Infraestructura de Inteligencia Artificial en Sudamérica: Una Estrategia Regional ante Desafíos Geopolíticos y Ambientales

Revista Latinoamericana de Economía y Sociedad Digital

Issue 4

Autores: Joaquín Maquieira-Alonzo

DOI: 10.53857/RLESD.04.2024.01

Publicado: 5 septiembre, 2024

Recibido: 26 agosto, 2023

Cita sugerida: Maquieira-Alonzo, J. (2024). Infraestructura de Inteligencia Artificial en Sudamérica: Una Estrategia Regional ante Desafíos Geopolíticos y Ambientales, Revista Latinoamericana de Economía y Sociedad Digital (RLESD), 4, 1-35.

Licencia: Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0)

Tipo: Análisis de política pública, Estado del arte

Resumen

En la era digital actual, la inteligencia artificial (IA) se ha convertido en un motor crucial para el desarrollo económico y social. Sin embargo, su implementación y despliegue dependen de una infraestructura de cómputo robusta y eficiente. Como sostiene Luciano Floridi (2024), estamos presenciando un 'giro hacia el hardware en el discurso digital'. Por su parte, América Latina enfrenta desafíos para desarrollar esta infraestructura, que van desde la distribución desigual de capacidades hasta la falta de políticas públicas coherentes y coordinadas. El presente artículo aborda estos desafíos desde una perspectiva regional, argumentando la necesidad de estrategias conjuntas que integren los esfuerzos nacionales y promuevan la cooperación entre países latinoamericanos. A través de un análisis de las capacidades de infraestructura de cómputo en la región, y de las políticas públicas que influyen en su desarrollo, se propone debatir una estrategia regional que aborda desafíos geopolíticos y medioambientales.

La metodología de este artículo combina análisis de capacidades tecnológicas y políticas públicas con un enfoque comparativo para proponer una estrategia regional. En primer

lugar, se examinan las capacidades de cómputo en distintos países de América Latina, identificando las principales regiones cloud y centros de datos gestionados por hiperescaladores y empresas de colocación. También se analizan las dificultades inherentes a la medición precisa de la capacidad de cómputo, debido a la variabilidad en las infraestructuras de los proveedores y en las definiciones adoptadas por distintas empresas e investigadores. En segundo lugar, se evalúan las políticas públicas que actualmente influyen en la infraestructura de cómputo en Argentina, Brasil y Chile. Se discuten sus estrategias de IA y cómo abordan (o no) la necesidad de una infraestructura de cómputo interoperable y sostenible. Este análisis permite identificar las fortalezas y debilidades de las políticas nacionales y amplía el debate sobre estrategias para mejorar la infraestructura de cómputo en la región.

Finalmente, se argumenta la necesidad de un enfoque regional para enfrentar dos desafíos críticos: la competencia geopolítica entre Estados Unidos y China, y el impacto medioambiental de la IA. Se propone que solo a través de la cooperación regional pueden desarrollarse estrategias efectivas que aseguren una infraestructura abierta, interoperable y sostenible, capaz de soportar el crecimiento de la IA en América Latina.

Abstract

In today’s digital era, artificial intelligence (AI) has become a crucial driver for economic and social development. However, its implementation and deployment depend on a robust and efficient computing infrastructure. As Luciano Floridi (2024) argues, we are witnessing a ‘hardware shift in the digital discourse’. For its part, Latin America faces challenges in developing this infrastructure, ranging from the unequal distribution of capabilities to the lack of coherent and coordinated public policies.
This article addresses these challenges from a regional perspective, arguing the need for joint strategies that integrate national efforts and promote cooperation among Latin American countries. Through an analysis of computing infrastructure capabilities in the region, and of the public policies that influence their development, it proposes to discuss a regional strategy that addresses geopolitical and environmental challenges.

The methodology of this article combines analysis of technological capabilities and public policies with a comparative approach to propose a regional strategy. First, it examines computing capacities in different Latin American countries, identifying the main cloud regions and data centers managed by hyperscalers and colocation companies. It also discusses the difficulties inherent in accurately measuring compute capacity, due to variability in vendor infrastructures and in the definitions adopted by different companies and researchers. Second, public policies currently influencing computing infrastructure in Argentina, Brazil and Chile are evaluated. We discuss their AI strategies and how they address (or not) the need for an interoperable and sustainable computing infrastructure. This analysis allows identifying the strengths and weaknesses of national policies and

broadens the debate on strategies to improve computing infrastructure in the region. Finally, it argues the need for a regional approach to address two critical challenges: geopolitical competition between the United States and China, and the environmental impact of AI. It is proposed that only through regional cooperation can effective strategies be developed to ensure an open, interoperable and sustainable infrastructure capable of supporting the growth of AI in Latin America.

Resumo

Na era digital atual, a inteligência artificial (IA) tornou-se um impulsionador essencial do desenvolvimento econômico e social. Entretanto, sua implementação e implantação dependem de uma infraestrutura de computação robusta e eficiente. Como argumenta Luciano Floridi (2024), estamos testemunhando uma "mudança de hardware no discurso digital". Por sua vez, a América Latina enfrenta desafios para desenvolver essa infraestrutura, que vão desde a distribuição desigual de recursos até a falta de políticas públicas coerentes e coordenadas. Este artigo aborda esses desafios de uma perspectiva regional, argumentando a necessidade de estratégias conjuntas que integrem os esforços nacionais e promovam a cooperação entre os países latino-americanos. Por meio de uma análise das capacidades de infraestrutura de computação na região e das políticas públicas que influenciam seu desenvolvimento, propõe-se discutir uma estratégia regional que aborde os desafios geopolíticos e ambientais.

A metodologia deste artigo combina a análise das capacidades tecnológicas e das políticas públicas com uma abordagem comparativa para propor uma estratégia regional. Primeiro, ele examina as capacidades de computação em diferentes países da América Latina, identificando as principais regiões de nuvem e data centers gerenciados por hiperescaladores e empresas de colocation. Também discute as dificuldades inerentes à medição precisa da capacidade de computação, devido à variabilidade nas infraestruturas dos provedores e nas definições adotadas por diferentes empresas e pesquisadores. Em segundo lugar, ele avalia as políticas públicas que atualmente influenciam a infraestrutura de computação na Argentina, no Brasil e no Chile. Discutimos suas estratégias de IA e como elas abordam (ou não) a necessidade de uma infraestrutura de computação interoperável e sustentável. Essa análise permite identificar os pontos fortes e fracos das políticas nacionais e amplia o debate sobre estratégias para melhorar a infraestrutura de computação na região.

Por fim, argumenta a necessidade de uma abordagem regional para enfrentar dois desafios críticos: a concorrência geopolítica entre os Estados Unidos e a China e o impacto ambiental da IA. Propõe-se que somente por meio da cooperação regional é possível desenvolver estratégias eficazes para garantir uma infraestrutura aberta,

interoperável e sustentável capaz de apoiar o crescimento da IA na América Latina.

Introducción

En la era digital actual, la inteligencia artificial (IA) se ha convertido en un motor crucial para el desarrollo económico y social. Sin embargo, su implementación y despliegue dependen de una infraestructura de cómputo robusta y eficiente. Como sostiene Luciano Floridi (2024), estamos presenciando un '*giro hacia el hardware* en el discurso digital'. Por su parte, América Latina enfrenta desafíos para desarrollar esta infraestructura, que van desde la distribución desigual de capacidades hasta la falta de políticas públicas coherentes y coordinadas.

El presente artículo aborda estos desafíos desde una perspectiva regional, argumentando la necesidad de estrategias conjuntas que integren los esfuerzos nacionales y promuevan la cooperación entre países latinoamericanos. A través de un análisis de las capacidades de infraestructura de cómputo en la región, y de las políticas públicas que influyen en su desarrollo, se propone debatir una estrategia regional que aborda desafíos geopolíticos y medioambientales.

La metodología de este artículo combina análisis de capacidades tecnológicas y políticas públicas con un enfoque comparativo para proponer una estrategia regional. En primer lugar, se examinan las capacidades de cómputo en distintos países de América Latina, identificando las principales regiones cloud y centros de datos gestionados por hiperescaladores y empresas de colocación. También se analizan las dificultades inherentes a la medición precisa de la capacidad de cómputo, debido a la variabilidad en las infraestructuras de los proveedores y en las definiciones adoptadas por distintas empresas e investigadores.

En segundo lugar, se evalúan las políticas públicas que actualmente influyen en la infraestructura de cómputo en Argentina, Brasil y Chile. Se discuten sus estrategias de IA y cómo abordan (o no) la necesidad de una infraestructura de cómputo interoperable y sostenible. Este análisis permite identificar las fortalezas y debilidades de las políticas nacionales y amplía el debate sobre estrategias para mejorar la infraestructura de cómputo en la región.

Finalmente, se argumenta la necesidad de un enfoque regional para enfrentar dos desafíos críticos: la competencia geopolítica entre Estados Unidos y China, y el impacto medioambiental de la IA. Se propone que solo a través de la cooperación regional pueden desarrollarse estrategias efectivas que aseguren una infraestructura abierta, interoperable y sostenible, capaz de soportar el crecimiento de la IA en América Latina.

Inteligencia Artificial e infraestructura digital

La inteligencia artificial (IA) es un campo de la informática que se enfoca en el desarrollo de

sistemas capaces de realizar tareas complejas mediante el procesamiento y análisis de grandes volúmenes de datos. Ya sea para entrenar o para utilizar sus algoritmos, la IA requiere de infraestructura como centros de datos que consumen agua y energía, así como servidores avanzados para procesar millones de cálculos en paralelo (Russell & Norvig, 2020). La capacidad de procesamiento necesaria para utilizar sistemas como Chat GPT-3 o Gemini actualmente solo está disponible en centros de datos. Al utilizar estas aplicaciones, no empleamos los recursos de nuestras computadoras o celulares, sino que nos conectamos a la nube para enviar los *prompts* y recibir las respuestas. En cierta medida, es posible sostener que la IA existe principalmente en la nube (Lins et al., 2021). Para comprender mejor las bases en las que se sustenta esta tecnología, se presentan a continuación algunos conceptos clave para el desarrollo de este artículo.

Infraestructura Digital

La infraestructura digital[1] es el conjunto de tecnologías y sistemas que permiten la creación, el procesamiento, el almacenamiento y la transmisión de datos. Se puede dividir en dos categorías principales: Infraestructura de Conectividad e Infraestructura de Cómputo.

Infraestructura de Conectividad

La Infraestructura de Conectividad, también llamada de 'telecomunicaciones', incluye todos los elementos que permiten la transmisión de datos a través de largas distancias y el acceso a internet (Méndez Jiménez, 2018). Los componentes clave de esta infraestructura son:

– Cables de fibra óptica: Estos cables submarinos o terrestres permiten la transmisión de datos a alta velocidad y larga distancia con baja latencia; transportan más del 95% del tráfico global de internet (Izaguirre, 2023).

– Satélites: Proveen conectividad en áreas remotas donde no es factible instalar cables de fibra óptica.

– Antenas móviles: Facilitan la comunicación inalámbrica al permitir que celulares y otros dispositivos accedan a internet, tanto en redes 3G como en 4G y 5G.

– Puntos de intercambio de internet (IXPs): Son lugares físicos donde diferentes empresas y organizaciones se conectan e intercambian tráfico de datos para mejorar la eficiencia y reducir los costos de transmisión (Galperín, 2016)[2].

Infraestructura de Cómputo

La Infraestructura de Cómputo incluye todos los recursos y sistemas necesarios para el procesamiento, almacenamiento y gestión de datos digitales. Sus componentes principales son:

– Centros de datos (DCs): Instalaciones físicas que alojan servidores y otros recursos de

cómputo. Son esenciales para el almacenamiento y procesamiento de grandes volúmenes de datos.

