

**El sistema global de la Inteligencia Artificial
Generativa.
Trabajo, poder y desafíos en la segunda oleada
informativa**
The global system of Generative Artificial Intelligence.
Work, power, and challenges in the second wave of
information

Patricio Feldman
patofeldman@gmail.com
Instituto de Investigaciones Gino Germani, Universidad de Buenos Aires
ORCID ID 0000-0001-7012-375X

Martín Gendler
martin.gendler@gmail.com
Instituto de Investigaciones Gino Germani, Universidad de Buenos Aires
ORCID ID 0000-0001-5781-6367

Resumen: El artículo busca profundizar en las características, problemáticas, actores y desafíos éticos y regulatorios de la Inteligencia Artificial Generativa (IAGen), uno de los desarrollos clave de la segunda oleada informativa, entendiéndola como una tecnología estructurada en un sistema de características globales. Se inicia definiendo a la IAGen en torno a sus características diferenciales para luego, por medio de una metodología cualitativa de análisis y revisión bibliográfica, proponer y desplegar una sistematización clasificatoria de siete capas (software, mano de obra, datos, hardware, infraestructura, materiales y energía) interseccionadas con los niveles macro, meso y microsociales. Esto permite ahondar tanto en las características como también en los desarrollos tecnológicos, recursos naturales, países, empresas y otros actores implicados de cada capa, constituyendo una base analítica firme para focalizar en las

problemáticas y desafíos éticos y regulatorios, comunes y diferenciales, que se presentan en cada una de las mismas. Su relevancia se encuentra en el desarrollo de una herramienta teórico-conceptual para el análisis de los desafíos, problemáticas, oportunidades y características que presenta una de las principales tecnologías de esta nueva etapa informacional.

Palabras clave: Inteligencia Artificial Generativa; internet; tecnologías digitales; paradigma 4.0.

Abstract: This article seeks to delve into the characteristics, issues, actors, and ethical and regulatory challenges of Generative Artificial Intelligence (GenAI), one of the key developments of the second information wave, understanding it as a technology structured in a system of global characteristics. It begins by defining the GenAI around its differential characteristics and then, through a qualitative methodology of analysis and bibliographic review, proposes and deploys a classificatory systematization of seven layers (software, labor, data, hardware, infrastructure, materials, and energy) intersected with macro, meso and micro-social levels. This allows to delve deeper into the characteristics as well as the technological developments, natural resources, countries, companies, and other actors involved in each layer, constituting a solid analytical basis for focusing on the ethical and regulatory issues and challenges that arise in each of them. Its relevance lies in the development of a theoretical-conceptual instrument for the analysis of the challenges, problems, opportunities, and characteristics presented by one of the main technologies of this new informational stage.

Keywords: Generative Artificial Intelligence; internet; digital technologies; paradigm 4.0.

Introducción

Los avances recientes de la Inteligencia Artificial Generativa (IAGen), un desarrollo de la Inteligencia Artificial (IA) asociada al *Meaching Learning*, *Deep Learning* y Procesamiento de Lenguaje Natural, entre otras, una de las tecnologías más relevantes del paradigma 4.0¹ (Girolimo & Feldman, 2021), introducen debates de todo tipo que incluyen una discusión ontológica en torno al carácter particular de una nueva agencia, los debates en torno al futuro del trabajo en el marco de la automatización de tareas cognitivas/intelectuales y otros aspectos como la geopolítica de la IA asociada a la disputa por la hegemonía global entre Estados Unidos y China. Este artículo recupera los enfoques de Crawford (2023) y Estampa (2024) que reconocen la necesidad de alinear el análisis en la economía política de la IAGen. En este sentido, se plantea como necesario visibilizar cuáles son las capas involucradas en el desarrollo de esta tecnología, sus expresiones territoriales específicas y el modo en que distribuyen las externalidades ocasionadas por el despliegue de un sistema global que ordena y estructura el trabajo, el poder y la generación de riqueza en la etapa actual del capitalismo informacional.

Partiendo de este último enfoque, se plantea que la IAGen es mucho más que solo los softwares que se utilizan comúnmente, dado que, en torno ella se estructura un sistema global que contiene siete capas, donde cada una puede ser analizada como nodo de una red mundial. Si bien, los nodos presentan cierta autonomía- una red de actores sociales propia, criterios organizativos particulares y una trayectoria histórica puntual- no existe

¹ El paradigma 4.0, también considerado como una segunda “fase” o “etapa” del informacionalismo (Zukerfeld, 2020), representa la profundización y complejización del paradigma informacional inaugurado en la década de 1970, pudiendo situarse su año de inicio en 2008 tras la crisis económica mundial, los juicios de propiedad intelectual y, muy especialmente, la masificación del smartphone y del ecosistema de plataformas digitales (Gendler, 2024a). Cabe destacar que los saltos de escala de los procesos de datificación social que conlleva esta nueva fase se conjugan con una batería de tecnologías digitales vistas como “clave” de la etapa: la inteligencia artificial, la internet de las cosas, la impresión 3D, la realidad aumentada, realidad virtual, entre muchas otras (Schwab, 2016).

posibilidad de que la red funcione sin una articulación fluida, estable y sólida entre cada uno de ellos. Estas capas organizan los mercados, el trabajo y la base material de una nueva oleada de desarrollo informacional. Se trata de un nuevo ensamblaje de bits y átomos de escala planetaria que abre una serie de tensiones, desafíos, amenazas y oportunidades, presentes y futuras, que van redefiniendo la relación entre tecnología y sociedad. La comprensión de este sistema global se considera de vital importancia para poder complejizar no solo el entendimiento de la IAGen, sino también lo que respecta a su análisis, implementación y posible regulación. En este sentido, el poder ahondar en el entendimiento no solo de las características y problemáticas del software central de la IAGen, los LLM, sino también contemplar los demás niveles, componentes, actores y ubicaciones geográficas que lo constituyen y sostienen, se considera central para una comprensión integral que pueda aportar mayor complejidad al campo de estudios.

