



¿Puede la inteligencia artificial ayudar a vigilar la calidad del agua contaminada por arsénico?



Ciencia al Instante

Un vaso de agua cristalina puede esconder arsénico, un contaminante sin color, olor ni sabor que amenaza la salud de millones de personas en el mundo. Este elemento, presente en pozos de México y otros países, se vincula con cáncer y daños graves al organismo. La buena noticia es que la inteligencia artificial abre una nueva puerta para detectarlo a tiempo. Analizando datos ambientales y hasta fotos tomadas con el celular, los algoritmos permiten anticipar riesgos, optimizar el monitoreo y proteger comunidades enteras antes de que sea demasiado tarde.

¿Puede la inteligencia artificial ayudar a vigilar la calidad del agua contaminada por arsénico?

"Si el arsénico es invisible, ¿podrá la inteligencia artificial hacerlo visible antes de que sea demasiado tarde?"



Cómo citar este artículo: Gurrola-Saldaña MD, Duque-Vazquez EF, Sánchez-Yáñez RE, Ramírez-Vázquez JA, Saldaña-Robles A. 2026. ¿Puede la inteligencia artificial ayudar a vigilar la calidad del agua contaminada por Arsénico? Revista Ciencia y Naturaleza (1252).



Agua cristalina... ¿pero realmente segura?

El agua puede verse cristalina, transparente y aparentemente pura, sin embargo, la apariencia no siempre garantiza seguridad. En muchas regiones llega como agua potable tratada, pero en otras proviene directamente de pozos subterráneos. El problema es que el agua puede verse limpia y aun así estar contaminada. Uno de los contaminantes más preocupantes es el arsénico (As), un elemento invisible sin color, olor, ni sabor que puede estar presente sin que lo notemos.

El As se encuentra de forma natural en rocas y minerales, pero también puede liberarse por actividades humanas como la minería, el uso de pesticidas agrícolas o procesos industriales (Figura 1). Por otro lado, a través de la lluvia, la infiltración y cambios en el suelo, puede llegar a los acuíferos que abastecen a miles de personas.



No es un problema aislado: países del sureste asiático como Bangladesh, India, Nepal y China encabezan los reportes de contaminación por As en aguas subterráneas, y en América se han identificado casos en Argentina, Bolivia, Estados Unidos y México. En nuestro país, estados como Sonora, Chihuahua, Zacatecas, Guanajuato y Querétaro han registrado presencia de As tanto de forma natural como por actividades humanas. Se estima que entre 94 y 220 millones de personas en el mundo podrían estar en riesgo de exposición a concentraciones elevadas de As en aguas subterráneas, lo que evidencia la magnitud global del problema.

El As está clasificado como carcinógeno y la exposición prolongada puede afectar la piel, pulmones, hígado y riñones, además de asociarse con daños al sistema nervioso y enfermedades cardiovasculares.



¿Por qué el As es tan peligroso?

Dato clave: El As es considerado carcinógeno por exposición prolongada, incluso en bajas concentraciones, puede generar efectos acumulativos en el organismo. Lo más preocupante es que sus síntomas pueden tardar años en manifestarse, lo que dificulta identificar la fuente del problema a tiempo.

Clasificado como carcinógeno, el arsénico representa un riesgo silencioso.

Imaginemos una comunidad rural donde el agua proviene de un pozo profundo perforado hace décadas. El agua es transparente, no tiene olor extraño y siempre ha sido considerada segura. Sin embargo, tras un análisis ocasional, se detectan concentraciones de As por encima del límite recomendado. Durante años, las familias consumieron esa agua sin saber que estaban expuestas a un alto riesgo. Este escenario no es hipotético: ocurre en distintas regiones del mundo donde el monitoreo es esporádico y los análisis de laboratorio son costosos o poco frecuentes. El problema no es solo la presencia del contaminante, sino la falta de información oportuna para detectarlo a tiempo.

