

**DOI:** 10.26820/recimundo/9.(1).enero.2025.485-496

**URL:** <https://recimundo.com/index.php/es/article/view/2520>

**EDITORIAL:** Saberes del Conocimiento

**REVISTA:** RECIMUNDO

**ISSN:** 2588-073X

**TIPO DE INVESTIGACIÓN:** Artículo de revisión

**CÓDIGO UNESCO:** 3308.10 Tecnología de Aguas Residuales

**PAGINAS:** 485-496



## Pantanos secos artificiales para tratamiento de aguas residuales: Una revisión sistemática de literatura

Artificial dry wetlands for wastewater treatment: A systematic literature review

Pantanos secos artificiais para tratamento de águas residuais: Uma revisão sistemática da literatura

**Mercedes Marcela Pincay Pilay<sup>1</sup>; Martha Johanna Álvarez Álvarez<sup>2</sup>; Dimas Geovanny Vera Pisco<sup>3</sup>; Diego Renato Sornoza Parrales<sup>4</sup>**

**RECIBIDO:** 18/10/2024 **ACEPTADO:** 22/10/2024 **PUBLICADO:** 31/01/2025

1. Magíster en Comunicación y Marketing; Doctora Dentro del Programa de Doctorado en Ciencias de la Empresa; Ingeniera en Estadística Informática; Docente de la Universidad Estatal del Sur de Manabí; Jipijapa, Ecuador; marcela.pincay@unesum.edu.ec;  <https://orcid.org/0000-0001-9730-5481>
2. Magíster en Riego y Drenaje; Ingeniera Civil; Docente de la Universidad Estatal del Sur de Manabí; Jipijapa, Ecuador; martha.alvarez@unesum.edu.ec;  <https://orcid.org/0000-0002-9879-0367>
3. Magíster en Educación Mención en Enseñanza de la Matemática; Magíster en Matemática; Ingeniero Civil; Docente de la Universidad Estatal del Sur de Manabí; Jipijapa, Ecuador; dimas.vera@unesum.edu.ec;  <https://orcid.org/0000-0002-3524-0907>
4. Magíster en Gerencia Educativa; Doctor of Philosophy Education Studies, Critical Policy Equity and Leadership Studies; Maestría en Administración de Tecnologías de Información; Economista; Ingeniero en Computación y Redes; Docente de la Universidad Estatal del Sur de Manabí; Jipijapa, Ecuador; diego.sornoza@unesum.edu.ec;  <https://orcid.org/0000-0001-9319-9298>

### CORRESPONDENCIA

**Mercedes Marcela Pincay Pilay**  
marcela.pincay@unesum.edu.ec

**Jipijapa, Ecuador**

## RESUMEN

La presente investigación busca determinar como solución innovadora el tratamiento de aguas residuales en Jipijapa, Ecuador por medio del uso de pantanos secos artificiales. Estos sistemas imitan procesos naturales para eliminar contaminantes de manera eficiente y sostenible. El objetivo de este estudio es determinar cómo los pantanos secos pueden mejorar el tratamiento de aguas residuales y ayudar a frenar la contaminación ambiental. La metodología se basó en una revisión sistemática de literatura científica utilizando como base de datos Scopus y siguiendo directrices del método PRISMA. Se analizaron artículos publicados entre 2016 y 2024, seleccionando estudios relevantes que aborden la eficiencia y el funcionamiento de los pantanos secos. Los resultados muestran que los pantanos secos artificiales mejoran significativamente la calidad del agua tratada, reduciendo la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la presencia de nutrientes y contaminantes. En conclusión, se destaca que los pantanos secos artificiales son una alternativa viable y ecológica para el tratamiento de aguas residuales, ofreciendo mejoras significativas en la calidad del agua y beneficios económicos y sociales para las comunidades locales. Para el futuro, se recomienda la implementación de estudios piloto en Jipijapa para evaluar la efectividad práctica de estos sistemas y la colaboración con instituciones académicas y gubernamentales para optimizar su diseño y operación.

**Palabras clave:** Pantano secos artificiales, Tratamientos de aguas residuales, Mitigación ambiental, Eficiencia ecológica.