Asimismo, las siete capas se cruzan con tres niveles organizativos de la sociedad: macro, meso y micro. Una particularidad de este sistema global, como plantea Costa et al. (2023), es que el nivel macro no corresponde a los Estados ni a los ámbitos internacionales de coordinación entre estos, sino que es ocupado por las grandes empresas de tecnología. Tanto el complejo GAFAM (Google, Amazon, Facebook, Apple, y Microsoft) y sus subsidiarias como OpenAI, para el caso norteamericano, como BATH (Baidu, Alibaba, Tencent, y Huawei), en el caso chino, desempeñan un protagonismo indiscutible en este nivel. Luego, en un nivel meso, se destacan los Estados Nacionales en sus diferentes niveles territoriales y una variedad de organismos internacionales, la mayoría dependiente de Naciones Unidas. Finalmente, a nivel micro, aparecen las organizaciones de la sociedad civil, asociaciones empresarias, pequeñas y medianas empresas y los ciudadanos. Precisamente por el tipo de entrecruzamiento de las siete capas con los tres niveles, la gobernanza de este sistema global se torna dificultosa, desordenada y fundamentalmente asimétrica.

El objetivo del presente trabajo es ahondar en el entendimiento de las características, problemáticas, actores y desafíos políticos y regulatorios de la IAGen a nivel global, considerándola una de las principales tecnologías

digitales disruptivas del paradigma 4.0. Para ello, se inicia el escrito definiendo la IAGen en torno a sus características particulares y dimensiones y su vínculo con otros desarrollos de IA relacionados. Tras esto, empleando una metodología cualitativa de análisis y revisión bibliográfica (Valles, 1999), se recurre al armado y despliegue de una sistematización transversal a los niveles macro, meso y microsociales, que permita clasificar a la IAGen en siete capas, considerando sus distintos niveles de incumbencia, las tecnologías y recursos sociotécnicos y naturales involucrados, los principales países implicados en cada capa, las empresas protagonistas, otros actores.

Su relevancia consiste en disponer de una herramienta teórico-conceptual pero también analítica útil para el estudio y entendimiento integral de las características, problemáticas y desafíos que protagonizan la actual etapa del capitalismo informacional.

La IA Generativa: la Nueva Joya del Informacionalismo

La IA Generativa (IAGen) constituye un desarrollo que combina avances previos² dentro del subcampo del *deep learning*, el cual, a su vez, forma parte del *machine learning*³. Se puede caracterizar como una tecnología de propósito general, esto es: realiza una función genérica que resulta fundamental para un gran número de productos o sistemas de producción, presenta rasgos de un fuerte dinamismo tecnológico, va mejorando a lo largo del tiempo, impulsando innovaciones sobre esa función genérica, y, además, resulta

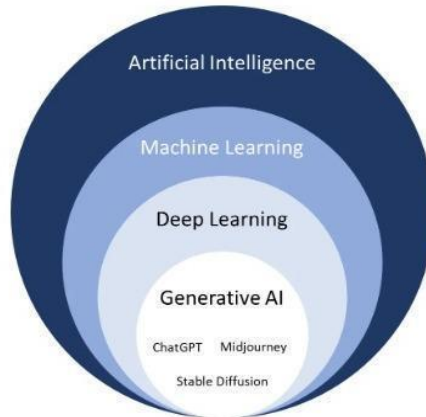
² Entre ellos: las redes neuronales profundas, las redes generativas antagónicas, el procesamiento de lenguaje natural, el aprendizaje por transferencia; en conjunto con otros desarrollos provenientes del machine learning como la optimización algorítmica, el modelado estadístico y el etiquetado de datos, entre otros.

³ El machine learning es una rama de la IA que permite a las máquinas aprender patrones a partir de datos y mejorar su desempeño sin ser programadas explícitamente. Incluye una variedad de algoritmos (como árboles de decisión o SVM) y abarca distintos enfoques (supervisados, no supervisados y por refuerzo). Por su lado, el deep learning es un subcampo del machine learning que utiliza redes neuronales artificiales con múltiples capas, lo que le permite aprender patrones más complejos y abstractos. Asimismo, por su alto nivel de complejidad, permite alcanzar mayores niveles de profundidad en el análisis de relaciones, características y predicciones (Madakam et al., 2022).

complementaria con otras innovaciones, lo cual facilita que se disemine en toda la economía y sociedad (Rosenberg & Trajtenberg, 2004).

Figura 1

(algunas) ramas, subcampos y desarrollos de Inteligencia Artificial



Nota. Yuan (2022).

La IAGen presenta cinco características que la distinguen de los otros campos y que permiten sostener que se trata de una IA con mayor potencial disruptivo que sus antecesoras. En primer lugar, no se trata de una IA acotada a una función específica, sino que permite realizar múltiples funciones y responder a diversos requerimientos que van desde la búsqueda de información hasta la generación de texto, análisis de datos, generación de imágenes, videos, entre otras opciones.

Un segundo componente refiere a la capacidad de generar contenidos (textos, programas, códigos, imágenes, videos, entre otros). De allí el término *generativa*. La forma en la que genera ese contenido es a través de instrucciones (*prompt*), en diálogo con los datos que han sido utilizados para entrenar los modelos, lo que demuestra que, como toda tecnología digital, incluye un tipo de interfaz humano-máquina-software.

La tercera característica se asocia al comportamiento extractivo. La IAGen necesita de manera constante y a una escala cada vez mayor, expandir la frontera de extracción, tanto sobre recursos naturales como datos, información y conocimiento.

Una cuarta dimensión refiere a la estructura de producción de conocimiento e innovación dentro de la IAGen. Se trata de un sistema basado en el *open source*, pero con una lógica de acaparamiento de la información y el conocimiento, tanto el producido en las instituciones de ciencia y tecnología, como también los datos generados en la web y en las plataformas digitales. La recolección de estos datos se orienta al perfeccionamiento de los algoritmos, sobre el cual, luego, se monta un modelo de negocios. Tanto estos algoritmos, como varias de las bases de datos utilizadas, son propiedad de pocas empresas, y su desarrollo no es compartido con otros agentes, y mucho menos aún con los propios usuarios.

