

LA PARADOJA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL: HERRAMIENTA QUE MEJORA EL ESTRÉS HÍDRICO Y A SU VEZ CONSUMIDORA INSACIABLE DE AGUA¹

Griselda FERRARA DE GINER²

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso imprescindible para todos los seres vivos e incluimos en esta globalidad a los seres humanos. Bien lo expresa esta declaración de las Naciones Unidas incluida en los Objetivos del Desarrollo del Milenio del año 2000, y que reza: “*Todos los habitantes del planeta Tierra deben tener acceso y gozar de un suministro de agua seguro, confiable y a un costo razonable, en cantidades necesarias para satisfacer requerimientos humanos esenciales y la eliminación sanitaria de sus excretas*”. Palabras esclarecedoras de la importancia del recurso hídrico para todos y cada uno de los habitantes del planeta, erigiéndose como un bien público global.

En efecto, el recurso agua es vital para la especie humana y toda la fauna y flora que nos acompaña en el ecosistema Tierra. Solo podemos vivir sin agua unos pocos días al requerirla para cumplir todas nuestras funciones fisiológicas vitales. Adicionalmente, el agua es indispensable para el desarrollo de las sociedades, su ausencia o restricciones para obtenerla es un factor limitante en el progreso y crecimiento económico de las naciones y además juega un rol crucial en la regulación del clima, el mantenimiento de la biodiversidad, la producción de alimentos y la salud pública. Prácticamente no existe actividad humana que no requiera agua, sea directa o indirectamente. Todos los sectores económicos la requieren sean actividades agropecuarias, industriales o de servicios.

En la actualidad, estos requerimientos de agua, están amenazados por una escasez que cada día se hace más aguda. Citando una publicación de la prestigiosa Universidad de las Naciones Unidas (ONU-INWEH), de enero de 2026 y con la autoría de Madani y donde se introduce el impactante y novedoso concepto de *bancarrota hídrica global*, se destacan números de la población mundial afectada, que, aproximadamente alcanzan a 2.000 millones de personas (25-27% de la población mundial) quienes carecen de acceso a servicios de agua potable gestionados de forma segura. Además unas 4.000 millones de personas (la mitad de la población mundial) sufre escasez severa de agua durante al menos un mes al año y alrededor del 10% de la población mundial vive en países con un nivel de estrés hídrico alto o crítico. Recordemos que se entiende por estrés hídrico la situación cuando la disponibilidad de agua es menor a 1.700 m³/persona.año (WWAP, 2013).

Puede decirse que la disponibilidad de agua por persona se ha reducido en la última década en alrededor del 7% (Madani,

2026). Cifra que unida a las anteriores nos muestra la grave crisis hídrica que atravesamos en la actualidad.

También la publicación de ONU-INWEH (Madani, 2026), destaca, con base a datos de la OMM, que el mundo pierde 324.000 millones de metros cúbicos de agua dulce anualmente debido a sequías y mala gestión y que un recurso tan importante como las aguas subterráneas solo el 38% de los pozos monitoreados a nivel mundial presentan niveles normales, el resto muestra un agotamiento acelerado. Así mismo, otros datos nos indican que los humedales han perdido más de 4,1 millones de km² de área en las últimas cinco décadas.

Por otra parte, el aumento de la demanda global de agua se ha elevado en un 25% desde el año 2000, lo que representa un incremento anual sostenido del 1% (Banco Mundial, 2025). La agricultura sigue siendo el mayor consumidor global de agua con más del 70% de las extracciones de agua dulce (Madani, 2026).

Ante este panorama tan desalentador frente a las disponibilidades del recurso agua, nos preguntamos qué puede hacer la tecnología para optimizar los recursos hídricos planetarios cada vez más escasos.

Actualmente tenemos a mano una herramienta tecnológica como la Inteligencia Artificial (IA) que tiene capacidad para gestionar con gran eficiencia tal carencia y que nos puede llevar a sobrellevar el estrés hídrico en muchos aspectos. La IA tiene el potencial de mejorar la práctica de la agricultura con gran ahorro de agua para riego, la gestión de las cuencas e inundaciones, una respuesta precisa al funcionamiento, emergencias y mantenimiento de los sistemas de suministro de agua a las poblaciones y la reducción de las complejidades de las plantas depuradoras de aguas residuales, entre muchas otras situaciones del acontecer cotidiano. En suma, la IA permite contar con modelos predictivos utilizando algoritmos para anticipar la disponibilidad de agua combinando datos meteorológicos e hidrológicos, cuestión vital para planificar extracciones sostenibles en escenarios de cambio climático, también permite la optimización del ciclo del agua y simula comportamiento de las redes de abastecimiento usando gemelos digitales que predicen respuestas tempranas ante averías o cambios de demanda (UN, 2024; WWDR, 2024).

