

DOI: 10.26820/recimundo/9.(1).enero.2025.308-314

URL: <https://recimundo.com/index.php/es/article/view/2504>

EDITORIAL: Saberes del Conocimiento

REVISTA: RECIMUNDO

ISSN: 2588-073X

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Artículo de revisión

CÓDIGO UNESCO: 2508.11 Calidad de las Aguas

PAGINAS: 308-314



Estudios de nuevas tecnologías para una gestión sostenible en los procesos de purificación del agua

Studies of new technologies for sustainable management of water purification processes

Estudos de novas tecnologias para uma gestão sustentável nos processos de purificação da água

Galo Enrique Estupiñán Vera¹; Carlos Gerson Jaramillo Morales²; Carlos José Pérez Pérez³

RECIBIDO: 26/11/2024 **ACEPTADO:** 30/12/2024 **PUBLICADO:** 23/01/2025

1. Magíster en Sistemas Integrados de Gestión; Máster Universitario De II Nivel en Alta Direzione - Alta Dirección; Magíster en Sistemas Integrados de Gestión; Químico y Farmacéutico; Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador; galo.estupinanv@ug.edu.ec;  <https://orcid.org/0000-0001-6587-2051>
2. Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador; carlos.jaramillom@ug.edu.ec;  <https://orcid.org/0009-0002-9565-5108>
3. Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador; carlos.perezp@ug.edu.ec;  <https://orcid.org/0009-0002-8955-0764>

CORRESPONDENCIA

Galo Enrique Estupiñán Vera

galo.estupinanv@ug.edu.ec

Guayaquil, Ecuador

RESUMEN

El estudio analiza tecnologías avanzadas como la nanofiltración y la electrooxidación para optimizar la purificación del agua. Estas tecnologías superan las técnicas tradicionales al lograr mayores niveles de remoción de contaminantes (superior al 95%) y reducir el consumo energético hasta un 30%. Se identifican etapas clave del proceso, como pretratamiento, tratamiento avanzado y postratamiento, evaluando su impacto técnico, económico y ambiental. Además, se destacan casos prácticos donde estas tecnologías mejoraron el acceso a agua potable en comunidades rurales. Aunque enfrentan desafíos de costos y capacitación, su implementación promueve la sostenibilidad ambiental y el desarrollo social. Se concluye que estas soluciones son viables y necesarias para una gestión hídrica responsable y eficiente.

Palabras clave: Nanofiltración, Electrooxidación, Purificación de agua, Sostenibilidad, Tecnología avanzada.

ABSTRACT

The study examines advanced technologies such as nanofiltration and electrooxidation to optimize water purification processes. These methods outperform traditional techniques by achieving higher contaminant removal rates (over 95%) and reducing energy consumption by up to 30%. Key stages like pretreatment, advanced treatment, and post-treatment are analyzed for their technical, economic, and environmental impacts. Practical applications highlight improved access to potable water in rural communities. Despite challenges like costs and technical training, these technologies support environmental sustainability and social development. The findings confirm their feasibility and importance in achieving efficient and responsible water management.

Keywords: Nanofiltration, Electrooxidation, Water purification, Sustainability, Advanced technology.

RESUMO

O estudo examina tecnologias avançadas, como a nanofiltração e a electrooxidação, para otimizar os processos de purificação da água. Estes métodos superam as técnicas tradicionais, alcançando taxas de remoção de contaminantes mais elevadas (mais de 95%) e reduzindo o consumo de energia até 30%. As principais fases, como o pré-tratamento, o tratamento avançado e o pós-tratamento, são analisadas quanto aos seus impactos técnicos, económicos e ambientais. As aplicações práticas destacam a melhoria do acesso à água potável nas comunidades rurais. Apesar de desafios como os custos e a formação técnica, estas tecnologias apoiam a sustentabilidade ambiental e o desenvolvimento social. Os resultados confirmam a sua viabilidade e importância para uma gestão eficiente e responsável da água.

Palavras-chave: Nanofiltração, Electrooxidação, Purificação de água, Sustentabilidade, Tecnologia avançada.

Introducción

El acceso al agua purificada y su gestión responsable representan desafíos fundamentales para garantizar la sostenibilidad ambiental y el desarrollo humano, en este sentido, los avances tecnológicos surgen como herramientas clave para enfrentar problemáticas como la creciente demanda de agua, la limitada disponibilidad de recursos hídricos y las ineficiencias en los métodos tradicionales de purificación (Gomez, 2023).

De igual forma, si bien las técnicas convencionales han logrado satisfacer necesidades básicas, también han evidenciado importantes limitaciones, como elevados niveles de desperdicio y altos costos operativos, que comprometen su sostenibilidad a largo plazo (Álvarez, 2021).

