

EL IMPACTO HÍDRICO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA

THE WATER IMPACT OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

O IMPACTO HÍDRICO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA

Resumen

M.Sc. Rocío Mendoza Villamar

rocio.mendoza@uleam.edu.ec

Universidad Laica Eloy Alfaro de
Manabí Orcid: [0000-0002-1277-7162](https://orcid.org/0000-0002-1277-7162)

Ing. Ángel Villareal Cobeña

angel.villareal@uleam.edu.ec

Universidad Laica Eloy Alfaro de
Manabí
Orcid: [0000-0003-0357-0538](https://orcid.org/0000-0003-0357-0538)

Silvana Daza Santos

e1317972253@live.uleam.edu.ec

Universidad Laica Eloy Alfaro de
Manabí
Orcid: [0009-0002-4111-0137](https://orcid.org/0009-0002-4111-0137)

Evelyn Velázquez Vergara

e1727315689@live.uleam.edu.ec

Universidad Laica Eloy Alfaro de
Manabí
Orcid: [0009-0002-4239-790X](https://orcid.org/0009-0002-4239-790X)

Adrián Vivas Macías

e1314106582@live.uleam.edu.ec

Universidad Laica Eloy Alfaro de
Manabí
Orcid: [0009-0001-3934-0614](https://orcid.org/0009-0001-3934-0614)

Esta investigación se fundamentó en la necesidad de examinar los costos ambientales asociados con la inteligencia artificial generativa, con especial énfasis en el consumo de agua, un aspecto que ha recibido escasa atención pública. Su propósito principal fue analizar el impacto hídrico derivado del entrenamiento y la operación de grandes modelos de lenguaje, empleando un enfoque no experimental apoyado en una revisión exhaustiva de literatura científica, los hallazgos indican que el entrenamiento de un modelo de gran escala puede requerir entre 200.000 y 700.000 litros de agua para el proceso de enfriamiento en centros de datos, mientras que su uso cotidiano, al ser replicado por millones de usuarios, genera una huella hídrica acumulada aún mayor. Se concluye que este impacto constituye una externalidad ambiental significativa, lo cual plantea la urgencia de implementar estrategias de reducción, aumentar la transparencia en los reportes de consumo y promover tecnologías más sostenibles.

Palabras clave: consumo hídrico, centros de datos, impacto ambiental, sostenibilidad tecnológica.

REVISTA TSE'DE

Instituto Superior Tecnológico

Tsaíchila

ISSN: 2600-5557



Abstract

This research was based on the need to examine the environmental costs associated with generative artificial intelligence, with special emphasis on water consumption, an aspect that has received scant public attention. Its main purpose was to analyze the water impact resulting from the training and operation of large language models, employing a non-experimental approach supported by a comprehensive review of scientific literature. The findings indicate that training a large-scale model may require between 200,000 and 700,000 liters of water for cooling processes in data centers, while its daily use, being replicated by millions of users, generates an even greater accumulated water footprint. It is concluded that this impact constitutes a significant environmental externality, which raises the urgency to implement reduction strategies, increase transparency in consumption reports, and promote more sustainable technologies.

Keywords: water consumption, data centers, environmental impact, technological sustainability.

Resumo

Esta pesquisa foi baseada na necessidade de examinar os custos ambientais associados à inteligência artificial generativa, com ênfase especial no consumo de água, um aspecto que recebeu pouca atenção pública. Seu principal objetivo foi analisar o impacto hídrico resultante do treinamento e operação de grandes modelos de linguagem, empregando uma abordagem não experimental apoiada por uma revisão abrangente da literatura científica. As descobertas indicam que o treinamento de um modelo em grande escala pode exigir entre 200.000 e 700.000 litros de água para processos de refrigeração em centros de dados, enquanto seu uso diário, sendo replicado por milhões de usuários, gera uma pegada hídrica acumulada ainda maior. Conclui-se que esse impacto constitui uma externalidade ambiental significativa, o que aumenta a urgência de implementar estratégias de redução, aumentar a transparência nos relatórios de consumo e promover tecnologias mais sustentáveis.

Palavras-chave: consumo de água, centros de dados, impacto ambiental, sustentabilidade tecnológica.

Periodicidad Semestral

Vol. 8, núm. 2

revistatsede@tsachila.edu.ec

Recepción: 22-07-2025

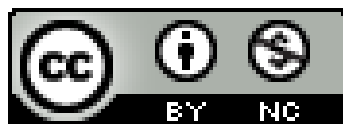
Aprobación: 01-09-2025

Publicación: 25-12-2025

URL:

<http://tsachila.edu.ec/ojs/index.php/TSEDE/issue/archiv>

Revista Tse'de, Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional.