– Computación en la Nube: Modelo de entrega de servicios de cómputo a través de internet. Permite acceder a recursos de cómputo y almacenamiento bajo demanda, sin necesidad de una infraestructura física propia (Mosco, 2014; Narayan, 2022).

– Supercomputadoras: También llamadas Computadoras de Alto Desempeño o Rendimiento (HPC), son máquinas potentes diseñadas para realizar cálculos complejos y procesar grandes volúmenes de datos a alta velocidad.

– Semiconductores: También llamados Chips o Circuitos Integrados, son pequeñas piezas de material semiconductor, generalmente silicio, con millones o miles de millones de transistores microscópicos integrados en su estructura. A los efectos de este artículo, se utilizará el término semiconductores o chips para referirse a las CPUs (Unidades Centrales de Procesamiento), GPUs (Unidades de Procesamiento Gráfico) y tarjetas de memoria[3].

Computación en la Nube

La computación en la nube ha revolucionado la forma en que las organizaciones acceden y utilizan los recursos de cómputo. Este modelo permite la provisión de servicios de cómputo a través de internet sin tener que comprar y mantener una infraestructura física propia. Existen diferentes tipos empresas, mercados y modalidades de servicios dentro de la computación en la nube, que se describen a continuación:

– Hiperescaladores: Proveedores de servicios en la nube que ofrecen una infraestructura masiva y altamente escalable. Ejemplos incluyen Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure y Google Cloud. Estos proveedores permiten a las organizaciones escalar sus recursos de cómputo según sea necesario.

– Colocadores: Empresas que ofrecen servicios de alojamiento (*colocation*) para los equipos de cómputo de otras empresas en sus centros de datos, al tiempo que proporcionan instalaciones seguras y conectividad de alta velocidad. Las empresas más grandes en este mercado son Equinix y Digital Realty (propietaria de Ascenty en Latinoamérica) (Maquieira Alonzo, 2022).

– Nube Pública: Infraestructura de cómputo que es propiedad y operada por un proveedor de servicios en la nube y que ofrece recursos compartidos a múltiples clientes a través de internet.

– Nube Privada: Infraestructura de cómputo dedicada a una única organización, ya sea gestionada internamente o por un tercero, pero accesible únicamente para esa organización.

– Nube Múltiple e Híbrida: Estrategias que combinan el uso de múltiples proveedores de nube pública (nube múltiple) o la integración de servicios de nube pública y privada (nube

híbrida) para optimizar el rendimiento, la seguridad y la flexibilidad.

– Región Cloud: Área geográfica específica donde un proveedor de servicios en la nube opera uno o más centros de datos interconectados. Las regiones cloud permiten a los usuarios desplegar sus aplicaciones y servicios más cerca de sus clientes para reducir la latencia y cumplir con requisitos de localización de datos.

– Infraestructura como Servicio (IaaS): Modelo que ofrece recursos de cómputo virtualizados, como servidores y almacenamiento, a través de internet. Los usuarios pueden gestionar y controlar los recursos subyacentes sin necesidad de administrar la infraestructura física.

– Plataforma como Servicio (PaaS): Proporciona una plataforma y un entorno de desarrollo que permiten a los desarrolladores crear, desplegar y gestionar aplicaciones sin preocuparse por la infraestructura subyacente.

– Software como Servicio (SaaS): Modelo de distribución de software donde las aplicaciones se alojan en la nube y se accede a ellas a través de internet. Los usuarios pueden utilizar el software sin necesidad de instalarlo ni gestionarlo localmente.

La transformación digital impulsada por la IA depende de una infraestructura de cómputo avanzada, pero América Latina enfrenta desafíos como la distribución desigual de capacidades y la falta de políticas públicas coherentes. Una infraestructura digital sólida es esencial para fomentar el desarrollo social a través del crecimiento de la IA en la región. El próximo apartado identifica las principales regiones cloud y centros de datos en Sudamérica, analiza las dificultades actuales para medir las capacidades de cómputo en la región, y evalúa las políticas públicas en Chile, Argentina y Brasil que impactan esta infraestructura.

Infraestructura de cómputo en Sudamérica: Capacidades y políticas

Considerando que la infraestructura de cómputo en Sudamérica es un componente crítico para el desarrollo y despliegue de IA, esta sección examina en detalle las capacidades de cómputo disponibles en la región y las políticas públicas que las sustentan y promueven. La primera subsección se enfoca en identificar y evaluar las principales *regiones* cloud, la distribución y características de los centros de datos en diferentes países, y los mayores centros de datos gestionados por las principales empresas de colocación. También se discuten las dificultades inherentes a la medición precisa de la capacidad de cómputo para entender mejor las limitaciones actuales de la región.

En la segunda subsección, se analizan las políticas públicas de infraestructura de cómputo en Sudamérica, con un enfoque particular en las estrategias de inteligencia artificial de Chile, Argentina y Brasil. Además, en base a lineamientos de estrategias de IA y a indicadores internacionales relevantes, se presenta una categorización de las políticas públicas que influyen sobre la capacidad de cómputo en la región. Este análisis busca no

solo describir el estado actual, sino también abrir el debate sobre las políticas necesarias para mejorar la infraestructura de cómputo y fomentar un entorno más competitivo y colaborativo en la IA de Sudamérica.

Infraestructura de cómputo en Sudamérica

La infraestructura de cómputo en Sudamérica se caracteriza por una distribución desigual de recursos y capacidades. En esta subsección, se identifica y evalúa la ubicación de las principales regiones cloud en la región, así como la cantidad y características de los centros de datos en cada país. Se destacan las ciudades que albergan las infraestructuras más significativas, gestionadas por proveedores globales como AWS, Azure, Google Cloud, Oracle Cloud Infrastructure (OCI) y Huawei Cloud. Además, se presentan las principales empresas de colocación y los mayores centros de datos que administran, junto con sus características específicas.

Cuadro 1. Regiones Cloud en Sudamérica

Ubicación (País)	AWS	Azure	Google Cloud	Oracle Cloud Infrastructure	Huawei Cloud
São Paulo (Brasil)	X	X	X	X	X
Santiago (Chile)			X	X	X
Lima (Perú)				X	X
Buenos Aires (Argentina)				X	X

Fuente: Elaboración propia en base a datos públicos de los cinco hiperescaladores presentados.

El Cuadro 1 presenta la distribución de las regiones cloud de los principales hiperescaladores en Sudamérica. La información del cuadro es exhaustiva, por lo que São Paulo (Brasil), Santiago (Chile), Lima (Perú) y Buenos Aires (Argentina) son las únicas ubicaciones oficiales de regiones cloud de estos hiperescaladores en Sudamérica. São Paulo es la ciudad con mayor presencia, con DCs de AWS, Azure, Google Cloud, OCI y Huawei

Cloud, lo que refleja la importancia de Brasil como el mayor mercado de computación en la nube en la región. Le sigue Santiago con la presencia de Google Cloud, Oracle y Huawei, mientras que Lima y Buenos Aires cuentan con regiones de OCI y Huawei Cloud.

En términos de participación en el mercado, AWS lidera el sector de servicios cloud en Latinoamérica, seguido por Microsoft Azure, Google Cloud, OCI y Huawei Cloud, respectivamente (IDC, 2023). Sin embargo, a pesar de su dominio en el mercado, AWS solo cuenta con una región en Sudamérica, específicamente en São Paulo. En contraste, Oracle y Huawei, que tienen menores cuotas de mercado, poseen más regiones en la región. Esto se debe a que cada hiperescalador define su propio concepto de 'región'. Por ejemplo, mientras AWS puede operar con una sola región en un país, Oracle y Huawei pueden establecer múltiples regiones para mejorar su cobertura y resiliencia.

AWS define una región como un área geográfica aislada que contiene múltiples Zonas de Disponibilidad (Availability Zones, AZ). Cada AZ es un centro de datos independiente con su propia infraestructura eléctrica, de red y de refrigeración, diseñada para ser altamente disponible y redundante (AWS, n.d.). Por otro lado, Oracle Cloud Infrastructure (OCI) también define una región como una ubicación geográfica compuesta por uno o más DCs denominados "dominios de disponibilidad" (Availability Domains). Cada dominio de disponibilidad en Oracle está aislado de los fallos en otros dominios, proporcionando redundancia y alta disponibilidad (OCI, n.d.).

Esta variabilidad en la definición de regiones y zonas de disponibilidad por parte de los hiperescaladores complica la medición objetiva de la capacidad de cómputo. La diversidad en cómo cada proveedor estructura sus regiones y zonas de disponibilidad dificulta las comparaciones directas y el análisis preciso de la capacidad total disponible. Incluso si optamos por observar las zonas de disponibilidad (Availability Zones o Availability Domains) en lugar de las regiones (Lehdonvirta et al., 2023), la misma dificultad persiste debido a las diferencias en la implementación y estructura de estas zonas entre los proveedores. Esta disparidad subraya la necesidad de enfoques más estandarizados para evaluar y comparar la infraestructura cloud en diferentes geografías, lo que permite una mejor comprensión de la verdadera capacidad de cómputo disponible en la región (UNCTAD, 2021).

Atender a las ubicaciones de estas regiones cloud permite notar que la evaluación de la infraestructura de cómputo de un país no se limita a los centros de datos o regiones cloud que estén dentro de su territorio. Una forma de capacidad podría llamarse "capacidad de acceso". Por ejemplo, para Uruguay, la infraestructura de cómputo disponible no se limita a los recursos dentro de su territorio, sino también al acceso a la capacidad de nube en regiones cercanas. Sin embargo, las distancias entre los estados y las regiones son relevantes; aunque es posible conectarse a regiones cloud en Estados Unidos, la latencia aumenta considerablemente, lo que puede hacer que varias aplicaciones se vuelvan obsoletas. Por lo tanto, la proximidad de las regiones cloud es crucial para asegurar un mejor rendimiento y baja latencia en el acceso y uso de infraestructura de cómputo.

Otra variable utilizada por organismos internacionales para medir la capacidad de cómputo en la región es contabilizar la cantidad de centros de datos (DCs) en cada país. Si bien existen distintas fuentes para este conteo, la más utilizada es Data Center Map (UNCTAD, 2021, p. 39). Se trata de una plataforma privada en la cual cada empresa de DC puede registrarse de forma gratuita luego de verificar sus datos. Sin embargo, no es una fuente exhaustiva de los DCs. A modo de ejemplo, en Uruguay no figura el DC de Geocom en Montevideo y, hasta el año 2022, no figuraba el DC *Ing. José Luis Massera* de Antel, el mayor del país desde su inauguración en 2016 (Maquieira Alonzo, 2022). Otra fuente relevante proviene de Uptime Institute, conocido principalmente por desarrollar estándares de certificación 'Tier' para DCs, que miden la fiabilidad y el rendimiento de su infraestructura. Estas certificaciones pagas, que van desde Tier I (básico) hasta Tier IV (el más avanzado), son ampliamente reconocidas en la industria y se utilizan para evaluar el nivel de disponibilidad y redundancia de un centro de datos. Sin embargo, varios DCs no están certificados por el Uptime Institute debido a que prefieren no asumir el costo de la certificación, más que por la incapacidad para cumplir con sus requisitos. A su vez, varias empresas clasifican sus DCs como Tier sin poseer la certificación oficial, lo que complica aún más el análisis (Maquieira Alonzo, 2022, pp. 20-1).

Cuadro 2. Centros de Datos en Sudamérica

País	Cantidad de DCs en base a Data Center Map	Cantidad de DCs en base a Uptime Institute
Brasil	127	91
Chile	40	34
Argentina	29	7
Colombia	21	28
Perú	9	21
Uruguay	7	4
Venezuela	6	2
Ecuador	4	12
Bolivia	3	3
Paraguay	2	5

Fuente: Elaboración propia en base a Data Center Map y Uptime Institute (Consulta: 23/5/2024).