En respuesta a estas limitaciones, investigaciones recientes han explorado nuevas tecnologías diseñadas para transformar los procesos de purificación del agua, enfocándose en la reducción de pérdidas, el aprovechamiento de recursos y la minimización del impacto ambiental. Algunas iniciativas innovadoras han mostrado resultados alentadores al implementar sistemas avanzados de recuperación y reciclaje, que no solo optimizan el uso del agua, sino que también incrementan la calidad y eficiencia de los tratamientos (Morales, 2023), estas soluciones marcan un camino hacia un modelo más equilibrado y responsable de gestión hídrica.

Este trabajo tiene como objetivo explorar y analizar el potencial de las tecnologías emergentes en los procesos de purificación del agua, se evaluará su impacto desde una perspectiva técnica, económica y ambiental, con el propósito de proponer estrategias innovadoras que contribuyan a un manejo sostenible de este recurso esencial para la vida y el desarrollo global.

Introduction

Access to purified water and its responsible management represent fundamental cha-

llenges to ensuring environmental sustainability and human development. In this regard, technological advancements emerge as key tools to address issues such as the growing demand for water, the limited availability of water resources, and inefficiencies in traditional purification methods. While conventional techniques have managed to meet basic needs, they have also demonstrated significant limitations, such as high levels of waste and operational costs, which compromise their long-term sustainability.

In response to these limitations, recent research has explored new technologies designed to transform water purification processes, focusing on reducing losses, maximizing resource utilization, and minimizing environmental impact. Some innovative initiatives have shown promising results by implementing advanced recovery and recycling systems that not only optimize water use but also enhance the quality and efficiency of treatments. These solutions pave the way toward a more balanced and responsible water management model.

This study aims to explore and analyze the potential of emerging technologies in water purification processes. Their impact will be assessed from a technical, economic, and environmental perspective, with the purpose of proposing innovative strategies that contribute to the sustainable management of this essential resource for life and global development.

Teoría

La purificación del agua, especialmente en un contexto de creciente escasez y contaminación, ha evolucionado significativamente con el desarrollo de nuevas tecnologías. Los métodos tradicionales, aunque efectivos en la remoción de partículas grandes y microorganismos, presentan limitaciones al enfrentar contaminantes emergentes, como microplásticos y compuestos químicos complejos. Esto ha impulsado la investigación en sistemas más avanzados, capaces de abordar los desafíos actuales con mayor eficiencia y sostenibilidad.

Los avances en electrooxidación, nanofiltración y sistemas UV han transformado la manera en que se aborda la purificación del agua. Estas tecnologías permiten no solo mejorar la calidad del agua, sino también reducir el impacto ambiental asociado a los procesos convencionales. Además, la integración de modelos de economía circular en estos sistemas ha promovido una reutilización efectiva de recursos y subproductos.

Etapas del proceso de purificación del agua

El proceso de purificación del agua incluye diversas etapas destinadas a eliminar contaminantes y mejorar la calidad del recurso, según Ponce (2024) las etapas principales son:

Pretratamiento

En esta fase, el agua es sometida a procesos iniciales como la filtración gruesa para eliminar partículas sólidas grandes y la sedimentación para separar los materiales suspendidos. Además, el cribado elimina materiales flotantes, reduciendo el riesgo de daño en las fases siguientes.

Tratamiento primario

Incluye la aplicación de sistemas como la coagulación y floculación, que favorecen la remoción de partículas más pequeñas y turbidez. También puede utilizarse aireación para aumentar los niveles de oxígeno y facilitar la eliminación de gases disueltos.

Tratamiento avanzado

Esta etapa incorpora tecnologías como la nanofiltración y la electrooxidación, que permiten la remoción de contaminantes emergentes y la desinfección del agua. La electrooxidación es efectiva para decomponer compuestos complejos como microplásticos, pesticidas y residuos farmacéuticos. Por su parte, la nanofiltración utiliza membranas de alta selectividad para garantizar la retención de partículas a escala nanométrica.

Postratamiento

Finalmente, el agua pasa por sistemas de pulido, que incluyen filtros de carbón activado para mejorar la calidad organoléptica (olor y sabor) y garantizar que cumpla con los estándares internacionales de agua potable. Adicionalmente, pueden emplearse sistemas de desinfección UV para eliminar bacterias remanentes.

Variables clave en la evaluación del agua purificada

Conductividad

La conductividad es un indicador crucial para medir la cantidad de sales disueltas en el agua. Una disminución significativa en los niveles de conductividad refleja una purificación efectiva. Este parámetro permite identificar la efectividad del proceso de desalinización y es relevante en aplicaciones industriales y domésticas (Patiño P. , 2021).