No obstante, desde otro punto de vista, no podemos dejar de tomar en cuenta el consumo de agua asociado a la

¹ Palabras clave: Estrés hídrico, inteligencia artificial, consumo de agua de la IA

² Universidad Central de Venezuela/Academia Venezolana de la Ingeniería y el Hábitat

infraestructura tecnológica que permite el funcionamiento de los modelos de IA, en particular los sistemas de alto rendimiento computacional que operan en centros de datos (data centers) distribuidos por todo el planeta operando día y noche para entrenar, almacenar y ejecutar millones de peticiones algorítmicas cada segundo. Esta tecnología requiere grandes volúmenes de agua para los sistemas de refrigeración de los ordenadores y mantener las condiciones térmicas adecuadas. Es el caso de los modelos de IA generativa como ChatGPT, Bard, Gemini o Copilot, cuyo entrenamiento y operación implica un uso intensivo de energía y agua compitiendo con las necesidades tradicionales de agua para las diferentes actividades humanas y con implicaciones directas sobre la sostenibilidad ecológica del planeta (UNESCO, 2024; Ramírez y Litardo, 2025).

A continuación, se detallará la dualidad de la IA como herramienta tecnológica que nos ayuda a enfrentarnos al estrés hídrico y optimizar la pérdida de recursos hídricos a nivel global para los diferentes usos convencionales del agua y por otra parte su consumo de millones de litros de agua para sus sistemas de refrigeración, compitiendo así con los usos tradicionales del recurso en territorios ya afectados por la escasez hídrica.

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL TIENE UN PAPEL CRUCIAL OPTIMIZANDO LA GESTIÓN DEL RECURSO AGUA

La IA ya se está utilizando con éxito en muchos de los usos tradicionales del agua para conseguir cotas de excelencia en su gestión. La agricultura, los sistemas de distribución del agua, los sistemas de alerta temprana para inundaciones y la optimización en plantas de tratamiento de aguas residuales, entre otros, son rubros del uso del agua en las actividades humanas donde la IA ha servido eficazmente tanto para mejorar las predicciones de eventos catastróficos como las inundaciones, así como optimizar el uso del recurso hídrico con el consiguiente alivio de muchos casos de estrés hídrico en las regiones. Vamos a utilizar estos rubros en particular, como ejemplo de las bondades de la IA en ayudarlos a mejorar su desempeño ahorrando al mismo tiempo agua.

Agricultura: Vamos a empezar con el caso de la agricultura, que es la principal actividad humana consumidora de agua dulce a nivel global, como se expresó anteriormente. Los requerimientos de alimentos están creciendo mundialmente por el incremento de la población y los métodos tradicionales usados por los agricultores no son suficientes para llenar estos requerimientos. La IA se ha convertido en una revolución en la agricultura. En aplicaciones como el riego, el control de malezas, la fumigación con ayuda de sensores incorporados en robots y drones se ha conseguido ahorrar en el uso de agua en exceso y también de pesticidas y de herbicidas manteniendo al mismo tiempo la fertilidad del suelo y también ayudando en el uso eficiente de la mano de obra y elevando la productividad y mejorando la calidad (Talaviya et al., 2020; FAO, 2023).

El Banco Mundial plantea la urgencia de transformar la gestión del agua para uso agrícola, pese a que, sabemos que en los últimos 20 años se ha logrado alimentar a 2.000 millones de personas adicionales, una cifra digna de tomarse en cuenta, pero lastimosamente con prácticas agrícolas que suponen un alto costo ambiental. Se proyecta que para 2050 la población mundial alcance 10.000 millones y el sistema agrícola actual solo puede sostener de forma saludable y ambiental a menos de la mitad. (Talbi et al., 2026).

Por lo tanto, los expertos del Banco Mundial proponen un cambio en la forma de pensar la agricultura y el agua. Cambiar el enfoque de simplemente construir canales y presas (hardware) a gestionar servicios de agua eficientes, con gobernanza clara y rendición de cuentas, priorizando el uso de datos y tecnología (análisis geoespacial, satélites e IA) para tomar decisiones basadas en evidencia transparente, a la luz de los objetivos del Banco como es el caso de subsidios. Así, propone uso de satélites de alta resolución para medir la evapotranspiración casi en tiempo real y junto con el uso de IA en modelos que procesan datos térmicos y ópticos para determinar cuánta agua está consumiendo realmente un cultivo y conocer si la evapotranspiración se mantiene dentro de límites sostenibles, así como detección de anomalías con algoritmos que detectan patrones de uso inusuales. El Banco Mundial sugiere crear modelos digitales de cuencas (Digital Twins) que simulan todo el ciclo del agua de una región. La IA puede predecir escenarios y permite a los gestores del agua cerrar compuertas o limitar bombeos antes de que una sequía sea crítica, basándose en modelos climáticos avanzados. También analiza imágenes satelitales que permiten ver si se dejan rastros en el suelo, que es una práctica positiva que ahorra agua y mantiene la humedad del suelo (Talbi et al., 2026).