El Cuadro 2 presenta una comparación entre la cantidad de centros de datos en varios países de Sudamérica, según dos fuentes: Data Center Map y Uptime Institute. Brasil posee 127 DCs según Data Center Map y 91 según Uptime Institute, lo que destaca su posición como el principal hub de infraestructura de cómputo en la región. Chile y Argentina también muestran una cantidad significativa de DCs, aunque con discrepancias entre las fuentes: Chile cuenta con 40 y 34 respectivamente, mientras que Argentina muestra una diferencia más marcada con 29 y 7. Países como Uruguay, Venezuela, Ecuador, Bolivia y Paraguay tienen una menor cantidad, pero igualmente presentan variaciones notables entre las fuentes, lo que sugiere diferentes criterios o niveles de reconocimiento y certificación en la identificación de sus DCs. Este cuadro demuestra la disparidad en la distribución y registro de DCs en la región, pero fundamentalmente subraya la necesidad de una mayor armonización de los datos y estándares para una evaluación más precisa de la infraestructura de cómputo en Sudamérica.

Como problema adicional para evaluar la capacidad de cómputo en la región, el Cuadro 2 no refleja la diversidad en la modernidad y potencia de los centros de datos. Medir su capacidad presenta varios desafíos debido a la falta de consenso sobre las métricas adecuadas. Entre estas métricas se encuentran la potencia energética en megavatios, el tamaño físico, la clasificación por niveles (Tier), la cantidad y modelos de servidores (CPUs, memoria, GPUs, etc.), y la capacidad de procesamiento en PFLOPS (para supercomputadoras). Estas métricas son esenciales para comprender la infraestructura y la eficiencia operativa de los centros de datos, pero no hay consenso sobre cómo ponderarlas ni reglas destinadas a transparentar el acceso a esa información (OCDE, 2023).

Políticas públicas para la infraestructura de cómputo

Si atendemos a las estrategias de IA actuales en los países donde se ubican las regiones de los principales hiperescaladores (ver Cuadro 1), sobresale que solo Argentina y Chile dedican parte de la estrategia a establecer lineamientos sobre la infraestructura de cómputo.

Chile se destaca por implementar un Plan Nacional de Data Centers y proponer un plan específico para simplificar regulatoriamente y monitorear los procedimientos necesarios para la obtención de permisos de instalación de esta infraestructura. Además, plantea crear un catastro que cuantifique la necesidad y el uso de infraestructura tecnológica en IA, identificando la demanda del sector público, privado y académico (MinCiencia, 2024, pp. 10-1). No obstante, Chile no separa claramente los esfuerzos destinados a la infraestructura

de conectividad de aquellos destinados a la infraestructura de cómputo. En cuanto a la cooperación e integración regional, propone avanzar en índices, observatorios y estándares de IA en la región, así como coordinar la participación en diferentes foros y procesos regionales sobre IA, como la Reunión Ministerial sobre la Ética de la IA, la Agenda Digital eLAC y la Alianza Digital ALC-UE. También busca establecer alianzas estratégicas y acuerdos bilaterales de colaboración en el campo de la IA (MinCiencia, 2024, p. 26). Sin embargo, ninguno de estos enfoques regionales es específico a la infraestructura de cómputo.

Por su parte, Argentina presenta en su Plan Nacional de IA la visión de "[d]esarrollar un esquema que garantice la capacidad de cómputo necesaria para investigación, desarrollo e implementación de sistemas basados en IA" (Presidencia de la Nación, 2019, p. 19), acompañada de objetivos específicos y metas enfocadas en aumentar la capacidad, flexibilidad y creación de instituciones. Sin embargo, Argentina no separa claramente, dentro de la infraestructura de cómputo, lo que corresponde a centros de datos (DCs) y nube frente a computadoras de alto rendimiento (HPCs). En esta línea, Argentina creó en 2010 el Sistema Nacional de Computación de Alto Desempeño (SNCAD) para "consolidar una red nacional de centros de CAD pertenecientes al sistema científico-tecnológico" (p. 100). No obstante, como se reconoce en parte dentro de la misma estrategia (p. 101) y como señala el Ministerio de Economía de Argentina (2023), "las necesidades y tiempos de uso del equipamiento que requiere el sector privado difieren de las necesidades que tiene el uso académico de la CAD" (p. 185). De esta manera, Argentina presenta políticas fuertes en HPCs y en lo que concierne al uso de la nube en el gobierno (Gendler, 2021), pero no así en cuanto al desarrollo de infraestructura de cómputo a nivel general, por ejemplo, cómo debe ser la relación con hiperescaladores y colocadores por fuera del ámbito gubernamental (Bicalho et al., 2020; Maquieira Alonzo, 2022, p. 49). A su vez, Argentina tampoco presenta en su estrategia digital lineamientos, al menos generales, sobre el espacio para la cooperación regional en infraestructura de cómputo.

Para categorizar las distintas políticas públicas establecidas por Argentina, Chile, Brasil y Perú que influyen sobre el desarrollo de la infraestructura de cómputo, se presenta a continuación el Cuadro 3. Para elaborarlo se tuvieron en cuenta, además de las estrategias de IA[4] de estos países, las variables que los hiperescaladores toman en cuenta al momento de elegir la ubicación de sus DCs (como se analiza en Maquieira Alonzo, 2022, pp. 38-45). Estas variables se toman de declaraciones de los propios hiperescaladores, así como los índices *Global Data Center Market Comparison* de Cushman & Wakefield (2021), el *Data Center Development Index* del Banco Interamericano de Desarrollo (García Zaballos & Iglesias Rodríguez, 2017) y el *Arcadis Data Center Location Index* de Arcadis (2021). A su vez, también se analizaron los indicadores dentro del pilar 'Data & Infrastructure' del Government AI Readiness Index de Oxford Insights (2023) y las recomendaciones del informe *A Blueprint for Building National Compute Capacity for Artificial Intelligence* de la OCDE (2023)[5].

Cuadro 3. Políticas Públicas que Influyen sobre la Infraestructura de Cómputo

Categoría de Política Pública	Descripción	Ejemplos
Infraestructura de Conectividad	Políticas dirigidas a desarrollar el acceso a internet y la infraestructura de redes y telecomunicaciones.	Proyectos de tendido de cables de fibra óptica terrestre y submarinos; Incentivos para el desarrollo de Puntos de Intercambio de Internet.
Políticas Energéticas	Iniciativas para asegurar un suministro energético resiliente y económico para centros de datos.	Incentivos fiscales para la adopción de tecnologías de eficiencia energética; Fomento de la inversión en infraestructuras energéticas avanzadas.
Políticas de Sustentabilidad Ambiental	Estrategias y regulaciones diseñadas para minimizar el impacto ambiental de la infraestructura de cómputo y promover prácticas sostenibles en su operación.	Normativas sobre la gestión de residuos electrónicos y economía circular; Requisitos de uso eficiente del agua en centros de datos; Programas de certificación ambiental.
Desarrollo y Fomento de Talento	Programas y políticas para capacitar y desarrollar una fuerza laboral específica para la administración de servidores y centros de datos.	Programas de formación en TICs; Incentivos para la educación en carreras relacionadas con la nube; Apoyo a la investigación y desarrollo de supercomputadoras.
Normas de Seguridad y Privacidad	Normas y regulaciones diseñadas para el sector de la computación en la nube y los centros de datos.	Reglas sobre protección de datos personales en la nube; Requisitos de seguridad para los centros de datos.
Comercio Internacional	Políticas que afectan la importación, exportación y logística de servidores y componentes de centros de datos.	Regulaciones aduaneras; Acuerdos de libre comercio; Establecimiento de Zonas Francas.
Políticas de Acceso	Facilitaciones operativas y técnicas para contratar servicios de hiperescaladores y colocadores.	Estandarización de procedimientos para contratar nube pública y privada en el extranjero; Homologaciones del lenguaje técnico para democratizar el consumo de la infraestructura de cómputo.
Localización de Datos y Soberanía Digital	Normativas que regulan dónde deben almacenarse y procesarse los datos, y que fomentan la industria nacional.	Prohibiciones a la transferencia de ciertos datos fuera del país; Subsidios a empresas locales en la infraestructura de cómputo.
Políticas de Interoperabilidad	Iniciativas para asegurar que los sistemas de computación en la nube sean compatibles entre sí a nivel de hardware y software.	Estándares de hardware abiertos; Certificaciones de interoperabilidad; Políticas de portabilidad de datos entre distintos hiperescaladores.

Fuente: Elaboración propia.

Para entender mejor las políticas públicas que impactan la infraestructura de cómputo en Sudamérica, es crucial analizar tanto las estrategias nacionales como la cooperación regional. Como se argumenta en la siguiente sección, muchos de los desafíos para desarrollar esta infraestructura no pueden resolverse únicamente a través de estrategias nacionales. Las políticas implementadas por países como Chile y Argentina ofrecen una visión de los esfuerzos locales para fortalecer la infraestructura necesaria para el desarrollo de la IA, aunque presentan ciertas limitaciones y áreas de mejora. Este análisis preliminar nos permite identificar las fortalezas y debilidades de las políticas nacionales para considerar en qué medida existen problemas que solo pueden abordarse con una estrategia regional.

Hacia una estrategia regional para la infraestructura de cómputo

Si bien las dificultades para evaluar y desarrollar la capacidad de cómputo, como se vio en la sección anterior, podrían en parte subsanarse con políticas públicas y estrategias nacionales, existen desafíos puntuales que necesariamente requieren de un abordaje regional. El desarrollo de la infraestructura de cómputo plantea varios desafíos debido a su relevancia para áreas como seguridad, privacidad de datos personales, acceso a la información, innovación, fuentes de trabajo, soberanía, costos, y libertad de expresión, entre otros. En este apartado, se argumentará que muchos de estos desafíos no pueden ser resueltos de manera efectiva únicamente a través de estrategias nacionales y que, por lo tanto, es esencial la cooperación regional.

Uno de los principales desafíos que enfrenta la infraestructura de cómputo es la competencia geopolítica entre Estados Unidos y China. Mantener una infraestructura de cómputo abierta e interoperable en medio de esta competencia es crucial. Existe el riesgo de que los países de la región queden atrapados en las exigencias de una u otra potencia, lo que podría resultar en una pérdida de soberanía y dependencia tecnológica. Para mitigar estos riesgos, es posible adaptar el No Alineamiento Activo al ámbito digital y promover el desarrollo de una infraestructura interoperable que no esté ligada a ninguna de las potencias ni subordinada a sus demandas diplomáticas. Este enfoque requiere la cooperación entre los países de la región, la creación de estrategias conjuntas y la coordinación de políticas públicas, ya que una estrategia nacional por sí sola no es suficiente para abordar este desafío de manera efectiva.

Otro desafío significativo es el impacto medioambiental de la infraestructura de cómputo. La contaminación ambiental asociada con estas tecnologías está aumentando y existe el riesgo de un incremento incontrolado y no medible de su impacto ambiental. Para abordar este problema, es crucial desarrollar una infraestructura de cómputo sostenible y circular. Esto también requiere cooperación regional, estrategias complementarias y coordinación entre

los países. Nuevamente, una estrategia nacional aislada no será suficiente para enfrentar el desafío medioambiental de manera adecuada. La colaboración regional es esencial para asegurar un desarrollo sostenible y equitativo de la infraestructura de cómputo en Sudamérica.

Geopolítica, Infraestructura de cómputo, y abordaje regional

Las dos principales potencias globales, Estados Unidos y China, compiten por el liderazgo en IA y la superioridad digital (Allison et at., 2021; Arce, 2015; Lee, 2018; Yan, 2020). En esta competencia, establecen políticas para restringir el uso de tecnologías de su rival tanto dentro de su territorio como fuera (Huttenlocher, Kissinger, & Schmidt, 2021; Vila Seoane & Saguier, 2019), lo cual ha llevado al replanteamiento en torno a la IA y soberanía digital en terceros países y bloques (Calderaro & Blumfelde, 2022; Pohle & Thiel, 2022) La infraestructura digital –por su rol fundamental en el avance de la IA, como vimos anteriormente– cae dentro de esta puja global, lo cual afecta significativamente el desarrollo de políticas y estrategias nacionales e internacionales.

