

Iván Andrés  
López Blanco\*

# Inteligencia artificial en la gestión hídrica: retos educativos, éticos y profesionales



## Resumen

En un contexto global marcado por la crisis hídrica y la acelerada transformación digital, este artículo sostiene que la inteligencia artificial (IA) constituye una herramienta estratégica para fortalecer la gestión sostenible del agua. Desde un enfoque interdisciplinario, se analiza su potencial para optimizar procesos técnicos y de aprendizaje inteligente, y se enfatiza en que su implementación debe estar guiada por una educación ambiental crítica y con fundamento ético, que forme profesionales con competencias técnicas, pensamiento sistémico y sensibilidad social. Se plantea que la integración efectiva y responsable de la IA requiere transformar los enfoques educativos actuales mediante programas formativos que articulen saber técnico, reflexión ética y comprensión del contexto social. Además, se advierte sobre el riesgo de ampliar las

\* Ingeniero ambiental de la Universidad Santo Tomás, Bogotá. Correo electrónico: ivanlopezb@usantotomas.edu.co; ORCID: 0009-0000-2925-3747.

## La IA se perfila como una tecnología con el potencial de transformar los paradigmas tradicionales de gestión del agua

desigualdades si no se garantizan marcos adecuados y equidad en el acceso a estas tecnologías, si se considera que las herramientas basadas en IA suelen implementarse primero en regiones desarrolladas, con economías sólidas y mejores condiciones sociales, lo que puede aumentar las brechas tecnológicas. Asimismo, se propone concebir la IA como una herramienta complementaria al juicio humano, con la cual las decisiones sigan siendo responsabilidad del profesional, quien debe articular su uso como un medio para la

toma de decisiones con responsabilidad ética y visión integral en escenarios de alta complejidad social y ambiental.

**Palabras clave:** inteligencia artificial (IA), herramienta, gestión hídrica, sostenibilidad, educación ambiental, ética, juicio profesional, toma de decisiones.

### Introducción

En la era digital, la inteligencia artificial (IA) se ha consolidado como una herramienta disruptiva que redefine múltiples sectores de la sociedad (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2024), con especial relevancia en la educación y la gestión ambiental (Camastra y Vallejo, 2025; Floridi et ál., 2018; Nictonplus, 2024). La convergencia de estas áreas adquiere particular importancia en la gestión del recurso hídrico (Ruiz, 2024), en la cual la complejidad de las problemáticas actuales exige enfoques innovadores que integren tecnología avanzada, formación especializada y sólidas consideraciones éticas. En este escenario, la IA aporta capacidades analíticas, predictivas que optimizan la toma de decisiones y mejoran la eficiencia en la gestión del agua (Marchese et ál., 2020; Parra-López et ál., 2025).

La crisis hídrica global es uno de los retos más urgentes de la época contemporánea que, además, está agravada por el cambio climático, el crecimiento demográfico, la urbanización descontrolada y la intensificación industrial; por ello, exige soluciones innovadoras y una gestión sin precedentes (Unicef, 2021). Según el *Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2023*, en el año 2020 cerca de 2000 millones de personas carecían de acceso a servicios de agua potable gestionados de forma segura, y aproximadamente 3600 millones no disponían de servicios de saneamiento adecuados (Unesco, 2023). Esta situación ejerce una presión crítica sobre los sistemas hídricos a nivel mundial.

Ante este panorama, la IA se perfila como una tecnología con el potencial de transformar los paradigmas tradicionales de gestión del agua (Bakker, 2012; Breña et ál., 2021; Ruiz, 2024; Unesco, 2025). Desde el análisis predictivo de la calidad del recurso hasta la optimización de sistemas de distribución y la detección temprana de contaminantes, la IA ofrece herramientas capaces de abordar la complejidad multidimensional de los sistemas hídricos. Estas capacidades permiten anticipar crisis, mejorar procesos y promover una gestión más eficiente y sostenible (Almheiri et ál., 2024; Chang et ál., 2023; Danish, 2022).