También la IA optimiza el uso del agua agrícola de otras maneras, alcanzando lo que se denomina Agricultura de Precisión. Los objetivos principales son optimizar el uso del agua, de los fertilizantes, de los plaguicidas y de la energía, al mismo tiempo que se maximiza el rendimiento de las cosechas frente al cambio climático. También se usan modelos que ajustan la planificación de siembra según los pronósticos climáticos a largo plazo.

Los métodos tradicionales propios de la agricultura se pueden resumir en: a) riego, basado en horarios fijos, b) aplicación uniforme de plaguicidas en todo el lote, c) detección de maleza por inspección visual humana, que es lenta; y todo lo cual conduce a: d) altos costos insumos y mano de obra. Estos métodos tradicionales son sustituidos por métodos usando IA, con lo cual a) se usa el riego inteligente basado en mediciones de humedad real y clima, que deciden la cantidad exacta de agua y el momento preciso para regar, evitando el desperdicio por evaporación o filtración excesiva, b) la aplicación de plaguicidas localizada solo en los focos de infección en lugar de fumigar todo un campo, lo que puede reducir el uso de químicos hasta en un 90%, y así se optimiza en forma indirecta el uso del agua, c) la detección de maleza por escaneo con drones y sensores y donde la IA identifica en

tiempo real quién es un cultivo y quién es maleza, al transformar el campo en un tablero de datos donde cada planta es visualizada de forma individual y por último, d) los costos son altos en tecnología inicial pero bajos en insumos (Talaviya et al., 2020). Sin duda, la IA participa en una serie de medidas que todas conducen a una agricultura de mayor precisión y que optimizan la gestión de los cultivos con grandes ahorros.

La FAO, en su reporte de 2023 sobre el verdadero costo de los sistemas alimentarios, expresa que la IA se vincula con la optimización de insumos evitando el desperdicio de recursos al usar sensores impulsados por IA y drones que conjuntamente pueden determinar la cantidad exacta de fertilizante o agua que necesita cada planta, lo que al mismo tiempo reduce la escorrentía de tales productos químicos en el ambiente y otro aspecto que destaca es la detección temprana de plagas y enfermedades mediante visión por computadora antes de que se conviertan en brotes masivos, con sus consiguientes efectos negativos. Así mismo, en relación con la transparencia en la cadena de suministro la IA puede verificar si un producto fue producido de manera sostenible o si contribuyó a la deforestación, usando tecnologías como Blockchain. También contribuye con la reducción de pérdidas por el desperdicio alimentario usando algoritmos que optimizan la logística para que menos comida se pudra en el camino del campo a la mesa. El reporte no olvida la brecha digital entre los pequeños productores y las grandes corporaciones, por no tener accesibilidad los primeros, a las nuevas tecnologías que incorporan IA y que es un aspecto muy importante a considerar (FAO, 2023).

Gestión del sistema de distribución del agua: el complejo sistema que finalmente entrega el agua potable al consumidor final, además de la malla de tuberías que discurre por las calles y que conecta con las acometidas de las viviendas, industrias o comercios, implica un conjunto más amplio de elementos como válvulas, bombas, sensores y depósitos. El funcionamiento de tal sistema, necesita energía para la operación de estaciones de bombeo y válvulas reductoras de presión. Toda esta actividad es proclive a la búsqueda de su optimización y la disminución de fallos variados. A continuación describiremos algunos rubros comunes y cómo la IA puede ayudar a resolverlos.

Es el caso de muchas ciudades del mundo donde se pierde hasta un 40% del agua tratada por fugas en tuberías antiguas en mal estado, lo que se llama “agua no contabilizada” (ANC) y que se pierde antes de llegar al consumidor. Este porcentaje es un número que, sin duda, llama la atención por su alto valor y que lleva, además de pérdidas sustanciales de agua, a desperdicio de energía e ineficiencia operacional.

La pérdida de agua ya potabilizada significa que ya se ha incurrido en todos los costos que incluye un tratamiento de potabilización, incluyendo costos de bombeo y al mismo tiempo es agua potable que no llega al consumidor final, significando, desde el punto de vista económico, una pérdida sensible y desde el punto de vista del servicio al usuario una ineficiencia notable.

La IA ha impulsado soluciones innovadoras. Permite a las compañías de servicio de agua detectar fugas ocultas, robos (consumo no autorizado) o inexactitudes en la medición (contadores defectuosos), mucho más rápido y con mayor precisión que los métodos tradicionales. Modelos de aprendizaje automático monitorizan continuamente los datos de caudal, presión y sensores acústicos y detectan anomalías que indican fugas. La prometedora tecnología que aplica dispositivos acústicos permite identificar con gran precisión el patrón específico de una fisura diminuta. La detección temprana de estas fugas ocultas, ayudan a prevenir pérdidas grandes de agua y daños en infraestructura, ya que se pueden enviar equipos de reparación rápidamente. Se conoce, por ejemplo, que una plataforma de detección de fugas de aprendizaje automático logró un 80-90% de éxito en la identificación de fugas y alrededor del 90% de precisión en la localización exacta de la tubería. En general, la detección de fugas impulsada por IA reduce el agua no contabilizada, los costos de reparación y mejora la flexibilidad de la red mediante un mantenimiento proactivo. (Fares et al., 2022).