En lo que refiere a infraestructura de conectividad, en 2020 Estados Unidos ejerció presión sobre Chile y Brasil para disuadirlos de utilizar tecnología de Huawei en sus antenas 5G. Esta campaña formaba parte de una estrategia más amplia de Estados Unidos para limitar la influencia tecnológica de China a nivel global, argumentando preocupaciones de seguridad nacional. En Chile, esta presión se manifestó en declaraciones y acciones diplomáticas que buscaban persuadir al gobierno chileno de excluir a Huawei de sus proyectos de infraestructura 5G por medio de enfatizar los riesgos potenciales de espionaje y dependencia tecnológica de una empresa vinculada al gobierno chino (France24, 2019; US Embassy in Chile, 2020). Al mismo tiempo, en Brasil, Estados Unidos aplicó una estrategia similar. Las autoridades estadounidenses, para presionar al gobierno brasileño a que adoptara proveedores alternativos para sus redes 5G, señalaron que el uso de equipos de Huawei iba comprometer la seguridad de la información y la integridad de sus comunicaciones (Huawei Enterprise, 2020; Vila Seoane, 2023).

En el ámbito de la infraestructura de cómputo, Estados Unidos implementó medidas para restringir el acceso de China a semiconductores avanzados utilizados para entrenar y utilizar IA. En 2022, la administración de Biden impuso controles de exportación que prohibieron la venta de software de automatización de diseño electrónico (EDA) y equipos de fabricación de semiconductores a China, buscando limitar la capacidad de este país para desarrollar y producir chips avanzados. Estas restricciones fueron justificadas por preocupaciones de seguridad nacional y la necesidad de mantener la ventaja competitiva estadounidense en tecnologías ‘críticas’ (Allen, 2022; Kim & Rho, 2024). Estas medidas impactaron sobre empresas chinas como Huawei y SMIC, ya que dificultaron su acceso a software y equipos esenciales para la fabricación de semiconductores avanzados (Mark & Tiff Roberts, 2023). En este contexto, Estados Unidos también ha presionado a otros estados para que se sumen a su estrategia de restricción tecnológica. Países Bajos, a través de

ASML, ha restringido la venta de sus avanzadas máquinas de litografía a China, y Japón y Corea del Sur también han implementado medidas similares bajo la presión estadounidense (Malkin & He, 2024; Kim & Rho, 2024).

América Latina corre el riesgo de enfrentar demandas similares para no utilizar semiconductores chinos sobre software estadounidense, lo que implica una limitante más para el avance digital de la región. La tendencia global sugiere que estas restricciones se están expandiendo y afectando la capacidad de terceros países para desarrollar sus propias infraestructuras de cómputo y para gestionar la IA. Considerando este contexto, se presentan a continuación iniciativas adoptadas por terceros países y bloques para reducir la dependencia y aumentar la interoperabilidad ante esta competencia.

Por un lado, Gaia-X es una iniciativa liderada por la industria europea que busca aumentar la resiliencia y autonomía de la Unión Europea en el ámbito del cómputo en la nube. Iniciada por los ministros de finanzas de Alemania y Francia en junio de 2020, Gaia-X tiene como objetivo crear una infraestructura de datos federada basada en los valores europeos de soberanía de datos y nube (Gaia-X, 2022). En lugar de establecer un proveedor europeo de nube que compita directamente con los hiperescaladores estadounidenses, Gaia-X trabaja para crear una red de servicios de nube que operen a través de protocolos comunes de la UE y en cumplimiento con las normas de protección de datos europeas. Esta iniciativa se enfoca en promover una arquitectura abierta, federada y transparente, con el fin de evitar el 'lock-in' y la dependencia de proveedores no europeos (Blancato, 2023).

La participación de empresas no europeas en Gaia-X ha generado controversias debido a las prácticas de vigilancia alegadas y a las diferencias en los enfoques de protección de datos entre la UE y otros países. Aunque estas empresas pueden unirse a Gaia-X, sus derechos de voto están limitados y su participación en comités técnicos y de políticas es controlada para evitar una influencia excesiva (Burwell & Propp 2022, pp. 17-8). Gaia-X publica reglas de política y arquitectura técnica que se actualizan periódicamente para garantizar la interoperabilidad y portabilidad de datos, lo cual facilita la migración de datos entre proveedores sin restricciones significativas. Esta estructura tiene como objetivo permitir que las empresas europeas 'escalen a través de la federación', aumentando la confianza y cumpliendo con los estándares de protección de datos europeos (Blancato, 2023).

Por otro lado, el Open Compute Project (OCP), fundado en 2011 por Facebook, es una iniciativa que busca rediseñar el hardware de los centros de datos para lograr una mayor eficiencia y flexibilidad. El objetivo principal de OCP no es reducir la dependencia de Estados Unidos y China, sino aumentar la interoperabilidad y la eficiencia a nivel global. Promueve el desarrollo de diseños de hardware abiertos y compartidos, lo cual permite a las empresas mejorar la eficiencia energética y reducir costos operativos. Entre las principales empresas que forman parte de OCP se encuentran tanto empresas occidentales como Google, Microsoft, Intel, IBM y Nokia, así como empresas chinas, incluidas Huawei y Tencent (Brown & Torell, 2016; Open Compute Project, 2023).

Un ejemplo de la promoción de la interoperabilidad por OCP es el diseño de servidores Open Rack, que optimiza el uso del espacio y la eficiencia energética. Huawei adoptó estos diseños en sus propios servidores para promover la interoperabilidad y la colaboración internacional en la tecnología de centros de datos (Open Compute Project, 2018). Al adoptar estos estándares abiertos, las empresas facilitan la integración de diferentes componentes y tecnologías de diversos proveedores y evitan el *lock-in* con proveedores de hardware. Esta interoperabilidad – ya sea técnica, semántica u organizacional – es fundamental para el desarrollo de una infraestructura de cómputo avanzada y adaptable (Berg, 2024). En el contexto de América Latina, adoptar modelos como el de OCP podría mitigar los riesgos asociados con la dependencia tecnológica de las potencias y fortalecer la capacidad regional para desarrollar infraestructuras de cómputo más independientes y sostenibles, alineándose con los objetivos de soberanía digital y resiliencia tecnológica.

Sin embargo, de acuerdo con Berg (2024), las empresas pueden favorecer o dificultar la interoperabilidad de los sistemas. Esto depende de si los diseñadores del sistema ven ventajas en implementarla o en mantener un monopolio. A su vez, las políticas regulatorias no siempre van a ser la salida adecuada porque pueden exigir la interoperabilidad para fomentar la competencia o la equidad, pero también pueden dar lugar a la consolidación de ciertas tecnologías y prácticas, lo que en consecuencia restringe la innovación tecnológica (Berg, 2024).

En el marco de América Latina, existen iniciativas y estudios que promueven la interoperabilidad y portabilidad entre los principales actores de la economía digital. Pero estos están dirigidos a la legalidad de la transferencia de datos, ya sean personales, comerciales o gubernamentales (Gómez Mont et al., 2020), y no así a la interoperabilidad y comunicación más técnica y organizacional (Berg, 2024) vinculada al hardware ‘material’ y ‘físico’ (Floridi, 2024) que hace a la infraestructura de cómputo. Entre las iniciativas relevantes para la interoperabilidad a nivel de infraestructura de cómputo en el marco de la competencia global entre potencias, se destacan el Digital Economy Partnership Agreement (DEPA, 2019), la “Recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial” de la UNESCO (2022), la Declaración de Santiago (2023) “para promover una inteligencia artificial ética en América Latina y el Caribe”, y el memorando firmado entre la CAF, Chile y República Dominicana “para estudiar la creación de una red de Centros de Cómputo de Alto Rendimiento en América Latina y el Caribe” (CAF, 2023).

En primer lugar, Chile firmó en 2020 con Nueva Zelanda y Singapur el acuerdo DEPA para facilitar el comercio digital y la colaboración entre sus economías. Este acuerdo abarca diversas áreas de la economía digital, incluyendo el libre flujo internacional de datos (Peters, 2023) y la prohibición de la localización forzada de datos, como se establece en el Artículo 4.4. Este artículo permite a las partes mantener sus propios requisitos regulatorios para asegurar la seguridad y confidencialidad de las comunicaciones, pero prohíbe exigir que las instalaciones informáticas se ubiquen localmente como condición para hacer negocios (DEPA, 2019). Sin embargo, aunque el DEPA fomenta la interoperabilidad en

términos de transferencia de datos y servicios digitales, no establece reglas específicas para asegurar la interoperabilidad a nivel de hardware. Mientras promueve un entorno de datos y servicios digitales libre y abierto, no proporciona un marco para la integración técnica de los componentes físicos que sustentan estos sistemas. De esta manera, el DEPA no aborda los desafíos técnicos y políticos de integrar infraestructuras de cómputo de diversos proveedores, lo cual es esencial en el contexto de la rivalidad tecnológica entre Estados Unidos y China.

En segundo lugar, si bien la "Recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial" de la UNESCO en su ámbito de aplicación 'Desarrollo y Cooperación Internacional' resalta la necesidad de "establecer plataformas de cooperación internacional en el ámbito de la IA para el desarrollo, en particular aportando competencias técnicas, financiación, datos, conocimientos del sector e infraestructura" (2022, p. 31), la recomendación se mantiene demasiado genérica para contribuir a pensar los formatos puntales que puede adoptar la cooperación regional en infraestructura de cómputo. En el mismo sentido, la Declaración de Santiago proclama en su punto 11 "[q]ue es conveniente promover mecanismos de colaboración y el uso compartido de recursos de infraestructura y capacidad de cómputo en el contexto de la IA" (2023, p. 4).

Por último, una iniciativa regional más específica en términos de infraestructura de cómputo es el memorando de entendimiento firmado entre la CAF, Chile y República Dominicana para realizar un estudio de prefactibilidad sobre la creación de una red de Centros de Computo de Alto Rendimiento (HPC) en América Latina y el Caribe. El memorando busca analizar la oferta y demanda de HPCs, evaluar su viabilidad y preparar una hoja de ruta para su construcción, así como planes de inversión técnicos y financieros (CAF, 2023).

A pesar de estos avances, no existe una estrategia regional de infraestructura de cómputo que afronte los riesgos geopolíticos derivados de la competencia tecnológica entre Estados Unidos y China. Para contribuir a este debate, son especialmente útiles los aportes de Carlos Fortín, Jorge Heine y Carlos Ominami en su libro El no alineamiento activo y América Latina (2021). Aunque el libro no se centra en lo digital, su propuesta de "No Alineamiento Activo" (NAA) es útil para pensar en el desarrollo de una infraestructura digital en América Latina. El concepto de NAA presenta la necesidad de que América Latina mantenga una autonomía estratégica en el escenario geopolítico contemporáneo, marcado por la rivalidad entre Estados Unidos y China. El NAA propone que la región debe rechazar tanto la dependencia de Estados Unidos como una alineación automática con China. En su lugar, se enfatiza una postura activa y autónoma que busque maximizar las oportunidades de desarrollo a través de una política exterior que priorice los intereses regionales y fomente relaciones que no reproduzcan las dinámicas tradicionales de dominación centro-periferia.