## ABSTRACT

The present research aims to determine the innovative solution for wastewater treatment in Jipijapa, Ecuador, through the use of artificial dry wetlands. These systems mimic natural processes to eliminate contaminants efficiently and sustainably. The objective of this study is to determine how dry wetlands can improve wastewater treatment and help curb environmental contamination. The methodology was based on a systematic review of scientific literature using Scopus as a database and following the PRISMA method guidelines. Articles published between 2016 and 2024 were analyzed, selecting relevant studies that address the efficiency and functioning of dry wetlands. The results show that artificial dry wetlands significantly improve the quality of treated water, reducing Biochemical Oxygen Demand (BOD) and the presence of nutrients and contaminants. In conclusion, it is highlighted that artificial dry wetlands are a viable and ecological alternative for wastewater treatment, offering significant improvements in water quality and economic and social benefits for local communities. For the future, it is recommended to implement pilot studies in Jipijapa to evaluate the practical effectiveness of these systems and to collaborate with academic and governmental institutions to optimize their design and operation.

**Keywords:** Artificial dry wetlands, Wastewater treatment, Environmental mitigation, Ecological efficiency.

## RESUMO

A presente pesquisa visa determinar a solução inovadora para o tratamento de águas residuais em Jipijapa, Equador, através do uso de wetlands secos artificiais. Esses sistemas imitam processos naturais para eliminar contaminantes de forma eficiente e sustentável. O objetivo deste estudo é determinar como os pântanos secos podem melhorar o tratamento de águas residuais e ajudar a conter a contaminação ambiental. A metodologia foi baseada em uma revisão sistemática da literatura científica utilizando o Scopus como base de dados e seguindo as diretrizes do método PRISMA. Artigos publicados entre 2016 e 2024 foram analisados, selecionando estudos relevantes que abordam a eficiência e o funcionamento de zonas úmidas secas. Os resultados mostram que os pântanos secos artificiais melhoram significativamente a qualidade da água tratada, reduzindo a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e a presença de nutrientes e contaminantes. Em conclusão, destaca-se que os wetlands secos artificiais são uma alternativa viável e ecológica para o tratamento de águas residuais, oferecendo melhorias significativas na qualidade da água e benefícios econômicos e sociais para as comunidades locais. Para o futuro, recomenda-se implementar estudos piloto em Jipijapa para avaliar a eficácia prática desses sistemas e colaborar com instituições acadêmicas e governamentais para otimizar seu design e operação.

**Palavras-chave:** Zonas húmidas artificiais secas, Tratamento de águas residuais, Mitigação ambiental, Eficiência ecológica.

## **Introducción**

El cuidado del medio ambiente es esencial para garantizar la sostenibilidad de nuestro planeta, ya que la interacción humana con la naturaleza ha generado cambios significativos que requieren una gestión responsable y consciente de nuestros recursos naturales. Según Lezama y Graizbord (2010, p. 24), el medio ambiente se entiende como una manifestación de la relación entre la humanidad y la naturaleza, moldeada por la intervención humana y las actividades que impactan el entorno.

La contaminación ambiental surge directamente de las actividades diarias del ser humano. El manejo inadecuado de las aguas residuales, descritas por Díaz Cuenca et al. (2012, p. 81) como desechos contaminados procedentes de usos domésticos, industriales y comunitarios, provoca deterioros significativos en la calidad del agua, afectando tanto su uso futuro como su función ecológica. Mara (1996), destaca que tradicionalmente estas aguas se han vertido directamente en cuerpos de agua sin tratamiento previo, lo que ha generado serios problemas de salud pública, especialmente en zonas tropicales propensas a enfermedades transmitidas por aguas contaminadas.

En el Ecuador, el boletín técnico del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2021), los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales tienen la responsabilidad de gestionar servicios esenciales como el tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, investigaciones como la de Morán González y Guerrero Calero (2022) en Jipijapa indican deficiencias significativas en el tratamiento del agua, que resultan en altos costos y baja eficacia en la eliminación de contaminantes, afectando negativamente tanto al medio ambiente como a las comunidades locales.

Este estudio se centra en los pantanos secos artificiales, que son cada vez más reconocidos por su capacidad para imitar procesos naturales y eliminar contaminantes con bajo consumo energético y operacional, como

apunta Paredes et al. (2018). La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), definida por Ángel Sánchez (1994, p. 7) como un indicador clave de la contaminación biológica del agua, destaca la importancia de estos sistemas para mejorar la calidad del agua tratada y proporcionar un ambiente más sano.