También la creación de gemelos digitales, habilitados por IA, que crean réplicas virtuales de la red de agua de una ciudad, permiten simular presiones y flujos para detectar anomalías indicativas de una fuga, aún antes de que sea visible en la superficie. A diferencia de los métodos tradicionales, la IA optimiza parámetros críticos (rugosidad de tuberías, demanda distribuida y ajustes de válvulas) para que el modelo virtual coincida con la realidad física. Tal calibración tradicionalmente requiere mucho trabajo, pero las técnicas de IA (incluidos algoritmos de aprendizaje automático y optimización) pueden automatizarlo.

Dentro del mismo orden de ideas de la detección de fugas, se puede incluir que también la IA predice fallos en infraestructuras críticas de agua como bombas, válvulas, tuberías, antes de que ocurran, usando modelos de aprendizaje automático que analizan sensores sobre el estado de los equipos, tales como vibraciones, presión, temperatura, patrones de flujo, identificando advertencias sobre el deterioro de los equipos y por lo tanto puede realizarse mantenimiento preventivo o reemplazo de componentes antes de que surjan fallos. (Morris, 2025).

Así mismo, la IA está transformando la planificación de la demanda de agua y permite a las compañías de servicio de agua hacerlo de forma proactiva. Los modelos de aprendizaje automático, usando IA, analizan el consumo histórico en conjunto con factores climáticos, estacionalidad, crecimiento poblacional y eventos, para finalmente prever el uso futuro del agua, tanto a corto como a largo plazo. Con el uso de modelos climáticos impulsados por la IA, las empresas de agua pueden integrar la variabilidad y el cambio climático y en lugar de una planificación reactiva pasar a una informada sobre el clima, anticipando como la oferta y la demanda son afectadas por factores como la lluvia, la temperatura y las sequías, ayudando a los gestores del agua. Se han combinado algoritmos de aprendizaje automático con modelos hidrológicos para

predecir caudales de ríos bajo diversos escenarios de cambio climático (Morril, 2025).

La presión de la red de distribución es un factor crucial en el desempeño del sistema. Lo ideal es mantener una presión estable en la red. La IA lo logra analizando continuamente las entradas de los sensores (por ejemplo, presiones, flujos), los patrones de demanda del consumidor y ajustando en tiempo real las velocidades de las bombas y los ajustes de válvulas. El sistema reacciona a cambios repentinos haciendo los ajustes correspondientes y gracias a lo cual se mantiene la continuidad del servicio y la presión del agua. El control optimizado de la presión basado en IA actúa como un “piloto automático” para la distribución del agua y adicionalmente, también ahorra energía, ya que las bombas, uno de los mayores gastos energéticos, y las válvulas, funcionarían solo con la intensidad necesaria, minimizando el consumo de energía. También la IA puede clasificar el tipo de fallo mediante el entrenamiento con datos históricos de incidentes y así los modelos de aprendizaje automático aprenden los patrones de diferentes modos de fallo (Morril, 2025).

En lo relativo al monitoreo de la calidad del agua también la IA puede contribuir. Las redes de distribución de agua modernas cuentan con sensores en línea para propiedades como turbidez, pH, residuos de cloro, entre otros. Los modelos de IA pueden aprender los rangos normales y las correlaciones complejas de estos datos y puede detectar anomalías instantáneamente, por ejemplo, una caída repentina de cloro o un aumento de turbidez que podría indicar contaminación o un problema de tratamiento. Al detectar problemas de calidad del agua en tiempo real, los sistemas de IA permiten respuestas rápidas, como el cierre de válvulas o el ajuste automático de dosis químicas. (Morril, 2025).

En resumen, puede decirse que la IA previene problemas antes que reaccionar a ellos, al analizar tendencias y patrones, y usando modelos de aprendizaje automático que mejoran con el tiempo a medida que reciben más datos, creando un bucle de retroalimentación positiva. Así, la IA puede predecir la probabilidad de condiciones anómalas en la red antes de que ocurran y se podría intervenir de forma proactiva. Se tienen datos de predicciones de roturas de tuberías municipales envejecidas, que han alcanzado más del 90% de precisión, utilizando algoritmos de clasificación de una sola clase, tales como OC-SVM, Isolation Forest, y Elliptic Envelope. (Farajzadeh et al., 2024).

En esencia, el sistema de distribución de agua se vuelve más inteligente y optimizado de forma continua, en tiempo real, permitiendo estar al día con condiciones cambiantes, al contar con una IA que evoluciona junto con el sistema.

