



JMNJE V3. N1. 013

Artículo de Original

Eficiencia de los procesos de tratamiento primario, secundario y terciario en la eliminación de contaminantes prioritarios en aguas residuales

Efficiency of primary, secondary, and tertiary treatment processes in the removal of priority contaminants in wastewater

Autores:

Wilson Ángel Gutiérrez Rodríguez
Universidad Técnica de Oruro
Oruro –Bolivia
vicedecanoft@uto.edu.bo
<https://orcid.org/0000-0001-8188-1441>

Corresponding Author: *Wilson Ángel Gutiérrez Rodríguez*, vicedecanoft@uto.edu.bo

Reception: 10-Agosto-2025 **Acceptance:** 29-Noviembre-2025 **Publication:** 07-Diciembre-2025

How to cite this article:

Gutiérrez Rodríguez, W. Ángel. (2025). Eficiencia de los procesos de tratamiento primario, secundario y terciario en la eliminación de contaminantes prioritarios en aguas residuales. *Journal of Multidisciplinary Novel Journeys & Explorations*, 3(1), 1-12. <https://doi.org/10.63688/dk9c8130>



RESUMEN

La gestión de las aguas residuales enfrenta el reto creciente de eliminar no solo la carga orgánica y los sólidos convencionales, sino también contaminantes prioritarios como fármacos, pesticidas, metales pesados y disruptores endocrinos, cuya presencia compromete la salud ambiental y humana. El objetivo de este estudio fue analizar la eficiencia de los procesos de tratamiento primario, secundario y terciario en la remoción de estos contaminantes, a través de una revisión bibliográfica sistemática. Se realizó una búsqueda en Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, PubMed y SciELO, aplicando criterios de inclusión que consideraron estudios publicados entre 2015 y 2025, con datos de eficiencia claramente diferenciados por etapa de tratamiento. De 285 registros iniciales, 21 artículos fueron seleccionados para la síntesis cualitativa. Los resultados muestran que los tratamientos primarios poseen un papel limitado frente a contaminantes prioritarios, mientras que los secundarios mejoran la remoción de materia orgánica y algunos nutrientes, aunque con variabilidad según la tecnología y condiciones operativas. Los procesos terciarios, especialmente la oxidación avanzada, la adsorción y las membranas, alcanzan eficiencias superiores al 90 % para diversos microcontaminantes. Se concluye que la integración de sistemas híbridos y tecnologías avanzadas, junto con políticas de inversión y fortalecimiento técnico, es esencial para optimizar el tratamiento de aguas residuales y mitigar los impactos de los contaminantes prioritarios.

Palabras clave: Tratamiento de aguas residuales, Contaminantes prioritarios, Eficiencia de remoción, Tecnologías avanzadas, Procesos terciarios.

ABSTRACT

Wastewater management faces the growing challenge of eliminating not only organic load and conventional solids, but also priority pollutants such as drugs, pesticides, heavy metals and endocrine disruptors, whose presence compromises environmental and human health. The objective of this study was to analyze the efficiency of primary, secondary, and tertiary treatment processes in the removal of these contaminants, through a systematic literature review. A search was conducted in Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, PubMed, and SciELO, applying inclusion criteria that considered studies published between 2015 and 2025, with clearly differentiated efficiency data by treatment stage. Of 285 initial registrations, 21 articles were selected for qualitative synthesis. The results show that primary treatments have a limited role against priority pollutants, while secondary treatments improve the removal of organic matter and some nutrients, although with variability depending on technology and operating conditions. Tertiary processes, especially advanced oxidation, adsorption, and membranes, achieve efficiencies in excess of 90% for various micropollutants. It is concluded that the integration of hybrid systems and advanced technologies, together with investment policies and technical strengthening, is essential to optimize wastewater treatment and mitigate the impacts of priority pollutants.

Keywords: Wastewater treatment, Priority pollutants, Removal efficiency, Advanced technologies, Tertiary processes.