El objetivo de este estudio es revisar exhaustivamente la literatura existente para determinar cómo los pantanos secos pueden contribuir a mejorar el tratamiento de las aguas residuales, basándose en fuentes de revistas de alto impacto y bases de datos reconocidas como Scopus y Web of Science. Esta investigación busca demostrar la viabilidad y los beneficios de los pantanos secos como una solución eficaz y ecológica para los desafíos ambientales actuales.

## **Metodología**

La metodología de esta investigación se basó en la utilización exclusiva de la base de datos Scopus, reconocida por su extenso repertorio de literatura científica de alta calidad. El proceso de búsqueda fue sistemático y estructurado, enfocándose en la recopilación de artículos publicados entre los años 2016 y 2024. Este rango temporal se seleccionó con el fin de capturar investigaciones recientes y relevantes en el campo de tratamientos de agua por medio de un pantano seco artificial. Se empleó una metodología sistemática y rigurosa, siguiendo las directrices del método PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Además, se realizará un análisis bibliométrico utilizando el software VOSviewer. Este análisis permitirá identificar las tendencias de investigación, las colaboraciones entre autores, y las redes de citación más relevantes en el campo de los pantanos secos artificiales para el tratamiento de aguas residuales.

## **Búsqueda Inicial**

La búsqueda inicial se realizó en Scopus utilizando la siguiente ecuación de búsqueda:

"TITLE-ABS-KEY-AUTH ( ( "artificial wetlands" AND ( "wastewater treatment" ) ) )"

Esta búsqueda arrojó un total de 192 documentos.

### Refinamiento de Búsqueda

Para refinar los resultados y asegurar la relevancia y actualidad de los artículos, se aplicaron varios filtros adicionales.

Este refinamiento incluyó los siguientes criterios específicos:

1. **Años de Publicación:** Solo se incluyeron artículos publicados entre 2016 y 2024.
2. **Áreas Temáticas:** Se seleccionaron artículos en las áreas de Ingeniería (ENGI) y Ciencias Ambientales (ENVI).
3. **Palabras Clave Exactas:** Se consideraron artículos que contenían las palabras clave exactas "Artificial Wetland", "Wastewater Treatment", "Sewage", "Ecosystems", y "Waste Water".
4. **Tipo de Documento:** Solo se incluyeron artículos de investigación.
5. **Idioma:** Se incluyeron únicamente artículos en inglés.

La ecuación de búsqueda refinada fue la siguiente:

"TITLE-ABS-KEY-AUTH ( ( "artificial wetlands" AND ( "wastewater treatment" ) ) )

AND PUBYEAR > 2015 AND PUBYEAR < 2025

AND ( LIMIT-TO ( SUBJAREA , "ENGI" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "ENVI" ) )

AND ( LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , "Artificial Wetland" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , "Wastewater Treatment" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , "Sewage" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , "Ecosystems" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , "Waste Water" ) )

AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) )

AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English" ) )"

Con esta ecuación refinada, se obtuvieron 46 artículos.

### Aplicación del Método PRISMA

El método PRISMA fue aplicado para asegurar una revisión sistemática y transparente. Los pasos seguidos fueron los siguientes:

1. **Identificación:** Se identificaron 46 artículos relevantes mediante la ecuación de búsqueda refinada en Scopus.
2. **Cribado:** Se revisaron los títulos y resúmenes de estos artículos para descartar aquellos que no se enfocaban directamente en el tema de interés. Se eliminaron 12 artículos en esta etapa.
3. **Elegibilidad:** Se evaluaron 34 artículos completos para determinar su elegibilidad final. Durante esta fase, se descartaron estudios que no cumplían con los criterios específicos de investigación cuasiexperimental y experimental en el contexto de pantanos artificiales para el tratamiento de aguas residuales.
4. **Inclusión:** Finalmente, se incluyeron 10 artículos en la revisión detallada, clasificados en estudios cuasiexperimentales (7) y experimentales (3).

### Selección de estudios

De los 46 artículos obtenidos, se seleccionaron 34 para una revisión detallada. Los criterios de inclusión y exclusión se basaron en la relevancia del contenido con respecto al tema de los pantanos secos artificiales y el tratamiento de aguas residuales.