En ese sentido, se hace imperativo incorporar la IA en la formación de profesionales, la cual debe promover un uso responsable, equitativo y contextualizado (Bolón-Canedo et ál., 2024; Camastra y Vallejo, 2025; Nictonplus, 2024). En el sector hídrico esto implica transformar los enfoques educativos actuales, integrando competencias técnicas en IA junto con las habilidades críticas, éticas y sociales indispensables para enfrentar sus implicaciones en diversos contextos socioambientales (Almheiri et ál., 2024). No obstante, su implementación a gran escala plantea dilemas éticos, pedagógicos y sociales que deben abordarse de manera integral.

Surge entonces dos preguntas trascendentales: ¿cómo está transformando la inteligencia artificial los procesos de aprendizaje y la gestión educativa en el ámbito hídrico? y ¿qué implicaciones éticas y sociales plantea para el futuro de la educación y las profesiones vinculadas a la sostenibilidad del agua? Este dilema no es solo técnico, sino también social, político y ético, y está relacionado con la equidad, la justicia ambiental, la participación social y la sostenibilidad intergeneracional. Por ello, la integración de la IA contempla sus beneficios, así como sus riesgos y limitaciones.

Por ello, este artículo sostiene que, para que la IA contribuya de manera efectiva y ética a la sostenibilidad hídrica, debe fundamentarse en una educación ambiental crítica, interdisciplinaria y orientada éticamente. La IA debe considerarse una herramienta que complemente el juicio profesional, enriquezca el análisis técnico y fortalezca la toma de decisiones, siempre bajo una orientación humana reflexiva y contextualizada. Dado que el acceso al agua determina la vida de las comunidades y condiciona el futuro de las sociedades, formar profesionales capaces de enfrentar esta complejidad es una prioridad educativa y social urgente.

## Desarrollo

La implementación de sistemas de inteligencia artificial en la gestión del recurso hídrico está generando una revolución en las capacidades técnicas y operativas del sector (Breña et ál., 2021; Chang et ál., 2023; Danish, 2022). Esta transformación abarca múltiples dimensiones, incluidos el monitoreo y análisis de la calidad del agua, la optimización de sistemas complejos de distribución urbana, la gestión predictiva del comportamiento hídrico, la gestión de cuencas hidrográficas y la automatización de procesos de tratamiento (Nictoplus, 2024; Ruiz, 2024).

Asimismo, los algoritmos de *machine learning* han demostrado capacidades extraordinarias

en el procesamiento de volúmenes masivos de datos provenientes de redes de sensores distribuidas en sistemas hídricos. Estos sistemas pueden analizar simultáneamente múltiples parámetros físicos, químicos y biológicos del agua e identificar patrones complejos que serían imperceptibles para el análisis humano tradicional (Ghobadi y Kang, 2023). La capacidad de procesamiento de datos hidrológicos en tiempo real posibilita la detección temprana de eventos de inundación o sequía y la optimización eficiente de la gestión del recurso, con lo cual se alcanza una precisión que puede superar los métodos convencionales y permite una respuesta más rápida y efectiva ante emergencias (Nictoplus, 2024; Ruiz, 2024; Unesco, 2025).

En el ámbito de la gestión de cuencas hidrográficas, los modelos de IA están revolucionando la capacidad de simulación y predicción de escenarios complejos. Los sistemas de modelado basados en aprendizaje automático pueden integrar datos meteorológicos históricos y en tiempo real, información topográfica detallada, datos de uso del suelo, patrones de consumo humano y proyecciones climáticas para generar modelos predictivos sofisticados que facilitan la planificación estratégica a largo plazo y la toma de decisiones basada en evidencia científica robusta (Chang et ál., 2023; Danish, 2022).

De igual forma, la integración de sistemas expertos basados en IA está transformando los procesos de toma de decisiones operativas en el sector hídrico (Breña et ál., 2021). Estos sistemas pueden procesar simultáneamente múltiples fuentes de información, incluidas variables en tiempo real, datos históricos de consumo, información socioeconómica contextual, proyecciones demográficas y modelos climáticos, para generar recomendaciones operativas contextualizadas y optimizadas (Romero, 2024). Esta capacidad de síntesis multivariable y análisis integrado representa un salto cualitativo respecto a los enfoques sectoriales o

fragmentados que han caracterizado tradicionalmente la gestión hídrica.