1. INTRODUCCIÓN

La gestión y el tratamiento de las aguas residuales constituyen uno de los desafíos ambientales más relevantes del siglo XXI debido al acelerado crecimiento urbano, la intensificación industrial y la presencia cada vez mayor de contaminantes prioritarios que amenazan la calidad de los ecosistemas acuáticos. En las últimas décadas, la literatura científica ha evidenciado que, aunque los sistemas convencionales de tratamiento han permitido reducir cargas orgánicas y sólidos suspendidos, su capacidad para eliminar contaminantes emergentes y prioritarios como metales pesados, pesticidas, fármacos, compuestos orgánicos persistentes y disruptores endocrinos continúa siendo limitada (Zahmatkesh et al., 2022). Esta problemática se agrava en regiones donde las plantas de tratamiento carecen de tecnologías avanzadas, ocasionando descargas que no cumplen con las normativas ambientales internacionales (Amin et al., 2020). Los procesos de tratamiento primario, centrados en la remoción física de sólidos, han demostrado una eficiencia moderada que oscila entre el 50 % y el 70 % para sólidos sedimentables, pero su impacto sobre contaminantes prioritarios es mínimo, lo que obliga a recurrir a procesos sucesivos (Barceló & Petrovic, 2019). El tratamiento secundario, basado generalmente en sistemas biológicos como lodos activados o biofilm, constituye una etapa fundamental para la degradación de materia orgánica biodegradable; sin embargo, estudios recientes han señalado que su eficiencia frente a fármacos, surfactantes y microcontaminantes orgánicos es altamente variable y dependiente de parámetros como carga volumétrica, edad del lodo y temperatura (García-Rodríguez et al., 2021; Tran et al., 2021). A pesar de ello, esta etapa sigue siendo un pilar en la reducción de contaminantes convencionales y constituye la base para que el tratamiento terciario pueda actuar sobre compuestos más resistentes.

El tratamiento terciario, enfocado en la eliminación avanzada de contaminantes prioritarios mediante procesos físico-químicos y tecnologías emergentes, ha mostrado resultados prometedores. Revisión recientes señalan que técnicas como la adsorción con carbón activado, la oxidación avanzada, la filtración por membranas y los procesos basados en luz UV o fotocátalisis logran eficiencias superiores al 90 % para diversos contaminantes emergentes, dependiendo de las condiciones operativas (Maddaloni et al., 2023; Ahmed et al., 2022). No obstante, su implementación requiere altos costos energéticos, monitoreo especializado y un diseño integrado con las etapas anteriores, lo que plantea desafíos para países con infraestructura limitada (Bhatia et al., 2020).

Diversos organismos internacionales han advertido que la permanencia de contaminantes prioritarios en cuerpos de agua genera impactos significativos en la biodiversidad, procesos



ecosistémicos y salud pública, incrementando el riesgo de bioacumulación y afectaciones crónicas en poblaciones humanas expuestas (World Health Organization, 2020). Por ello, resulta indispensable revisar de manera sistemática la eficiencia de las etapas primaria, secundaria y terciaria para identificar brechas tecnológicas y oportunidades de mejora. Investigaciones recientes enfatizan que la integración de procesos híbridos y el desarrollo de tecnologías sostenibles, como materiales adsorbentes ecoeficientes o sistemas biológicos avanzados, representan líneas estratégicas para incrementar la eficiencia global del tratamiento (de la Cruz et al., 2019; Luo et al., 2021). En este contexto, una revisión actualizada permite comprender el estado del arte, establecer comparaciones relevantes entre tecnologías y orientar decisiones para la mejora de plantas de tratamiento, garantizando un manejo adecuado de las aguas residuales y la protección de los recursos hídricos.

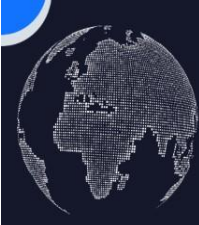
2. METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolló bajo un diseño de revisión bibliográfica sistemática, orientado a analizar la eficiencia de los procesos de tratamiento primario, secundario y terciario en la eliminación de contaminantes prioritarios presentes en aguas residuales. El estudio adoptó los lineamientos del enfoque PRISMA para garantizar una selección transparente y rigurosa de la literatura, siguiendo las fases de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión.