A su vez, vale resaltar que "el concepto de autonomía, pragmático y en permanente construcción, es en realidad uno de los aspectos más profundos y significativos de la

autodeterminación" en el pensamiento latinoamericano sobre gobernanza global (Deciancio & Tussie, 2019, p. 30). En base a esto, resulta más preciso hablar de Autonomía Digital (Mayer & Lu, 2023) en lugar de Soberanía Digital (Floridi, 2020; Pohle & Thiel, 2022) para promover el desarrollo de la infraestructura digital en América Latina. Este enfoque enfatiza la capacidad de la región para remodelar las reglas y buscar oportunidades para reducir la presión sobre las políticas que los gobiernos desean evadir, en lugar de reescribir completamente las reglas y establecer nuevas bases para la gobernanza (Deciancio & Tussie, 2019) *digital* global.

Esta postura sugiere que la región debe mantener una autonomía estratégica, evitar la dependencia tecnológica de cualquier potencia, e impulsar su propia infraestructura de cómputo de manera cooperativa y regional. Es importante aclarar que una mayor autonomía no significa intentar prescindir de los hiperescaladores y colocadores de las potencias, algo que actualmente está fuera del alcance incluso de la Unión Europea (Blancato, 2023; Broeders et al., 2023; Monsees & Lambach, 2022), y más aún de los países latinoamericanos. En cambio, se trata de interactuar activamente con estos actores mientras se mantiene una 'equidistancia' (Tokatlián, 2021) tanto en el ámbito público como privado. Sin este NAA a nivel regional, las empresas y organismos públicos en la región siguen siendo vulnerables a las presiones de las potencias por inclinarse hacia sus propios proveedores, aun cuando no se trate de la opción más competitiva del mercado.

¿Podría la adopción de un enfoque de No Alineamiento Activo ayudar a América Latina a evitar quedar atrapada en la competencia geopolítica por la infraestructura de cómputo y promover, en cambio, la interoperabilidad y la cooperación tecnológica entre los países de la región? Este camino impulsa una mayor Autonomía Digital y buscar reducir la fragilidad ante las presiones externas. Sin embargo, es necesario extender el debate y considerar si estos principios pueden realmente ser adaptados al ámbito digital, especialmente en la infraestructura de cómputo, y evaluar cómo podrían implementarse efectivamente en la práctica.

Medioambiente, Infraestructura de cómputo, y abordaje regional

Otro desafío significativo es el impacto medioambiental de la IA, particularmente a través de la infraestructura de cómputo. A medida que aumenta el uso de la IA generativa, aumentan también sus efectos sobre el cambio climático. La construcción y operación de centros de datos, la producción de semiconductores, y el uso de energía para alimentar estos sistemas tienen consecuencias ambientales considerables. En este sentido, existe el riesgo de un incremento incontrolado y no medible de su impacto ambiental. Este apartado, sin embargo, no se centra en el valor y las limitaciones de la IA para conservar la naturaleza, gestionar ecosistemas y defender la vida silvestre (Dauvergne, 2020).

Para abordar esta problemática, esta sección se divide en tres partes. Primero, se presentan estudios que evalúan el impacto ambiental de la IA y la infraestructura de cómputo desde

diversas perspectivas, incluyendo el consumo energético y de agua de los centros de datos, la producción de sus componentes y la extracción de materias primas necesarias para su fabricación. En segundo lugar, se analizan las políticas adoptadas por empresas y estados para reducir este impacto medioambiental. Por último, se argumenta por qué estas políticas no son suficientes y por qué es necesaria una coordinación regional para abordar de manera efectiva los desafíos ambientales asociados con la infraestructura de cómputo.

El impacto ambiental de la IA

Consumo energético y de agua de los DCs

Kumar y Buyya (2012) destacan la importancia del 'Green Cloud computing' y proponen soluciones energéticamente eficientes como la virtualización de servidores y la consolidación de cargas de trabajo (*workloads*), que permiten a los DCs mejorar su eficiencia energética al compartir recursos físicos entre varias aplicaciones. Además, sugieren que la migración de aplicaciones empresariales a la nube puede reducir significativamente la huella de carbono. En pequeñas empresas, esta reducción puede alcanzar hasta el 90% en emisiones, mientras que en grandes corporaciones los ahorros pueden variar entre el 30% y el 60% (Kumar & Buyya, 2012).

Por su parte, Mytton y Ashtine (2022) resaltan la falta de transparencia al momento de evaluar el consumo energético de los DCs. Señalan que muchas estimaciones actuales carecen de metodologías claras y datos accesibles, lo que dificulta su replicabilidad y fiabilidad (Mytton & Ashtine, 2022). Esto se vincula directamente con las limitaciones discutidas en la sección anterior de este artículo sobre las dificultades de medir la capacidad de la infraestructura de cómputo. El desafío no es reciente, ya que se remonta a los orígenes de la computación y la fabricación de semiconductores en Estados Unidos, particularmente en Silicon Valley, desde la década de 1950 (Ensmenger, 2018).

En su informe "Midiendo los impactos ambientales de la computación y las aplicaciones de inteligencia artificial", la OCDE (2022) identifica impactos directos e indirectos de la IA sobre el medioambiente. Por una parte, los impactos directos incluyen la producción, transporte, operación y eliminación de hardware, que consumen grandes cantidades de energía y recursos naturales, y generan emisiones de gases de efecto invernadero y residuos electrónicos tóxicos. Por otra parte, las aplicaciones de IA tienen tanto impactos ambientales indirectos positivos como negativos. Positivamente, la IA puede optimizar sistemas eléctricos, transporte, edificios y ciudades, además de mejorar la gestión agrícola y forestal, contribuyendo significativamente a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU mediante la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), la mejora de la eficiencia energética y la promoción de prácticas sostenibles – en la misma línea que Dauvergne (2020). Negativamente, la IA puede exacerbar los impactos ambientales en sectores como la minería y la manufactura, aumentando las emisiones de GEI debido a la mayor eficiencia en la extracción y procesamiento de recursos. También puede fomentar el

consumo insostenible a través de sistemas de recomendación en el comercio electrónico y permitir a las empresas ocultar emisiones mediante el uso de la computación en la nube (OCDE, 2022).

En lo que refiere al consumo de agua de los DCs para sus sistemas de refrigeración, Mél Hogan (2015) destaca que la instalación de estas infraestructuras en áreas con recursos hídricos limitados puede generar conflictos locales y exacerbar la escasez de agua. En su estudio, Mytton (2021) divide el consumo de agua de los DCs en directo e indirecto. De manera directa, usan agua para la refrigeración de los servidores, y de esta manera pueden consumir tanta agua como tres hospitales de tamaño promedio (en EEUU). Indirectamente, utilizan agua a través de la generación de electricidad. Los hiperescaladores lograron aumentar su eficiencia en efectividad del uso de energía (PUE). Este indicador mide cuánta energía se usa para equipos TIC en comparación con la infraestructura de refrigeración, iluminación y otros servicios. Un PUE ideal de 1.0 significa que el 100% de la energía se destina a los equipos TIC. Los DCs tradicionales redujeron sus PUEs de 2.23 en 2010 a 1.93 en 2020, mientras que los proveedores de nube reportan PUEs entre 1.25 y 1.18 – Google alcanzó 1.10 en 2020 (Mytton, 2021). Dado que el agua se consume indirectamente a través de la generación de energía, un uso más eficiente de la energía implica un uso más eficiente del agua. Aun así, en 2018 Google reportó un consumo de agua de 15.8 mil millones de litros, mientras que el de Microsoft fue de 3.6 mil millones de litros en ese mismo año (Mytton, 2021).

En Chile, Google enfrentó protestas por el consumo de agua de su centro de datos propuesto en Cerrillos, Santiago, que planeaba extraer 14.601.600 litros diarios del acuífero Santiago Central. Las autoridades locales y la ONG FIMA expresaron preocupación por la sobreexplotación del acuífero, que afectaría el acceso al agua de miles de familias. A partir de esto, un tribunal chileno ordenó la paralización del proyecto debido a estas preocupaciones y la falta de una evaluación ambiental adecuada que considerara el cambio climático y el derecho humano al agua (La Tercera, 2021).

En Uruguay, el proyecto del centro de datos de Google ha generado preocupación por su impacto ambiental, especialmente en relación con el consumo de agua. El investigador Daniel Pena solicitó formalmente una investigación sobre el consumo de agua proyectado. Inicialmente, Google y el Ministerio de Ambiente de Uruguay mantuvieron estos datos como reservados, citando ‘secreto industrial y comercial’. Sin embargo, el Tribunal de Apelaciones falló a favor de divulgar la información: el DC podría usar hasta 7.600.000 litros de agua por día (El País, 2023; Teledoce, 2023), aunque no se especificó cuánto sería reutilizado. A partir de esto, Google rediseñó su proyecto para usar aire en vez de agua en el enfriamiento. No obstante, todavía existen dudas sobre el consumo energético y otros impactos ambientales, por lo que el Ministerio de Ambiente solicitó información adicional sobre la demanda energética y la gestión de residuos, que se estima en 171 toneladas anuales (Gonzatto, 2023).

Nuevos estudios se centran específicamente en el consumo de agua de modelos de IA generativa. Por ejemplo, entrenar modelos como GPT-3 en los DCs de Microsoft en EEUU puede consumir 700.000 litros de agua, mientras que se estima que la demanda global de IA podría retirar entre 4.2 y 6.6 mil millones de metros cúbicos de agua en 2027 (Li et al., 2023).

Contaminación en la producción de semiconductores y componentes de DCs

El consumo de energía por las operaciones de los DCs y el entrenamiento de modelos avanzados de IA es solo una parte del impacto ambiental de la IA y la infraestructura de cómputo. Como señalan Gupta et al. (2020), también se deben considerar las consecuencias de la producción de hardware y la infraestructura necesaria. En este sentido, Pirson et al. (2023) sostienen que los impactos ambientales (consumo de energía y agua) de la producción de semiconductores, a pesar de las mejoras tecnológicas, no disminuyeron durante el período 1980-2010. A medida que se produce más silicio cada año, el impacto ambiental total sigue creciendo a una tasa del 3.6% anual (Pirson et al., 2023). Contrario al argumento de que las economías de escala y la capacidad de producir semiconductores cada vez más pequeños y eficientes reducirían el impacto, Ruberti (2023) afirma que un mayor tamaño de la empresa, un mayor valor añadido por oblea producida y una mayor capacidad tecnológica no siempre se relacionan con un menor consumo de agua, energía, residuos, aguas residuales y emisiones de GEI por unidad de producción.

En este sentido, para evaluar la huella de carbono de manera holística es necesario observar el consumo de energía, agua y materias primas de empresas como TSMC, la mayor fabricante de semiconductores (*foundry*), y ASML, la empresa que produce las máquinas de litografía ultravioleta extrema (EUV) requeridas para fabricar chips avanzados (Hou & Stapczynski, 2022), incluidas las GPUs de NVIDIA utilizadas para la IA. El mismo énfasis se le puede dar a los equipos de enfriamiento y generación de energía utilizados en los DCs. A su vez, como apunta Kate Crawford (2021) en su libro 'Atlas of AI', la minería de tierras raras y otros minerales necesarios para la producción de tecnología digital causa destrucción ambiental significativa. La extracción de estos materiales no solo consume grandes cantidades de energía, sino que también genera residuos tóxicos que contaminan el suelo y las fuentes de agua locales (Crawford, 2021).