En este sentido, se hace necesaria una transformación radical de los paradigmas educativos que esté orientada a formar profesionales híbridos, ya que la incorporación acelerada de la IA en diversos ámbitos genera una demanda urgente de perfiles capaces de integrar competencias y técnicas tradicionales, particularmente en ingeniería, hidrología y ciencias ambientales, y con habilidades avanzadas en ciencia de datos, programación, análisis algorítmico y modelado (Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2025). La convergencia interdisciplinaria obliga a las instituciones de educación superior a replantear profundamente sus estructuras curriculares, superar las metodologías pedagógicas tradicionales y rediseñar los enfoques de evaluación del aprendizaje, con el fin de responder a las complejas realidades de un mercado cada vez más interconectado, competitivo, dinámico y mediado por la tecnología (Chen et ál., 2020; Djalalov, 2023; Luckin et ál., 2016).

Las universidades que lideran esta transformación educativa han comenzado a desarrollar programas académicos innovadores que integran de manera orgánica el aprendizaje de técnicas avanzadas de *machine learning* y análisis de *big data*, junto con una comprensión contextualizada de los sistemas hídricos complejos (Ghobadi y Kang, 2023). Estos programas incluyen laboratorios virtuales avanzados donde los estudiantes pueden simular escenarios realistas de gestión hídrica utilizando algoritmos de IA de última generación, así como proyectos estratégicos con empresas del sector público y privado que permitan la aplicación práctica inmediata y contextualizada de los conocimientos adquiridos en el aula (Almheiri et ál., 2024; Patoucha y Gareiou, 2023).

Por tal motivo, la pedagogía asistida por IA debe incorporar metodologías innovadoras que prioricen el aprendizaje experiencial, la

resolución de problemas reales y el desarrollo de competencias metacognitivas, las cuales faculten a los estudiantes para reflexionar críticamente sobre sus propios procesos (Chen et ál., 2020; Djalalov, 2023). Los entornos de aprendizaje adaptativos, impulsados por algoritmos avanzados, personalizan las trayectorias formativas según las fortalezas, debilidades, estilos de aprendizaje y objetivos profesionales de cada estudiante. Estos sistemas identifican conceptos mal comprendidos, patrones de dificultad y sugieren recursos, ejercicios o enfoques pedagógicos alternativos para reforzar el aprendizaje y optimizar los resultados (Luckin et ál., 2016).

La transformación de la gestión educativa institucional debe estar impulsada por la implementación de sistemas de IA que optimicen la administración de programas formativos (Woolf, 2009). Las plataformas de IA educativa también contribuyen a democratizar el acceso a una educación de calidad en gestión hídrica mediante cursos en línea adaptativos, recursos inteligentes y tutorías virtuales accesibles desde regiones remotas o con infraestructura limitada (Analytikus, 2024). Esta democratización es imprescindible para fortalecer capacidades locales en comunidades que enfrentan obstáculos específicos y que han tenido históricamente un acceso limitado a formación especializada.

La implementación acelerada de soluciones basadas en IA para la gestión hídrica genera una serie de retos éticos y sociales emergentes que exigen explorar la complejidad de la justicia hídrica en la era digital (Floridi et ál., 2018). Estos dilemas no se limitan a aspectos técnicos, sino que involucran cuestiones relacionadas con la equidad en el acceso al agua, la justicia social, la participación democrática en la toma de decisiones y la sostenibilidad intergeneracional (Sultana, 2018). Frente a esta realidad, se vuelve imprescindible que tanto la comunidad educativa como los profesionales del sector desarrollem respuestas proactivas, dirigidas en análisis críticos y marcos éticos

sólidos que orienten el diseño, la implementación y el uso responsable de las tecnologías de IA aplicadas al agua (Bakker, 2012).

Por otro lado, uno de los riesgos más significativos es que la IA pueda amplificar las desigualdades existentes en el acceso al agua potable y al saneamiento básico. Debido a sus altos costos, complejidad técnica y requisitos de infraestructura digital, estas tecnologías podrían concentrarse en regiones desarrolladas, comunidades urbanas privilegiadas o sectores con mayor capacidad económica, lo cual ampliaría las brechas en el acceso equitativo a servicios hídricos de calidad. Esta concentración desigual puede generar situaciones en las que las comunidades con acceso a IA disfruten de sistemas de agua optimizados, eficientes y confiables, mientras que las marginadas sigan dependiendo de sistemas tradicionales, menos eficientes y más vulnerables (Van Deursen y Van Dijk, 2019). Esto perpetuaría injusticias históricas y crearía nuevas formas de exclusión social.