La búsqueda se realizó entre septiembre y diciembre de 2025 en las bases de datos Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, PubMed y SciELO, debido a su alto nivel de indexación y pertinencia en las áreas de ingeniería ambiental y tratamiento de aguas residuales. Se emplearon descriptores en inglés y español tales como “wastewater treatment”, “primary treatment”, “secondary treatment”, “tertiary treatment”, “priority pollutants”, “removal efficiency”, “emerging contaminants”, “advanced oxidation processes”, “adsorption” y “membrane filtration”, combinados mediante operadores booleanos AND y OR.

Los criterios de inclusión consideraron: (a) artículos publicados entre 2015 y 2025; (b) estudios experimentales, evaluaciones de plantas o revisiones que reportaran eficiencia de remoción por etapa del proceso; (c) trabajos centrados en contaminantes prioritarios o emergentes; y (d) publicaciones escritas en español o inglés. Se excluyeron artículos sin revisión por pares, documentos sin datos cuantitativos o que no distinguieran entre las etapas del tratamiento.

La búsqueda inicial permitió identificar 285 registros. Tras eliminar duplicados y revisar títulos y resúmenes, se preseleccionaron 64 artículos. Durante la fase de elegibilidad, se evaluaron los textos completos y se excluyeron aquellos que no proporcionaban datos suficientes, no diferenciaban los procesos o presentaban inconsistencias metodológicas. Finalmente, 21

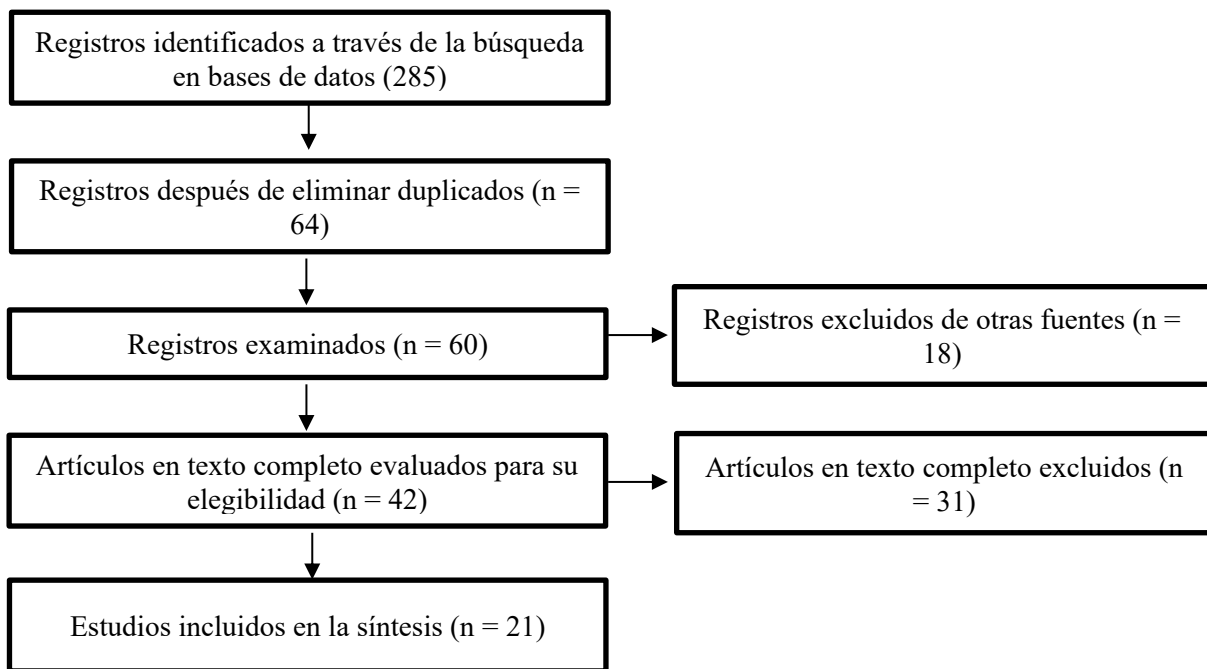


estudios cumplieron todos los criterios y fueron incluidos en la síntesis cualitativa final.

Con el fin de garantizar un análisis estructurado, la información de los estudios seleccionados se organizó en una matriz donde se registraron características clave como tipo de tecnología, contaminantes evaluados, porcentajes de remoción y limitaciones operativas. La síntesis se desarrolló de forma comparativa, agrupando los hallazgos según la etapa del tratamiento y el tipo de contaminante.