Introducción

La Inteligencia Artificial Generativa es, sin duda, uno de los avances más llamativos de la tecnología actual, capaz de crear desde textos bien escritos hasta imágenes que parecen fotos reales. Ejemplos como GPT de OpenAI o Gemini de Google dejan claro lo mucho que esta tecnología puede cambiar y revolucionar distintas industrias (Granieri, 2023).

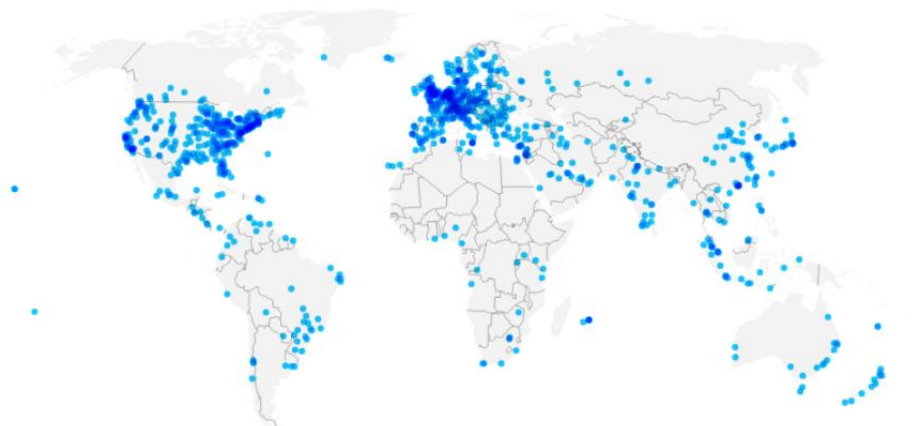
Por lo tanto, Prada (2024), comenta que esta tecnología trae ventajas en campos como el arte, la música, la medicina y la ciencia, ya que facilita trabajar con grandes volúmenes de información y descubrir conexiones que a veces sorprenden. Aun así, también aparecen retos importantes, como la creación de contenido con sesgos, problemas de privacidad y derechos de autor, o el uso de ese contenido en actividades poco éticas, cuestiones que deben analizarse con cuidado. Sin embargo, esta potencia de procesamiento depende de centros de datos, y el impacto ambiental que generan, especialmente en países con recursos limitados, ha cobrado cada vez más relevancia en investigaciones recientes (Gupta et al., 2021).

En todo el mundo, existen miles de centros de datos, que van desde pequeños centros regionales hasta grandes instalaciones gestionadas por empresas como Google, Amazon, Microsoft y Meta. Estos constituyen la columna vertebral de la era digital, ya que almacenan, procesan y distribuyen la información que las personas utilizan diariamente en internet, aplicaciones y servicios en la nube. Dichos centros se concentran principalmente en regiones con buena infraestructura, energía económica y clima favorable, como Estados Unidos, Europa del Norte y Asia. Sin embargo, su

ubicación también depende de la disponibilidad hídrica, lo que puede generar tensiones en zonas donde el agua es escasa o está en disputa.

Figura 1

Distribución global de centros de datos



Nota: Adaptado de BNZero, 'La sed insaciable de la IA: el precio oculto del agua en la era de la inteligencia artificial', consultado en agosto de 2025.

Aunque gran parte de los estudios sobre “IA Verde” se han enfocado en las emisiones de carbono, un costo ambiental de igual o mayor relevancia ha sido subestimado: el consumo de agua. La huella hídrica se define como un indicador que mide el volumen total de agua dulce utilizada en la producción de bienes y servicios a lo largo de su ciclo de vida, incluyendo el consumo directo (como la refrigeración en centros de datos) y el indirecto (por ejemplo, en la generación de energía). Esto la distingue de la huella de carbono, que se centra exclusivamente en las emisiones de gases de efecto invernadero. Según estimaciones, el consumo global de agua en centros de datos podría alcanzar 1,000 millones de metros cúbicos anuales para 2026, un volumen comparable al utilizado por industrias como la minería o la agricultura en ciertas regiones (Mytton, 2021). Los centros de datos que sustentan la IAG demandan

grandes volúmenes de agua, principalmente para la refrigeración de servidores sometidos a computación intensiva (Mytton, 2021).