Una última característica se vincula con la condición de tecnología de alto riesgo. Como indican Costa et al. (2023) y Vercelli (2024), considerar a la IAGen como de alto riesgo, supone incidir en todas las etapas del ciclo de vida. En la siguiente Tabla (Nº1), se pueden observar las principales características de la IAGen:

Tabla 1

Características de la IAGen

| | |
|--------------------------|---|
| Propósito general | Abocada a realizar múltiples funciones y operaciones (generación de contenido, análisis de datos, programación, síntesis, operaciones de cálculo, entre otros). |
| Generativa | Destinada a generar contenido en múltiples formatos: texto, imagen, video, código, entre otros. |
| Extractiva | El contenido que generan y las operaciones que realizan parten de la necesidad de contar con una base de datos lo suficientemente grande para entrenar a los algoritmos. A mayor caudal y calidad de datos, mejor capacidad operativa de los algoritmos. Además de los datos, las empresas que producen estos algoritmos extraen conocimiento disponible en la red. Por último, para almacenar y procesar los datos y que las aplicaciones sean utilizadas por la población, se requiere extender la frontera de extracción sobre los recursos naturales. |
| Cerrada | Si bien usufructúan los entornos de código abierto, los algoritmos y los procesos centrales de la IAGen —en sus diferentes fases de desarrollo— están sujetos a derechos de propiedad intelectual y permanecen ocultos e inaccesibles para usuarios y organismos de control. |

Alto riesgo Tanto por sus impactos sociales, éticos, económicos y ambientales, como por las consecuencias que puede generar su uso respecto a diferentes dimensiones de la vida humana, se puede considerar a esta tecnología como de alto riesgo.

Nota. Elaboración propia en base a Costa et al. (2023) y Crawford (2023).

El sistema global de la IAGen

El desarrollo de la IAGen se suele analizar desde la óptica de las empresas innovadoras, radicadas mayoritariamente en las economías centrales, abocadas al desarrollo de algoritmos con un poder de cómputo cada vez mayor, y por el otro lado, desde el punto de vista de los usuarios repartidos por el mundo que adoptan cada vez más esta tecnología. Asimismo, paulatinamente van surgiendo análisis y estudios enfocados en los efectos de la IAGen en distintas esferas, como la educación, la salud, el trabajo, la gestión urbana, entre otros. Sin embargo, aún son escasos los enfoques que se propongan abordar a la IAGen como una tecnología de producción global, sobre la cual se construye una red de actores, estatales y no estatales, del sector público y privado, humanos y objetos técnicos digitales y analógicos (Gendler, 2023a), distribuidos a lo largo y ancho del mundo, de cuya interacción depende el desarrollo de las variantes, tipos y aplicaciones de IAGen disponibles. Esto implica que los algoritmos, las bases de datos y otros elementos centrales no se pueden disociar del resto de los componentes que permiten que la IAGen funcione, se perfeccione, y pueda ser utilizada por individuos, empresas y gobiernos.

Siguiendo a Estampa (2024), a Crawford y Loger (2018), y agregando varios añadidos propios, se puede desagregar los componentes del sistema global de IAGen en siete capas. Entendemos por capa, distintos elementos que conforman el sistema global de IAGen, que se pueden analizar de manera individual, pero su función dentro del sistema está definida por la interdependencia e interconexión con las otras. Esto quiere decir que cualquier falla o ausencia en alguno de los nodos afecta al conjunto del sistema. Debido a la complejidad sociotécnica de sus elementos componentes, cada capa involucra dimensiones técnicas, económicas, políticas, culturales, institucionales y/o normativas, si bien, en algunos casos, alguna puede presentar mayor presencia que otra. Asimismo, cada una

presenta una expresión territorial específica que hace alusión a los territorios predominantes (regiones, países, ciudades) integrados a cada capa del sistema. Si bien, el sistema global de la IAGen adopta por definición un principio de expansión global, lo que dificulta asociar en algunas capas actividades con territorios, se puede identificar la predominancia territorial en la mayoría de los nodos de la red. A continuación (Tabla N°2), se enumeran las capas que componen el sistema global de la IAGen:

Tabla 2

Capas del sistema global de la IAGen

| Capa | Título | Descripción | Tecnologías involucradas | (Principales) países involucrados | (Principales) empresas involucradas | Otros actores involucrados |
|------|--------------|--|--|-----------------------------------|--|--|
| 1 | Software | Algoritmos para procesamiento de lenguaje natural, visión artificial, recomendación algorítmica, producción generativa, etc. | Aprendizaje automático, redes neuronales, procesamiento de lenguaje natural, LLM | Estados Unidos, China | Google, Microsoft, OpenAI, Meta, Baidu, Alibaba, Tencent | Estados (a través de fondos de investigación), universidades, startups |
| 2 | Mano de obra | Microtarefas de etiquetado, <i>scoring</i> y moderación de contenido | Crowdsourcing | India, Líbano, Kenia, Uganda | Amazon Mechanical Turk, Upwork, TaskRabbit | Plataformas de <i>crowdsourcing</i> , empresas de subcontratación, trabajadores “independientes” |
| 3 | Datos | Datos de internet, biométricos y de salud, recolectados por OTD 4.0 (IoT, sensores y otros) | Big data, minería de datos, sistema R.A.P.P.A | Global | Google, Facebook, Amazon, Alibaba, Tencent (y otras) | Estados, agencias de inteligencia, organizaciones de derechos civiles |