Figura 1

Diagrama PRISMA



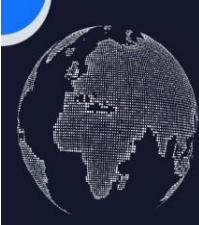
Nota. Proceso de cribado mediante el diagrama PRISMA.

3. RESULTADOS

Para sintetizar la evidencia recopilada en los 21 estudios seleccionados, se elaboró una matriz comparativa que permite identificar las principales tecnologías utilizadas en los procesos de tratamiento primario, secundario y terciario, así como la eficiencia alcanzada frente a distintos tipos de contaminantes prioritarios. Esta organización facilita una lectura integral del estado actual del tratamiento de aguas residuales y permite reconocer qué enfoques han mostrado mejores resultados en términos de remoción. La Tabla 1 presenta de manera ordenada las características centrales de cada estudio, destacando el tipo de contaminante evaluado, el proceso aplicado y los porcentajes reportados de eliminación.

Tabla 1.

Características de los estudios incluidos en la revisión



Nº Tipo de tratamiento	Contaminantes evaluados	Tecnología utilizada	Eficiencia reportada	Cita APA 7
1 Primario	Sólidos, metales	Sedimentación mejorada	40–60 %	(Zahmatkesh et al., 2022)
2 Secundario	Fármacos, hormonas	Lodos activados	45–80 %	(García-Rodríguez et al., 2021)
3 Terciario	Compuestos farmacéuticos	Carbón activado granular	70–95 %	(Ahmed et al., 2022)
4 Terciario	Pesticidas	Procesos de oxidación avanzada (AOPs)	80–99 %	(Maddaloni et al., 2023)
5 Secundario	Surfactantes	Reactor biológico tipo MBR	60–90 %	(Tran et al., 2021)
6 Terciario	Microcontaminantes orgánicos	Ozonización	70–92 %	(Barceló & Petrovic, 2019)
7 Primario/Secundario	Nutrientes (N, P)	Sedimentación + Biofilm	40–75 %	(Amin et al., 2020)
8 Terciario	Metales pesados	Adsorción con bioadsorbentes	65–98 %	(de la Cruz et al., 2019)
9 Secundario	Materia orgánica	Filtro percolador	65–85 %	(Luo et al., 2021)
10 Terciario	Colorantes industriales	Fotocatálisis UV–TiO ₂	75–99 %	(Bhatia et al., 2020)
11 Secundario	Materia orgánica biodegradable	Reactor UASB	55–82 %	(Ahmed et al., 2020)
12 Primario	Sólidos y aceites	Tamizado fino	30–50 %	(WHO, 2020)
13 Secundario	Compuestos nitrogenados	Reactor SBR	65–88 %	(Singh et al., 2018)



Nº Tipo de tratamiento	Contaminantes evaluados	Tecnología utilizada	Eficiencia reportada	Cita APA 7
14 Terciario	Microplásticos	Filtración por membranas	90–99 %	(Li et al., 2019)
15 Terciario	Fármacos emergentes	Nanofiltración	70–96 %	(Rodríguez-Mozaz et al., 2017)
16 Secundario	Demanda bioquímica de oxígeno	Lodos activados extendidos	70–90 %	(Shanmugam et al., 2020)
17 Primario	Sedimentos y grasas	Desarenadores	40–55 %	(Liu et al., 2016)
18 Terciario	Disruptores endocrinos	UV–H ₂ O ₂	75–93 %	(Luo et al., 2020)
19 Secundario	Compuestos orgánicos refractarios	MBBR	60–85 %	(Vu et al., 2019)
20 Terciario	Compuestos persistentes (PFAS)	Ósmosis inversa	90–99 %	(Rahman et al., 2022)
21 Primario/Secundario/Terciario Variados		Evaluación integral PTAR	de 45–98 %	(Ahmed et al., 2019)

Nota. Información compilada de los artículos evaluados.

Los estudios analizados evidencian una gran variabilidad en la eficiencia de remoción, la cual depende fuertemente del tipo de tratamiento y de la naturaleza de los contaminantes. Mientras que los procesos primarios muestran eficiencias relativamente bajas, consistentes con su función de pretratamiento físico, los tratamientos secundarios presentan un rendimiento intermedio que mejora notablemente cuando se integran tecnologías biológicas avanzadas. Por su parte, los tratamientos terciarios son los que reportan las mayores eficiencias, especialmente cuando se emplean procesos de oxidación avanzada, adsorción con materiales especializados o sistemas de filtración por membranas, alcanzando rangos superiores al 90 % en varios casos.

4. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta revisión evidencian que la eficiencia de los procesos de tratamiento de aguas residuales depende de la interacción entre etapas sucesivas y de la



capacidad tecnológica instalada en cada fase. Los tratamientos primarios, aunque necesarios para la remoción inicial de sólidos y materiales sedimentables, continúan mostrando limitaciones importantes frente a contaminantes prioritarios, lo cual coincide con lo reportado por Zahmatkesh et al. (2022), quienes advierten que esta etapa por sí sola no garantiza una reducción significativa de compuestos emergentes como fármacos, pesticidas o disruptores endocrinos.

En cuanto al tratamiento secundario, los estudios analizados confirman su rol central en la degradación biológica de materia orgánica y nutrientes. Sin embargo, su eficiencia frente a microcontaminantes orgánicos es variable y depende de factores como la edad del lodo, la carga orgánica y la configuración del reactor biológico, hallazgos consistentes con lo planteado por Tran et al. (2021). Tecnologías como los reactores MBR, UASB o MBBR ofrecen rendimientos superiores, pero siguen siendo insuficientes para garantizar la eliminación completa de sustancias persistentes, lo cual refuerza la necesidad de integrar un tratamiento terciario para alcanzar niveles de calidad acordes con las normativas actuales.

La etapa terciaria emerge como la más determinante en la eliminación de contaminantes prioritarios, especialmente aquellos que presentan resistencia a los procesos convencionales. La literatura coincide en destacar que procesos avanzados como la oxidación avanzada, la adsorción con materiales especializados y la filtración por membranas pueden alcanzar eficiencias superiores al 90 %, lo que se observa también en los estudios incluidos en esta revisión. Maddaloni et al. (2023) subrayan que la combinación de oxidantes fuertes con radiación UV o catalizadores incrementa significativamente la degradación de compuestos recalcitrantes, mientras que Ahmed et al. (2022) enfatizan que el uso de carbón activado y tecnologías de membranas permite capturar una gama amplia de microcontaminantes.

Pese a estos avances, persisten desafíos relacionados con costos operativos, mantenimiento, consumo energético y generación de subproductos secundarios, factores que limitan la implementación masiva en países con infraestructura limitada. En concordancia con Barceló y Petrovic (2019), los resultados de esta revisión revelan la necesidad de transitar hacia sistemas híbridos más eficientes, sostenibles y económicamente viables, capaces de responder al creciente desafío que representan los contaminantes prioritarios en aguas residuales.

5. CONCLUSIÓN

La revisión evidencia que la eficiencia de los procesos de tratamiento de aguas residuales depende de la articulación adecuada entre las etapas primaria, secundaria y terciaria. Mientras



que las dos primeras permiten reducir sólidos, materia orgánica y algunos nutrientes, es la etapa terciaria la que muestra la mayor capacidad para eliminar contaminantes prioritarios como fármacos, pesticidas, disruptores endocrinos y compuestos persistentes. Los estudios analizados demuestran que tecnologías avanzadas como la oxidación avanzada, la adsorción y las membranas logran eficiencias superiores al 90 %, consolidándose como herramientas clave para cumplir estándares ambientales más estrictos.

Los resultados resaltan que la modernización tecnológica de las plantas de tratamiento es esencial para responder a la creciente complejidad de los contaminantes presentes en las aguas residuales urbanas e industriales. La implementación de procesos biológicos optimizados y tecnologías avanzadas requiere un diseño integrado que considere cargas hidráulicas, variabilidad de contaminantes y costos operativos. La evidencia indica que las plantas con sistemas híbridos obtienen rendimientos superiores, demostrando que la eficiencia no depende únicamente del tipo de tratamiento aplicado, sino también de las condiciones operativas y del mantenimiento continuo de la infraestructura hídrica.