Sistemas de alerta temprana para inundaciones: Un problema relacionado con los pronósticos de inundaciones y la falta de datos en cuencas no aforadas está siendo abordado por la IA. Las inundaciones, un desastre natural muy común y cuya frecuencia se ha duplicado desde el año 2000 debido al cambio climático, está focalizado en países en desarrollo y el 90% de

las personas vulnerables vive en tales países, donde la mayoría de las cuencas no tienen estaciones de aforo y por ello la mayoría de los modelos hidrológicos tradicionales fallan al no contar con años de datos históricos locales para ser calibrados. Nearing y colaboradores desarrollaron un modelo basado en redes de memoria a largo plazo (LSTM), un tipo de IA excelente para procesar secuencias temporales. A diferencia de los modelos tradicionales que se calibran cuenca por cuenca, esta IA se entrenó con datos de 5.680 estaciones de todo el mundo, aprendiendo de patrones globales que luego se pueden aplicar en lugares donde no hay sensores. Utilizó datos públicos como precipitaciones (datos satelitales y de radar), temperatura, radiación y atributos geofísicos del suelo (HydroATLAS). El estudio comparó sus modelos aplicados con IA con el reconocido sistema GloFAS (Sistema global de concientización sobre inundaciones) de la agencia europea Copernicus, consiguiendo una mayor anticipación a los eventos de inundación, al lograr una fiabilidad de pronósticos a 5 días, similar o superior a la que GloFAS ofrece. En relación a eventos extremos la IA resultó muy buena prediciendo y en el caso de inundaciones con “período de retorno de 5 años” fue mejor que GloFAS. También superó a GloFAS en el 70% de las estaciones logrando niveles de precisión en África comparables a los que tienen actualmente en Europa. Una gran ayuda del modelo, que ya es operativo, es que ofrece pronósticos gratuitos en tiempo real para más de 80 países a través de la plataforma Google Flood Hub. Los sistemas de alerta temprana son una forma efectiva de mitigar los riesgos de las inundaciones al reducir hasta un 43% las muertes relacionadas con estos eventos hidrometeorológicos. El Banco Mundial estima que mejorar estos sistemas en países en desarrollo al nivel de los países desarrollados podría salvar un promedio de 23.000 vidas al año (Nearing et al., 2024).

Optimización de plantas de tratamiento de aguas residuales: Las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) son complejos sistemas afectados por factores físicos, biológicos y químicos que gastan abundante energía para asegurar que el agua tratada que se devuelve a la naturaleza cumpla con las normas de calidad de agua previstas para aguas depuradas.

La IA se ha convertido en una poderosa herramienta para minimizar las complejidades de las plantas depuradoras. Optimiza procesos de aireación, como es el caso de lodos activados que consumen hasta el 50%-70% de la energía total de la planta y mediante algoritmos de redes neuronales, la IA predice la carga orgánica que entra a la planta y ajusta los sopladores en tiempo real, evitando consumo eléctrico en exceso y al mismo tiempo mantiene los niveles de oxígeno disuelto en rangos ideales. Así mismo, calcula la dosis exacta de reactivos necesarios para eliminar, por ejemplo, el fósforo o ajustar el pH, basándose en sensores. También en este orden de ideas, usando modelos de LSTM, puede alertar a los operadores con horas de antelación si los niveles de nitrógeno o DQO se proyectan fuera de los límites normativos (Zhao et al. 2020).

EL COSTO HÍDRICO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Ya hemos referido como la IA contribuye positivamente a mejorar el uso del recurso agua en rubros importantes del quehacer humano, permitiendo avances notables en áreas de importancia crítica. Ahora toca visualizar como al mismo tiempo la IA genera gastos inmensos del preciado recurso, compitiendo con el consumo humano y la agricultura, sobre todo en regiones con estrés hídrico. Es interesante la acotación de Ramírez y Litardo (2025) que indican que la creciente huella hídrica de las tecnologías digitales, que es una externalidad ambiental, ha sido sistemáticamente invisibilizada. Esta opinión está cambiando, pero no deja de tener sus visos de realidad.

La dualidad que enfrenta la IA, que por un lado es una herramienta increíble para disminuir el estrés hídrico y por la otra es una ávida consumidora de agua, es una realidad que debemos tomar en cuenta y entre otras acciones intensificar la investigación que contribuya a disminuir la huella hídrica de la IA.

Los centros de datos producen grandes cantidades de calor. Por cuanto han sido diseñados para operar en un rango de temperatura de 20-22 °C y si la temperatura aumenta el equipo falla. Por lo tanto, requieren enfriamiento a gran escala. Existen diversos mecanismos para la refrigeración, pero el enfoque general implica el uso de enfriadores (chillers) que reducen la temperatura del aire mediante el enfriamiento con agua. Algunos centros usan torres de refrigeración donde el aire exterior pasa a través de un medio húmedo para que el agua se evapore. Los ventiladores expulsan el aire caliente y húmedo y el agua enfriada se recircula. Otros centros utilizan economizadores adiabáticos donde el agua se rocía directamente en el flujo de aire o sobre una superficie de intercambio de calor para enfriar el aire que entra al centro de dato. En ambas técnicas, la evaporación provoca una pérdida de agua. Un centro de datos de apenas 1 MW puede consumir alrededor de 25,5 millones de litros de agua al año (Mytton, 2021). Adicionalmente, en los centros de datos hay un gasto de agua indirecto representado por el agua utilizada en las plantas de energía que alimentan a los servidores, especialmente si usan combustible fósil y las cuales son un número que no puede considerarse menor.

