cada una de las tres plantas acuáticas, se realizó una gráfica para una mejor comprensión de los resultados.

4. Resultados y discusión

De acuerdo a los resultados la planta acuática que removió en mayor cantidad al fósforo fue la *Eichhornia crassipes* (Lirio acuático) con 94.2%, mientras que el fosfato fue eliminado en mayor cantidad por la *Pistia stratiotes* (Lechuga de agua) (86.1%), la *Schoenoplectus lacustris* (tule) removió el fosfato en un porcentaje muy bajo (15.2%). Para el caso del nitrato, la lechuga de agua removió un 97.5%, siendo el más alto de las macrofitas.



REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 10/10/2025 - **Accepted:** 20/10/2025
Vol: 19.02
DOI: 10.61164/04swg154
Pages: 1-15

De manera general la planta con mejor capacidad de eliminación de fosfatos y nitratos fue la *Pistia stratiotes* (lechuga de agua) y la de menor eficiencia en la eliminación de fosfatos, fósforo y nitratos fue la *Schoenoplectus lacustris.*

Los resultados de esta investigación concuerdan con los de otros autores, ya que los mayores porcentajes de remoción de contaminantes los logró *Eicchornia crasippes* en comparación con *Pistia stratiotes*. De acuerdo a Ayanda et al (2020) esto se debe a que el lirio acuático cuanta con una mayor tasa de crecimiento, y el potecial para acumular una gran cantidad de biomasa, además de presentar una mayor adaptabilidad a las condiciones climáticas adversas.

La capacidad que tienen las macrofitas de eliminar contaminantes presentes en agua está relacionada con el sistema radicular (Fletcher et al, 2022), algunas de estas plantas cuentan con una masa grande raíces y por lo tanto una mayor cantidad de bacterias que pueden albergarse en las raíces y poder degradar materia orgánica.

La *Eichhornia crassipes* (lechuga de agua) generalmente tiene más masa radicular, con raíces más largas, pesadas y numerosas, en comparación con la *Pistia stratiotes* (lechuga de agua), aunque la lechuga de agua también tiene un sistema radicular notable (Akbary y Jahanbakhshi, 2016). Esto se puede reflejar en los porcentajes de remoción, ya que las dos macrofitas presentaron capacidades altas de eliminación de contaminantes. A diferencia del tule, el cual tiene menor cantidad de raíces y no están tan expuestas por lo que disminuye la posibilidad de contacto con los contaminantes presentes en el agua.

Al existir una masa radicular más densa, aumenta la posibilidad de contacto de las bacterias con contaminantes (Satyendra et al, 2023), por consiguiente una mayor degradación de los materia orgánica presente en aguas residuales con características domésticas.

5. Conclusión

Es eficiente el uso de macrofitas para eliminar contaminantes presentes en el agua, para el caso de aguas residuales con características domesticas pueden ser removidos contaminantes como fósforo, fosfatos y nitratos en altos porcentajes

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 10/10/2025 - **Accepted:** 20/10/2025
Vol: 19.02
DOI: 10.61164/04swg154
Pages: 1-15

Es importante hacer uso de recursos naturales como las macrofitas que no son aprovechadas y representan un problema para las personas, estas pueden ser utilizadas para el tratamiento de aguas residuales. Con los resultados obtenidos se pretende hacer una propuesta para construir humedades artificiales en comunidades rurales donde no cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales, ya que una vez tratada el agua, pueda reusarse para riego de áreas verdes, huertos familiares o para los inodoros, esto es muy pertinente por los problemas de sequía que padecen lugares en México y el mundo.

Referencias

Abid Ali Ansari, M. Naeem, Sarvajeet Singh Gill, Fahad M. AlZuaibr, Phytoremediation of contaminated waters: An eco-friendly technology based on aquatic macrophytesvapplication. Egyptian Journal of Aquatic Research, Volume 46, Issue 4, 2020. Pages 371-376, ISSN 1687-4285, https://doi.org/10.1016/j.ejar.2020.03.002.(https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1687428520300303).