**Tabla 1.** Estudios aceptados y descartados

<b>Estudios Seleccionados</b>
<b>34 para su lectura</b>
<b>20 aceptados</b>
<b>14 estudios Cuasiexperimentales</b>
<b>6 estudios experimentales</b>
<b>14 estudios descartados</b>
<b>14 estudios no enfocados en humedales artificiales</b>

### Análisis de los Datos

Los datos extraídos de los artículos seleccionados fueron analizados mediante la aplicación VOSviewer, una herramienta eficaz para realizar análisis de coautoría y coocurrencia. Este software permite visualizar las redes de colaboración entre investigadores y las relaciones temáticas entre los términos utilizados en los artículos, proporcionando una visión comprensiva del estado actual y de las tendencias emergentes.

### Procedimiento

- 1. Recopilación de Datos:** Los artículos seleccionados se descargaron y almacenaron para su análisis.
- 2. Preparación y Limpieza de Datos:** Se realizó una limpieza de datos para eliminar duplicados y asegurar la relevancia de la información recopilada.
- 3. Análisis en VOSviewer:** Se cargaron los datos en VOSviewer para realizar el análisis de redes y coocurrencia, visualizando las interrelaciones entre los temas investigados y los autores.

Este enfoque riguroso y estructurado garantizó que los resultados fueran representativos, permitiendo una evaluación comprensiva del impacto de las técnicas topográficas en la ingeniería civil, destacando las innovaciones recientes y las tendencias futuras en este campo.

### Análisis De Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de los 10 artículos seleccionados para la revisión bibliográfica sobre "Pantanos Secos Artificiales para Tratamiento de Aguas Residuales". Los artículos fueron elegidos por su relevancia y contribución a la comprensión y mejora de los sistemas de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales.

A continuación, se detallan los hallazgos clave de cada artículo y su implicancia en el campo de estudio.

1. Removal efficiency, kinetic, and behavior of antibiotics from sewage treatment plant effluent in a hybrid constructed wetland and a layered biological filter

Este artículo se enfoca en la eficiencia de eliminación y el comportamiento de antibióticos en humedales artificiales, relevante para el tratamiento de aguas residuales (A et al., 2021).

### Resultados:

- Se identificó que los humedales artificiales son efectivos en la eliminación de varios tipos de antibióticos presentes en las aguas residuales.
- Se analizaron las cinéticas de eliminación y se observó que los procesos biológicos y físicos contribuyen significativamente a la reducción de estos contaminantes.

– El comportamiento de los antibióticos dentro del sistema demostró variabilidad dependiendo de las condiciones específicas del humedal y las características del agua residual.

2. Vertical flow artificial wetland system of waste bricks removes phosphorus in rural domestic wastewater and phosphorus transport characteristics

Describe un sistema de flujo vertical de humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales, directamente relacionado con el tema (Chen et al., 2017).

**Resultados:**

– El sistema de flujo vertical mostró una alta eficiencia en la eliminación de nutrientes y contaminantes orgánicos.

– La aireación natural en el flujo vertical mejoró la actividad microbiana, aumentando la degradación de materia orgánica.

– Se destacaron las ventajas del diseño de flujo vertical en comparación con otros sistemas de humedales artificiales, especialmente en términos de espacio y eficiencia operativa.

3. Subsurface constructed wetlands with modified biochar added for advanced treatment of tailwater: Performance and microbial communities

Se centra en humedales construidos con materiales modificados para el tratamiento de aguas residuales, proporcionando una perspectiva sobre tecnologías avanzadas (Qi et al., 2024).

**Resultados:**

– Los materiales modificados, como la adición de materiales absorbentes y catalizadores, mejoraron la capacidad de eliminación de contaminantes específicos.

– Se observó una mayor eficiencia en la remoción de metales pesados y compuestos orgánicos persistentes.

– La modificación de los materiales del sustrato demostró ser una estrategia efectiva para optimizar el rendimiento de los humedales subsuperficiales.

4. Effectiveness of Exogenous Fe<sup>2+</sup> on Nutrient Removal in Constructed Wetlands

Investiga la efectividad del Fe<sup>2+</sup> exógeno en la eliminación de nutrientes en humedales construidos, relevante para la mejora de la eficiencia del tratamiento (Tian et al., 2022).

**Resultados:**

– La adición de Fe<sup>2+</sup> exógeno mejoró significativamente la eliminación de fósforo en los humedales construidos.