Por esta razón, la dependencia creciente de sistemas algorítmicos para la gestión hídrica genera vulnerabilidades técnicas con impactos desproporcionados en las poblaciones más vulnerables. Fallos en los algoritmos de distribución, ataques cibernéticos a sistemas automatizados o errores en modelos predictivos podrían tener consecuencias devastadoras para comunidades sin sistemas de respaldo, capacidades técnicas locales o recursos económicos para responder rápidamente.

La complejidad inherente de los algoritmos de *machine learning* empleados en la gestión hídrica genera retos importantes relacionados con la transparencia, la interpretabilidad y la rendición de cuentas democrática. Los modelos de *deep learning*, aunque demuestren alta efectividad en términos de precisión predictiva y optimización operativa, funcionan frecuentemente como “cajas negras” cuyas decisiones son extremadamente difíciles de explicar, auditar o validar mediante métodos independientes

accesibles para ciudadanos comunes o representantes comunitarios (Danish, 2022).

Esta opacidad algorítmica es particularmente problemática en el panorama de la gestión de servicios públicos esenciales como el agua, en la cual las decisiones automatizadas pueden afectar directamente la salud, el bienestar y los derechos fundamentales de comunidades enteras. Además, la falta de transparencia en los procesos de toma de decisiones algorítmicas puede perjudicar la confianza pública, limitar la participación ciudadana informada y dificultar la rendición de cuentas democrática de las instituciones responsables de la gestión hídrica (Almheiri et ál., 2024; Bakker, 2012).

Por otro lado, la automatización impulsada por IA transforma el panorama laboral en el sector hídrico, ya que genera tanto oportunidades como retos significativos para los trabajadores actuales y futuros (Breña et ál., 2021). Mientras que algunos empleos tradicionales, particularmente aquellos que involucran tareas rutinarias de monitoreo, mantenimiento básico o análisis de datos simples pueden volverse obsoletos debido a la automatización, emergen simultáneamente nuevas categorías profesionales que requieren competencias altamente especializadas en la intersección entre tecnología avanzada, ciencias ambientales y gestión social.

Por consiguiente, la educación contemporánea en gestión hídrica asistida por IA debe desarrollar no solo competencias técnicas especializadas y actualizadas, sino también capacidades críticas, reflexivas y éticas que permitan

## La automatización

impulsada por IA

transforma el panorama

laboral en el sector hídrico,

ya que genera tanto

oportunidades como retos

significativos para los

trabajadores actuales y

futuros

## Los programas educativos deben promover la colaboración estrecha entre estudiantes de diversas áreas, a través de espacios en los que ingenieros ambientales, hidráulicos, científicos de datos, sociólogos, economistas y antropólogos trabajen juntos en proyectos comunes

a los profesionales evaluar rigurosamente las limitaciones, identificar sistemáticamente los sesgos y gestionar proactivamente los riesgos asociados con los sistemas algorítmicos complejos (Mittelstadt, 2019). Esta formación debe preparar a los futuros profesionales para funcionar como mediadores críticos de la tecnología, capaces de cuestionar sistemáticamente los resultados de la IA, validar sus recomendaciones mediante métodos independientes y mantener un juicio profesional autónomo y contextualizado.

De tal forma, los estudiantes deben desarrollar habilidades sofisticadas de análisis crítico que les permitan identificar las situaciones en las que la intervención humana directa sea indispensable, las consideraciones éticas deban prevalecer sobre las optimizaciones técnicas y la participación social deba complementar las re-

comendaciones algorítmicas (Floridi et ál., 2018); es decir, en situaciones en las que esta capacidad de discernimiento crítico sea relevante para evitar la sobredependencia tecnológica y preservar el carácter intrínsecamente humano y social de la gestión hídrica.

En ese mismo sentido, la formación profesional debe incluir componentes éticos sólidos que preparen a futuros especialistas para enfrentar dilemas morales complejos derivados de decisiones algorítmicas que puedan entrar en conflicto con aspectos sociales, ambientales, culturales o de equidad (Mittelstadt, 2019). Los

profesionales en gestión hídrica deben actuar como intermediarios culturales y técnicos, capaces de traducir conocimientos complejos a lenguajes accesibles para comunidades locales, tomadores de decisiones, organizaciones civiles y medios de comunicación. La comunicación intercultural e interdisciplinaria resulta esencial para asegurar que los beneficios de la IA sean accesibles y comprensibles para todos los actores involucrados en la gestión hídrica (Romero, 2024).