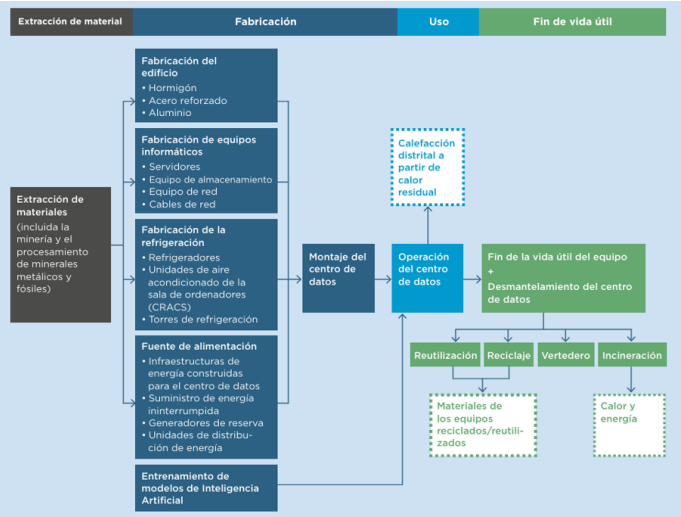
Políticas sobre la IA y el medioambiente

Además de evaluar el impacto ambiental de la IA, es relevante considerar las políticas y normativas que pueden mitigarlo para luego analizar el rol que la cooperación regional puede tener en este sentido. A continuación, se describen algunas iniciativas y regulaciones clave en el ámbito de la IA y el medioambiente.

El Copenhagen Centre on Energy Efficiency, establecido en septiembre de 2013 como una

iniciativa conjunta de Dinamarca, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Universidad Técnica de Dinamarca, es una institución que promueve la eficiencia energética a nivel global. Desde este lugar, recomienda la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) normalizada por la ISO 14044 para cuantificar por etapa los impactos ambientales de los centros de datos, presentada de manera simplificada en la *Ilustración 1*. Algunos documentos como las 'Data Centre Life Cycle Assessment Guidelines' de The Green Grid y las guías del European Telecommunications Standards Institute se basan en esta metodología (C2E2, 2020). La Comisión de la UE también recomienda el uso del ACV en su Código de Conducta para la Eficiencia Energética de los Centros de Datos. Este código es voluntario y promueve prácticas para reducir el consumo de energía, con el objetivo de alcanzar un PUE cercano a 1.0. La iniciativa está vinculada a políticas y programas de financiación europeos para apoyar una nube 'verde' y en 2023 varios DCs fueron premiados por su eficiencia energética (EU Science Hub, 2023).

Ilustración 1. Ilustración simplificada del ciclo de vida de un DC



Fuente: C2E2. (2020). Sostenibilidad ambiental de los centros de datos. (p. 3).

Una iniciativa privada y voluntaria es el Climate Neutral Data Centre Pact lanzada en 2021 por hiperescaladores y colocadores en Europa, con el objetivo de alcanzar la neutralidad climática para 2030. Los signatarios se comprometieron a utilizar un 100% de energía renovable, mejorar la eficiencia energética, conservar el agua, y reciclar el calor y los equipos usados (Climate Neutral Data Centre Pact, 2023)[6]. Este tipo de compromisos también tiene efectos sobre Latinoamérica, ya que está integrado por los principales hiperescaladores y colocadores a nivel global. Sin embargo, no es una norma vinculante a nivel de estados.

Los países de la región tienen normas vigentes que influyen sobre el accionar de estas

empresas, dirigidas tanto a la IA (León Coronado, 2023) como a la protección del medioambiente – por ejemplo, la Ley 20.920 para la gestión de residuos de Chile (Chile MMA, 2016), el *Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima* de Brasil (Brasil MMA, 2016) o la Política Nacional de Cambio Climático de Uruguay (ROU, 2017). Sin embargo, estas normas no fueron establecidas específicamente para regular el impacto ambiental de la infraestructura de cómputo o la IA. En el marco de las estrategias de IA, Chile establece en su Eje 3.3, por un lado, fomentar el uso de IA para combatir la crisis climática y, por otro lado, fomentar el uso de energías renovables no convencionales en el desarrollo de la infraestructura para IA. Sin embargo, las iniciativas en este último lado se limitan a establecer mesas para la discusión del impacto ambiental de la IA en 2024 y promover "la creación y expansión de infraestructuras de inteligencia artificial que operen con energías renovables" para 2025 (MinCiencia, 2024, p. 28)[7].

Por su parte, Argentina establece en como segundo objetivo general en su Plan Nacional de Inteligencia Artificial "[i]mpulsar el desarrollo de IA inclusiva y sustentable que busque generar una mejor calidad de vida a las personas" (Presidencia de la Nación, 2019, p. 54) pero no profundiza sobre este objetivo en el resto del documento o en las distintas etapas del proceso (Aguerre & Levy Daniel, 2021). De la misma manera, Brasil se limita en su *Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial* a sostener que la "IA de Brasil debe beneficiar a las personas y al planeta, impulsando el crecimiento inclusivo, el desarrollo sostenible y el bienestar" (MCTI, 2021, p. 6). Desde el lado de Uruguay, ya sea en su Estrategia de Inteligencia Artificial para el Gobierno Digital (AGESIC, 2020) o en sus principios y objetivos generales de IA (AGESIC, 2021), no establece propósitos o declaraciones destinadas a aumentar la transparencia o sustentabilidad en el uso y producción de la infraestructura de cómputo necesaria para la IA.

Por fuera de las estrategias de IA los estados de la región existen varias certificaciones ambientales relevantes para los DCs. A continuación, se presentan algunas a partir del trabajo de Fiona Brocklehurst (2021) para el Departamento Australiano de Industria, Ciencia, Energía y Recursos:

– Blue Angel es un eco-etiquetado alemán que exige altos estándares de eficiencia energética y manejo de recursos.

– CEEDA evalúa y promueve la eficiencia energética en centros de datos.

– Data Centre Alliance (DCA) cubre aspectos de eficiencia energética, seguridad y resiliencia operativa.

– BREEAM evalúa el rendimiento ambiental de los edificios en áreas como gestión del agua y eficiencia energética.

– Energy Star, un programa estadounidense, certifica productos y edificios por su eficiencia energética.

– LEED, otorgada por el U.S. Green Building Council, evalúa la sostenibilidad en categorías como eficiencia energética y uso del agua, y ofrece niveles de certificación que van desde Certified hasta Platinum.

Más recientemente, en 2024, el Uptime Institute lanzó el *Sustainability Assessment*, que evalúa el progreso en 14 categorías y más de 50 subcategorías de sostenibilidad de centros de datos. Esto incluye el uso de energía y agua, emisiones de carbono, gestión de residuos y reutilización de equipos (Business Wire, 2024).

Sin embargo, al tratarse mayormente de iniciativas privadas voluntarias, y al existir una amplia variedad de opciones donde no todas tienen el mismo prestigio, el compromiso por adoptar este tipo de certificaciones en la región está fuertemente limitado. Vale señalar que, si bien los hiperescaladores responden a las demandas y protestas sociales, actualmente no existen reglas ambientales claras que deban cumplir con sus DCs. A su vez, el incentivo por diferenciarse de sus competidores y utilizar la reducción de la huella de carbono para atraer nuevos clientes funciona de manera independiente a las regulaciones estatales (Maquieira Alonzo, 2021). No obstante, esto no es suficiente para impulsar una IA sustentable y transparente en la región.

El espacio para el regionalismo

En este contexto, surge la necesidad de explorar cómo la cooperación y coordinación regional, tanto en el ámbito público como en el privado, pueden contribuir a mitigar los impactos ambientales de la IA y la infraestructura de cómputo. En este sentido, se argumenta que abordar este problema únicamente a través de estrategias y normas nacionales no es suficiente.

La cooperación regional podría jugar un papel crucial en la adopción de políticas y normativas comunes que impulsen la sostenibilidad. La colaboración entre países puede facilitar la creación de estándares ambientales homogéneos, reducir la fragmentación normativa y promover el intercambio de buenas prácticas. Iniciativas conjuntas podrían atraer financiamiento internacional y apoyo técnico para proyectos de infraestructura verde. Por ejemplo, el establecimiento de marcos regulatorios compartidos que fomenten la eficiencia energética y la reducción de emisiones en la infraestructura de cómputo es un área potencialmente fructífera para la cooperación. Si no se logra consensuar métricas a nivel regional para medir la infraestructura de cómputo no es posible evaluar sus efectos sobre el clima. Dado el funcionamiento regional de la Nube, solo es posible controlar sus efectos con reglas de transparencia regionales.

El sector privado también tiene un rol significativo en la reducción del impacto ambiental de la IA. Empresas tecnológicas, proveedores de servicios en la nube y fabricantes de semiconductores pueden unirse en pactos regionales para mejorar la sostenibilidad de sus operaciones. Iniciativas como el *Climate Neutral Data Centre Pact* en Europa podrían servir de modelo para Latinoamérica, promoviendo compromisos voluntarios para el uso de

energías renovables, la eficiencia energética y la gestión sostenible del agua y residuos. Sin embargo, es necesario considerar que estos compromisos son voluntarios y no vinculantes, lo que plantea preguntas sobre su efectividad en ausencia de regulaciones estatales claras.

La coordinación regional puede ofrecer varios beneficios significativos, como la reducción de costos a través de la implementación conjunta de tecnologías y prácticas sostenibles, y la mejora de la viabilidad económica de las inversiones en infraestructura verde. Además, la colaboración facilita el intercambio de conocimientos y tecnologías entre países, mejorando las capacidades locales y regionales para enfrentar los desafíos ambientales. Un entorno regional coordinado y comprometido con la sostenibilidad puede atraer inversiones extranjeras directas, interesadas en proyectos alineados con objetivos ambientales. Sin embargo, también se debe debatir la capacidad real de estas colaboraciones para abordar las diferencias económicas y políticas entre los países de la región.

Finalmente, algunos ejemplos de políticas y normativas que pueden beneficiarse de una coordinación regional incluyen la adopción de estándares comunes para la eficiencia energética en DCs y otras infraestructuras de cómputo, la promoción de certificaciones ambientales reconocidas a nivel regional y el establecimiento de normativas para el uso y conservación del agua en los procesos de enfriamiento de centros de datos. Además, ofrecer incentivos fiscales y financieros para proyectos que adopten tecnologías limpias y prácticas sostenibles podría incentivar a las empresas a alinearse con los objetivos ambientales. Sin embargo, es importante reconocer que la implementación de estas políticas puede enfrentar desafíos significativos, y se requiere un debate abierto sobre las mejores estrategias para lograr una IA y una infraestructura de cómputo más sostenibles en Latinoamérica.

Conclusión

El análisis presentado en este artículo resalta la necesidad de una estrategia regional para la infraestructura de inteligencia artificial (IA) en América Latina que aborde tanto desafíos geopolíticos como medioambientales.

Primero, en cuanto a los desafíos geopolíticos, la competencia entre Estados Unidos y China intensifica la presión sobre los países de la región para alinearse con una u otra potencia. El No Alineamiento Activo se presenta como un enfoque estratégico para mantener la soberanía tecnológica y fomentar una infraestructura de cómputo abierta e interoperable. Este enfoque no solo permite a los países latinoamericanos evitar dependencias tecnológicas, sino promover la colaboración y el desarrollo de políticas conjuntas que potencien la competitividad regional.

La adopción de un enfoque de No Alineamiento Activo, que replanteen iniciativas como *Gaia-X* en Europa, puede ayudar a América Latina a evitar quedar atrapada en la competencia geopolítica por la infraestructura de cómputo. Promover la interoperabilidad y la cooperación tecnológica entre los países de la región resulta en una mayor autonomía digital, reduce la vulnerabilidad ante presiones externas, y contribuye al desarrollo de una

infraestructura de IA competitiva en la región.

Segundo, en términos medioambientales, el crecimiento de la infraestructura de cómputo plantea desafíos debido a su impacto por el consumo de energía y recursos naturales. La construcción de centros de datos y la importación de semiconductores, esenciales para el desarrollo de IA, deben gestionarse de manera sostenible. La cooperación regional puede jugar un papel crucial en la implementación de estándares ambientales homogéneos, la promoción de certificaciones reconocidas y el intercambio de buenas prácticas. Esto fomenta no solo una infraestructura de cómputo sostenible, sino también una mayor transparencia en la administración de los recursos.