– Se analizó la dinámica del Fe<sup>2+</sup> en el sistema y su interacción con otros nutrientes, observándose una reducción en la disponibilidad de nutrientes esenciales para la proliferación de algas.

– Este método mostró ser una solución viable para el control de la eutrofización en cuerpos de agua receptores.

5. Performance of Equisetum spp and Zantedeschia aethiopica on the evaluation of artificial wetlands as an alternative for wastewater treatment in rural areas of the Ecuadorian Andes

Evalúa el rendimiento de plantas específicas en el tratamiento de aguas residuales en humedales construidos, aportando datos sobre la vegetación adecuada para estos sistemas (Matovelle et al., 2024).

**Resultados:**

– Equisetum spp y Zantedeschia aethiopica mostraron una alta eficiencia en la absorción de nutrientes y la degradación de contaminantes orgánicos.

– Las plantas demostraron adaptabilidad a diversas condiciones de aguas residuales, manteniendo su eficacia a lo largo del tiempo.

- El estudio proporcionó información valiosa sobre la selección de especies vegetales para maximizar la eficiencia de los humedales construidos.

6. Treatment of Slaughterhouse Wastewater through a Series System: Upflow Anaerobic Reactor and Artificial Wetland

Trata el tratamiento de aguas residuales de mataderos mediante humedales construidos, un tipo específico de aguas residuales que puede ser aplicable a otros casos industriales (Galindo Montero et al., 2024).

**Resultados:**

- Los humedales construidos fueron efectivos en la eliminación de sólidos suspendidos, materia orgánica y nutrientes presentes en las aguas residuales de mataderos.
  - Se observó una reducción significativa en los niveles de contaminantes patógenos, mejorando la calidad del efluente.
  - El estudio destacó la viabilidad de utilizar humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales industriales específicas, ofreciendo una solución sostenible y económica.
7. Constructed wetland scale model: organic matter and nutrients removal from the effluent of a fish processing plant

Examina la eliminación de materia orgánica y nutrientes en un modelo a escala de humedal construido, ofreciendo datos cuantitativos importantes (Piñeyro et al., 2019).

**Resultados:**

- El modelo a escala permitió la evaluación detallada de los procesos de eliminación de materia orgánica y nutrientes.
- Se identificaron las tasas óptimas de carga hidráulica y orgánica para maximizar la eficiencia del sistema.
- Los resultados proporcionaron una base sólida para el diseño y la optimización de humedales construidos a mayor escala.

8. Efficiency assessment of constructed wetlands for fuel contaminated water treatment

Evalúa la eficiencia de los humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales municipales en un clima subtropical, relevante para entender el impacto climático (Campo-Daza et al., 2022).

**Resultados:**

- Los humedales construidos demostraron una alta eficiencia en la eliminación de nutrientes y contaminantes en condiciones de clima subtropical.
- Se observó que la temperatura y la humedad influyen significativamente en la actividad microbiana y la eficiencia del tratamiento.
- El estudio subrayó la importancia de considerar las condiciones climáticas en el diseño y operación de humedales construidos.

9. Efficiency assessment of constructed wetlands for fuel contaminated water treatment

Estudia la absorción y acumulación de triclosán en una planta específica dentro de humedales construidos, relevante para la remoción de contaminantes específicos (Noriega-Rico et al., 2021).

**Resultados:**

- *Cyperus alternifolius* mostró una alta capacidad de absorción y acumulación de triclosán, un contaminante emergente común en aguas residuales.
- La acumulación de triclosán en las plantas no afectó negativamente su crecimiento, lo que sugiere su potencial uso en sistemas de tratamiento.
- El estudio destacó la efectividad de las plantas en la eliminación de contaminantes específicos y la necesidad de monitoreo continuo para prevenir efectos ecológicos adversos.

10. Antibiotic removal and microbial response mechanisms in constructed wetlands treating wastewater

Investiga la eliminación de antibióticos y los mecanismos de respuesta microbiana en humedales construidos que tratan aguas residuales, aportando información crucial sobre la eficiencia y el funcionamiento de estos sistemas (Deng et al., 2023).