Contaminantes emergentes

La eliminación de compuestos como pesticidas, hormonas, antibacterianos y microplásticos es fundamental para asegurar la calidad del agua tratada y minimizar riesgos para la salud. La aplicación de tecnologías avanzadas permite alcanzar niveles de remoción que superan los métodos tradicionales.

Impacto ambiental

Los subproductos generados durante los procesos de purificación pueden tener un impacto ambiental significativo si no se gestionan adecuadamente. Tecnologías modernas como la electrooxidación y el uso de membranas minimizan estos impactos al permitir la reutilización de subproductos y reducir la generación de residuos peligrosos.

Nanotecnología y Electrooxidación en la Purificación de Agua

Nanotecnología en Membranas

La nanotecnología ha revolucionado los sistemas de purificación de agua, especialmen-

te a través de la incorporación de membranas avanzadas. Estas membranas, como las de nanofiltración, ofrecen una capacidad de remoción de contaminantes superior al 95%. Los materiales utilizados, como el polietileno tereftalato (PET) y nanocristales de quitina, no solo mejoran la eficiencia, sino que también minimizan el ensuciamiento y prolongan la vida útil de los sistemas de filtración. Además, su diseño permite una baja inversión inicial y un mantenimiento simplificado, haciéndolas ideales para su implementación tanto en comunidades rurales como en aplicaciones industriales (Iriarte, 2021).

Electrooxidación y Sostenibilidad

La electrooxidación representa un enfoque moderno y eficaz para la purificación de agua. Este método utiliza reacciones electroquímicas para descomponer contaminantes complejos como microplásticos y residuos farmacéuticos. Además, su integración en sistemas de economía circular fomenta la reutilización de subproductos y reduce el impacto ambiental. Estudios han demostrado que este enfoque puede reducir el consumo energético hasta un 30%, consolidándolo como una opción sostenible.

Tecnologías Avanzadas

En los últimos años, la inteligencia artificial ha surgido como una solución innovadora para perfeccionar los métodos de tratamiento del agua. Su capacidad para procesar y analizar extensas cantidades de información en tiempo real permite no solo identificar tendencias en la presencia de contaminantes, sino también prever su comportamiento durante cada etapa del tratamiento.

Los algoritmos impulsados por IA ajustan parámetros clave, como el flujo de agua y la presión, optimizando el rendimiento de tecnologías avanzadas como la electrooxidación y la nanofiltración.

De igual forma, la IA contribuye a detectar posibles fallos en los sistemas de tratamiento antes de que se conviertan en problemas

mayores, lo cual disminuye significativamente los costos de mantenimiento y evita interrupciones en el proceso.

Incorporar esta tecnología dentro de un modelo de economía circular fomenta una gestión más efectiva de los recursos y subproductos derivados del tratamiento del agua, asegurando un impacto ambiental mínimo, de este modo, la IA no solo transforma el tratamiento del agua, sino que lo adapta a las exigencias de un entorno en constante evolución.

Metodología

Descripción del estudio

Este trabajo se enfocó en analizar el impacto de tecnologías avanzadas de purificación del agua, utilizando datos recolectados de estudios previos y análisis teóricos. Se identificaron las etapas clave de los procesos de purificación y las variables críticas para evaluar su efectividad.

Materiales y métodos

Para el análisis, se consideraron tecnologías como la nanofiltración y la electrooxidación, evaluadas en términos de remoción de contaminantes, eficiencia energética y reducción de residuos. Los parámetros clave, como la conductividad, fueron monitoreados mediante revisiones bibliográficas y simulaciones teóricas.

Procedimientos

El estudio incluyó la identificación de contaminantes típicos en fuentes de agua, como metales pesados y compuestos orgánicos persistentes. Se analizaron los beneficios de la reutilización de subproductos y la viabilidad económica de integrar tecnologías avanzadas en sistemas existentes.

Comparación de metodologías

Se realizó una comparación detallada entre las tecnologías avanzadas y los métodos tradicionales, destacando ventajas y limitaciones de cada enfoque. Los resultados fueron evaluados en función de su impacto ambiental y social.

Evaluación técnica y económica

Finalmente, se desarrollaron escenarios hipotéticos para analizar la escalabilidad de estas tecnologías en diferentes contextos, considerando variables económicas y ambientales.

Resultados y comparación de tecnologías

Estudios recientes han demostrado que las tecnologías avanzadas, como la nanofiltración y la electrooxidación, superan en eficiencia a los métodos tradicionales. Por ejemplo, mientras los sistemas convencionales alcanzan una remoción del 85% de contaminantes, estas nuevas tecnologías logran niveles superiores al 95%. Además, la reducción del consumo energético puede alcanzar hasta un 30%, haciendo de estas soluciones una opción sostenible y viable.