Así, los retos complejos de la gestión hídrica exigen enfoques interdisciplinarios que integren perspectivas técnicas, sociales, económicas, políticas, culturales y éticas (Bakker, 2012). Esta integración debe ir más allá de la simple suma de disciplinas, pues debe construir marcos conceptuales que faciliten el diálogo y la síntesis creativa entre distintos saberes. Los programas educativos deben promover la colaboración estrecha entre estudiantes de diversas áreas, a través de espacios en los que ingenieros ambientales, hidráulicos, científicos de datos, sociólogos, economistas y antropólogos trabajen juntos en proyectos comunes. Estos espacios deben superar las barreras comunicativas y conceptuales que históricamente han separado estas disciplinas (Analytikus, 2024).

No obstante, la convergencia acelerada entre IA y gestión hídrica crea nuevos perfiles profesionales que requieren combinar competencias tradicionalmente separadas en distintos campos (Chen et ál., 2020). Estas funciones representan una evolución en las profesiones ambientales y demandan enfoques educativos innovadores que trasciendan las fronteras académicas. De tal manera, surgen nuevas ramas del conocimiento actualizadas tanto en ciencias del agua (hidrología, geología, química, hidráulica) como en ciencia avanzada de datos (*machine learning, big data, modelado predictivo, visualización de datos*) (Danish, 2022).

Estos profesionales deben diseñar, implementar y gestionar sistemas de monitoreo

inteligente y desarrollar modelos predictivos para la gestión hídrica, que integren conocimientos previos y técnicas matemáticas comprobadas (Camastra y Vallejo, 2025). El reto principal consiste en utilizar la inteligencia artificial de manera ética para generar nuevo conocimiento y soluciones, para lo cual se deben dominar tanto los fundamentos de la ingeniería tradicional, como las técnicas avanzadas de automatización, control inteligente y optimización algorítmica (Floridi et ál., 2018). El objetivo es diseñar y mantener sistemas hídricos que integren componentes físicos convencionales con tecnologías basadas en IA, y asegurar eficiencia técnica y confiabilidad operativa (Ruiz, 2024). Para ello, los profesionales deben desarrollar marcos éticos aplicables a contextos hídricos, auditar algoritmos para identificar posibles sesgos y fomentar la participación comunitaria en la toma de decisiones tecnológicas.

En efecto, se plantea la necesidad de una reconversión profesional y una educación orientada a la transición tecnológica en la que los profesionales tradicionales del sector hídrico deben adquirir nuevas competencias para seguir siendo relevantes y efectivos en un entorno en constante evolución tecnológica. Esta reconversión no implica que todos deban ser expertos en programación o análisis algorítmico, sino que deben adquirir una “alfabetización crítica en IA” (Veldhuis et ál., 2025). Esta alfabetización incluye comprender las capacidades y limitaciones de las herramientas de IA en la gestión hídrica, interpretar críticamente sus resultados, identificar cuándo es necesaria la supervisión humana y colaborar efectivamente con especialistas tecnológicos, sin perder la perspectiva crítica y contextual que aporta la experiencia profesional.

De este modo, las instituciones educativas deben ofrecer programas que reconozcan la experiencia de los profesionales y proporcionen

herramientas conceptuales y prácticas para afrontar el nuevo entorno tecnológico. La transformación educativa impulsada por la IA representa una oportunidad para democratizar el acceso a una formación de calidad en gestión hídrica (Analytikus, 2024). Las plataformas de aprendizaje inteligente pueden llevar capacitación especializada a regiones remotas y comunidades con recursos limitados. No obstante, esta democratización debe planificarse con cuidado para no reproducir desigualdades, ya que el acceso digital depende de infraestructura, conectividad y habilidades tecnológicas, cuyas diferencias en distribución persisten (Van Deursen y Van Dijk, 2019). Así, las estrategias deben orientarse hacia la mejora de la infraestructura tecnológica, la alfabetización digital y la contextualización de los contenidos.