| Capa | Título | Descripción | Tecnologías involucradas | (Principales) países involucrados | (Principales) empresas involucradas | Otros actores involucrados |
|------|-----------------|--|---|---|---|--|
| 4 | Hardware | Dispositivos, semiconductores y componentes electrónicos | Microprocesadores, GPUs, memorias | Taiwán, China, Corea del Sur, Estados Unidos | Intel, NVIDIA, TSMC, Samsung | Estados (a través de subsidios y regulaciones), consorcios de investigación, organismos de estándares |
| 5 | Infraestructura | Centros de datos, redes de conectividad | Computación en la nube, 5G, fibra óptica | Estados Unidos, China, Noruega, Suecia | Amazon Web Services, Microsoft Azure, Google Cloud, Nokia, Huawei | Estados (a través de la regulación de telecomunicaciones), proveedores de servicios de internet (ISP), UIT, 3GPP |
| 6 | Materiales | Minerales y materiales raros para componentes electrónicos | Litio, cobalto, tierras raras | República Democrática del Congo, Brasil, Perú | Empresas mineras multinacionales, fabricantes de baterías | Estados (a través de políticas mineras), comunidades locales |
| 7 | Energía | Fuentes de energía renovables y no renovables | Energía solar, eólica, nuclear, gas, petróleo | Global | Empresas energéticas, proveedores de servicios públicos | Estados (a través de políticas energéticas), organizaciones ambientalistas |

Nota. Elaboración propia en base a Estampa (2024); y Feldman (2024).

La primera capa corresponde al *software*⁴. Esos desarrollos son creados y desplegados por las Big Tech y una red de *startups* que circulan bajo su órbita, predominando las empresas norteamericanas y chinas. Más allá de que el sector privado lidera estos desarrollos, los Estados de ambas potencias despliegan una variedad de instrumentos que potencian ese crecimiento: exenciones impositivas, formación de investigadores, científicos, y programadores, protección comercial, entre otras. Un debate central radica en la posibilidad de regular estos desarrollos durante todo el ciclo de vida. La principal complicación es que las regulaciones las ejercen los Estados, que

⁴ Comprende, a los LLM (ChatGPT, Claude, Gemini, DeepSeek, entre otros ejemplos) y a los principales desarrollos de IA que los hacen posibles mencionados previamente.

ocupan el nivel meso, mientras que las empresas a ser reguladas, dominan el nivel macro. Emerge, por lo tanto, una tensión entre capacidades estatales, niveles organizativos, responsabilidades, y el establecimiento de normas que permitan encuadrar esta capa.

En segundo lugar, se destaca la *mano de obra*. Incluye una serie de micro tareas asociadas al refinamiento de los algoritmos y/o la moderación de contenidos, mayormente tercerizadas a través de redes de *crowdsourcing*⁵ (Crawford, 2023). La mano de obra utilizada para realizar estas tareas se concentra en diferentes países como India, Líbano, Kenia y Uganda, siendo contratada en otras latitudes. Se genera una relación triangular entre cliente, plataforma, y trabajadores, en la cual, estos últimos no son reconocidos como tal, sino bajo la figura de “empleados autónomos”, sujetos a un proceso de gestión algorítmica centralizada.

La tercera capa constituye la materia prima digital principal de todo el sistema global (Srnicek, 2018): los *datos* y sus procesos de extracción, correlación, y procesamiento. Estos procesos se desarrollan a escala global, principalmente en la web y las plataformas digitales, mayormente ejercido por los dueños de estas últimas: las GAFAM, las BATH y otras como Netflix, Spotify, etc. Es posible considerar que todo el ecosistema de tecnologías digitales se ha ido adaptando para eficientizar los procesos, evidenciándose una mayor extracción en regiones, ciudades, y países con regulaciones laxas que permiten que empresas operen con mayor facilidad, o bien en contextos donde es facilitada o efectuada directamente por los gobiernos. En este caso, los niveles macro y meso se entremezclan.

⁵ La plataforma más emblemática en este aspecto es *Amazon Mechanical Turk*, aunque existen otras como *Clickworker* y *Microworker*. Los trabajadores acceden a pequeñas tareas que le son asignadas en función de la cantidad de tareas aceptadas y el puntaje obtenido en cada una de ellas. Los honorarios dependen del cliente y el tipo de tarea, pero no de la reputación adquirida por los trabajadores (Reynolds et al., 2024).

En cuarto lugar, se destaca el *hardware*⁶. En este caso, tres países lideran ampliamente este segmento: Taiwán, China, y Corea del Sur. A pesar de un incipiente proceso de *reshoring*, las principales empresas norteamericanas (Apple, por ejemplo) aún producen sus dispositivos en el gigante asiático. La empresa más importante en este rubro es Foxconn, de origen taiwanés, pero que centra sus operaciones en territorio chino. En Corea del Sur, Samsung y SK Hynix lideran la producción de chips. Sin embargo, más allá de donde se elaboran estos componentes, una de las empresas más importantes de fabricación de semiconductores y GPU, lo que le otorga el verdadero poder de cómputo a la infraestructura y los dispositivos digitales, es NVIDIA, multinacional norteamericana.

La quinta capa corresponde a la *infraestructura*. Los centros de datos más grandes a nivel mundial se distribuyen en Estados Unidos, China y Europa. Los servicios de computación en la nube son provistos en el mundo occidental por tres empresas: Amazon Web Services, Google Cloud, y Microsoft Azure, destacándose en China, Alibaba, Huawei y Tencent Cloud (Hawkins et al, 2025). Son estas corporaciones quienes controlan el grueso de la infraestructura que sostiene el crecimiento y desarrollo de la IAGen. Más allá de la cadena de suministros, lo que está en juego es la capacidad de proveer cables, tubos, satélites, fibra óptica, y todo tipo de infraestructura que garantice que los datos estén en manos de las potencias en disputa, y al mismo tiempo, posibiliten que el desarrollo de la IAGen no se tope con obstáculos materiales que amenacen el crecimiento exponencial en el poder de cómputo.