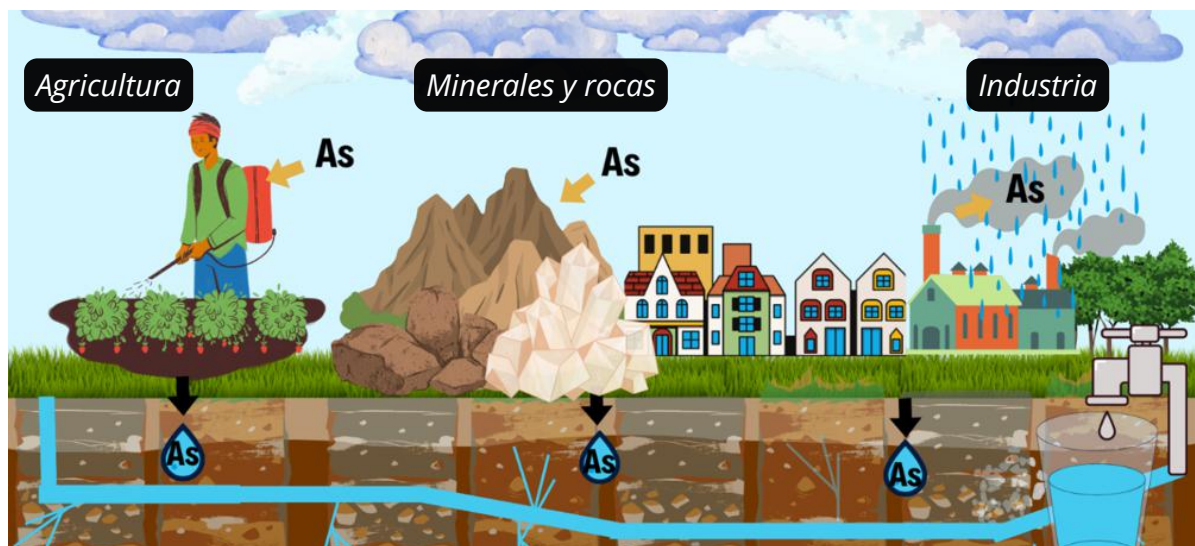


Figura 1. Cómo el As contamina el agua.



Frente a este panorama, surge una pregunta inevitable: ¿Existe una forma rápida y eficiente de detectar estos riesgos antes de que se conviertan en un problema de salud pública? ¿Podría la inteligencia artificial ser ese medio?

¿Qué es realmente la inteligencia artificial? Hoy en día el término inteligencia artificial (IA) está en todas partes. Seguramente has escuchado hablar de ChatGPT, Gemini o Copilot. Sin embargo, la IA va mucho más allá de estas aplicaciones. En términos generales, la inteligencia artificial es un conjunto de métodos computacionales capaces de analizar grandes cantidades de datos, identificar patrones y generar predicciones o recomendaciones basadas en la información disponible.

Aunque suele decirse que la IA "piensa", en realidad no razona ni comprende el mundo de la misma manera que los seres humanos. Su funcionamiento se basa en modelos matemáticos y estadísticos que aprenden relaciones a partir de ejemplos previamente observados.

IA en pocas palabras

Inteligencia artificial: Sistemas capaces de analizar grandes volúmenes de datos, identificar patrones y generar predicciones probabilísticas. No "piensan" como humanos; calculan escenarios con base en información previa.

Posteriormente, el modelo se entrena utilizando ejemplos en los que ya se conocen las concentraciones de As. Durante este proceso, el algoritmo ajusta automáticamente sus parámetros para identificar relaciones entre las variables ambientales y los niveles de contaminación observados. A diferencia de los sistemas tradicionales, que operan mediante reglas programadas explícitamente, muchos sistemas de IA pueden mejorar su desempeño cuando disponen de más datos o experiencias previas.



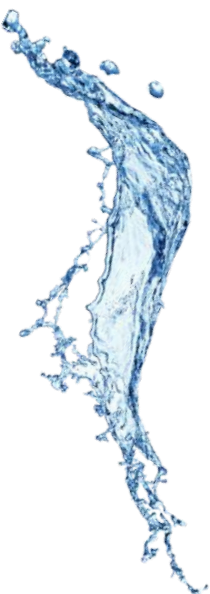
Sin embargo, la calidad de sus resultados depende en gran medida de la calidad y representatividad de la información utilizada para entrenarlos.

¿Cómo los datos ambientales se convierten en predicciones?

En el ámbito ambiental, lo anterior significa que la IA puede analizar variables como pH, temperatura, composición química o registros históricos de contaminación, y transformarlas en modelos predictivos. Es decir, convierte datos dispersos en información útil para anticipar riesgos.



Para construir estos modelos, primero se recopilan datos históricos de calidad del agua junto con variables ambientales relacionadas. Posteriormente, el sistema se “entrena” alimentándolo con esta información para que aprenda a reconocer patrones asociados a concentraciones altas o bajas de contaminantes como el As. Una vez entrenado, el modelo se valida con nuevos datos para evaluar su rendimiento.



