

## ***“Impacto de la generación de energía en el desarrollo de plataformas de Inteligencia Artificial: un enfoque desde el Derecho Ambiental y medidas cautelares”***

por Bracuto Lucas E.<sup>1</sup>

### **I. INTRODUCCIÓN**

Desde su creación y lanzamiento a plataformas, el crecimiento del uso de la Inteligencia Artificial (IA en adelante) se ha vuelto exponencial y está transformando radicalmente todos los sectores, desde la atención sanitaria, el educativo, la administración del Estado, hasta la industria en todos sus niveles. Con apenas una conexión a internet, desde cualquier dispositivo podemos acceder a la información (verídica y falsa) sobre cualquier temática, omitiendo en algunos casos las fuentes por las cuales se basa, ocasionando certezas, pero también confusiones.

Sin embargo este avance tecnológico, tanto educativo como de entretenimiento y dispersión, conlleva importantes implicancias ambientales que no pueden ser pasadas por alto. La generación de energía necesaria para alimentar los centros de datos que sustentan las plataformas de IA plantea serios desafíos en términos de sostenibilidad y derechos ambientales, sobre todo por el desconocimiento del impacto que generan.

Este artículo examina la problemática asociada con el uso de energía en el desarrollo de plataformas de IA, analizando las fuentes, los métodos de refrigeración de servidores, las brechas existentes en la infraestructura energética y las posibles soluciones para garantizar un desarrollo sostenible.

---

<sup>1</sup> Lucas Bracuto es abogado por la Universidad de Buenos Aires. Es Especialista en Recursos Naturales y del Ambiente (Facultad de Derecho - UBA). Es Diplomado en Alimentos y Agronegocios (UBA) y en Derecho Procesal Constitucional y Administrativo (UMSA). Integra la Cátedra Dra. Leila Devia como docente de Régimen Jurídico de los Recursos Naturales y Protección del Ambiente en las materias “Ambiente y Mercosur” y “Derecho del Mar, Conservación y Gestión de Océanos” comisión a su cargo, como Jefe de Trabajos Prácticos. Es docente de posgrado en la Carrera de Especialización en Energías Renovables, Eficiencia Energética y Cambio Climático - (CEARE - FD UBA). Es docente investigador del CeDAF -Centro de Derecho Ambiental- de la Facultad de Derecho UBA y el CEIDIE - Centro de Estudios Interdisciplinarios de Derecho Industrial y Económico. Coordina el Seminario de Derecho Ambiental del Instituto de Investigaciones “Ambrosio L. Gioja”



## II. EL USO DE ENERGÍA EN LA IA

La utilización de las plataformas de IA consume grandes cantidades de energía, aunque el proceso conlleva características únicas. En concreto, una de las plataformas que más energía consume es la generación de imágenes.

Durante la I Cumbre sobre Seguridad en materia de IA, el entonces Primer Ministro del Reino Unido, Rishi Sunak, quien fue el anfitrión del evento, afirmó que la cumbre pretendía *“lograr un acuerdo para crear un panel global sobre la seguridad de IA, comparable al IPCC sobre el cambio climático y con la capacidad para evaluar los avances y los riesgos año tras año”*<sup>2</sup>

Los modelos de IA consumen mucha energía debido a la gran cantidad de datos con los que se entrenan sus modelos, su propia complejidad y el volumen de peticiones de los usuarios, que diariamente aumenta en forma exponencial su demanda.

Se estima que los centros de datos responsables del funcionamiento de estas plataformas consumen alrededor del 2-3% de la electricidad mundial, y esta cifra podría seguir aumentando. La preocupación radica en que gran parte de esta energía proviene de fuentes no renovables, lo que contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero y agrava las consecuencias ocasionadas por la Triple Crisis Planetaria.