Se calcula que un solo Modelo de Lenguaje Grande (LLM) puede consumir entre 200,000 y 700,000 litros de agua dulce durante su entrenamiento, especialmente para procesos de enfriamiento (ITMadrid, 2025). Además, su uso diario, al atender millones de consultas globales, genera un gasto acumulado que ejerce presión sobre los recursos hídricos locales, compitiendo con las necesidades de comunidades y ecosistemas, particularmente en zonas con estrés hídrico (Siddik, 2021). Vera (2025), ilustra este problema al señalar que, en regiones como América Latina, donde la infraestructura hídrica es limitada, la falta de transparencia de las grandes corporaciones tecnológicas agrava la dificultad para calcular con precisión el impacto real. A pesar de ello, avances recientes, como los de Morrison et al. (2025), han permitido desarrollar metodologías para estimar este consumo, aportando cifras que subrayan la urgencia del análisis.

El propósito de esta investigación es analizar, a partir de fuentes secundarias, el impacto hídrico a lo largo del ciclo de vida de los modelos de IAG. En otras palabras, busca responder la pregunta: ¿qué tan grande es el impacto hídrico asociado al entrenamiento y uso de la IAG y qué significa esto en términos de sostenibilidad?

Metodología

Este estudio se realizó con un enfoque cualitativo y con la idea de describir y analizar lo que se encontraba, usando un diseño no experimental que se apoyó en revisar a fondo la literatura científica, siguiendo un proceso ordenado para identificar, elegir y analizar fuentes relevantes. La búsqueda se centró en documentos publicados entre

2020 y 2025, periodo que se justifica por el lanzamiento de modelos fundacionales como GPT-3 (2020), lo que intensificó la investigación sobre el impacto ambiental de la infraestructura de la IAG.

Barker (2025) y Alnafrah (2025), menciona que, desde 2020, se han cuantificado las emisiones de carbono de 79 sistemas de IA destacados lanzados hasta 2024, y en 2025 se han publicado informes como el AI Index Report, que rastrea tendencias clave en el campo, incluyendo impactos ambientales. Además, estudios de 2025 indican que la IA podría reducir las emisiones globales anuales en 3.2 a 5.4 mil millones de toneladas, destacando la relevancia de este periodo para evaluar tanto los riesgos como las oportunidades ambientales asociadas al avance rápido de la IA generativa.

La información se consiguió a través de bases de datos académicas reconocidas como Scopus, IEEE Xplore y ACM Digital Library, además de repositorios abiertos como arXiv y ResearchGate. Para buscar lo que realmente importaba, se usaron palabras clave en español e inglés, como “water consumption artificial intelligence”, “data center water footprint”, “generative AI environmental impact”, “large language models water usage”, “sustainable AI” y “cooling technologies data centers”. Esto ayudó a enfocarse en los materiales más relevantes para el tema.

Se dejaron de lado las fuentes que no tenían respaldo académico, como blogs, noticias sin base científica o páginas sin verificación, para asegurarse de que el análisis fuera confiable y riguroso. La información se revisó y organizó de manera manual, agrupándola en categorías claras según cuatro temas principales: cuánto agua se usa al entrenar los modelos de IAG, el consumo durante la fase de operación o inferencia, los factores geográficos y tecnológicos que influyen en ese consumo, y finalmente, las

soluciones propuestas. Estas categorías temáticas se organizaron mediante un análisis temático iterativo, donde se identificaron patrones recurrentes en la literatura revisada. Los criterios para agrupar la información incluyeron la relevancia temática (por ejemplo, referencias específicas al uso de agua en etapas del ciclo de vida de la IA), la coherencia conceptual (agrupando datos similares, como estimaciones de consumo en entrenamiento versus operación) y la cobertura integral (asegurando que cada categoría abarcara aspectos directos e indirectos del impacto hídrico). Para garantizar la validez del análisis, se realizó un cruce de fuentes, comparando datos de múltiples estudios revisados por pares para resolver inconsistencias y validar hallazgos comunes, lo que minimizó sesgos y fortaleció la fiabilidad de las conclusiones. Como se trató de una revisión de documentos, no hubo trabajo en un laboratorio ni en un entorno físico controlado, así que los artículos seleccionados fueron la base del análisis. Las variables que se estudiaron se enfocaron en el uso de agua en las distintas etapas de los modelos, los factores ambientales que afectan ese consumo y las posibles soluciones tecnológicas que se han propuesto. No se aplicaron estadísticas complicadas ni se utilizó software especializado, porque el enfoque fue cualitativo y centrado en el contenido de los documentos.