Casos de aplicación práctica

En regiones con acceso limitado a agua potable, la implementación de sistemas portátiles de purificación basados en nanofiltración ha demostrado ser altamente efectiva. Por ejemplo, comunidades rurales en Sudamérica han logrado mejorar significativamente la calidad del agua consumida, reduciendo enfermedades hídricas.

En Sudamérica, la implementación de tecnologías basadas en nanofiltración y electrooxidación ha transformado el acceso al agua potable en comunidades rurales. Por ejemplo, sistemas portátiles han logrado mejorar la calidad del agua consumida, reduciendo significativamente las enfermedades transmitidas por el agua. Estos avances subrayan la importancia de incluir estas tecnologías en políticas públicas y estrategias de desarrollo sostenible.

Discusión

Los resultados obtenidos evidencian que las tecnologías avanzadas no solo optimizan los procesos de purificación, sino que también abren oportunidades para su aplicación en diversos contextos. La nanofiltración y la electrooxidación han demostrado

ser herramientas versátiles, capaces de adaptarse tanto a necesidades domésticas como industriales. Sin embargo, su implementación a gran escala enfrenta desafíos relacionados con los costos iniciales y la capacitación técnica requerida.

Además, es importante considerar el impacto social de estas tecnologías. En comunidades rurales, la disponibilidad de agua purificada puede mejorar significativamente la calidad de vida, reduciendo enfermedades transmitidas por el agua y promoviendo el desarrollo sostenible. Estos beneficios destacan la importancia de integrar estas tecnologías en políticas públicas y programas de desarrollo.

Conclusiones

1. La implementación de tecnologías avanzadas como la nanofiltración y la electrooxidación optimiza los procesos de purificación del agua al reducir la presencia de contaminantes y aumentar la eficiencia energética, contribuyendo significativamente a la sostenibilidad ambiental.
2. Los sistemas de recuperación y reutilización de subproductos generados durante la purificación del agua fomentan un modelo de economía circular, reduciendo el impacto ambiental y mejorando la gestión de los recursos hídricos.
3. Las tecnologías propuestas presentan una viabilidad técnica y económica que las posiciona como alternativas sólidas frente a los métodos tradicionales, aunque su adopción requiere una evaluación exhaustiva de su aplicación a diferentes escalas y contextos.
4. La colaboración interdisciplinaria entre investigadores, empresas y legisladores será clave para garantizar la implementación efectiva y accesible de estas innovaciones a nivel global.

Bibliografía

Álvarez, M. (2021). Análisis de la ocurrencia de contaminantes emergentes (Glifosato, paraquat e ibuprofeno) en fuentes superficiales y en agua potable de Cúcuta-Norte De Santander, y su remoción utilizando tecnología de membranas. Obtenido de <https://manglar.uninorte.edu.co/handle/10584/9786>

Gomez, J. (2023). Tecnologías avanzadas del tratamiento de agua, una revisión bibliográfica. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Gonzalez-147/publication/372744275_Tecnologias_avanzadas_del_tratamiento_de_agua/links/64c534f30fae1319bfc48eb8/Tecnologias-avanzadas-del-tratamiento-de-agua.pdf

Iriarte, D. (2021). Nuevas tendencias en sistemas de purificación de aguas. Universidad Politécnica de València. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/150093>

Morales, R. (2023). Suministro de agua potable mediante tecnología de purificación solar para consumo humano en el casco urbano primavera, Cañete. Obtenido de <https://fondoeditorial.unat.edu.pe/index.php/EdiUnat/catalog/book/39>

Pariona, L. (2023). Electrooxidación en aguas residuales con anodos de oxidos metálicos para la purificación de contaminantes microbianos, Ica, 2022. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/110730>

Patiño, I. (2024). Estudio de degradación simultánea mediante electrooxidación de tres fármacos: Atenolol, Ibuprofeno y Norfloxacin. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/202667>

Patiño, P. (2021). Sistema De Medición Remota De Variables Asociadas A La Calidad De Agua. Documentos de Trabajo ECBTI, 2(1). Obtenido de <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/wpecbti/article/view/4814>

Ponce, D. (2024). Implementación de un sistema de control en el proceso de purificación de agua embotellada mediante un PLC (Bachelor's thesis). Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27770>



CITAR ESTE ARTICULO:

Estupiñán Vera , G. E. , Jaramillo Morales , C. G. , & Pérez Pérez , C. J. . (2025). Estudios de nuevas tecnologías para una gestión sostenible en los procesos de purificación del agua. RECIMUNDO, 9(1), 308–314. [https://doi.org/10.26820/recimundo/9.\(1\).enero.2025.308-314](https://doi.org/10.26820/recimundo/9.(1).enero.2025.308-314)