Según la Universidad Carnegie Mellon y la empresa Hugging Face, el consumo de energía para generar una imagen con IA es comparable al de cargar completamente la batería de un teléfono inteligente.<sup>3</sup> El estudio, publicado en la revista Nature, encontró que el modelo de generación de imágenes más eficiente consume aproximadamente 0,012 kWh de energía por cada 1000 inferencias. Este consumo equivale a aproximadamente 0,00002 kWh por imagen.<sup>4</sup>

Según Scientific American, el entrenamiento del modelo de lenguaje Chat GPT-3 produjo aproximadamente 500 toneladas de CO<sub>2</sub>, mientras que la

---

<sup>2</sup> Alertan sobre los “riesgos catastróficos” que la Inteligencia Artificial podría traerle a la humanidad

<sup>3</sup> Generación de imágenes con IA consume 17 litros de agua en cinco usos

<sup>4</sup> Estudio completo disponible en: How much energy will AI really consume? The good, the bad and the unknown



# DECONOMI

industria de combustibles fósiles generó 31,75 mil millones de toneladas de CO<sub>2</sub> solo en 2022.<sup>5</sup>

No obstante, la IA puede actuar como un facilitador de actividades dañinas para el medio ambiente cuando es utilizada por empresas de sectores contaminantes para maximizar sus beneficios. Un ejemplo de esto es lo que ocurre con una empresa multinacional petrolera, que utiliza tecnologías de IA, en colaboración con Microsoft Azure, para incrementar su producción de petróleo en 50.000 barriles diarios. Esta producción adicional genera miles de toneladas de CO<sub>2</sub>, lo que anula cualquier posible contribución de la IA para la reducción de emisiones.

Esta relación entre IA y sectores potencialmente contaminantes plantea una preocupación: mientras la IA ayuda a ciertos sectores a ser más eficientes, también puede amplificar su capacidad de daño ambiental. Sabemos de los impactos que genera el aumento del CO<sub>2</sub> en la atmósfera, sobre todo en la pérdida de la biodiversidad y la contribución a la acidificación de los océanos.<sup>6</sup>

### III. FUENTES DE ENERGÍA UTILIZADAS

Las fuentes de energía que alimentan los centros de datos de IA varían dependiendo de la región y la infraestructura disponible. La electricidad es la principal fuente utilizada, y ésta se genera a menudo a partir de fuentes fósiles como el carbón, el gas natural y el petróleo, que tienen un alto impacto ambiental.

Sin embargo, algunos centros de datos han comenzado a migrar hacia fuentes renovables como la energía eólica, solar e hidroeléctrica, aunque este cambio es lento y depende de políticas públicas y de la inversión en

---

<sup>5</sup> CO<sub>2</sub> emissions - Our World in Data

<sup>6</sup> La acidificación oceánica La acidificación de los océanos es el proceso por el cual el agua del mar se vuelve más ácida debido al exceso de CO<sub>2</sub> y de óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O) que absorbe de la atmósfera. Este fenómeno, que afecta a todos los océanos de la Tierra (así como a los estuarios costeros y otras vías fluviales), es una consecuencia directa de la quema de combustibles fósiles y la consiguiente contaminación por carbono, proveniente de operaciones de buques y aeronaves, vertidos de sustancias peligrosas y contaminación por plásticos, actividades que se encuentran prohibidas y reguladas en los Anexos del Convenio MARPOL de 1973 y su Protocolo de 1978. A su vez, se encuentra estipulada su reducción en la meta 14.3 del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) N° 14 - Vida Submarina.



# DECONOMI

tecnologías limpias, entre otros compromisos en materia internacional respecto a Principios Ambientales, como por ejemplo, aplicación del Principio Preventivo, el de la Precaución, la Responsabilidad Común pero Diferenciada, el Principio del Contaminador-Pagador y la Equidad Intergeneracional, para nombrar los más relevantes.



*Centro de datos en Estados Unidos. (Foto: Adobe Stock)*

El tipo de energía utilizada puede tener un impacto significativo en la huella de carbono asociada. Por ejemplo, en Estados Unidos, que concentra el 30% de todos los data center del mundo, las *"peleas por el agua"* son uno de los principales motivos de rechazo a millonarias inversiones. El caso más conocido es el de The Dalles, un pequeño pueblo de Oregón, donde la empresa más reconocida en materia de buscadores web instaló una infraestructura que triplicó en cinco años el consumo de agua, bebiendo una cuarta parte del agua de toda la localidad.

El aumento en el uso del agua está directamente relacionado con la inversión y el desarrollo de la IA por parte de dicha empresa. En julio de 2022, un mes antes de que la firma OpenAI afirmara haber completado el entrenamiento de GPT-4, la empresa procesadora reportó un consumo de casi 44.000 litros en sus datacenters de Iowa, el 6% de todo el suministro de agua del distrito.



