



¿Puede la inteligencia artificial (IA) ser aliada para un agua más limpia?

Aplicaciones y desafíos

Can artificial intelligence (AI) help us achieve cleaner water? Applications and challenges

Por Jacobo Marcos Allende Peña, Cristina Morales Figueroa, Verónica Martínez Miranda, Ivonne Linares Hernández, Javier Salas García

Resumen: La inteligencia artificial (IA) está transformando la limpieza del agua que desechamos. A diferencia de los métodos antiguos, esta tecnología puede predecir fallas en las máquinas de tratamiento y tomar decisiones rápidas para que el proceso sea más eficiente. Aunque todavía existen obstáculos para su aplicación masiva, la IA facilita ahorrar dinero y, lo más importante, proteger mejor la naturaleza. Este avance nos acerca a la meta global de la ONU: lograr que el agua limpia y el saneamiento sean un derecho real para todos, utilizando sistemas modernos que cuidan nuestro planeta a largo plazo.

Palabras clave: cerebro inteligente, agua limpia, tecnología eficiente, costos, respeto al medio ambiente.

Abstract: Artificial intelligence is transforming the cleaning of the water we discard. Unlike older methods, this technology can predict machine failures and make quick decisions to make the process more efficient. Although there are still obstacles to its mass application, AI saves money and, most importantly, better protects nature. This progress brings us closer to the UN's global goal: to make clean water and sanitation a real right for all, using modern systems that care for our planet in the long term.

Keywords: smart brain, clean water, efficient technology, costs, respect for the environment.

Limpiar el agua que sale de las fábricas y las casas no es solo un tema ecológico, sino una necesidad urgente para evitar crisis de salud y gastos excesivos en nuestras comunidades. El tratamiento consiste en “desinfectar” y retirar toda la suciedad y los químicos peligrosos del agua que ya usamos, para que esta pueda volver a los ríos o ser reutilizada de forma segura (Asteriadis *et al.*, 2026). Sin embargo, lograr esto es un reto enorme y muy caro: las plantas de tratamiento consumen muchísima energía, requieren químicos costosos y necesitan un mantenimiento constante para no fallar. El problema es que estas plantas funcionan de forma manual o con ajustes fijos, lo cual significa que a veces gastan recursos de más o no reaccionan a tiempo cuando el agua viene más sucia de lo normal (Mohamed Noor *et al.*, 2026).

Para resolver estas dificultades, se está integrando la inteligencia artificial como si fuera un cerebro digital capaz de tomar el control de la situación (Figura 1). Esta herramienta imita la forma en que los humanos aprendemos y razonamos, con la ventaja de que puede procesar miles de datos por segundo sin cansarse (Shen *et al.*, 2026). Esta tecnología observa en tiempo real la operación de la planta y por sí sola ajusta los errores; por ejemplo, si detecta que el agua necesita más oxígeno o menos químicos, hace el cambio al instante. Hemos pasado de simplemente intentar adivinar qué tan limpia quedaría el agua, a tener sistemas inteligentes que optimizan todo el trabajo, ahorrando tiempo y dinero, y asegurando que cada gota que regrese a la naturaleza sea de la mejor calidad posible (Zhang *et al.*, 2026).

Figura 1. Ilustración representativa de la aplicación de la inteligencia artificial en los sistemas de tratamiento de agua sucia



Fuente: Imagen desarrollada por IA, ChatGPT.

LA IA PUEDE MEJORAR EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES AL PREDECIR FALLAS Y OPTIMIZAR EL PROCESO EN TIEMPO REAL

Gracias a la IA, las plantas de tratamiento ahora funcionan de forma más autónoma. Esto no solo libera a los técnicos de tareas repetitivas, sino que reduce los fallos humanos, y hace que el proceso de desinfección sea mucho más exacto y confiable. La idea en esta revisión es mostrar que está haciendo la tecnología por nuestras aguas y entender cuáles son los próximos pasos para un futuro más limpio.

BENEFICIOS DE LA IA

Hoy en día, la tecnología no solo está en nuestros celulares, sino que también está trabajando silenciosamente para asegurar que el agua que usamos y desechamos no dañe el medio ambiente (Figura 2). Las aplicaciones más recientes se dividen en las siguientes áreas clave:

1. Gestión inteligente de aguas residuales y de lluvia

Imagina que la ciudad tiene un cerebro que decide a dónde enviar el agua cuando llueve torrencialmente.