Si los resultados son consistentes, puede utilizarse para estimar probabilidades de contaminación en zonas donde aún no se han realizado análisis recientes. De esta manera, la IA no reemplaza las mediciones físicas, sino que ayuda a dirigirlas de forma más estratégica. Por ejemplo, en el monitoreo del agua, existen métodos colorimétricos que detectan metales como As, cadmio o plomo mediante cambios de color. La IA puede analizar esas variaciones con algoritmos de reconocimiento de imagen, incluso usando cámaras de dispositivos móviles, reduciendo el error humano y mejorando la precisión. En los últimos años, diversos estudios han explorado el uso de la IA para apoyar el monitoreo del As en el agua.



Algunas investigaciones han empleado imágenes de pruebas colorimétricas capturadas con teléfonos móviles para estimar la concentración de este contaminante a partir de los cambios de color observados. Otras han utilizado modelos basados en datos ambientales y químicos para predecir la presencia o el comportamiento del arsénico en fuentes de agua subterránea y residual.



Detectar riesgos antes de que sea demasiado tarde. El verdadero potencial de la IA está en su capacidad preventiva. Al identificar patrones y tendencias, la IA puede ayudar a señalar zonas con mayor probabilidad de contaminación, optimizar puntos de muestreo y generar alertas tempranas (Figura 2). En lugar de reaccionar cuando el problema ya es evidente, permite anticiparse.

"El mayor peligro en tiempos turbulentos no es la turbulencia, es actuar con la lógica del pasado."
Peter Drucker

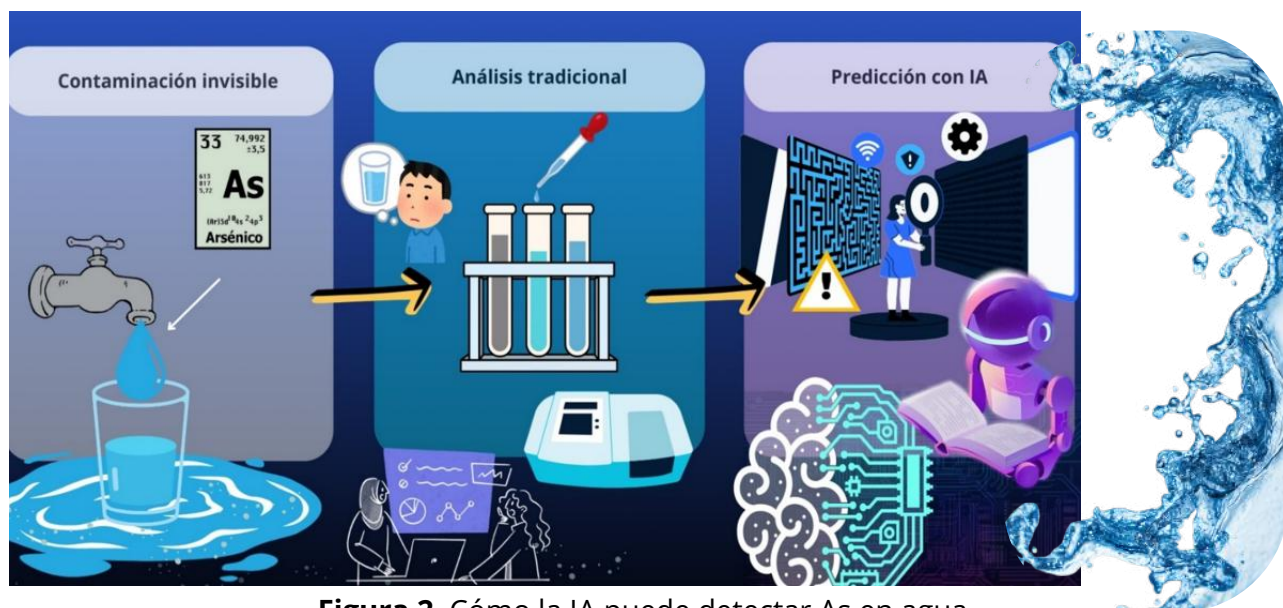


Figura 2. Cómo la IA puede detectar As en agua.

¿Puede un algoritmo salvarnos del agua contaminada?