En este contexto, la colaboración entre los sectores público y privado es esencial para impulsar la sostenibilidad. Iniciativas como el *Climate Neutral Data Centre Pact* en Europa sirven para pensar adaptaciones a América Latina. Estas iniciativas promueven compromisos voluntarios para el uso de energías renovables, la eficiencia energética y la gestión sostenible del agua y residuos. Sin embargo, deben complementarse con políticas públicas claras y vinculantes que aseguren transparencia, efectividad y sostenibilidad a largo plazo.

Para el futuro de la IA en la región, es fundamental debatir en qué medida podemos adoptar una visión conjunta y coordinada, que trascienda las estrategias nacionales aisladas y aborde los desafíos de manera integral. Solo a través de una estrategia regional, que combine el No Alineamiento Activo y la sostenibilidad medioambiental, será posible desarrollar una infraestructura de cómputo capaz de soportar el avance de la IA en América Latina.

Referencias

AGESIC. (2020). *Estrategia de Inteligencia Artificial para el Gobierno Digital*. https://www.gub.uy/agencia-gobierno-electronico-sociedad-informacion-conocimiento/comunicacion/publicaciones/estrategia-inteligencia-artificial-para-gobierno-digital/estrategia

AGESIC. (2021). *Estrategia de Inteligencia Artificial*. https://www.gub.uy/agencia-gobierno-electronico-sociedad-informacion-conocimiento/comunicacion/publicaciones/estrategia-inteligencia-artificial

Aguerre, C., & Levy Daniel, M. (2021). Reportes de Política Pública: Argentina. *Empatía*. https://www.empatia.la/wp-content/uploads/2021/12/Policy-report-Argentina-version-final.pdf

Allen, G. (2022). Choking off China's Access to the Future of AI. *CSIS*. https://csis-website-prod.s3.amazonaws.com/s3fs-public/2023-04/221011_Allen_China_AccesstoAI.pdf

Allison, G., Klyman, K., Barbesino, K., & Ye, H. (2021). The Great Tech Rivalry: China vs the

US. *Harvard Kennedy School, Belfer Center for Science and International Affairs*. https://www.belfercenter.org/sites/default/files/GreatTechRivalry_ChinavsUS_211207.pdf

Arcadis. (2021). *The Arcadis Data Center Location Index 2021*. https://www.arcadis.com/en/knowledge-hub/perspectives/asia/2021/data-center

Arce, G. (2015). *La economía mundial en el siglo XXI*. Fundación de Cultura Universitaria.

AWS. (n.d.). *Regions and Availability Zones*. https://aws.amazon.com/about-aws/global-infrastructure/regions_az/

Berg, C. (2024). Interoperability. *Internet Policy Review*, *13*(2). https://doi.org/10.14763/2024.2.1749

Bicalho, J. A., Cabello, S. M., Coca, M., Crosta Blanco, J. I., Rattel, F., Ros Rooney, D., & Torres López, L. (2020). *Computación en la Nube: Contribución al desarrollo de ecosistemas digitales en países del Cono Sur*. Banco Interamericano de Desarrollo.

Blancato, F. G. (2023). The Cloud Sovereignty Nexus: How the European Union Seeks to Reverse Strategic Dependencies in its Digital Ecosystem. *Policy & Internet*, *16*(1), 12-32. https://doi.org/10.1002/poi3.358

Brasil MMA. (2016). Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima. Volume I: Estratégia Geral. *Ministério do Meio Ambiente do Brasil*. https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-ecossistemas/ecossistemas/biomas/arquivos-biomas/plano-nacional-de-adaptacao-a-mudanca-do-clima-pna-vol-i.pdf

Brocklehurst, F. (2021). *International Review of Energy Efficiency in Data Centres*. https://www.dcceew.gov.au/sites/default/files/documents/international-review-energy-efficiency-data-centres.pdf

Broeders, D., Cristiano, F., & Kaminska, M. (2023). In Search of Digital Sovereignty and Strategic Autonomy: Normative Power Europe to the Test of Its Geopolitical Ambitions. *Journal of Common Market Studies*, *61*(5), 1261-1280. https://doi.org/10.1111/jcms.13462

Brown, K., & Torell, W. (2016). Analysis of Data Center Architectures Supporting Open Compute Project (OCP). Schneider Electric. https://www.apc.com/il/en/download/document/SPD_VAVR-A5AJW3_EN/

Burwell, F. G., & Propp, K. (2022). Digital Sovereignty in Practice: The EU's Push to Shape the New Global Economy. *Atlantic Council*. https://www.atlanticcouncil.org/wp-content/uploads/2022/11/Digital-sovereignty-in-practice-The-EUs-push-to-shape-the-new-global-economy_.pdf

Business Wire. (2024). *Uptime Institute launches Uptime Institute Sustainability Assessment for digital infrastructure*. https://www.businesswire.com/news/home/20240416083303/en/Uptime-Institute-Launches-

Uptime-Institute-Sustainability-Assessment-for-Digital-Infrastructure

C2E2. (2020). Sostenibilidad ambiental de los centros de datos: Necesidad de un enfoque de impacto múltiple y ciclo de vida. *Copenhagen Centre on Energy Efficiency*. https://c2e2.unepccc.org/wp-content/uploads/sites/3/2020/02/environmental-sustainability-of-data-centres-a-need-for-a-multi-impact-and-life-cycle-approach-brief-1-es.pdf

CAF. (2023). *CAF, Chile y República Dominicana firman memorando para estudiar la creación de una red de Centros de Computo de Alto Rendimiento en América Latina y el Caribe*. https://www.caf.com/es/actualidad/noticias/2023/10/caf-chile-y-republica-dominicana-firman-memorando-para-estudiar-la-creacion-de-una-red-de-centros-de-computo-de-alto-rendimiento-en-america-latina-y-el-caribe/

Calderaro, A., & Blumfelde, S. (2022). Artificial Intelligence and EU Security: The False Promise of Digital Sovereignty. *European Security*, *31*(3), 415-434. https://doi.org/10.1080/09662839.2022.2101885

Chile MMA. (2016). Ley 20.920 para la gestión de residuos. *Ministerio del Medio Ambiente de Chile*. https://economiacircular.mma.gob.cl/ley-rep/

Climate Neutral Data Centre Pact. (2023). *Self-Regulatory Initiative Policy Proposal*. https://www.climateneutraldatacentre.net/wp-content/uploads/2023/02/20615_Self-Regulatory-Initiative-1.pdf

Crawford, K. (2021). *The Atlas Of AI: Power, Politics, And the Planetary Costs of Artificial Intelligence*. Yale University Press.

Cushman & Wakefield. (2021). *2021 Global Data Center Market Comparison*. https://cushwake.cld.bz/2021-Data-Center-Global-Market-Comparison

Dauvergne, P. (2020). *AI in the Wild: Sustainability in the Age of Artificial Intelligence*. MIT Press.

Deciancio, M., & Tussie, D. (2020). Globalizing Global Governance: Peripheral Thoughts from Latin America. *Fudan Journal of the Humanities and Social Sciences*, *13*(1), 29–44. https://doi.org/10.1007/s40647-019-00263-5

Declaración de Santiago. (2023). Declaración de Santiago para promover una inteligencia artificial ética en América Latina y el Caribe. *Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, Chile*. https://minciencia.gob.cl/uploads/filer_public/40/2a/402a35a0-1222-4dab-b090-5c81bbf34237/declaracion_de_santiago.pdf

DEPA. (2019). *Digital Economy Partnership Agreement*. https://www.mti.gov.sg/-/media/MTI/Microsites/DEAs/Digital-Economy-Partnership-Agreeme

nt/Text-of-the-DEPA.pdf

El País. (2023). *El secreto atrás de millonaria inversión de Google en data center en Uruguay*. https://www.elpais.com.uy/que-pasa/el-secreto-atras-de-millonaria-inversion-de-google-en-data-center-en-uruguay-gobierno-espera-que-se-confirme

Ensmenger, N. (2018). The Environmental History of Computing. *Technology and Culture*, *59*(4), 7-33. https://doi.org/10.1353/tech.2018.0148

EU Science Hub. (2023). *The EU Code of Conduct for Data Centres – towards more innovative, sustainable and secure data centre facilities*. https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/eu-code-conduct-data-centres-towards-more-innovative-sustainable-and-secure-data-centre-facilities-2023-09-05_en

Floridi, L. (2020). The Fight for Digital Sovereignty: What It Is, and Why It Matters, Especially for the EU. *Philosophy & Technology*, *33*, 369–378. https://doi.org/10.1007/s13347-020-00423-6

Floridi, L. (2024). The Hardware Turn in the Digital Discourse: An Analysis, Explanation, and Potential Risk. *Philosophy & Technology*, *37*(39), 1-7. https://doi.org/10.1007/s13347-024-00723-1

Fortín, C., Heine, J., & Ominami, C. (Comps.). (2021). *El no alineamiento activo y América Latina: Una doctrina para el nuevo siglo*. Catalonia.

France24. (2019). *Chile, guerra comercial EEUU-China y Huawei*. https://www.france24.com/es/20190423-chile-guerra-comercial-eeuu-china-huawei

Gaia-X. (2022). *Architecture Document – 22.04 Release*. https://gaia-x.eu/wp-content/uploads/2022/06/Gaia-x-Architecture-Document-22.04-Release.pdf

Galperín, H. (2016). Localizing internet infrastructure: Cooperative peering in latin america. *Telematics and Informatics*, *33*(2), 631-640. https://doi.org/10.1016/j.tele.2015.08.010

García Zaballos, A., & Iglesias Rodríguez, E. (2017). *Data Centers and Broadband for Sustainable Economic and Social Development: Evidence from Latin America and the Caribbean*. Banco Interamericano de Desarrollo. http://doi.org/10.18235/0000692

Gendler, M. A. (2021). Computación en la Nube en Argentina: Breves líneas para un debate urgente (introducción). *Hipertextos*, *9*(15), 195–199. https://doi.org/10.24215/23143924e035

Gómez Mont, C., Del Pozo, C. M., & Martín del Campo, A. V. (2020). Economía de datos e inteligencia artificial en América Latina. Oportunidades y riesgos para un aprovechamiento responsable. En Aguerre (Ed.), *Inteligencia artificial en América Latina y el Caribe. Ética,*

gobernanza y políticas. Universidad de San Andrés. https://proyectoguia.lat/wp-content/uploads/2020/10/compilado-espanol-compressed.pdf

Gonzatto, F. (2023). Pese a cambios anunciados, el data center de Google en Uruguay sigue generando dudas. *La Diaria*. https://ladiaria.com.uy/ambiente/articulo/2023/12/pese-a-cambios-anunciados-el-data-center-de-google-en-uruguay-sigue-generando-dudas/

Gupta, U., Kim, Y. G., Lee, S., Tse, J., Lee, H. H. S., Wei, G. Y., … & Wu, C. J. (2021). Chasing Carbon: The Elusive Environmental Footprint of Computing. *IEEE*. https://doi.org/10.1109/HPCA51647.2021.00076

Hogan, M. (2015). Data Flows and Water Woes: The Utah Data Center. *Big Data & Society*, *2*(2), 1-12. https://doi.org/10.1177/2053951715592429

Hou, Y., & Stapczynski, S. (2022). Chipmaking's next big thing guzzles as much power as entire countries. *Bloomberg*. https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-08-25/energy-efficient-computer-chips-need-lots-of-power-to-make

Huawei Enterprise. (2020). Presión de EEUU para la red 5G aterriza en Brasil y en Chile. https://forum.huawei.com/enterprise/es/Preci%C3%B3n-de-EE-UU-para-la-red-5G-aterriza-en-Brasil-y-en-Chile/thread/667221944904335360-667212892367368192

Huttenlocher, D., Kissinger, H. A., & Schmidt, E. (2021). *The Age of AI: And Our Human Future*. John Murray.