Tecnología

Estas herramientas ayudan a prevenir inundaciones y a recolectar el agua de lluvia de manera eficiente, evitando que los drenajes colapsen y que el agua limpia se mezcle innecesariamente con los desechos. La gestión inteligente puede detectar una fuga o una tubería rota mucho antes de que se convierta en un problema grave, lo que ahorra dinero y evita desperdicio de agua potable (Wang et al., 2023).

2. Tratamiento y desinfección avanzada

Las nuevas aplicaciones permiten que las plantas de tratamiento eliminen bacterias y virus de forma mucho más rápida y segura, con menos químicos y mediante procesos más ecológicos. Así, el agua es apta para otros usos, como el riego agrícola.

3. Monitoreo constante de la calidad del agua

Ya no hace falta esperar días a que un laboratorio analice una muestra, ahora existen sensores inteligentes que vigilan el agua en tiempo real, las 24 horas del día. Si algo cambia en su composición, el sistema avisa de inmediato. Además, la IA calcula la cantidad exacta de productos químicos y de energía necesaria en los procesos de filtrado o desalinización para que sean mucho más eficientes y seguros al eliminar metales pesados y bacterias.

4. Control preciso de contaminantes

Existen aplicaciones actuales que se especializan en detectar y neutralizar contaminantes específicos que antes pasaban desapercibidos; el grado de pureza es mucho mayor. Esto es muy útil para las sustancias difíciles de ver y quitar, como residuos de medicamentos o microplásticos. Las aplicaciones de la agricultura moderna, como la hidroponía (cultivo en agua), aseguran que los alimentos que llegan a nuestra mesa crezcan con agua de la mejor calidad (El Messaoudi et al., 2025).

5. Detección y pronóstico de fallas (mantenimiento predictivo)

Gracias a la inteligencia artificial, los sistemas pueden predecir el futuro. Pueden notar si una tubería se va a romper o si una bomba está por fallar antes de que suceda. Esto evita cortes en el servicio y reparaciones de emergencia que suelen ser muy costosas y molestas para la comunidad.

6. Optimización del proceso de lodos activados

Este es un proceso biológico donde bacterias “buenas” se comen la suciedad del agua. Las nuevas herramientas ayudan a que estas bacterias vivan en condiciones perfectas, haciendo que el proceso sea mucho más eficiente, huela menos y consuma menos energía eléctrica.

Figura 2. Aplicaciones de la inteligencia artificial en el cuidado del agua



Fuente: Imagen desarrollada por IA, ChatGPT.

DESAFÍOS ACTUALES EN LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS INTELIGENTES

Aunque los estudios confirman que la inteligencia artificial puede vigilar el agua minuto a minuto y reaccionar ante cualquier imprevisto, todavía nos encontramos ante un bache importante. Gran parte de estos avances se quedan dentro de los laboratorios o en modelos teóricos muy complejos, pero llevarlos al mundo real no es tan sencillo como parece.

Para que esta tecnología pase del papel a nuestras ciudades, debemos superar tres grandes obstáculos:

- **La calidad de la información:** La IA aprende de los datos, pero si los sensores fallan o la información es escasa, el sistema no puede tomar buenas decisiones. Necesitamos datos masivos, constantes y, sobre todo, confiables (Chen *et al.*, 2025).
- **El factor económico:** Instalar esta infraestructura no es barato. Los altos costos iniciales de tecnología y personal especializado representan una barrera difícil de cruzar para muchos municipios y plantas de tratamiento que operan con presupuestos limitados.
- **La complejidad de la naturaleza:** A diferencia de una fábrica de autos, el tratamiento de agua depende de procesos biológicos vivos (como las bacterias limpiadoras). Estos seres vivos son inestables y cambian según la temperatura o el clima, lo que hace que crear un modelo matemático perfecto sea un desafío monumental (Sahsiny *et al.*, 2025).

A modo de conclusión, el futuro de las plantas de tratamiento de agua no es solo ser más grandes, sino ser más inteligentes. Estamos viviendo un cambio de paradigma: las plantas están dejando de

FACTORES COMO LA CALIDAD DE LA INFORMACIÓN, LOS RECURSOS ECONÓMICOS Y LA COMPLEJIDAD DE LA NATURALEZA DIFICULTAN LA APLICACIÓN DE ESTA TECNOLOGÍA

ser simples instalaciones de limpieza para convertirse en sistemas autónomos, capaces de adaptarse a cualquier cambio y operar con precisión matemática.