Lo que la IA sí puede aportar. La IA tiene el potencial de transformar la manera en que vigilamos la calidad del agua. Puede acelerar el análisis de grandes volúmenes de datos, detectar patrones que pasarían desapercibidos para el ojo humano y mejorar los límites de detección de contaminantes como el As. Además, al automatizar procesos, puede reducir costos y facilitar el monitoreo en campo mediante sistemas portátiles y de bajo costo, incluso apoyados en dispositivos móviles (Figura 3).

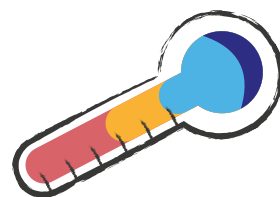
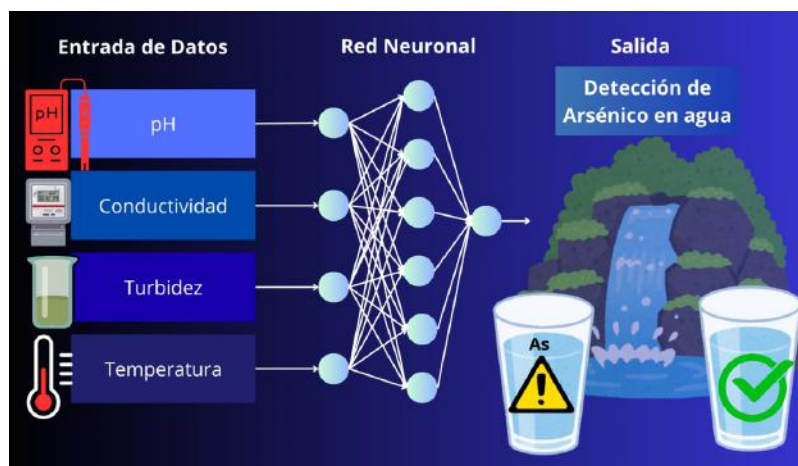


Figura 3. Ejemplo ilustrativo del comportamiento de una red neuronal (un método típico dentro de la IA) para la detección de As en agua tomando diferentes parámetros.

Otra de sus grandes fortalezas de la IA es su capacidad de integrar información ambiental, geográfica e histórica. Al combinar variables como características del suelo, registros previos de contaminación y condiciones climáticas, la IA puede construir modelos predictivos que identifiquen zonas de mayor riesgo. Esto permite optimizar recursos, enfocar esfuerzos de muestreo y actuar de manera preventiva en lugar de reactiva. En comunidades con recursos limitados, donde los análisis de laboratorio pueden ser costosos o poco frecuentes, estas herramientas podrían representar una alternativa accesible para fortalecer la vigilancia y mejorar la toma de decisiones en salud pública.



Lo que la IA no puede reemplazar. La IA no sustituye el muestreo físico ni los análisis de laboratorio. Su desempeño depende directamente de la calidad y representatividad de los datos utilizados durante el entrenamiento. Si la información es incompleta, sesgada o incorrecta, las predicciones también pueden serlo. Por esta razón, los resultados generados por la IA deben considerarse una herramienta de apoyo y no una evidencia definitiva.



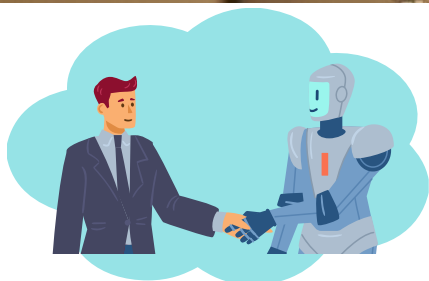
Además, los sistemas ambientales son complejos y están sujetos a cambios constantes, por lo que los modelos predictivos requieren validación y actualización continua. Aunque la IA puede ayudar a identificar riesgos y optimizar recursos, las decisiones relacionadas con la salud pública y la gestión del agua deben estar respaldadas por evidencia científica verificable y por la evaluación de especialistas.

En la era de los datos, ignorar la información puede ser más peligroso que el contaminante mismo.

La importancia de combinar tecnología y ciencia. La solución no está en reemplazar la ciencia tradicional, sino en complementarla. El monitoreo en campo, los análisis químicos de laboratorio y la inteligencia artificial pueden trabajar de manera conjunta para construir sistemas más rápidos, precisos y accesibles.

¿Qué ganamos al combinar ciencia e IA?

- Mayor velocidad en el análisis de datos
- Identificación temprana de zonas de riesgo
- Optimización de recursos de muestreo
- Sistemas portátiles de bajo costo
- Mejor toma de decisiones en salud pública



Mientras los métodos convencionales proporcionan evidencia confiable, la IA aporta capacidad predictiva y análisis a gran escala.