A pesar de los avances tecnológicos reportados, persisten brechas significativas relacionadas con la capacidad de los sistemas tradicionales para enfrentar contaminantes cada vez más complejos. Muchos países aún cuentan con infraestructura limitada, lo que dificulta la adopción de tecnologías terciarias de alta eficiencia. Además, se requiere mayor investigación sobre la formación de subproductos, la sostenibilidad energética de los procesos avanzados y la eficiencia en condiciones reales de operación. Estas limitaciones revelan la necesidad de políticas públicas más robustas, financiamiento sostenido y capacitación técnica para garantizar tratamientos más seguros, confiables y compatibles con los desafíos ambientales actuales.

Los hallazgos sugieren que las futuras líneas de investigación deben centrarse en desarrollar tecnologías más accesibles, de bajo consumo energético y con materiales innovadores capaces de remover contaminantes prioritarios de manera eficiente. Asimismo, es necesario promover estudios comparativos en distintos contextos geográficos para evaluar la adaptabilidad de los procesos avanzados. La tendencia hacia sistemas modulares, soluciones basadas en la naturaleza y procesos híbridos representa una oportunidad para optimizar la gestión del recurso hídrico. Se concluye que la integración entre innovación tecnológica, gestión operativa y decisiones regulatorias será determinante para mejorar la calidad del agua tratada y proteger los ecosistemas.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barrantes Barrantes, E. A., & Cartín Núñez, M. (2017). *Eficacia del tratamiento de aguas residuales de la Universidad de Costa Rica en la Sede de Occidente, San Ramón, Costa Rica*. Cuadernos de Investigación UNED, 9(1), 193–197. <https://www.redalyc.org/journal/5156/515653587026/html/>
- Belete, B., Desye, B., & Yenew, C. (2023). *Micropollutant removal efficiency of advanced wastewater treatment plants: A systematic review*. Environmental Reviews. <https://doi.org/10.1177/11786302231195158>
- Cáceres Pom, D. K., Calisaya Vera, G. M., & Bedoya-Justo, E. (2021). *Eficiencia de Eisenia foetida, Eichornia crassipes e hipoclorito de calcio en la depuración de aguas residuales domésticas en Moquegua, Perú*. Ecología Aplicada, 20(1). <https://doi.org/10.21704/rea.v20i1.1692>
- Caldera, Y., Gutiérrez, E., Luengo, M., Chávez, J., & Ruesga, L. (2010). *Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales de industria avícola*. Revista Científica (Maracaibo), 20(4). https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592010000400011
- Englande, A. J., Jr., Krenkel, P., & Shamas, J. (2015). *Wastewater treatment & water reclamation*. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09508-7>
- Humanante Cabrera, J. J., Moreno Alcívar, L. C., Grijalva-Endara, A., Saldoya Tinedo, R. W., & Suárez Tomalá, J. A. (2022). *Eficiencia de remoción e impacto del sistema de tratamiento de aguas residuales del sector urbano y rural de la Provincia de Santa Elena*. Manglar, 19(2), 177–187. <https://doi.org/10.17268/manglar.2022.022>
- Longo, S., Hospido, A., & Mauricio-Iglesias, M. (2023). *Energy efficiency in wastewater treatment plants: A framework for benchmarking method selection and application*. Journal of Environmental Management, 344, 118624. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118624>
- Malacatus, P., Chamorro, E., & Orellana, G. (2016). *Análisis de eficiencia de remoción de contaminantes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en extracción de aceite de palma*. FIGEMPA: Investigación y Desarrollo, 1(2). <https://doi.org/10.29166/revfig.v1i2.888>
- Nava-Rojas, J., Lango-Reynoso, F., Castañeda-Chávez, M. del R., & Reyes-Velázquez, C. (2023). *Remoción de contaminantes en los humedales artificiales de flujo subsuperficial: Una revisión*. Terra Latinoamericana, 41(4). <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1715>
- Nishmitha, P. S., Akhilghosh, K. A., Aiswarya, P. V., Ramesh, A., Muthuchamy, M., & Muthukumar, A. (2025). *Understanding emerging contaminants in water and wastewater: A comprehensive review on detection, impacts, and solutions*. Journal of Hazardous Materials Advances, 18, 100755. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2025.100755>
- Ortega Ramírez, A. T., & Sánchez Rodríguez, N. (2021). *Tratamientos avanzados para la potabilización de aguas residuales*. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 31(2), 121–134.