## IV. FUENTES DE ENERGÍA UTILIZADAS EN CENTROS DE DATOS PARA IA

A continuación se detallan las principales fuentes de energía utilizadas en los centros de datos de IA, junto a los datos científicos que marcan una tendencia que lejos está de disminuir:

### **i) La Energía Fósil:**

La generación de electricidad a partir de combustibles fósiles, como el carbón, el gas natural y el petróleo sigue siendo la fuente predominante en muchos países. Según la Agencia Internacional de Energía (AIE, 2022), aproximadamente el 80% de la electricidad mundial se genera a partir de fuentes fósiles.

El Instituto de Recursos Mundiales (WRI, 2021) indica que los centros de datos en Estados Unidos emiten más de 100 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> cada año, siendo el uso de energía fósil la principal causa de estas emisiones.

La dependencia de estas fuentes no solo contribuye al cambio climático, sino que también plantea riesgos económicos debido a la volatilidad de los precios de los combustibles, que se utilizan como términos de referencia para el establecimiento de sanciones por incumplimientos normativos.

Hay que prestar especial foco en lo que sucede con China, el Sudeste Asiático y países de la UE como Polonia, donde la matriz energética sigue siendo la fósil o no convencionales.

En los ordenadores de IA que funcionan como creadores de imágenes, hay empresas que consumen más electricidad que la que necesitan en 100 países distintos.<sup>7</sup> Y el problema es que no sólo habrá un aumento de consumo debido a los centros de datos: el consumo energético de aires acondicionados en un mundo con temperaturas más altas también está en el horizonte.<sup>8</sup>

---

<sup>7</sup> Google y Microsoft consumen ya más electricidad que 100 países distintos. La IA ha complicado su objetivo de emisiones

<sup>8</sup> El consumo de IA está sobreestimado y debemos preocuparnos más por el aire acondicionado, según la IAE



# DECONOMI

## **ii) Energía Nuclear:**

La energía nuclear representa una alternativa a las fuentes fósiles, aportando una fuente de electricidad de bajas emisiones de carbono. A partir de 2020, la energía nuclear representaba aproximadamente el 10% de la producción eléctrica mundial (AIE, 2022).

Según la Nuclear Energy Agency, la energía nuclear puede ofrecer una solución efectiva para reducir la dependencia de combustibles fósiles en los centros de datos, ya que genera electricidad sin emitir gases de efecto invernadero durante su operación. Sin embargo, la preocupación por la gestión de residuos nucleares y el riesgo de accidentes sigue siendo un obstáculo para su adopción más amplia (NEA, 2023).

## **iii) Energías renovables:**

En los últimos años, ha habido un movimiento hacia la adopción de fuentes de energía renovables, como la solar, eólica, hidroeléctrica y geotérmica, para abastecer las necesidades energéticas de los centros de datos. Veamos a continuación qué implicancias tienen para mejorar la eficiencia energética de los procesadores:

## **iv) Energía Solar:**

La energía solar ha experimentado un crecimiento significativo, con una capacidad instalada mundial de más de 700 GW a finales de 2020 (IRENA, 2021). Los centros de datos aprovechando paneles solares pueden generar una parte significativa de su propia energía, reduciendo la dependencia de la red eléctrica. Un estudio de la firma *Google* del 2020, demostró que sus centros de datos utilizando energía solar lograron un costo de energía significativamente más bajo, al tiempo que disminuyeron su huella de carbono.

## **v) Energía Eólica:**

La energía eólica es otra fuente de energía renovable que ha crecido de manera constante, con una capacidad total de energía eólica global que superó los 730 GW en 2020 (GWEA, 2021). Según un análisis de ciclismo de la firma *Google* sobre sostenibilidad, algunos de sus centros de datos en regiones



# DECONOMI

con alta capacidad de generación eólica han alcanzado un 100% de energía renovable, lo que ha permitido consumir menos energía fósil.

## **vi) Hidroeléctrica:**

Según el Consejo Mundial de la Energía (2021), la energía hidroeléctrica representa aproximadamente el 16% de la producción de electricidad a nivel mundial. Esta fuente de energía es particularmente relevante para centros de datos ubicados cerca de cuerpos de agua, proporcionando una energía constante y confiable.

## **V. INNOVACIONES EN ENERGÍAS RENOVABLES**

Con el avance de las tecnologías de energía renovable, se está explorando el uso de microrredes y almacenamiento de energía en baterías para mejorar la resiliencia y eficiencia energética de los centros de datos. Según International Data Corporation, se espera que la inversión en almacenamiento de energía para centros de datos aumente en un 20% para 2025, lo que permitirá a los centros de datos gestionar mejor su consumo y optimizar su uso de energía renovable (IDC, 2021).