Resultados y Discusión

El análisis muestra que el impacto del agua en la inteligencia artificial generativa depende de varios factores, como el uso directo de agua en los centros de datos y los efectos indirectos que vienen de producir la energía necesaria (Li et al., 2023).

Consumo en entrenamiento

El entrenamiento de estos modelos es una de las etapas que más recursos consume (Guarneros, 2025) , y algunos estudios indican que entrenar GPT-3 en los centros de Microsoft en Estados Unidos requirió cerca de 700,000 litros de agua solo para enfriar los equipos, y esa cifra podría triplicarse en climas cálidos, donde los sistemas de refrigeración evaporativa no funcionan tan bien, Morrison et al., (2025), confirman que entrenar un modelo de 13 mil millones de parámetros puede necesitar hasta 2.7 millones de litros de agua, mientras que Food & Water Watch (2025) señala que modelos como GPT-4 pueden consumir entre 300,000 y 500,000 litros durante el entrenamiento, dependiendo de la infraestructura y el clima.

Estas cifras representan un impacto significativo en términos de sostenibilidad, ya que 700.000 litros equivalen aproximadamente al consumo diario de agua de 2.000 personas en un contexto urbano, y se comparan con industrias como la manufactura textil, donde el procesamiento de una tonelada de tela puede requerir hasta 200.000 litros.

Tabla 1

Estimación del consumo de agua en el entrenamiento de modelos de inteligencia artificial por modelo y escenario

Modelo / Escenario	Cantidad aproximada de agua dulce
GPT-3 (Microsoft, EE. UU.)	Unos 700 000 litros
Modelo de 13 mil millones de parámetros	Hasta 2.7 millones de litros
GPT-4 (estimación general)	Entre 300 000 y 500 000 litros
Promedio de modelos GAN / Diffusion	Entre 100 000 y 200 000 litros

Como se observa en la Tabla 1, las estimaciones varían según el modelo y el escenario, destacando la necesidad de infraestructuras más eficientes para mitigar estos volúmenes.

Consumo en operación

La etapa de inferencia, que es cuando la gente usa los modelos día a día, también consume bastante agua. Por ejemplo, una conversación de 10 a 50 preguntas con algo como ChatGPT puede usar alrededor de 500 ml de agua (Clarín, 2025). Suena poquito por interacción, pero a nivel global suma muchísimo.

Según proyecciones recientes, para 2027 la IA podría necesitar entre 4.2 y 6.6 mil millones de metros cúbicos de agua, un volumen equivalente al consumo anual de países como Dinamarca o a la mitad de lo que consume todo el Reino Unido (Food & Water watch, 2025).

En términos de sostenibilidad, esto implica una presión adicional sobre recursos hídricos ya estresados, comparable al consumo de la industria minera, que en regiones áridas puede agotar acuíferos locales y afectar la disponibilidad para agricultura y consumo humano. La Tabla 2 ilustra estos consumos, subrayando cómo la operación diaria amplifica el impacto acumulado.

Tabla 2

Consumo de agua asociado a la operación de centros de datos y modelos de inteligencia artificial

Actividad / Escenario	Consumo estimado
Conversación con ChatGPT	Alrededor de 500 ml por sesión
Demanda global de IA proyectada hasta el 2027	Entre 4.2 – 6.6 mil millones de m ³ /año
Operación en regiones cálidas	Hasta 30–50 % del consumo base

Factores geográficos y energéticos

El impacto del consumo de agua depende bastante de dónde estén ubicados los centros de datos y del tipo de refrigeración que usen (Zewe, 2025), por ejemplo, en lugares fríos se aprovechan sistemas de “free cooling” que casi no gastan agua, mientras que en zonas áridas o tropicales suelen usar torres de enfriamiento por evaporación, que se llevan muchísima agua. Además, de dónde viene la energía también influye: si los centros funcionan con combustibles fósiles o energía nuclear, la huella hídrica es más alta que si usan renovables como solar o eólica (Petterson et al., 2024).

Por otro lado, el estudio de Ramírez y Litardo (2025) aporta una visión más cercana al contexto latinoamericano, mostrando que aquí las condiciones de clima, infraestructura y políticas del agua son distintas a las de los países del norte. Como menciona Benoit (2024), algunas empresas tecnológicas ya han empezado a probar soluciones para reducir el consumo, como enfriar los equipos con aire o reciclar el agua, aunque según los datos revisados, estas estrategias todavía no se aplican de manera general ni son suficientes para resolver el problema por completo, lo que deja claro que hace falta más esfuerzo y creatividad para que realmente tengan un impacto significativo.