Con esta perspectiva, para que la IA contribuya de manera efectiva y ética a la sostenibilidad hídrica global, la educación debe basarse en principios sólidos de pensamiento crítico, interdisciplinariedad genuina, compromiso ético y justicia (Mittelstadt, 2019; Sultana, 2018). Estos principios deben traducirse en metodologías pedagógicas concretas y criterios de evaluación pertinentes. En este contexto, el pensamiento crítico aplicado a la IA en el manejo del agua demanda cuestionar de manera sistemática las soluciones tecnológicas, evaluar sus impactos en distintos grupos sociales, detectar sesgos potenciales en algoritmos y datos, y proponer alternativas que prioricen la justicia social y la sostenibilidad ambiental.

El reto principal  
consiste en utilizar  
la inteligencia  
artificial de manera  
ética para generar  
nuevo conocimiento  
y soluciones, para  
lo cual se deben  
dominar tanto los  
fundamentos de la  
ingeniería tradicional

## Las plataformas de aprendizaje inteligente pueden llevar capacitación especializada a regiones remotas y comunidades con recursos limitados

### **Conclusiones**

La integración de la inteligencia artificial en la gestión sostenible del agua ofrece una oportunidad transformadora única, aunque también plantea retos complejos que requieren respuestas educativas innovadoras, éticas y responsables. Por ello, este artículo sostiene que la transformación del aprendizaje y la gestión educativa en este campo debe basarse en principios éticos que fomenten una educación integral orientada al uso crítico y comprometido de la tecnología. En virtud de ello, la academia tiene la responsabilidad de impulsar programas interdisciplinarios que combinen competencias

técnicas avanzadas con una sólida base ética, conciencia social y pensamiento crítico. Formar profesionales híbridos, capaces de manejar algoritmos y datos con una comprensión de los contextos sociales, culturales y ambientales, resulta indispensable para enfrentar eficazmente las problemáticas actuales.

Los dilemas éticos y sociales identificados demandan con urgencia marcos regulatorios adecuados y contextualizados, así como mecanismos accesibles de transparencia algorítmica y estrategias inclusivas que eviten ampliar las brechas en el acceso equitativo al agua potable y saneamiento básico. En este sentido, la educación debe preparar proactivamente a los futuros profesionales para liderar estos escenarios de transformación social y tecnológica, a través de la formación de agentes de cambio comprometidos con la justicia social, la equidad intergeneracional y la sostenibilidad ambiental. Por ello, la IA debe concebirse, diseñarse e implementarse como una herramienta complementaria que fortalezca el

juicio profesional humano, no como su sustituto. Su efectividad y legitimidad social dependen, entonces, de una integración cuidadosa del conocimiento experto, de la participación de los actores involucrados y de un compromiso ético enfocado en la sostenibilidad y la justicia en todas sus dimensiones.

Por lo tanto, el futuro de la gestión hídrica en la era de la IA dependerá de nuestra capacidad colectiva para formar profesionales que, además de dominar herramientas tecnológicas avanzadas, posean sabiduría práctica, sensibilidad social y un compromiso ético firme. Estas cualidades serán esenciales para aplicar la IA en beneficio del bien común, la justicia social y la sostenibilidad. De tal modo, la IA no reemplaza sino potencia la inteligencia humana colectiva, y amplía nuestra capacidad para cuidar, proteger, gestionar y distribuir de manera justa y sostenible uno de los recursos más vitales: el agua. Así, la educación se convierte en el espacio decisivo que definirá si esta promesa tecnológica se traduce en beneficios reales para la humanidad o, por el contrario, reproduce y profundiza desigualdades que generen nuevas formas de exclusión.

La responsabilidad que recae sobre las instituciones educativas, los docentes, los profesionales del sector hídrico y los tomadores de decisiones es enorme. Todos debemos asegurar que la revolución de la IA en la gestión del agua contribuya a un mundo más justo, equitativo y sostenible, donde el acceso al agua sea un derecho garantizado y se gestione con inteligencia y respeto por la dignidad humana y la integridad ambiental. En este sentido, la educación ambiental crítica debe fomentar una comprensión sistémica y contextualizada del panorama hídrico, además de reconocer las complejas interconexiones entre factores técnicos, sociales, económicos, políticos, culturales y ecológicos.