En sexto lugar, se destacan una variedad de *minerales* y materiales raros requeridos para la producción de los componentes electrónicos del hardware e infraestructura⁷. En esta capa, no solo intervienen empresas multinacionales y Estados, sino también cooperativas y formas organizativas no institucionalizadas que llevan adelante minería ilegal en diferentes países

⁶ Nos referimos no solo a los dispositivos y soportes con los que interactuamos con la IAGen, sino también a los semiconductores y los componentes electrónicos que garantizan el poder de cómputo de las tecnologías digitales

⁷ Incluye desde el cobre, litio, zinc, cobalto, hasta otros minerales como tungsteno, tantalio, indio, galio y las llamadas tierras raras.

como la República Popular del Congo, Brasil, y Perú. Así como gran parte de la mano de obra involucrada en el desarrollo de los algoritmos permanece invisible, las actividades extractivas que operan en estos contextos, también son ocultadas.

La séptima capa es la que permite que todas las demás puedan operar. Comprende a toda la actividad de extracción de *energía*⁸. La infraestructura que sostiene a la IAGen es altamente demandante de energía. Los bits mueven el mundo, pero los átomos lo componen. En esta capa, están involucradas las grandes empresas energéticas privadas y públicas, pero también se identifica una fuerte intervención de los Estados que promueven, por ejemplo, políticas de descarbonización e incentivo a la transición energética.

Descifrando el iceberg de la IAGen

Los bits no son solo bits: una forma de codificación del poder

Destacar que los bits *no solo* son bits implica problematizar que toda tecnología digital conlleva en su código técnico los criterios y reglas implícitos y explícitos que codifican y/o modulan las posibilidades y restricciones de instalación, uso y apropiación (Lessig, 2006). Es decir, lejos de ser “neutrales”, las tecnologías son inherentemente políticas (Winner, 1985), recuperando sesgos y parámetros presentes en el diseño pero también generando posibilidades inesperadas en el mismo; co-proyectando y co-diseñando el mundo.

En segundo lugar, los sistemas de perfilado algorítmico - presentes en la mayoría de las acciones utilizando objetos técnicos digitales (ODT), principalmente en las plataformas digitales, cada vez más se van posicionando como co-artífices de la realidad por su ejercicio de recomendación y modulación continua de deseos, subjetividades y pautas para la acción, siendo asimismo mecanismos de extracción masiva de datos y de atracción de la

⁸ Comprende tanto las fuentes renovables (energía eólica, solar, hidráulica, nuclear, etc.) como no renovables (gas y petróleo convencional y no convencional).

atención (Sadin, 2020). Sumado a esto, el ser creados mayormente bajo software privativo y secretos industriales, se les otorga un carácter mayormente opaco, *cajanegrizando su composición y operatoria* (Finn, 2017), dificultando su auditoría por parte de individuos, organizaciones de la sociedad civil y hasta de los mismos Estados (Gendler, 2023b). Lejos de ser “tecnologías neutrales”, los sistemas algorítmicos se asientan como mecanismos opacos de ejercicio del saber-poder, codificando y sugiriendo en base a la conjunción de sus normas de diseño, los datos extraídos y los objetivos político-económicos de las empresas que los crean (Rodríguez, 2019).

Los principales desarrollos de la IA y los que competen a la IAGen profundizan estas lógicas y características. Al estar imbricados con la actual fase del proceso de datificación social (Gendler, 2024a), ser producidos por el mismo conglomerado de empresas que despliegan las plataformas digitales, y al sostener el carácter opaco mencionado anteriormente, es posible postular que las problemáticas previamente mencionadas se continúan en los LLM y otros desarrollos de IAGen, e incluso, por sus características disruptivas, encuentran en ellos un vehículo para lograr un nuevo salto de escala (Gendler & Mallamaci, 2024). Asimismo, las prácticas más recientes de incorporación de los LLM en las principales plataformas digitales evidencian una estrategia de integración a las mismas⁹. Esto incrementa su utilización y mejora como también plantea nuevos escenarios en la economía política de la IAGen y el ecosistema de plataformas (Lassi, 2025).

Desde las empresas creadoras y otros aliados tecnoentusiastas se le suele brindar a los procesos de los desarrollos de IA un *carácter de superioridad* en base a su tratamiento automatizado de datos que “reflejan la realidad” y “libre de sesgos”, postulándolas por encima de las decisiones orgánicamente humanas y alentando a seguirlas, a la vez de abrir la puerta al cuestionamiento de toda acción y/o decisión que no lo haga (Innerarity, 2024).

⁹ Un claro ejemplo de esto es la presencia cada vez más central del LLM Gemini a la hora de utilizar las búsquedas de Google.

Trabajo cognitivo invisible: ¿qué tan artificial es la IA?

Al mirar el sistema global de la IAGen se identifican un conjunto de tareas que suelen ser poco conocidas y que cuesta identificar con precisión. Se trata de un trabajo cognitivo que resulta vital para el entrenamiento de los algoritmos de la IAGen y que en algunos casos puede implicar tareas rutinarias que requieren baja calificación (Reynolds et al., 2024).

Gray (2019) y Pasquinelli (2022) caracterizan a este como *trabajo fantasma* o *invisible*, dado que resulta poco conocido y se lo suele ocultar, dado que no representa la labor cognitiva asociada al diseño de algoritmos, sino que se trata de microtareas que no siempre requieren de una alta calificación. Asimismo, para su realización se conforman redes de *crowdsourcing* (Schmidt et al., 2020), integradas por trabajadores humanos mal remunerados (Berg, 2018) cuyas tareas muchas veces les generan daños psicológicos (Roberts, 2019). Este trabajo remite a tres *microtareas*, las cuales comprenden acciones específicas, acotadas, y repetitivas que se reparten entre muchos trabajadores, asignadas de forma automatizada, cuyo objetivo remite a perfeccionar el proceso de desarrollo de los algoritmos.

En primer lugar, se destaca el *labelling*. Refiere al etiquetado de datos para entrenamiento de los algoritmos. La tarea supone identificar datos sin procesar (imágenes, videos, texto) y luego añadir una etiqueta para especificar su contexto, permitiendo mejorar la predictibilidad del modelo de *machine learning* que se está desarrollando.