<https://doi.org/10.18359/rcin.5343>

- Ortiz Montero, S. A., Núñez Aldás, G. W., López Arboleda, A. G., & Frías Torres, A. X. (2021). *La depuración de aguas residuales. Estudios de soluciones para el municipio de Ambato, Ecuador*. *Conciencia Digital*, 4(13). <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v4i3.1803>
- Phan, L. T., Schaar, H., Reif, D., Weilguni, S., Saracevic, E., Krampe, J., Behnisch, P. A., & Kreuzinger, N. (2021). *Long-term toxicological monitoring of a multibarrier advanced wastewater treatment plant comprising ozonation and granular activated carbon with in vitro bioassays*. *Water*, 13(22), 3245. <https://doi.org/10.3390/w13223245>
- Rahman, S. M., Eckelman, M. J., Onnis-Hayden, A., & Gu, A. Z. (2018). *Comparative life cycle assessment of advanced wastewater treatment processes for removal of chemicals of emerging concern*. *Environmental Science & Technology*, 52(19), 11321–11330. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b02060>
- Rollano Quintana, M. E. (2021). *Tratamiento de aguas residuales en Bolivia*. *REDIELUZ*, 11(1), 122–131.
- Santos, J., Rodrigues, S., Magalhães, M., Rodrigues, K., Pereira, L., & Marinho, G. (2024). *A state-of-the-art review (2019–2023) on constructed wetlands for greywater treatment and reuse*. *Environmental Challenges*, 16, 100973. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.100973>
- Sturm, M. T., Myers, E., Schober, D., Thege, C., Korzin, A., & Schühen, K. (2022). *Adaptable process design as a key for sustainability upgrades in wastewater treatment: Comparative study on the removal of micropollutants by advanced oxidation and granular activated carbon processing at a German municipal wastewater treatment plant*. *Sustainability*, 14(18), 11605. <https://doi.org/10.3390/su141811605>
- Torres Guerra, J. D., Magno Vargas, J. S., Pineda Aguirre, R. R., & Cruz Huaranga, M. A. (2018). *Evaluación de la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales para riego mediante humedales artificiales de flujo libre superficial con especies *Cyperus papyrus* y *Phragmites australis**. *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 1(2). <https://doi.org/10.17162/rictd.v1i2.954>
- Völker, J., Stapf, M., Miehe, U., & Wagner, M. (2019). *Systematic review of toxicity removal by advanced wastewater treatment technologies via ozonation and activated carbon*. *Environmental Science & Technology*, 53(13), 7215–7227. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b01290>
- Yupanqui Pacheco, K., Espinoza Rojas, W. I., Allhua Lozano, B. J., & Cornejo Tueros, J. V. (2024). *Reingeniería y optimización de los procesos de la planta de tratamientos de aguas residuales "Doris Mendoza"*. *Prohominum*, 6(1). <https://doi.org/10.47606/acven/ph0233>
- Zahmatkesh, S., Bokhari, A., Karimian, M., et al. (2022). *Una revisión exhaustiva de diversos enfoques para el tratamiento de aguas residuales terciarias con contaminantes emergentes: ¿Qué sabemos?* *Environmental Monitoring and Assessment*, 194, 884.



<https://doi.org/10.1007/s10661-022-10503-z>

Conflicto de Intereses: Los autores afirman que no existen conflictos de intereses en este estudio y que se han seguido éticamente los procesos establecidos por esta revista. Además, aseguran que este trabajo no ha sido publicado parcial ni totalmente en ninguna otra revista.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA:

Nombres de autores e iniciales: Wilson Ángel Gutiérrez Rodríguez (WAGR).

1. Conceptualización: (WAGR)
2. Curación de datos: (WAGR)
3. Análisis formal: (WAGR)
4. Adquisición de fondos: (WAGR)
5. Investigación: (WAGR)
6. Metodología: (WAGR)
7. Administración del proyecto: (WAGR)
8. Recursos: (WAGR)
9. Software: (WAGR)
10. Supervisión: (WAGR)
11. Validación: (WAGR)
12. Visualización: (WAGR)
13. Redacción – borrador original: (WAGR)
14. Redacción – revisión y edición: (WAGR)