Soluciones propuestas

Se han visto varias propuestas para reducir este impacto, aunque todavía pocas se aplican de manera general, entre las soluciones más destacadas están el uso de hardware que consuma menos energía, sistemas de enfriamiento por líquido de circuito cerrado que no gastan agua directamente, y planificar que las tareas pesadas

se ejecuten en horarios o lugares donde causen menos daño al medio ambiente, mostrando que, aunque hay ideas interesantes, aún falta implementarlas a gran escala. Estas soluciones podrían reducir el consumo hasta en un 50% en comparación con métodos tradicionales, similar a avances en la industria automotriz hacia vehículos eléctricos más eficientes (Barragán, 2025).

Como señala Basantes (2024), usar agua reciclada o no potable para enfriar los equipos es una alternativa que ya se ha probado con éxito en varios centros de datos sostenibles, sin embargo, estas estrategias chocan con problemas económicos y con la falta de reglas claras o transparencia en la industria tecnológica, además, Humble & Mozelius, (2024) y Hoekstra et al. (2020) también señalan estas mismas barreras, lo que deja claro que, lejos de ser algo intangible en “la nube”, la inteligencia artificial generativa tiene un impacto real y físico, con consecuencias ambientales concretas, sobre todo en un recurso tan vital como el agua.

Conclusiones

La revisión exhaustiva de la literatura científica confirma que la inteligencia artificial generativa (IAG) genera un impacto hídrico significativo, tanto en la fase de entrenamiento como en la de operación. Los hallazgos revelan consumos elevados, como los 700.000 litros de agua requeridos para entrenar modelos como GPT-3, y proyecciones globales de hasta 6.6 mil millones de metros cúbicos anuales para 2027 en la fase de inferencia, lo que resalta una externalidad ambiental subestimada que compite con otros sectores industriales y afecta recursos vitales en regiones vulnerables.

Estos resultados responden directamente a la pregunta de investigación, demostrando que el impacto hídrico no solo es cuantioso, sino que se agrava por factores geográficos (como climas cálidos que incrementan el consumo en un 30-50%) y energéticos (mayor huella en fuentes no renovables), lo cual subraya la urgencia de acciones sostenibles. Así, los datos sustentan la conclusión de que la IAG representa un desafío ambiental real, exigiendo mayor transparencia y estrategias de mitigación para equilibrar su innovación con la preservación de recursos hídricos (Vera, 2025).

Basado en los hallazgos sobre la variabilidad en las estimaciones de consumo (por ejemplo, diferencias por clima y modelo), se recomienda que futuras investigaciones adopten enfoques cuantitativos más robustos, como mediciones empíricas en centros de datos reales, para validar y expandir los datos cualitativos de esta revisión. Esto fortalecería la precisión en escenarios específicos, como América Latina, donde la falta de datos locales agrava la comprensión del impacto (Ramírez y Litardo, 2025).

Los resultados destacan la opacidad en el reporte de consumos, como en los volúmenes acumulados durante la inferencia diaria, por lo que las empresas tecnológicas deben implementar reportes detallados y transparentes que vinculen métricas específicas (e.g., 500 ml por sesión de ChatGPT) con estrategias de reducción, tales como hardware eficiente o sistemas de enfriamiento reciclado. Estas acciones, respaldadas por los factores tecnológicos identificados, podrían reducir el impacto en un 20-50%, promoviendo una industria más responsable.

Dado el agravamiento del consumo en regiones con estrés hídrico, evidenciado por los factores geográficos en el análisis, se sugiere desarrollar regulaciones específicas en América Latina que exijan evaluaciones de impacto hídrico obligatorias y límites en

el uso de agua en centros de datos. Estas políticas, sustentadas en las proyecciones globales y locales revisadas, ayudarían a mitigar desigualdades y proteger ecosistemas, guiando a desarrolladores y autoridades hacia tecnologías sostenibles.

Referencias Bibliográficas

Alnafrah, I. (2025). *Los dos cuentos de la IA: una evaluación global de los impactos ambientales de la inteligencia artificial desde una perspectiva política multidimensional*. ScienceDiret.