En segundo lugar, sobresale el *scoring*. Este constituye el perfeccionamiento de los algoritmos a partir de una serie de procedimientos. El proceso se realiza sobre los resultados del modelo de *machine learning*, y no sobre su insumo únicamente, tratando de entrenar al algoritmo, para verificar si su comportamiento es el indicado, o modificar algunos de sus hiperparámetros. En comparación a la primera tarea, se trata de una labor que suele requerir mayor calificación (conocimientos respecto a la ciencia de datos, por ejemplo).

Por último, se destaca la *moderación de contenido*. Refiere a la detección de sesgos en las bases de datos o información problemática como la circulación de contenido violento o discriminatorio en redes sociales. Si bien los algoritmos comienzan a detectar algunos de estos sesgos, todavía hace falta asistencia humana que realizan determinados trabajadores. Aquí las competencias laborales se centran en habilidades asociadas a la detección del contenido que se aparta de los marcos legales que encuadran la actividad, como también del que puede resultar hiriente para otros usuarios al exceder lo aceptable por parte de las plataformas. En este tipo de tareas, dada la exposición a contenido violento y perturbador, se ponen en juego aspectos emocionales y psicológicos que afectan seriamente a los trabajadores (Chen, 2017). Visibilizar el trabajo detrás de los algoritmos, permite refutar el aparente *carácter artificial* de la IA.

Datificación, plataformización, y colonialismo digital

A la hora de problematizar respecto de los datos, los cuales constituyen la materia prima digital esencial de todo el sistema global de la IAGen, y su procesamiento, es necesario comprenderlos dentro de un proceso de mayor alcance y duración: la datificación social. Esta refiere a los procesos donde un elemento concreto o simbólico es cuantificado y registrado, convirtiéndose en datos y, por tanto, implica técnicas de recolección, medida, almacenamiento para usos teóricos o aplicados (Mejías & Couldry, 2022).

Lejos de ser un hito reciente, la datificación social es un proceso que presenta diversas etapas (Krotz, 2024), desde sistemas de medición del tiempo y el espacio, cantidades, clima, tamaños, principalmente para la administración urbana y la logística militar, hasta, más avanzado en el tiempo, su aplicación a gran escala para la gestión de las poblaciones humanas (Foucault, 2007).

Recuperando lo trabajado en producciones previas (Gendler, 2021; 2023b; 2024a), es posible identificar como principales saltos de escala de la datificación social a la creación de ARPANET y la revolución de los microprocesadores a partir de 1970; la masificación de Internet y el

nacimiento de la web a inicios de la década de 1990; la crisis de la “burbuja punto com” a inicios del nuevo milenio; el surgimiento del *smartphone* en conjunto con la crisis económica de 2008; la introducción quirúrgica de modelos de IA en las plataformas digitales para optimizar los mecanismos algorítmicos de recomendación y personalización (modelo RAPPa); la pandemia del COVID-19 y la digitalización de la experiencia durante esa particular etapa; y la masificación de la IAGen tras la puesta a disponibilidad de ChatGPT 3.5 en noviembre de 2022. Todos estos hechos, y otros menores que han acontecido durante ese lapso de tiempo, permiten identificar saltos cuantitativos y cualitativos de la disponibilidad y mecanismos de extracción y almacenamiento de datos para diversos procesos, entre ellos el entrenamiento de los modelos generativos. Asimismo permiten ahondar en la variabilidad de distintos tipos de datos en función de la fuente de la que provengan.

En primer lugar, se consideran los *datos provenientes de Internet*, los cuales principalmente son recolectados en los “terrenos” de las plataformas digitales. También es posible considerar aquí las bases de datos públicos -en crudo- provistas por los gobiernos, especialmente bajo los planes de transparencia de Datos Abiertos.

En segundo lugar, *datos biométricos y de salud*, tanto los que provienen de registros públicos -huella digital, iris, imágenes de rostro-, junto a otros adquiridos vía dispositivos *wearables* -pulsaciones, oxígeno en sangre, frecuencia de sueño, entre otros-.

En tercer lugar, *datos del entorno*, tanto rural, urbano y/o climáticos, adquiridos vía redes de sensores públicos y/o privados para registrar y generar en cuasi tiempo real informes de estado de situación y recomendaciones de acción, ya sea para la siembra, irrigación, gestión urbana, entre otras. Es posible considerar también aquí los datos obtenidos del entorno hogareño.

En cuarto lugar, *datos provenientes de fuentes de operación humana-maquinica*, especialmente los obtenidos en los procesos industriales gracias a la red de sensores y conectividad 5G. Es posible registrar datos de operaciones de

producción, cantidades y distribución de trabajadores, materias primas y productos, sugerencias logísticas, entre un enorme etcétera.

En quinto lugar, *datos complejos ya procesados*, mayormente disponibles en Internet y otras fuentes digitalizadas como artículos de prensa, libros, informes técnicos, *papers* científicos, entre otros. Si bien este tipo es similar al primero, la diferenciación remite a que los datos obtenidos de la web a secas son datos “en bruto” mientras que los aquí referidos ya contienen procesos de iteración, correlación y, muchas veces, análisis.

Tabla 3

Tipos de datos

| Tipos de datos | Características | Mecanismos extractivos | Actores dominantes |
|---|---|---|--|
| Provenientes de Internet | Huella digital. Consumo de plataformas. Datos producidos por usuarios. | Datificación y plataformización. Generar, almacenar, procesar y gestionar grandes volúmenes de datos. | Gigantes tecnológicos |
| Biométricos y de salud | Datos biológicos que remiten a imágenes de rostro, información genética, huella dactilar, iris, entre otros. | Extracción por parte de gobiernos a través de diferentes medios: escaneo de iris, cámaras, sensores, extracción de ADN, entre otros. Extracción directa por parte de empresas que monetizan esos datos. | Estados; gigantes tecnológicos; empresas multinacionales |
| Del entorno | Datos y métricas de procesos urbanos (tráfico, niveles cloacales, alumbrado) y rurales. | Extracción por redes de sensores y tecnologías de IoT ubicadas en espacios rurales y ciudades. | Estados; empresas multinacionales |
| Provenientes de fuentes de operación humano-maquinaria | Datos de procesos industriales, de producción de materiales y de localización de maquinaria. | Extracción por redes de sensores y dispositivos IoT industriales. | Estados; empresas multinacionales |
| Información y conocimiento | Datos ya procesados de alguna manera: artículos de prensa, libros, papers científicos, repositorios de código, entre otros. | Extracción por parte de empresas de la información y el conocimiento de acceso libre en Internet. Compra de bases de datos. | Gigantes tecnológicos; empresas multinacionales |

Nota. Elaboración propia.