**Resultados:**

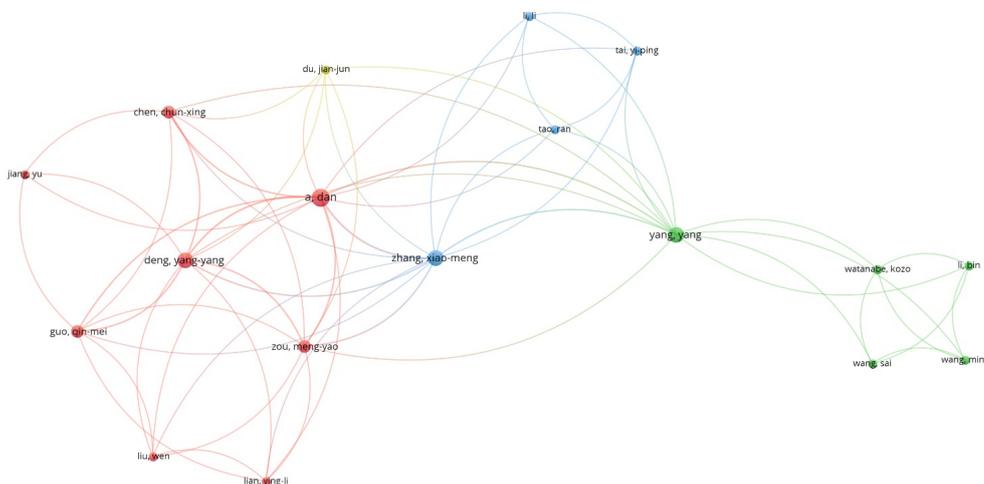
- Los humedales construidos mostraron una capacidad efectiva para eliminar antibióticos presentes en las aguas residuales.
- Se identificaron los mecanismos microbianos responsables de la degradación de antibióticos, incluyendo la actividad enzimática y la competencia microbiana.
- El estudio proporcionó una comprensión profunda de cómo los humedales construidos pueden ser optimizados para la eliminación de antibióticos y la protección de la salud pública.

**Análisis Bibliométrico**

**Análisis de Coautoría**

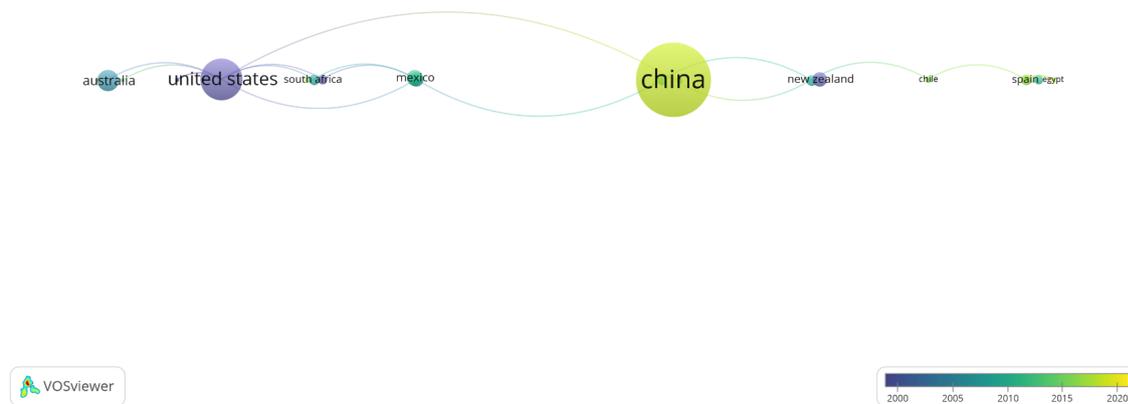
El análisis de coautoría basado en la bibliografía proporcionada y visualizado en el mapa generado por VOSviewer, revela una red compleja de colaboraciones entre in-

vestigadores en el campo de los humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales. En el presente análisis se logró identificar a un autor central el cual es A. Dan, quien aparece en varios artículos relevantes, incluyendo "Removal efficiency, kinetic, and behavior of antibiotics from sewage treatment plant effluent in a hybrid constructed wetland and a layered biological filter". Este autor, junto con colaboradores frecuentes como Chen, C.-X., Zou, M.-Y., y Deng, Y.-Y., forman un cluster denso (rojo) que destaca por su prolífica producción científica y sus fuertes conexiones de colaboración. Otros clusters importantes incluyen el grupo liderado por Yang Y. (verde), que también muestra una alta densidad de conexiones, sugiriendo colaboraciones significativas en estudios sobre sistemas de humedales artificiales de flujo vertical y otras innovaciones en el tratamiento de aguas residuales. El cluster azul, con autores como Zhang X.-M. y Liu Tai-ping, indica colaboraciones más esporádicas pero importantes, centradas en el uso de materiales modificados en humedales subsuperficiales. Este análisis de coautoría subraya la importancia de la colaboración entre investigadores clave y proporciona una visión clara de las dinámicas de investigación en este campo, ayudando a identificar los principales actores y grupos de investigación clave para futuras colaboraciones.