## **VI. DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES**

A pesar de la creciente adopción de energía renovable en los centros de datos, los desafíos relacionados con la intermitencia de estas fuentes, especialmente la solar y eólica, siguen siendo significativos. Sin embargo, iniciativas como la implementación de inteligencia artificial para gestionar de manera más eficiente la carga energética pueden ser clave para optimizar el uso de estas fuentes. Por su parte, *Nature Communications* (2020), el uso de IA en la gestión energética puede reducir hasta un 30% el consumo de energía en los centros de datos.

Un claro ejemplo a destacar es lo que sucede con la matriz energética brasileña. De acuerdo con datos de la Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), de los 200 GW alcanzados, 84,25% son de fuentes renovables y 15,75% de fuentes no renovables (1% Nuclear). Actualmente las tres mayores fuentes renovables que componen la matriz de energía eléctrica brasileña son la hídrica (55%), eólica (14,8%) y biomasa (8,4%) y de las fuentes no renovables,



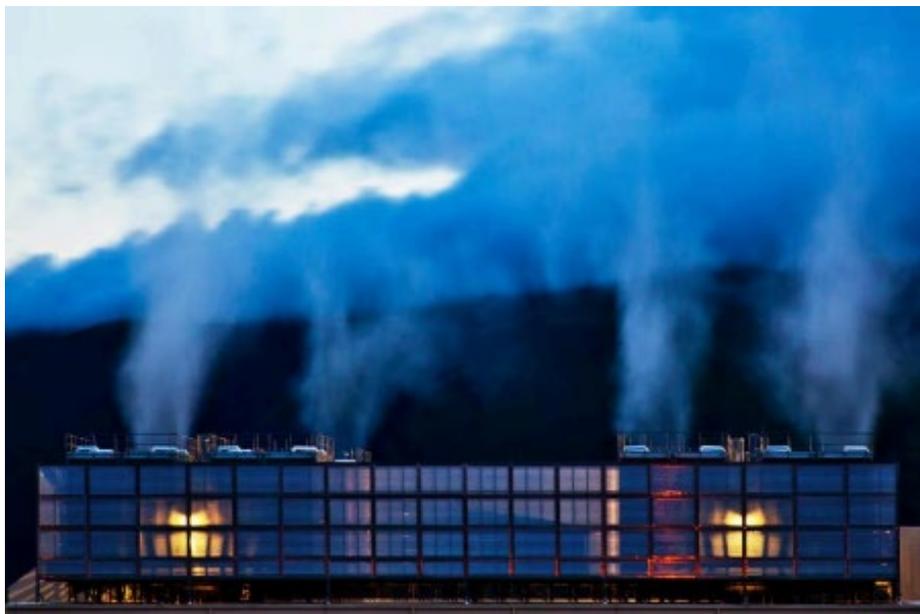
# DECONOMI

las mayores son gas natural (9%), petróleo (4%) y carbón mineral (1,75%). Esto representó un gran esfuerzo de todos los actores que integran al país: no solamente una decisión política a nivel nacional, sino también, permitiendo la participación empresarial, beneficios para fomentar la transición energética y compromisos a niveles estatales.<sup>9</sup>

## VII. REFRIGERACIÓN DE SERVIDORES

El funcionamiento de los servidores genera una cantidad considerable de calor, que debe ser disipado para garantizar un rendimiento óptimo. Tradicionalmente, la refrigeración se logra mediante sistemas de aire acondicionado que, a su vez, consumen grandes cantidades de energía.

Si bien existen métodos más sostenibles, como la refrigeración líquida, que permite un control más eficiente de la temperatura, reduciendo el consumo energético, la implementación de estos sistemas requiere inversión y un cambio en la estrategia inversionista de las empresas operadoras.



Columnas de vapor de agua emergen del techo del hipercentro de datos que Google tiene en The Dalles, Oregón.

---

<sup>9</sup> El consumo de IA está sobreestimado y debemos preocuparnos más por el aire acondicionado, según la IAE



# DECONOMI

La gestión térmica en los centros de datos es fundamental para el funcionamiento efectivo y eficiente de los servidores que soportan plataformas de IA. A medida que la densidad de los servidores y la capacidad de procesamiento aumentan, la generación de calor también crece, lo que plantea un desafío significativo para la infraestructura de Tecnologías de la Información (TI).