Entre los números que han aparecido en referencias más recientes nos encontramos que actualmente la refrigeración representa hasta un 40% del consumo energético total de un data center (agua, 2026) y otra fuente nos indica que para 2027 el consumo de agua de la IA podría alcanzar entre 4.200 y 6.600 millones de metros cúbicos (Barnett-Itzhaki, 2026). También este autor cita el dato, por cierto, muy repetido en múltiples referencias, que la generación de solo 1-50 “prompts” es equivalente a gastar 500 ml de agua. Estos datos numéricos no dejan de alarmarnos y plantearnos que hay que tomar medidas para enfrentarse al costo hídrico que representa la refrigeración con las técnicas actuales.

Generación de calor y gastos de agua para sobrellevarlo: Muchos modelos de IA, especialmente los generativos grandes como GPT-4 se entrenan y despliegan en servidores que consumen ingentes cantidades de energía en centros de datos y generan un calor inmenso. El entrenamiento de un solo modelo de IA puede utilizar entre 500.000 y 1 millón de litros de agua, dependiendo de la localización del centro, la fuente de energía y el tipo de enfriamiento utilizado. La huella hídrica de la IA, que alcanza muchos millones de litros de agua dulce consumidos para refrigerar los servidores y para la generación de electricidad, sigue aumentando y si no se aborda adecuadamente, puede convertirse en un gran obstáculo para la sostenibilidad y podría llevar a la creación de conflictos sociales al limitar los recursos de agua dulce apropiada para usos humanos. A manera de ejemplo los centros de datos de una sola empresa tecnológica retiraron directamente 29.000 millones de litros y consumieron (es decir evaporaron) más de 23.000 millones de litros para refrigeración in situ en 2023, casi el 80 % de los cuales era agua potable. El aumento del consumo de agua se incrementó en 20% entre 2021 y 2022 y un 17% entre 2022 y 2023. (Li et al., 2025).

Según el reporte de Hajonide et al. (2025), auspiciado por Nature Finance, solo en Estados Unidos los centros de datos consumieron 66.000 millones de litros de agua en 2023 con un 84% de ellos destinados a dar servicio a centros de datos a hiperescala. Además, un 45% de los data center globales están en cuencas hidrográficas con alto riesgo de disponibilidad de agua y un 47% están en cuencas con riesgo de sequía. Por lo tanto, contribuyen a presiones de escasez sobre las poblaciones y la naturaleza.

El reporte de sostenibilidad de Google en 2025 reconoce que la expansión de los productos y servicios de IA son clave para el rápido incremento en los consumos de agua de sus centros de datos, que son el motor de la empresa. Sus productos (como Gmail, Drive, Docs, Google Cloud y Youtube) que sirven a millones de personas en el mundo requieren, para que sus instalaciones funcionen sin problemas, de sistemas de refrigeración. Google está trabajando en el desarrollo de nuevas tecnologías para reducir refrigeración y las aplican en sus centros de datos incluyendo refrigerantes naturales y de bajo GWP (potencial de calentamiento global, por sus siglas en inglés). Su dependencia de sistemas de refrigeración que utilizan agua, por su eficiencia energética, ponen de manifiesto un equilibrio crítico entre las necesidades tecnológicas y la gestión responsable del medio ambiente. En 2024 consumieron aproximadamente 31.000 millones de litros de agua en sus centros de datos (excluyendo los operados por terceros y oficinas). El 72% provenía de extracción de fuentes con bajo riesgo de agotamiento o escasez (Google, 2025).

Microsoft, reconoció en su informe de sostenibilidad que su consumo de agua es de 18.000 millones de litros/año, en gran parte debido al entrenamiento de modelos de IA como ChatGPT (Microsoft, 2025).

En Chile, empresas como Google y Huawei han construido centros de datos en regiones que ya enfrentan problemas de

disponibilidad hídrica. Problema que se agrava considerando que Chile lleva más de 10 años en una mega sequía, con impactos severos en la agricultura y el consumo humano. Así mismo en los Países Bajos, el gobierno ha limitado la expansión de los centros de datos de Meta (Facebook) debido a su elevado consumo de agua y energía (Ramírez y Litardo, 2025).

La Agencia Internacional de Energía (IEA) estimó que en 2022 la demanda de electricidad de los centros de datos, a nivel global, fue de 460 TWH (terawatt-hours) y que para 2026 el consumo total sería de más de 1.000 millones de TWH. Esta inmensa cantidad es aproximadamente equivalente al consumo de Japón. Para moderar el aumento en consumo de energía de los centros de datos, es crucial actualizar las regulaciones y las mejoras tecnológicas, incluyendo la eficiencia (IEA, 2024). Sin duda, estos datos sobre los requerimientos de electricidad de los centros de datos significan un gran consumo de agua para las centrales eléctricas que los sirven y finalmente es un consumo indirecto de agua que se suma al consumo directo.