Akbary, P., Jahanbakhshi, A., 2016. Effect of starvation on growth, biochemical, hematological and non-specific immune parameters in two different size groups of grey mullet, Mugil cephalus (Linnaeus, 1758). Acta Ecol. Sin. 36, 205–211. https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2016.04.008.

Ayanda OI, Ajayi T, Asuwaju FP. Eichhornia crassipes (Mart.) Solms: Uses, Challenges, Threats, and Prospects. ScientificWorldJournal. 2020 Jul 7;2020:3452172. doi: 10.1155/2020/3452172. PMID: 32724301; PMCID: PMC7364201.

Borda Luna B., Muñoz Hermitaño J., Vasquez Limaylla L., Chulluncuy Julcarima L., Inga Caja M., Veliz Meza M., Montes Granados N., Barbaran AbreguR. (2023). Evaluación de macrofitas Pistia stratiotes y Eichhornia crassipes en la neutralización de pH y reducción de sólidos en suspensión de aguasresiduales Pichanaqui, Junín (Perú). Yotantsipanko, 3(1), 39 - 50. https://doi.org/10.54288/yotantsipanko.v3i1.281.

Bulbul Ali, Anushka, Abha Mishra. (2022). Effects of dissolved oxygen concentration

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 10/10/2025 - **Accepted:** 20/10/2025
Vol: 19.02
DOI: 10.61164/04swg154
Pages: 1-15

on freshwater fish: A review. Int J Fish Aquat Stud. 10(4):113-127. DOI: https://doi.org/10.22271/fish.2022.v10.i4b.2693

Comisión Nacional del Agua, 2020. Usos del agua en México 2020. Recuperado de: https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/UsosAgua/

Delgadillo-López, Angélica Evelin, González-Ramírez, César Abelardo, Prieto-García, Francisco, Villagómez-Ibarra, José Roberto, & Acevedo-Sandoval, Otilio. (2011). Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. Tropical and subtropical agroecosystems, 14(2), 597-612. Recuperado en 22 de octubre de 2025, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000200002&lng=es&tlng=es.

Fletcher, J., Willby, N., Oliver, D.M., Quilliam, R.S., 2022. Resource recovery and freshwater ecosystem restoration — Prospecting for phytoremediation potential in wild macrophyte stands. Resourc., Environ. Sustain. 7, 100050. http://dx.doi.org/ 10.1016/j.resenv.2022.100050.

Hernández Vásquez, L. A., Prieto García, F., Prieto Méndez, J., Otazo Sánchez, E. M., & Alvarado Lassman, A. (2022). Evaluación de macrófitas flotantes para el tratamiento de un agua residual sintética en humedales artificiales. Tendencias En energías Renovables Y Sustentabilidad, 1(1), 125–129. https://doi.org/10.56845/terys.v1i1.131

Jinqing Wang, Guihua Fu, Weiyue Li, Ying Shi, Jicai Pang, Qiang Wang, Weiguang Lü, Change Liu, Jiansheng Liu. The effects of two free-floating plants (Eichhornia crassipes and Pistia stratiotes) on the burrow morphology and water quality characteristics of pond loach (Misgurnus anguillicaudatus) habitat, Aquaculture and Fisheries. Volume 3, Issue 1, 2018,Pages 22-29. ISSN 2468-550X. https://doi.org/10.1016/j.aaf.2017.12.001. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468550X17300369)

Ledesna y Aníbal (2025), Evaluaron la eficacia de fitorremediación de Eichhornia crassipes y Pistia stratiotes en aguas de río, sus resultados demuestran que disminuyó la Turbidez y la DBO_5, y un aumento en el Oxígeno Disuelto de 5,95 mg O2/L a 6,10 mg O2/L, indicando una mejora significativa en la

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/10/2025 - **Accepted:** 20/10/2025
Vol: 19.02
DOI: 10.61164/04swg154
Pages: 1-15

calidad del agua tras el tratamiento.