Asimismo, la excesiva cuantificación de la vida añade nuevos desafíos decisionales en torno a la capacidad de autonomía pero también de responsabilidad de las elecciones tomadas (Innerarity, 2024). Finalmente, la extracción de datos complejos ya procesados despliega una nueva problemática acerca de la propiedad intelectual y el usufructo privado de las mismas, especialmente aquellas generadas originalmente con fondos públicos.

La batalla por el hardware

En esta capa, se despliega una compleja y poderosa cadena de suministro que reúne a grandes empresas, las dos potencias en disputa y sus Estados subordinados, en un esquema que está sometido a presiones constantes.

En el campo de los dispositivos y componentes electrónicos, la disputa entre las dos superpotencias del momento, EEUU y China, se materializa en tres áreas específicas. En primer lugar, la producción de semiconductores representa un punto nodal de la soberanía tecnológica y otorga ventajas en materia de defensa. Las estrategias de *reshoring* desplegadas por EEUU como la sanción de la ley del Chip (*CHIPS and Science Act*) bajo el gobierno de Biden¹⁰, pueden ser entendidas como síntomas de un recrudecimiento de la disputa por la hegemonía global, buscando reducir la interdependencia entre las potencias en pugna.

En un segundo plano, se identifica la presencia de corporaciones tecnológicas de la potencia enemiga en el territorio como un asunto que pone en riesgo la propia institucionalidad, seguridad e intereses nacionales. La expulsión de la empresa china Huawei y la presión para la venta de TikTok en EEUU, son ejemplos de esta mirada.

Por último, a raíz de la escalada en el enfrentamiento entre las potencias y su impacto en el escenario internacional, se interpreta a la

¹⁰ Se trata de una ley de incentivo a la producción doméstica de semiconductores a través de fondos específicos de fomento a la actividad industrial y de investigación en este campo. Accesible en: <https://acortar.link/FQPVVM>

producción doméstica del hardware como un elemento indispensable de autonomía y fortaleza. Similar a lo que sucedió con la pandemia, los países que tuvieron la posibilidad de autoabastecer la producción doméstica y los materiales e insumos que garantizan el acceso a los bienes básicos, contaron con una ventaja. En el sistema global de la IAGen, el hardware puede constituir un limitante a las posibilidades de desarrollo del software, por ende, resulta esencial aumentar el control sobre su producción.

Sin embargo, en la producción de hardware, una fase en la cadena de producción y consumo se suele ocultar: los desechos electrónicos. Se trata de una de las grandes externalidades que este sistema descarga sobre los países periféricos. De acuerdo con el Observatorio Mundial de los Residuos Electrónicos (2020)¹¹, China y EEUU son los mayores generadores de chatarra electrónica per cápita y, junto a la UE, son los mayores consumidores de productos electrónicos a nivel mundial, pero tan solo reciclan el 15%, el resto va a parar a los vertederos de países en vías de desarrollo, la mayoría en África¹². La paradoja es que en esos países, recolectores remueven la basura para buscar minerales que esos desechos electrónicos contienen, muchos de ellos originalmente extraídos en esos mismos países.

Otro punto a atender son las condiciones laborales en las fábricas en las que se producen dispositivos tecnológicos, dado que la gestión algorítmica también afecta la producción y comercialización de bienes físicos. La elevada tasa de suicidios en trabajadores chinos en Foxconn, el mayor fabricante de Apple, sumado a una situación similar entre trabajadores norteamericanos de Amazon, constituye uno de los tantos ejemplos.

Desmalezar la nube

La infraestructura constituye una pieza esencial para articular la capa correspondiente al hardware (los dispositivos tecnológicos a través de los cuales se interactúa con la IAGen) con el software (los propios algoritmos y

¹¹(Forti et al., 2020)

¹² Accesible en: <https://acortar.link/bTvmTm>

la interfaz digital), componiéndose asimismo de un ensamble de hardware y software. Por un lado, comprende una variedad de componentes electrónicos con los que se construyen los centros de datos (GPU, Racks, servidores, sistemas de refrigeración, etc.), y una diversidad de dispositivos que permiten conectar los dispositivos a una red (sensores, módems, satélites, entre otros). Por otro lado, incluye el software que permite “virtualizar” parte de los recursos físicos mencionados anteriormente y conectar el funcionamiento de los componentes electrónicos al entorno de la nube, de manera que el proceso de almacenamiento y gestión de datos incremente su grado de automatización.

Se puede dividir la capa de la infraestructura material que sostiene la producción y consumo de los bienes intangibles en dos campos. Por un lado, el almacenamiento de los datos que constituyen la materia prima digital más relevante del sistema. Por el otro, las redes de conectividad digital que posibilitan que los datos sean conducidos a los centros de almacenamiento de datos, pero también que puedan circular por toda la red. En ambos casos, el desafío es incrementar la capacidad de almacenamiento y la velocidad de transmisión, circulación, y generación de datos.

En relación con el almacenamiento de datos, en Occidente tres de las cinco GAFAM, Amazon Web Services, Google Cloud y Microsoft Azure, disponen de los centros de datos más grandes a nivel mundial, hegemonizado la computación en la nube. Por el lado de China, se destacan Baidu Cloud, Huawei Cloud, Alibaba Cloud, y Tencent Cloud que se reparten el mercado de la nube en el gigante asiático.