La inteligencia artificial es la pieza que faltaba para dar este salto. Gracias a ella, podemos transformar instalaciones tradicionales en centros de alta tecnología que no solo son más eficientes y baratos de administrar, sino también más amigables con el planeta.

Sin embargo, el camino no termina aquí. Para alcanzar un modelo de sostenibilidad total, el siguiente paso es enfocar nuestros esfuerzos en perfeccionar los sistemas que predicen averías antes de que ocurran y lograr una economía circular, es decir, que no solo limpien agua, sino que también recuperen energía y recursos valiosos de los residuos.

En definitiva, la unión entre la tecnología y la ingeniería del agua es nuestra mejor apuesta para proteger este recurso vital y garantizar un futuro más limpio para todos. 



Tecnología

Referencias

- Asteriadis, Iosif et al. (2026). "A simulation study of a twin aeration control strategy applied to a wastewater treatment plant", en *Journal of Water Process Engineering*, núm. 86, p. 109874. Doi: 10.1016/j.jwpe.2026.109874.
- Chen, Xingyu et al. (2025). "Navigating future wastewater treatment plants with artificial intelligence: Applications, challenges, and innovations", vol. 504.
- El Messaoudi, Noureddine et al. (2025). "The role of artificial intelligence in optimizing photocatalytic degradation technologies of dyes in textile wastewater: Recent advances, challenges, and prospects", en *Journal of Water Process Engineering*, vol. 77, p. 108457. Doi: 10.1016/j.jwpe.2025.108457.
- Mohamed Noor, Mohamed Hizam et al. (2026). "Big picture on coagulation-flocculation technology integrated artificial intelligence for wastewater treatment application: A systematic mapping review", en *Process Safety and Environmental Protection*, vol. 207, p. 108445. Doi: 10.1016/j.psep.2026.108445.
- Sahsiny Jaganathan, Jaga et al. (2025). "Unlocking the potential of artificial intelligence in wastewater treatment: Innovations, opportunities, and challenges", en *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 13, núm. 6, p. 119671. Doi: 10.1016/j.jece.2025.119671.
- Shen, Xinkai et al. (2026). "Materials-driven technologies and intelligent control for mineral processing wastewater recovery", en *Progress in Natural Science: Materials International*, vol. 36, núm. 1, pp. 20–30. Doi: 10.1016/j.pnsc.2025.12.005.
- Wang, Yi et al. (2023). "A Review on Applications of Artificial Intelligence in Wastewater Treatment", en *Sustainability*, vol. 15, núm. 18, pp. 1–28. Doi: 10.3390/su151813557.
- Zhang, Dahai et al. (2026). "Advancing carbon-neutral wastewater treatment: Artificial intelligence-driven strategies for emission mitigation and process optimization", en *Environmental Research*, vol. 290, p. 123449. Doi: 10.1016/j.envres.2025.123449.



Jacobo Marcos Allende Peña es Doctorante en el Instituto de Tecnología y Ciencias del Agua, incorporado a la UAEMéx. Tiene experiencia en modelado dinámico, sistemas de control automático, implementación de controladores digitales y sistemas embebidos.



Cristina Morales Figueroa es Doctora en Ciencias Ambientales. Pertenecer a las Cátedras-Comecyt en el Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua, incorporado a la UAEMéx. Tiene experiencia en tratamiento de aguas residuales y agua de lluvia.



Verónica Martínez Miranda es Doctora en Ingeniería y profesora-investigadora de tiempo completo en el Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua, adscrita a la UAEMéx. Su línea de investigación es el control y tratamiento de agua.



Ivonne Linares Hernández es Doctora en Ciencias Ambientales y Profesor-Investigador de tiempo completo en el Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua, adscrita a la UAEMéx. Su línea de investigación es el control y tratamiento de agua.



Javier Salas García es Doctor en Ciencias del Agua, profesor de tiempo completo en la UAEMéx, autor de más de 50 artículos, libros y patentes en IA y monitoreo. Ha participado en la creación de los planes de estudio de la Licenciatura y la Maestría en Inteligencia Artificial de la UAEMéx, sustentando su impartición del módulo de Aprendizaje Automático.