En síntesis, podemos referir que no hay duda que el uso de la tecnología de la IA supone un costo ambiental muy grande al exigir al recurso hídrico cantidades ingentes de agua para su sostenimiento.

QUÉ PUEDE HACERSE PARA DISMINUIR LA HUELLA HÍDRICA DE LA IA

Ante la realidad del costo hídrico de la refrigeración de los centros de datos muchos técnicos e investigadores buscan soluciones desde diferentes ángulos para sobrellevar el problema. A continuación, se presentan unas cuantas soluciones, que no son exhaustivas, pero dan una idea de las diferentes vertientes desde donde pueden aproximarse.

Una primera recomendación, bastante lógica y menos costosa, es mover las cargas de trabajo de IA hacia centros de datos ubicados en regiones con bajo riesgo de escasez de agua, así mismo escoger las estaciones más frescas, cuando se entrenan modelos de IA, que son grandes consumidores de agua. Entrenar un chatbot en invierno, por ejemplo, requiere menos agua que si se hiciera en verano (Barnet-Itzhaki, 2026).

Otra innovación que podría mejorar la eficiencia energética de los centros de datos y los dispositivos electrónicos de alta potencia se basa en una membrana de fibras especialmente diseñada para eliminar el calor de forma pasiva mediante evaporación. Utiliza una membrana de fibra de bajo coste con una red de diminutos poros interconectados que distribuyen el líquido refrigerante sobre su superficie mediante acción capilar. Al evaporarse el líquido, el calor se elimina de forma eficiente de la electrónica subyacente, sin necesidad de energía adicional (iAgua, 2026).

Soluciones de otra naturaleza, como son la reutilización y reciclado del agua residual dentro del propio sistema de refrigeración, aplicando tecnologías apropiadas, es una excelente medida que además se conjuga con el concepto de economía circular, tan deseable hoy en día, como camino para

alcanzar la sostenibilidad. Con esta solución se reduce la dependencia del agua potable y se hace más sostenible la operación de los centros de datos (Veolia water technologies, 2025). En este mismo orden de ideas de la economía circular se recomienda la reutilización del calor, en lugar de evaporarlo con agua, se captura el agua caliente de los servidores para alimentar sistemas de calefacción urbana en ciudades cercanas.

CONSIDERACIONES FINALES

- Según las Naciones Unidas en la actualidad el planeta se enfrenta a lo que han denominado “bancarrota hídrica global”, con millones de personas viviendo en zonas con estrés hídrico. Esta realidad nos pone a la defensiva del uso de tecnologías modernas, que pueden ser de mucha utilidad, pero que requieren grandes cantidades de agua para su empleo.
- La IA, una herramienta tecnológica que nos acompaña día a día haciendo más eficientes múltiples actividades humanas, también está consiguiendo grandes ahorros en la gestión del agua, contribuyendo a solucionar la escasez mundial de este preciado recurso. En este contexto se destaca la agricultura, la actividad más consumidora de agua (70 %) globalmente hablando, y también los sistemas de suministro de agua, la gestión de sistemas de alerta temprana para inundaciones, las plantas de tratamiento de líquidos residuales, entre otros. Sin duda, todas buenas noticias cuando se piensa en incrementar la eficiencia del uso del agua a nivel planetario.
- Por otra parte, esta misma herramienta, la IA, está ejerciendo una alarmante presión sobre los recursos hídricos globales al utilizar ingentes cantidades de agua en sistemas de enfriamiento necesarios para sobrellevar el calor que se genera en los servidores de los centros de datos. Cuestión que nos enfrenta, según los expertos, a estimaciones de valores de consumo de agua por parte de la IA entre 4.000 y 6.000 millones de m³, para 2027. Esta es una situación de gran preocupación para los encargados de la gestión del agua en todas partes del mundo.
- Ante este dato tan impactante que nos informa del costo hídrico de la IA, surge la pregunta ¿De dónde vamos a obtener tal cantidad de agua, si estamos frente a una época de estrés hídrico en muchas regiones del mundo? Y sabiendo, además, que no podemos dejar de usar una herramienta tan potente como la IA para mejorar todo lo relativo al uso más eficiente del recurso en sus variadas vertientes de interés para las poblaciones.
- No cabe otra respuesta, que ante la paradoja a la que se enfrenta la IA, se deben buscar alternativas sostenibles que disminuyan su huella hídrica. Las investigaciones en esta área del saber ya se están realizando, pero aún están en sus inicios y es imperativo la intensificación de las mismas para alcanzar a corto plazo, la meta de una IA con un costo hídrico asociado mucho más bajo que el que tiene en la actualidad.

Declaración sobre el uso de IA

La autora utilizó Gemini como herramienta de búsqueda parcial de bibliografía académica sobre el tema de centros de datos y uso de la IA en la gestión del recurso hídrico. El análisis de todas las fuentes referenciadas en este documento y finalmente consultadas, fueron realizadas por la autora.