IDC. (2023). MarketScape: Latin America Public Cloud Infrastructure as a Service 2023 Vendor Assessment. https://pages.awscloud.com/rs/112-TZM-766/images/23-LATAM-en-US-idc-other-ardm-latin-america-public-cloud-infrastructure-as-a-service-reprint.pdf

Izaguirre, M. S. (2023). Diez años de continuidad en Argentina: El caso de tendido y operación de la Red Federal de Fibra Óptica entre 2010 y 2020. *Revista Latinoamericana de Economía y Sociedad Digital*, *4*, 1-20. https://doi.org/10.53857/RLESD.04.2023.08

Kim, Y., & Rho, S. (2024). The US–China Chip War, Economy–Security Nexus, and Asia. *Journal of Chinese Political Science*, 1-28. https://doi.org/10.1007/s11366-024-09881-7

Kumar, S., & Buyya, R. (2012). Green Cloud Computing and Environmental Sustainability. Harnessing Green IT: Principles and Practices, 315-339. https://doi.org/10.1002/9781118305393.ch16

La Tercera. (2021). *Guerra del agua en Cerrillos: Google enfrenta arremetida legal por megaproyecto de data center*. https://www.latercera.com/la-tercera-pm/noticia/guerra-del-agua-en-cerrillos-google-enfrent

a-arremetida-legal-por-megaproyecto-de-data-center/3EESORSYUBFX3HZFGNWJU7PGP4/

Lee, K. F. (2018). *AI Superpowers: China, Silicon Valley, and the New World Order.* Houghton Mifflin Harcourt.

León Coronado, C. (2023). La carrera por la regulación de la inteligencia artificial. *Revista Latinoamericana de Economía y Sociedad Digital*, *4*. https://doi.org/10.53857/RLESD.04.2023.05

Lehdonvirta, V., Wu, B., & Hawkins, Z. (2023). Cloud Empires' Physical Footprint: How Trade and Security Politics Shape the Global Expansion of US and Chinese Data Centre Infrastructures. *Disponible en SSRN*. http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4670764

Li, P., Yang, J., Islam, M. A., & Ren, S. (2023). Making Ai Less" Thirsty": Uncovering and Addressing the Secret Water Footprint of AI Models. https://arxiv.org/pdf/2304.03271

Lins, S., Pandl, K. D., Teigeler, H., Thiebes, S., Bayer, C., & Sunyaev, A. (2021). Artificial Antelligence as a Service: Classification and Research Directions. *Business & Information Systems Engineering*, *63*, 441-456. https://doi.org/10.1007/s12599-021-00708-w

Malkin, A., & He, T. (2024). The Geoeconomics of Global Semiconductor Value Chains: Extraterritoriality and The US-China Technology Rivalry. *Review of International Political Economy*, *31*(2), 674-699. https://doi.org/10.1080/09692290.2023.2245404

Maquieira Alonzo, J. (2021). La Nube y el Cambio Climático. *Amenaza Roboto*. https://amenazaroboto.com/cloud-computing-005-la-nube-y-el-cambio-climatico

Maquieira Alonzo, J. (2022). La economía política internacional de la computación en la nube: Competencia por el mercado latinoamericano. Tesis de Maestría. FLACSO, Argentina. https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/19147

Mark, J., & Tiff Roberts, D. (2023). United States–China Semiconductor Standoff: A supply Chain Under Stress. *Atlantic Council*. https://www.atlanticcouncil.org/wp-content/uploads/2023/03/US-China-Semiconductor-Standoff.pdf

MCTI. (2021). Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial. *Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações do Brasil*. https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/arquivosestrategiadigital/e-digital_ciclo_2022-2026.pdf

Méndez Jiménez, M. (2018). El papel fundamental de la infraestructura de Telecomunicaciones. En L. Belli & O. Cavalli (Eds.*), Gobernanza y regulaciones de Internet en América Latina* (pp. 91-104). Escola de Direito do Rio de Janeiro da Fundação Getulio Vargas. https://www.gobernanzainternet.org/libro/

gobernanza_y_regulaciones_de_internet_en_america_latina.pdf

Miller, C. (2022). *Chip War: The Fight for the World's Most Critical Technology*. Scribner.

MinCiencia. (2024). Plan de Acción Política IA 2024. *Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación*. https://www.minciencia.gob.cl/areas/inteligencia-artificial/politica-nacional-de-inteligencia-artificial/

Monsees, L., & Lambach, D. (2022). Digital Sovereignty, Geopolitical Imaginaries, and the Reproduction of European Identity. *European Security*, *31*(3), 377-394. https://doi.org/10.1080/09662839.2022.2101883

Mosco, V. (2014). *To the Cloud: Big Data in a Turbulent World*. Paradigm Publishers.

Mytton, D. (2021). Data Centre Water Consumption. *Clean Water*, *4*(1), 11. https://doi.org/10.1038/s41545-021-00101-w

Mytton, D., & Ashtine, M. (2022). Sources of Data Center Energy Estimates: A Comprehensive Review. *Joule*, *6*(9), 2032-2056. https://doi.org/10.1016/j.joule.2022.07.011

Narayan, D. (2022). Platform Capitalism and Cloud Infrastructure: Theorizing a Hyper-Scalable Computing Regime. *Environment and Planning A: Economy and Space*, *54*(5), 911-929. https://doi.org/10.1177/0308518X221094028

OCDE. (2023). A Blueprint for Building National Compute Capacity for AI. *OECD Publishing*. https://www.oecd.org/publications/a-blueprint-for-building-national-compute-capacity-for-artificial-intelligence-876367e3-en.htm

OCDE. (2022). Measuring The Environmental Impacts of Artificial Intelligence Compute and Applications: The AI Footprint. *OECD Publishing*. https://www.oecd.org/publications/measuring-the-environmental-impacts-of-artificial-intelligence-compute-and-applications-7babf571-en.htm

OCI. (n.d.). *Regions and Availability Domains*. https://docs.oracle.com/en-us/iaas/Content/General/Concepts/regions.htm

Open Compute Project. (2018). *Huawei joins Open Compute Project as platinum member*. https://www.opencompute.org/blog/huawei-joins-open-compute-project-as-platinum-member

Open Compute Project. (2023). *About*. https://www.opencompute.org/about

Oxford Insights. (2023). Government AI Readiness Index 2023. https://oxfordinsights.com/wp-content/uploads/2023/12/2023-Government-AI-Readiness-Index-1.pdf

Pirson, T., Delhaye, T. P., Pip, A. G., Le Brun, G., Raskin, J. P., & Bol, D. (2023). The Environmental Footprint of IC Production: Review, Analysis, and Lessons from Historical Trends. *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, *36*(1), 56-67.

https://doi.org/10.1109/TSM.2022.3228311

Plantin, J. C., & Punathambekar, A. (2019). Digital Media Infrastructures: Pipes, Platforms, and Politics. *Media, Culture & Society*, *41*(2), 163-174. https://doi.org/10.1177/0308518X221094028

Pohle, J., & Thiel, T. (2022). Soberanía digital. *Revista Latinoamericana de Economía y Sociedad Digital*, *1*(1), 1-22. https://doi.org/10.53857/OLMH2516

Presidencia de la Nación. (2019). Plan Nacional de Inteligencia Artificial. *Argentina*. https://oecd-opsi.org/wp-content/uploads/2021/02/Argentina-National-AI-Strategy.pdf

Presidencia de la Nación. (2019). *Plan Nacional de Inteligencia Artificial*. https://oecd-opsi.org/wp-content/uploads/2021/02/Argentina-National-AI-Strategy.pdf

ROU. (2017). Política Nacional de Cambio Climático. *República Oriental del Uruguay*. https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/documentos/publicaciones/Politica_CC_1.pdf

Ruberti, M. (2023). The Chip Manufacturing Industry: Environmental Impacts and Eco-Efficiency Analysis. *Science of the Total Environment*, *858*(2). https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159873

Russell, S. J., & Norvig, P. (2020). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th Ed.). Pearson.

Stocker, V., Smaragdakis, G., Lehr, W., & Bauer, S. (2017). The Growing Complexity of Content Delivery Networks: Challenges and Implications for the Internet Ecosystem. *Telecommunications Policy*, *41*(10), 1003-1016. https://doi.org/10.1016/j.telpol.2017.02.004

Tokatlián, J. G. (2021). Estados Unidos-América Latina: por una diplomacia de equidistancia. En C. Fortín, J. Heine, & C. Ominami (Comps.), *El no alineamiento activo y América Latina: Una doctrina para el nuevo siglo* (pp. 61-82). Catalonia.

UNCTAD. (2021). Informe sobre la economía digital 2021. Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo. https://unctad.org/system/files/official-document/der2021_es_0.pdf

UNESCO. (2022). *Recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial*. https://www.unesco.org/es/articles/recomendacion-sobre-la-etica-de-la-inteligencia-artificial

US Embassy in Chile. (2020). *Estados Unidos limita aún más el acceso de Huawei a la tecnología estadounidense*. https://cl.usembassy.gov/es/estados-unidos-limita-aun-mas-el-acceso-de-huawei-a-la-tecnologia-estadounidense/

Vila Seoane, M. & Saguier, M. (2019). Ciberpolítica, digitalización y relaciones

internacionales: Un enfoque desde la literatura crítica de economía política internacional. *Relaciones Internacionales*, (40), 113–131. https://doi.org/10.15366/relacionesinternacionales2019.40.005

Vila Seoane, M. (2023) Mediated Public Diplomacy and Securitization Theory: The US Campaign Against Chinese 5G in Brazil and Chile. *International Relations*. https://doi.org/10.1177/004711782312054

Yan, X. (2020). Bipolar Rivalry in the Early Digital Age. *The Chinese Journal of International Politics*, *13*(3), 313-341. https://doi.org/10.1093/cjip/poaa007

Autor

Joaquín Maquieira-Alonzo. Magíster en Relaciones Internacionales por FLACSO, Argentina. Su tesis de maestría se titula *La Economía Política Internacional de la Computación en la Nube*. Licenciado en Relaciones Internacionales por la Universidad de la República, Uruguay. Diplomado en Gobernanza de Internet por la Universidad de San Andrés (UdeSA). Actualmente es investigador en el Centro de Tecnología y Sociedad (CETyS, UdeSA) y profesor de Análisis de Plataformas Digitales en la Universidad Católica del Uruguay (UCU). Dictó el Seminario *La Batalla Global por la Infraestructura Digital: Cloud Computing, Entretenimiento y Semiconductores* en la UCU. Cursó el Programa de Derecho y Tecnología de las Comunicaciones del CETyS. Sus principales líneas de investigación se vinculan a la competencia entre Estados Unidos y China, la infraestructura digital, y la cadena global de valor de los semiconductores.

Notas

↑1 Para una conceptualización de infraestructura vinculada a la capa lógica y de protocolos de internet ver Musiani et al. (2016). Para una conceptualización de plataformas digitales como infraestructura ver Plantin & Punathambekar (2019).

↑2 Para un análisis del vínculo de los IXPs con la computación en la nube ver Stocker et al. (2017).

↑3 Para una categorización más detallada ver la introducción del libro *Chip War* de Chris Miller (2022).

↑4 Perú, al momento de la redacción de este artículo, no cuenta con una Estrategia de IA.

↑5 El ‘AI Index Report’ de Stanford no contempla indicadores sobre la infraestructura de cómputo. Ver https://aiindex.stanford.edu/report/.

↑6 Otras iniciativas sobre DCs a nivel de gobierno y privadas se pueden encontrar en “International review of energy efficiency in data centres” (Brocklehurst, 2021, p. 30).

↑7 Dentro del Plan Nacional de Data Centers que Chile prepara en 2024, no obstante, sí se prevé plantear los desafíos ambientales de esta infraestructura (MinCiencia, 2024).