La refrigeración adecuada no solo es crucial para prevenir el sobrecalentamiento y asegurar la longevidad del hardware, sino que también impacta considerablemente en el consumo total de energía de los centros de datos.

1. **Técnicas de refrigeración convencionales:** Tradicionalmente, la refrigeración de los servidores se ha llevado a cabo mediante sistemas de refrigeración por aire, que utilizan unidades de aire acondicionado (UAE) para enfriar el aire que circula a través de los racks de servidores. Según la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, 2016), la refrigeración por aire puede ser responsable de hasta el 40% del consumo total de energía de un centro de datos. Además, estos sistemas suelen ser ineficientes para manejar la creciente densidad de potencia, lo que lleva a deficiencias en el rendimiento y un mayor gasto energético.

2. **Refrigeración líquida:** A fin de abordar los desafíos de la refrigeración por aire, la refrigeración líquida ha surgido como una alternativa más eficiente. Este método, que consiste en utilizar refrigerantes líquidos para retirar el calor de los componentes electrónicos, ofrece diversas ventajas. La refrigeración líquida puede reducir el consumo de energía de refrigeración en un 20-30% en comparación con los sistemas de aire convencionales (451 Research - 2020). La Universidad de Tasmania también resalta que la refrigeración líquida puede ser particularmente efectiva en centros de datos de alta densidad. La utilización de técnicas como el "*Direct Liquid Cooling*" (DLC) permite mantener temperaturas óptimas en los servidores mientras se minimiza el consumo energético (Wang et al., 2021).

3. **Celdas de refrigeración y sistemas de complementación:** Otra técnica innovadora es el uso de celdas de refrigeración que emplean agua fría,



# DECONOMI

permitiendo un intercambio de calor más eficiente en comparación con el aire. Este método se combina con sistemas de "free cooling", que aprovechan temperaturas exteriores bajas o fuentes de agua de refrigeración canalizadas para disminuir el consumo de energía. En climas fríos, se ha observado que estos sistemas pueden prácticamente eliminar la necesidad de refrigeración mecánica en ciertas épocas del año (Pérez-Lombard et al., 2008).

A medida que avanzamos hacia un mundo donde la IA y otros datos de alta intensidad continúan expandiéndose, es esencial que la tecnología de refrigeración también evolucione. La transición hacia soluciones de refrigeración más sostenibles no solo reduce el consumo de energía, sino que también disminuye la huella de carbono general de los centros de datos. Si los centros de datos optimizaran sus prácticas de refrigeración, podrían reducir significativamente sus emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo a los esfuerzos globales por limitar el cambio climático y las consecuencias que éste genera (Greenpeace, 2021).

En el contexto de la sostenibilidad, se están desarrollando normativas internacionales que establecen estándares para la eficiencia energética de los centros de datos. Esto incluye la certificación LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), que promueve prácticas de diseño y operación sostenibles en edificios, incluyendo centros de datos. Las empresas que buscan obtener estas certificaciones consideran en gran medida las técnicas de refrigeración implementadas, fomentando la adopción de soluciones innovadoras y sostenibles.

## VIII. BRECHAS EN LA INFRAESTRUCTURA ENERGÉTICA

La transición hacia un uso sostenible de la energía en la IA se dificulta por diversas brechas en la infraestructura energética. Estas incluyen la falta de redes eléctricas inteligentes, la falta de disponibilidad de fuentes renovables en regiones más empobrecidas y la insuficiente inversión en investigación y desarrollo de tecnologías sostenibles. Además, la regulación y estándares internacionales que promuevan prácticas sostenibles son aún insuficientes sustantivamente y limitan la capacidad de las empresas para hacer cambios significativos.



# DECONOMI

Si bien los chipsets modernos han mejorado en términos de eficiencia, el alto consumo durante entrenamientos intensivos sigue siendo una preocupación. El aumento del uso de energía no convencional puede ser visto como un paso positivo hacia la sostenibilidad, pero su efectividad dependerá de la capacidad para integrar soluciones eficientes que maximicen un rendimiento energético. Sin una optimización adecuada, podría resultar que las mejores intenciones de utilizar energía renovable terminen siendo ineficientes o insostenibles a largo plazo. Y en esta coyuntura geopolítica, la eficiencia ambiental es marcada como “*agenda Woke*”, lo cual no resiste siquiera el menor serio análisis y dificulta el financiamiento internacional, dejando descartados a los países en vías de desarrollo.