**Figura 1.** Enlaces de Coautoría





**Figura 3.** Gráfico de Coocurrencia

### Conclusiones

En conclusión, la presente investigación evidencia que los pantanos secos artificiales o humedales artificiales se muestran como una solución efectiva y sostenible con el medioambiente para el tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Jipijapa. A treves de una revisión sistemática de literatura, se pudo evidenciar que estos sistemas imitan procesos naturales, logrando de esta manera la eliminación de contaminantes con un bajo consumo energético y operacional. La vegetación como *Equisetum spp* y *Zantedeschia aethiopica* utilizadas en el tratamiento por pantano seco, han mostrado una alta capacidad de absorción de nutrientes y de degradación de materia organica, lo que mejoras la calidad del agua tratada y reduce la Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO).

La adopción de este método de tratamiento de agua en Jipijapa podría remediar deficiencias en el tratamiento de aguas residuales, la mismas que están caracterizadas por altos costos, consumo de energía y baja eficacia. Esta tecnología no solo mejora el entorno ambiental y sanitario al reducir la contaminación hídrica y mitigar problemas de salud, sino que también ofrece una alter-

nativa viable presentando beneficios económicos y ecológicos. Además, promueve el desarrollo sostenible y mejorando la calidad de vida de los habitantes.

### Bibliografía

- A, D., Chen, C.-X., Zou, M.-Y., Deng, Y.-Y., Zhang, X.-M., Du, J.-J., & Yang, Y. (2021). Removal efficiency, kinetic, and behavior of antibiotics from sewage treatment plant effluent in a hybrid constructed wetland and a layered biological filter. *Journal of Environmental Management*, 288. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112435>
- Ángel Sánchez, M. M. (1994). Contribución al Estudio de la Demanda Bioquímica del Oxígeno [Tesis para la Obtención de Grado en Maestro de Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental, Universidad Autónoma de Nuevo León ]. <http://eprints.uanl.mx/7204/1/1020091184.PDF>
- Campo-Daza, G., Oviedo-Zumaqué, L. E., & Torres-Bejarano, F. (2022). Efficiency assessment of constructed wetlands for fuel contaminated water treatment. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19(11), 10973–10984. <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03901-2>
- Chen, P., Zheng, X., Ren, T., Cheng, W., & Snn, J. (2017). Vertical flow artificial wetland system of waste bricks removes phosphorus in rural domestic wastewater and phosphorus transport characteristics. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(12), 7411–7418. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85046076236&partnerID=40&md5=3f0e8890faff5d29abb2073ec61f6927>