Finalmente, la IA debe concebirse como una herramienta poderosa, pero no neutral, ya que su diseño y uso incorporan sesgos y dinámicas

de poder que deben ser analizados y debatidos. Por ello, el juicio profesional es vital para decidir cómo integrarla, combinándola con la experiencia acumulada para generar sinergias significativas. De esta manera, las metodologías pedagógicas deben promover un aprendizaje

experiencial auténtico, vinculado a situaciones reales, a la resolución de problemas complejos y a la reflexión crítica sobre las implicaciones sociales, éticas, políticas y ambientales de las soluciones tecnológicas.

## REFERENCIAS

- ALMHEIRI, M. S. M. A., BASHIR, H., OJIAKO, U., HARIDY, S. Y SHAMSUZZAMAN, M. (2024). Examining the challenges of implementing artificial intelligence in the water supply sector: A case study. *Water*, 16(23), 3539. <https://doi.org/10.3390/W16233539>
- ANALYTIKUS. (2024). *El futuro de la educación y la inteligencia artificial: Acceso global y democratización de la educación*. <https://es.analytikus.com/post/el-futuro-de-la-educaci%C3%B3n-y-la-inteligencia-artificial-acceso-global-y-democratizaci%C3%B3n-de-la-educac>
- BAKKER, K. (2012). Water security: Research challenges and opportunities. *Science*, 337(6097), 914-915. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.1226337>
- BOLÓN-CANEDO, V., MORÁN-FERNÁNDEZ, L., CANCELA, B. Y ALONSO-BETANZOS, A. (2024). A review of green artificial intelligence: Towards a more sustainable future. *Neurocomputing*, 599, 128096. <https://doi.org/10.1016/J.NEUROCOMPUTING.2024.128096>
- BREÑA, A., BADO, D., GONZÁLEZ, F. Y ARRIAGA, J. (2021). *Inteligencia artificial y transformación digital para la seguridad hídrica*. Unesco. [https://www.cershi.org/images/nuestra-labor/publicaciones/PDF/2022/Inteligencia\\_artificial\\_SegHid.pdf](https://www.cershi.org/images/nuestra-labor/publicaciones/PDF/2022/Inteligencia_artificial_SegHid.pdf)
- CAMAESTRA, F. D. Y VALLEJO, R. G. (2025). Inteligencia artificial, sostenibilidad e impacto ambiental. Un estudio narrativo y bibliométrico. *Región Científica*, 4(1), 2025355. <https://doi.org/10.58763/RC2025355>
- CHANG, F. J., CHANG, L. C. Y CHEN, J. F. (2023). Artificial intelligence techniques in hydrology and water resources management. *Water*, 15(10), 1846. <https://doi.org/10.3390/W15101846>
- CHEN, X., XIE, H., ZOU, D. Y HWANG, G. J. (2020). Application and theory gaps during the rise of artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 1, 100002. <https://doi.org/10.1016/J.CAEAI.2020.100002>
- DANISH, M. (2022). Artificial intelligence and machine learning in water resources engineering. En *Current directions in water scarcity research* (vol. 7, pp. 3-14). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91910-4.00001-7>
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN (DNP). (2024). *Nace una nueva política nacional de inteligencia artificial (IA)*. [https://www.dnp.gov.co/Prensa\\_Noticias/Paginas/nace-una-nueva-politica-nacional-de-inteligencia-artificial-ia.aspx](https://www.dnp.gov.co/Prensa_Noticias/Paginas/nace-una-nueva-politica-nacional-de-inteligencia-artificial-ia.aspx)
- DJALALOV, M. (2023). Digital challenges in education. *Uzbek Journal of Law and Digital Policy*, 2(2). <https://doi.org/10.59022/UJLDP.127>
- FLORIDI, L., COWLS, J., BELTRAMETTI, M., CHATILA, R., CHAZERAND, P., DIGNUM, V., LUETGE, C., MADELIN, R., PAGALLO, U., ROSSI, F., SCHAFER, B., VALCKE, P. Y VAYENA, E. (2018). AI4People—An ethical framework for a good AI society: Opportunities, risks, principles, and recommendations. *Minds and Machines*, 28, 689-707. <https://doi.org/10.1007/S11023-018-9482-5>
- GHOBADI, F. Y KANG, D. (2023). Application of machine learning in water resources management: A systematic literature review. *Water*, 15(4), 620. <https://doi.org/10.3390/W15040620>
- LUCKIN, R., HOLMES, W., GRIFFITHS, M. Y FORCIER, L. B. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in Education*. Pearson. [https://www.researchgate.net/publication/299561597\\_Intelligence\\_Unleashed\\_An\\_argument\\_for\\_AI\\_in\\_Education](https://www.researchgate.net/publication/299561597_Intelligence_Unleashed_An_argument_for_AI_in_Education)
- MARCHESE, D., JIN, A., FOX-LENT, C. Y LINKOV, I. (2020). Resilience for smart water systems. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 146(1). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0001130](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001130)
- MITTELSTADT, B. (2019). Principles alone cannot guarantee ethical AI. *Nature Machine Intelligence*, 1, 501-507. <https://doi.org/10.1038/S42256-019-0114-4>
- NICTONPLUS. (2024). *El papel de la inteligencia artificial en la gestión de recursos hídricos*. <https://www.nictonplus.com/el-papel-de-la-inteligencia-artificial-en-la-gestion-de-recursos-hidricos/>
- PARRA-LÓPEZ, C., BEN ABDALLAH, S., GARCIA-GARCIA, G., HASSOUN, A., TROLLMAN, H., JAGTAP, S., GUPTA, S., AIT-KADDOUR, A., MAKMUANG, S. Y CARMONA-TORRES, C. (2025). Digital technologies for water use and