Mendoza et al (2018), evaluaron el aporte de Pistia stratiotes y Eichhornia crassipes en el tratamiento de aguas residuales municipales, encontraron eficiencias de remoción en Pistia stratiotes y Eichhornia crassipes de 78,5%; 79,1%; 76,2% y 99,9% para NO 2 − , DBO5, DQO y CT respetivamente.

Ocaña, G. L., Pérez, N. E., Pérez, G. A., Mendoza, E. C. A., & Balcázar, C. A. T. (2023). Degradación de contaminantes en humedales artificiales en serie con especies macrófitas del trópico húmedo. CIBA Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias, 12(24), 19-48. Recuperado: https://doi.org/10.23913/ciba.v12i24.1

Rodríguez, R. P. (2011). Datos sobre dominancia ecológica del "tule". SOCIEDADES RURALES, PRODUCCIÓN Y MEDIO AMBIENTE , 67-96.

Satyendra. 2023.Tipos y tecnologías de tratamiento de drenaje in situ para aguas residuales en circulación: una revisión exhaustiva. Proceso Seguro. Prot. Ambiental.

Naciones Unidas, 2021. Los derechos humanos y la crisis mundial del agua: contaminación del agua, escasez de agua y desastres relacionados con el agua. *Consejo de Derechos Humanos*. Recuperado de: https://docs.un.org/es/A/HRC/46/28.

ONU-Habitat, 2021. Comprender las dimensiones del problema del agua. *Día Mundial del Agua.* Recuperado de: https://onu-habitat.org/index.php/comprender-las-dimensiones-del-problema-delagua?fb_comment_id=1919706488040991_ 2396617700349865.

RAMOS-ESPINOSA, María Guadalupe; RODRIGUEZ-SANCHEZ, Luis Manuel; MARTINEZ-CRUZ, Patricia. Uso de macrofitas acuáticas en el tratamiento de aguas para el cultivo de maiz y sorgo. Hidrobiológica, Ciudad de México , v. 17, supl. 1, p. 7-15, 2007 . Disponible en <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972007000400002&lng=es&nrm=iso>. accedido en 01 oct. 2025.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 10/10/2025 - **Accepted:** 20/10/2025
Vol: 19.02
DOI: 10.61164/04swg154
Pages: 1-15

ROMERO-AGUILAR, Mariana; COLIN-CRUZ, Arturo; SANCHEZ-SALINAS, Enrique y ORTIZ-HERNANDEZ, Ma. Laura. Wastewater treatment by an artificial wetlands pilot system: evaluation of the organic charge removal. Rev. Int. Contam. Ambient [online]. 2009, vol.25, n.3 [citado 2024-06-27], pp.157-167. Disponible en: ISSN 0188-4999.

Teamb, 2023. Cómo impacta al desarrollo económico y social el tratamiento de aguas residuales. Recuperado de: https://teamb.com .mx/2023/10/04/como-impactaaldesarrollo-economico-y-social-el-tratamiento-de-aguas-residuales/

Telwesa, 2023. El impacto ambiental de las aguas residuales. Recuperado de: https://telwesa.com/impacto-ambiental-aguas-residuales/

Vásquez, L. A. H., García, F. P., Méndez, J. P., Sánchez, E. M. O., & Lassman, A. A. (2022). Evaluación de macrófitas flotantes para el tratamiento de un agua residual sintética en humedales artificiales. *Tendencias En Energías.*

Yudha Gusti Wibowo, Andhyka Tyaz Nugraha, Arif Rohman, Phytoremediation of several wastewater sources using Pistia stratiotes and Eichhornia crassipes in Indonesia, Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management, Volume 20, 2023, 100781, ISSN 2215-1532, https://doi.org/10.1016/j.enmm.2023.100781.