REFERENCIAS

- Barnet-Atzhaki, Z. (2026). The water footprint of artificial intelligence: Emerging solutions and governance imperatives. *Water Research*, 299, Artículo 125866.
- Fares, A., Tijani, I. A., Zhang, R., & Zayed, T. (2022). Leak detection in real water distribution networks based on acoustic emission and machine learning. *Environmental Technology*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1080/09593330.2022.2074320>
- Farajzadeh, N., Sadeghzadeh, N., & Jokar, N. (2024). Water distribution pipe lifespans: Predicting when to repair the pipes in municipal water distribution networks using machine learning techniques. *PLOS Water*, 3(1), Artículo e0000164. <https://doi.org/10.1371/journal.pwat.0000164>
- Google. (2024). *Environmental Report 2024*. <https://sustainability.google/reports/google-2024-environmental-report/>
- Hajonides, H., McCarthy, J., Koulouri, K., & Camargo, R. (2025). *Navigating AI's thirst in a water-scarce world: Governance agenda for AI and the environment*. Nature Alpha / Nature Finance.
- iAgua. (2026, 21 de mayo). Una nueva tecnología podría reducir el consumo de agua en la refrigeración de centros de datos. <https://www.iagua.es/noticias/redaccion-iagua/nueva-tecnologia-podria-reducir-consumo-agua-refrigeracion-centros-datos>
- International Energy Agency [IEA]. (2024). *Electricity 2024: Analysis and forecast to 2026*. IEA.
- Li, P., Yang, J., Islam, M. A., & Ren, S. (2025). Making AI less "thirsty": Uncovering and addressing the secret water footprint of AI models. *Communications of the ACM*, 68(7), 54–61. <https://doi.org/10.1145/3724449>
- Madani, K. (2026). *Global water bankruptcy: Living beyond our hydrological means in the post-crisis era*. United Nations University Institute for Water, Environment and Health (UNU-INWEH). <https://doi.org/10.53328/INR26KAM001>
- Microsoft. (2025). *Microsoft Environmental Sustainability Report 2025*. <https://www.microsoft.com/en-us/corporate-responsibility/sustainability/report/>
- Morril, K. (2025). *AI intelligent water distribution networks: 20 advances (2025)*. Yenra. <https://yenra.com/ai20/intelligent-water-distribution-networks/>
- Mytton, D. (2021). Data centre water consumption. *npj Clean Water*, 4, Artículo 11. <https://doi.org/10.1038/s41545-021-00101-w>
- Naciones Unidas. (2000). *Declaración del Milenio* (Resolución de la Asamblea General 55/2). <https://www.un.org/spanish/milenio/ares552.pdf>
- Nearing, G., Cohen, D., Dube, V., Gauch, M., Gifon, O., Harrigan, S., Hassidim, A., Klotz, D., Kratzert, F., Metzger, A., Nevo, S., Pappenberger, F., Prudhomme, C., Shalev, G., Schenzis, S., Tekalign, T. Y., Weitzner, D., & Matias, Y. (2024). Global prediction of extreme floods in ungauged watersheds. *Nature*, 627(8003), 334–340. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07145-1>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2023). *The State of Food and Agriculture 2023: Revealing the true cost of agrifood systems to transform them*. FAO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO] & ONU-Agua. (2024). *Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2024: Agua para la prosperidad y la paz*. UNESCO. <https://www.unesco.org/reports/wwdr/2024/es>
- Ramírez, M. A., & Litardo, C. E. (2025). Agua e inteligencia artificial: El lado oculto del progreso tecnológico. *Estudios y Perspectivas: Revista Científica y Académica*, 5(2). <https://doi.org/10.61384/r.c.a.v5i2.1096>
- Ren, S. (2025). *The rising water demand of generative AI: Estimates and mitigation strategies for 2026-2027*. University of California, Riverside. <https://shaoleiren.github.io/publications.html>
- Talaviya, T., Shah, D., Patel, N., Yagnik, H., & Shah, M. (2020). Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimization of resources and efficiency. *Journal of Information and Optimization Sciences*, 41(4), 913–920. <https://doi.org/10.1080/02522667.2020.1709623>
- Talbi, A., Waalewijn, P., Karimi, P., De Jong, I., Onimus, F., Zaveri, E., Benli, B., Ba, A., Li, R., & Skilling, H. (2026). *Nourish and flourish: Water solutions to feed 10 billion people on a livable planet* (Global Water Monitoring Report). World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-0782-4>
- Veolia Water Technologies. (2025). *La huella hídrica de los centros de datos de inteligencia artificial*. <https://blog.veoliawatertechnologies.es/la-huella-hidrica-de-los-centros-de-datos-de-inteligencia-artificial>
- Zhao, L., Dai, T., Qiao, Z., Sun, P., Hao, J., & Yang, Y. (2020). Application of artificial intelligence to wastewater treatment: A bibliography. *Bioresource Technology*, 310, Artículo 123456. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123456>