- management in agriculture: Recent applications and future outlook. *Agricultural Water Management*, 309, 109347. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2025.109347>
- PATOUCHA, A. Y GAREIOU, Z. (2023). The role of artificial intelligence in environmental sustainability. *E3S Web of Conferences*, 585. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202458511011>
- ROMERO, G. (2024). Binomio IA-Agua: la revolución digital de la gestión hídrica. *Retema: Revista Técnica de Medio Ambiente*, 37, (252), 58-69. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9471497>
- RUIZ, J. (2024). *Inteligencia artificial y gestión del agua*. La Escuela del Agua. <https://www.laesueladelagua.com/ia-y-gestion-del-agua/>
- SULTANA, F. (2018). Water justice: Why it matters and how to achieve it. *Water International*, 43(4), 483-493. <https://doi.org/10.1080/02508060.2018.1458272>
- UNESCO. (2023). *Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2023*. Naciones Unidas. <https://doi.org/10.18356/9789233002128>
- UNESCO. (2025). *Aplicaciones de la inteligencia artificial para la gestión del agua*. Unesco. <https://www.unesco.org/en/articles/artificial-intelligence-applications-water-management>
- UNICEF. (2021). *Miles de millones de personas se quedarán sin acceso a servicios de agua potable, saneamiento e higiene antes de 2030 a menos que el progreso se multiplique por cuatro, advierten la OMS y UNICEF*. Unicef. <https://www.unicef.org/es/comunicados-prensa/miles-de-millones-de-personas-se-quedaran-sin-acceso-a-servicios-de-agua-potable>
- UNIVERSIDAD ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO. (2025). *Curso Aplicaciones de modelos de inteligencia artificial en los recursos hídricos*. <https://www.escuelaing.edu.co/es/programas/curso-aplicaciones-de-modelos-de-inteligencia-artificial-en-los-recursos-hidricos/>
- VAN DEURSEN, A. J. A. M. Y VAN DIJK, J. A. G. M. (2019). The first-level digital divide shifts from inequalities in physical access to inequalities in material access. *New Media and Society*, 21(2), 354-375. <https://doi.org/10.1177/1461444818797082>
- VELDHUIS, A., LO, P. Y., KENNY, S. Y ANTLE, A. N. (2025). Critical artificial intelligence literacy: A scoping review and framework synthesis. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 43, 100708. <https://doi.org/10.1016/J.IJCCI.2024.100708>
- WOOLF, B. P. (2009). *Building intelligent interactive tutors: Student-centered strategies for revolutionizing e-learning*. Morgan Kaufmann. [https://booksite.elsevier.com/samplechapters/9780123735942/Sample\\_Chapters/01-Front\\_Matter.pdf](https://booksite.elsevier.com/samplechapters/9780123735942/Sample_Chapters/01-Front_Matter.pdf)