Barker, C. (2025). *Inteligencia artificial y medio ambiente: el panorama actual*. Jisc:
<https://nationalcentreforai.jiscinvolve.org/wp/2025/03/28/artificial-intelligence-and-the-environment-the-current-landscape/>

Barragán, B. (2025). La enorme cantidad de agua que usa la IA para generar imágenes. *Informador*. Informador.mx:
<https://www.informador.mx/estilo/Inteligencia-Artificial-La-enorme-cantidad-de-agua-que-usa-para-generar-imagenes-20250402-0100.html>

Basantés, C. (2024). *La sed de la inteligencia artificial: ¿cuántos litros de agua consume y cómo afecta al ambiente?* lupa.com:
<https://lupa.com.ec/explicativos/consumo-agua-inteligencia-artificial/>

Benoit, J. (2024). ¡La IA consume una gran cantidad de agua! safig:
<https://www.safig.fr/es/la-ia-consume-una-gran-cantidad-de-agua-2024-09-18-4108.html>

- Clarín. (2025). *¿Cuánta agua consume la IA al generar imágenes estilo Ghibli con ChatGPT?* clarín.com: https://www.clarin.com/informacion-general/cuanta-agua-consume-ia-generar-imagenes-estilo-ghibli-chatgpt_0_6iqEuyUGUG.html
- Food & Water watch. (2025). *A No Brainer: How AI's Energy and Water Footprints Threaten Climate Progress. Fact Sheet.* https://www.foodandwaterwatch.org/wp-content/uploads/2025/03/FSW_0325_AI_Water_Energy.pdf
- Granieri, M. (2023). *¿Qué es la Inteligencia Artificial Generativa?* OBSBusinessSchool: <https://www.obsbusiness.school/blog/que-es-la-inteligencia-artificial-generativa>
- Guarneros, F. (2025). *¿Cuánta agua consume la IA? Este es su impacto hídrico. Expansión ESG.* esg.expansion: <https://esg.expansion.mx/innovacion/2025/04/04/cuanta-agua-consume-la-ia>
- Gupta, U., Kim, Y., Lee, S. y Tse, J. (2021). *Chasing carbon: The elusive environmental footprint of computing. Proceedings of the 2021 IEEE International Symposium on High-Performance Computer Architecture (HPCA)* (pp. 854–867). IEEE. <https://doi.org/10.1109/HPCA51647.2021.00078>
- Hoekstra, A., Chapagain, A., Aldaya, M. y Mekonnen, M. (2020). *Manual de evaluación de la huella hídrica.* AENOR Internacional, S.A.U.
- Humble, N. y Mozelius, P. (2024). *Generative Artificial Intelligence and the Impact on Sustainability.* ResearchGate.

ITMadrid. (2025). *Inteligencia artificial generativa*. itmadrid:
<https://www.itmadrid.com/inteligencia-artificial-generativa/>

Li, P., Yang, J., Islam, M. y Ren, S. (2023). Making AI less “thirsty”: Uncovering and addressing the secret water footprint of AI models. *arXiv Preprint*.
<https://arxiv.org/pdf/2304.03271>

Morrison, J., Na, C., Fernandez, J. y Dettmers, T. (2025). Holistically evaluating the environmental impact of creating language. *arXiv Preprint*.
<https://arxiv.org/pdf/2503.05804>

Mytton, D. (2021). Consumo de agua en el centro de datos. *npj Clean Water*, 4.
<https://doi.org/10.1038/s41545-021-00101-w>

Parada, P. (2024). *Inteligencia Artificial Generativa (genAI), la nueva era de la IAG*. IEBS:
<https://www.iebschool.com/hub/inteligencia-artificial-generativa-tecnologia/>

Petterson, D., Gonzales, J., Le, Q., Cheng, L. y Munguia, L. (2024). *Carbon Emissions and Large Neural Network Training*. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2104.10350>

Ramírez, C. M. y Litardo, C. C. (2025). *Agua e inteligencia artificial: el lado oculto del progreso tecnológico*. E.COUTURE.

Siddik, B. (2021). The environmental footprint of data centers in the United States. *Environmental Research letters*.
<https://doi.org/10.1109/ISSST51545.2021.9483344>

Vera, Q. C. (2025). *Impacto ambiental del creciente uso de la inteligencia artificial: El consumo de agua en centros de datos*. Internet society.

Zewe, A. (2025). Explained: Generative AI's environmental impact. *Mit News*.
<https://news.mit.edu/2025/explained-generative-ai-environmental-impact-0117>