Por último, es importante señalar que, a medida que la demanda de procesamiento de IA continúa creciendo, la presión sobre las infraestructuras de energía no convencional también aumentará. Lo que critico en este punto se centra en la necesidad de inversiones significativas en tecnología de almacenamiento de energía y en redes eléctricas inteligentes que sean capaces de soportar el flujo constante y variable de las energías renovables. Sin estas mejoras, la adopción de fuentes de energía no convencionales en procesadores de IA podría estar limitada, lo que llevaría a un estancamiento en el avance tecnológico y a un aumento en la huella de carbono de la industria.

## IX. MÉTODOS PARA GARANTIZAR LA SOSTENIBILIDAD

Para garantizar la sostenibilidad en el desarrollo de plataformas de IA, es fundamental adoptar un enfoque multifacético que incluya la inversión en energías renovables, la implementación de tecnologías de eficiencia energética y la creación de regulaciones que promuevan la sostenibilidad. También se pueden implementar la compensación de carbono (mediante bonos verdes, créditos sostenibles, etcétera) y la certificación de centros de datos, lo que podría ofrecer incentivos para que las empresas reduzcan su huella ecológica.

Por otra parte, invertir en tecnologías de almacenamiento de energía, como baterías avanzadas o sistemas de almacenamiento térmico para mitigar la intermitencia de las fuentes renovables, permitiría acumular energía generada



# DECONOMI

durante períodos pico y usarla cuando la generación sea baja, asegurando un suministro constante para las operaciones de IA.

Promover la modernización de las infraestructuras eléctricas mediante la implementación de redes inteligentes que distribuyan el consumo de energía. Estas redes pueden adaptarse al suministro de energía en tiempo real de acuerdo con la demanda, facilitando la integración de fuentes renovables y mejorando la resiliencia del sistema.

Por último, impulsar programas de educación y sensibilización sobre la importancia del uso de energía renovable dentro del ámbito tecnológico y empresarial es más que necesario. Promover la conciencia sobre la huella de carbono y la responsabilidad social corporativa puede motivar a las empresas a adoptar prácticas más sostenibles. Un claro ejemplo podría ser a nivel regional adoptar un sistema similar o inspirado en la Normativa EMAS en la Unión Europea (Sistema de Gestión y Auditoría Medioambientales), la cual mediante determinadas conductas responsables, permite a pequeñas y medianas empresas gestionar racional y eficientemente sus recursos energéticos.

## X. CONCLUSIÓN

La expansión de la IA presenta un dilema crítico: su inmenso potencial transformador coexiste con una considerable demanda de energía, que actualmente depende en gran medida de fuentes no renovables, contribuyendo a la crisis climática global. La generación de imágenes por IA y la refrigeración de los servidores son prácticas que intensifican el daño ambiental. Para asegurar un futuro sostenible, es imprescindible una transición que sea acelerada hacia fuentes de energía renovables y la adopción de tecnologías de refrigeración eficientes, respaldadas por políticas públicas que prioricen la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental.

Además, se debe fomentar la investigación y el desarrollo de tecnologías que optimicen el uso de energía y reduzcan la huella de carbono de los centros de datos. La implementación de normativas internacionales, como la certificación LEED, y programas de sensibilización ambiental son cruciales para



# DECONOMI

impulsar la adopción de prácticas sostenibles en el sector tecnológico y empresarial.

En última instancia, el futuro de la IA y su coexistencia con el medio ambiente dependen de un cambio de paradigma que equilibre la innovación tecnológica con la responsabilidad ambiental. La creación de un panel global similar al IPCC, enfocado en la seguridad y sostenibilidad de la IA, podría ser un catalizador para la cooperación internacional y el desarrollo de soluciones sostenibles. Al priorizar la sostenibilidad en las políticas energéticas y fomentar la colaboración entre investigadores, legisladores, sector educativo y empresas, podemos construir un futuro en el que la IA impulse el progreso sin comprometer el bienestar de las futuras generaciones. El compromiso es de todos.

## ***Referencias***

EPA (2016). Report on Data Center Energy Efficiency. Environmental Protection Agency. Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., & Maestre, I. R.

Wang, Y., Liu, W., Zhang, H., & Zhang, H. (2021). Direct Liquid Cooling Technology for High-Density Data Center. Journal of Thermal Science.

451 Research (2020). Liquid Cooling: The New Standard for the Data Center Industry.