En un contexto donde millones de personas podrían estar expuestas a contaminantes invisibles como el arsénico, contar con herramientas capaces de identificar riesgos de manera temprana puede marcar la diferencia entre actuar de forma preventiva o reaccionar cuando el problema ya ha afectado a la población. La IA no sustituye el conocimiento científico ni la experiencia humana, pero puede fortalecer significativamente nuestra capacidad para vigilar la calidad del agua, priorizar recursos y respaldar decisiones informadas en salud pública y gestión ambiental.



Figura 4. Perspectivas a futuro sobre el uso de IA para estimar la calidad del agua.



Más que una tecnología del futuro, la IA representa una oportunidad para transformar la manera en que protegemos uno de los recursos más valiosos para la vida: el agua. Su verdadero potencial no radica únicamente en analizar datos, sino en convertir información compleja en acciones oportunas que contribuyan a prevenir riesgos, proteger comunidades y construir sistemas de monitoreo ambiental más eficientes y sostenibles (Figura 4). 

Para Consulta

- Frisbie SH, Mitchell EJ. 2022. Arsenic in drinking water: An analysis of global drinking water regulations and recommendations for updates to protect public health. PLoS One 17(4): e0263505. [\[Link\]](#)
- Haque E, Mailloux BJ, de Wolff D, et al. 2018. Quantitative drinking water arsenic concentrations in field environments using mobile phone photometry of field kits. Science of the Total Environment 618: 579-585. [\[Link\]](#)
- Pandey S, Mishra S. 2025. A review of sensing technologies for arsenic detection in drinking water. International Journal of Environmental Science and Technology 22(4): 2809-2832. [\[Link\]](#)
- Kumar S, Pati J. 2023. Machine learning approach for assessment of arsenic levels using physicochemical properties of water, soil, elevation, and land cover. Environmental Monitoring and Assessment 195(6): 641. [\[Link\]](#)

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por la beca otorgada (CVU 2144874) para realizar su Posgrado en Biociencias de la Universidad de Guanajuato.



Crédito de imágenes en orden de aparición: Manus 1.6 Lite, Alemedia.id, Getty Images, valueinvestor, Pexel, African Geek's Images, Aflo Images, Sensvector, Gambar Kunde harahap, Yunuen Reyes Castro, pixabay, Toku & Nana, Sabelskaya, McLittle. Crédito de figuras: Proporcionadas por los autores. Los autores confirmaron que ningún párrafo del manuscrito ha sido generado completamente o con más del 50% de sus palabras con esta herramienta.

Dra. Beatriz Escobar
Editora Asociada Revista CyN

Diseño de publicación: Sofia Paz



Monica Daniela Gurrola Saldaña

Su área de interés científico es la visión computacional y la predicción de contaminantes en el agua. Estudiante de Maestría en biociencias en el Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato.

contacto: md.gurrolasaldana@ugto.mx



Edgar Francisco Duque Vazquez

Doctor en Biociencias, especializado en inteligencia artificial, aprendizaje profundo y visión por computadora, con experiencia en el procesamiento y la segmentación de imágenes biomédicas, en el diseño y la optimización de arquitecturas de redes neuronales y en la investigación científica.

contacto: ef.duque@ugto.mx



Raúl E. Sánchez Yáñez

Universidad de Guanajuato DICIS, Salamanca, Gto. Sus áreas de interés científico son el desarrollo de Sistemas Inteligentes y la Visión Computacional (incluyendo Procesamiento y Análisis Digital de Imágenes, Reconocimiento de Patrones y Procesamiento Digital de Señales).

contacto: sanchezy@ugto.mx



Juan Antonio Ramírez Vázquez

Director de División Ciencias de la Vida y profesor del Departamento de Ciencias Ambientales de la Universidad de Guanajuato. Sus áreas de investigación son termodinámica, modelos de turbulencia, modelación y experimentación de combustión, flujo multifásico, postproceso de datos.

contacto: juan.ramirez@ugto.mx



Adriana Saldaña Robles

Directora y profesora del Departamento de Ingeniería Agrícola, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato, Irapuato, México. Sus áreas de investigación incluyen materiales para remover contaminantes, modelado ambiental, estudios relacionados con adsorción, análisis de imágenes y termodinámica.

contacto: adriana.saldana@ugto.mx