- Deng, Y.-Y., Zou, M.-Y., Liu, W., Lian, Y.-L., Guo, Q.-M., Zhang, X.-M., & A, D. (2023). Antibiotic removal and microbial response mechanism in constructed wetlands treating aquaculture wastewater containing veterinary drugs. *Journal of Cleaner Production*, 394. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136271>
- Díaz Cuenca, E., Alvarado Granados, A. R., & Camacho Calzada, K. E. (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. *Año*, 14, 78–97. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40123894005>
- Galindo Montero, A. A., Berrio Arrieta, Y. M., & Pimienta Serrano, E. V. (2024). Treatment of Slaughterhouse Wastewater through a Series System: Upflow Anaerobic Reactor and Artificial Wetland. *Water (Switzerland)*, 16(5). <https://doi.org/10.3390/w16050700>
- Guerrero Calero, J. M., & Morán Gonzáles, M. R. (2022). Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales del cantón Jipijapa, Manabí. *Revista Multidisciplinaria de Investigación Científica*, 6, 925–943. <https://www.investigarmqr.com/ojs/index.php/mqr/article/view/150>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2021). Boletín Técnico: Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales. Gestión de Agua Potable y Saneamiento. [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Municipios\\_2020/Agua\\_potable\\_alcantarillado\\_2020/Boletin\\_tecnico\\_APA\\_2020\\_VF.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2020/Agua_potable_alcantarillado_2020/Boletin_tecnico_APA_2020_VF.pdf)
- Lezama, J., & Graizbord, B. (2010). *Medio Ambiente* (1a ed., Vol. 4).
- Mara, D. (1996). Waste stabilization ponds: Effluent quality requirements and implications for process design. *Water Science and Technology*, 33(7). [https://doi.org/10.1016/0273-1223\(96\)00336-8](https://doi.org/10.1016/0273-1223(96)00336-8)
- Matovelle, C., Quinteros, M., & Ochoa-García, S. A. (2024). Performance of *Equisetum* spp and *Zantedeschia aethiopica* on the evaluation of artificial wetlands as an alternative for wastewater treatment in rural areas of the Ecuadorian Andes. *Current Research in Environmental Sustainability*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2024.100243>
- Minga, K., & Coronel, F. (2008). Diseño de un Pantano Artificial para el Mejoramiento de la Calidad del Agua de la Microcuenca Sinincapac con Fines de Uso Agropecuario en la Ciudad de Saraguro [Tesis de obtención de grado]. Universidad Nacional de Loja .
- Noriega-Rico, E. A., Caselles-Osorio, A., Ortega Herrera, A., & Cerro Medina, J. (2021). Uptake and Accumulation of Triclosan in *Cyperus articulatus* L. Planted in a Constructed Wetland for the Treatment of Domestic Wastewater. *Water, Air, and Soil Pollution*, 232(11). <https://doi.org/10.1007/s11270-021-05413-8>
- Paredes, P., Moreira, A., & Macías, M. (2018). Estudio del comportamiento de la DBO en un humedal artificial de flujo vertical para tratar agua gris. *ResearchGate*. [https://www.researchgate.net/publication/322444478\\_Estudio\\_del\\_comportamiento\\_de\\_la\\_DBO\\_en\\_un\\_humedal\\_artificial\\_de\\_flujo\\_vertical\\_para\\_tratar\\_agua\\_gris](https://www.researchgate.net/publication/322444478_Estudio_del_comportamiento_de_la_DBO_en_un_humedal_artificial_de_flujo_vertical_para_tratar_agua_gris)
- Piñeyro, M., Chalar, G., & Quintans, F. (2019). Constructed wetland scale model: organic matter and nutrients removal from the effluent of a fish processing plant. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(8), 4181–4192. <https://doi.org/10.1007/s13762-019-02312-8>
- Qi, Y., Zhong, Y., Luo, L., He, J., Feng, B., Wei, Q., Zhang, K., & Ren, H. (2024). Subsurface constructed wetlands with modified biochar added for advanced treatment of tailwater: Performance and microbial communities. *Science of the Total Environment*, 906. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167533>
- Registro de Gestion de Agua Potable y Alcantarillado. (2022). Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales. [www.ecuadorencifras.gob.ec](http://www.ecuadorencifras.gob.ec): [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Municipios\\_2021/Agua\\_potable\\_alcantarillado\\_2021/PRESENTACION%20APA%202021\\_V7%20\(Rev.%20Dicos\).pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2021/Agua_potable_alcantarillado_2021/PRESENTACION%20APA%202021_V7%20(Rev.%20Dicos).pdf)
- Silva, J., Patricia, T., & Madera, C. (2008). Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión. *SciELO*, 2, 347–359.
- Tian, L., Yan, B., Ou, Y., Liu, H., Cheng, L., & Jiao, P. (2022). Effectiveness of Exogenous Fe<sup>2+</sup> on Nutrient Removal in Gravel-Based Constructed Wetlands. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3). <https://doi.org/10.3390/ijerph19031475>



### CITAR ESTE ARTICULO:

Pincay Pilay, M. M., Álvarez Álvarez, M. J., Vera Pisco, D. G., & Sornoza Parrales, D. R. (2025). Pantanos secos artificiales para tratamiento de aguas residuales: Una revisión sistemática de literatura . RECIMUNDO, 9(1), 485–496. [https://doi.org/10.26820/recimundo/9.\(1\).enero.2025.485-496](https://doi.org/10.26820/recimundo/9.(1).enero.2025.485-496)