Ahora bien, la “nube” constituye un ensamble de hardware y software que permite almacenar y acopiar un gran volumen de datos, para que luego se puedan procesar y gestionar. Los datos allí almacenados, presentan un atributo físico/material, dado que se requiere de grandes servidores que, a su vez, necesitan de un conjunto de aparatos y componentes electrónicos para funcionar, pero también disponen de un atributo esencialmente virtual/digital, porque son datos atravesados por el tamiz digital (son bits).

Además de un ensamble sociotécnico específico que requiere de grandes inversiones de capital y de una movilización de recursos tangibles e intangibles a escala global, la nube constituye un servicio que permite que la información que millones de usuarios, empresas, y gobiernos generan, día a día, no tenga que ser almacenada en sus propios dispositivos. Se trata de un modelo de negocios en el cual se vende el acceso a los recursos de la infraestructura (Gendler, 2021).

Uno de los puntos centrales se vincula con la propiedad y uso de los datos que allí se almacenan. Dado que los usuarios, ya sean individuos, empresas, y/o gobiernos, depositan sus datos en una infraestructura que no les pertenece, se instala una controversia respecto a si continúan siendo propietarios de los datos que generan, o por el contrario, al momento de exteriorizar su almacenamiento, también aceptan un procedimiento de desposesión de esos datos. Si bien, continúan teniendo acceso a los mismos, y rigen derechos de propiedad intelectual sobre ellos, las empresas dueñas de los centros de datos donde se alojan, pueden disponer de ellos para otros fines, como por ejemplo, entrenar modelos de IAGen. Las mismas empresas que proveen los servicios de la nube son las que desarrollan varios de los principales desarrollos de IAGen, entre ellos, los LLM, por ejemplo, Google (Gemini), o establecen alianzas con las empresas que desarrollan esos modelos, como Microsoft con OpenAI.

Respecto a la conectividad, la infraestructura más relevante en la etapa actual se asocia al 5G. Algunas de las empresas que dominan la provisión de infraestructura de red, como Ericsson, CISCO, Qualcomm, Nokia, y Huawei, distribuyen sus operaciones entre América del Norte, Europa, América Latina, y Asia y Pacífico. Sin embargo, a raíz de la disputa por la hegemonía global entre EEUU y China, es posible diferenciar dos ecosistemas de 5G correspondientes a las potencias en pugna, cada uno con su propia red de actores, pero también de normas, licencias, protocolos de red y capitales (Borrastero, 2021). En la actualidad, China registra el máximo número de pedidos de patentes vinculadas al 5G a nivel mundial con 28.303, seguido por

EEUU con 21.791, los dos muy por encima del tercer país, Corea del Sur, con 12.930¹³.

A diferencia de las generaciones previas, el 5G conlleva dos nuevas características: reducción de la latencia a valores insignificantes y la posibilidad de interconexión de miles de dispositivos en simultáneo. Si bien esto suele ser destacado en torno a la implementación de prácticas y consumos en tiempo real, como las ciber-cirugías, también abre la puerta a permitir una aceleración de los procesos de extracción de datos, a optimizar la recolección de los datos del entorno y/o la implementación de aplicaciones que generen un mayor caudal de bits, como también la priorización de los flujos de datos (Gendler, 2024b), utilizándose para ello desarrollos de IA (Bazarena García et al., 2022).

Detrás de la conectividad que garantiza el 5G, emergen una variedad de dispositivos electrónicos que constituyen su soporte material: antenas, radares, sensores, satélites, entre otros. Además, se requieren cables submarinos, millones de kilómetros de tendido de fibra óptica, tubos de aluminio, entre otros. Esto quiere decir que detrás de esa infraestructura, emerge una cadena de suministros que opera a nivel global que involucra a la industria pesada. Una paradoja del industrialismo que no termina de morir.

Asimismo, la masificación del 5G abre la puerta a nuevos desafíos en torno a la privacidad de los datos, en una mayor escala de aceleración debido a sus características distintivas. Debido a esto, sumado a la concentración de las infraestructuras en pocas corporaciones, y su uso potencial para fines que no fueron avalados por los propios usuarios, es que la conformación de una nube pública, que cada Estado pueda desplegar y sostener de manera autónoma y soberana en articulación con otros actores, se torna un desafío ineludible en el presente.

¹³ Accesible en: <https://www.gov.br/inpi/pt-br>

Los bits mueven el mundo, los átomos lo componen

La materialidad subyacente a la IAGen se expresa en la materia prima requerida para fabricar los componentes electrónicos y dispositivos tecnológicos de las capas del hardware y la infraestructura. Se trata de toda una variedad de minerales, materiales y tierras raras que se extraen en diferentes territorios para abastecer una cadena de suministros global que enlaza los bienes informacionales con los bienes materiales.

Como fue mencionado en el segundo apartado, la IAGen constituye una tecnología netamente extractiva. Su desarrollo requiere, de manera permanente, intensiva y a una gran velocidad, expandir la frontera de extracción sobre la propia capa geológica del planeta (Estampa, 2024). Según Gabrys (2013) para producir un microchip de memoria de dos gramos se necesitan 1.3 kilos de combustibles fósiles y materiales, los cuales el 99% se desechan en el proceso de producción. La cadena de suministros que permite proveer una gran parte de estos elementos se desenvuelve en un marco de opacidad y falta de transparencia respecto al origen de algunos de esos insumos. No se trata solamente de comprender cómo se transforma el silicio en un chip, sino dilucidar un entramado denso y capilar de redes materiales que abarcan la totalidad del planeta.

De esa variedad de minerales y materiales que forman parte de la cadena global de producción de hardware y construcción de la infraestructura digital, algunos adquieren especial relevancia en el sistema global de la IAGen. La gran mayoría se concentra en los países periféricos, aunque China y EEUU están avanzando fuertemente en la extracción de algunos de estos en su propio territorio¹⁴.

¹⁴ A modo de ejemplo, el gigante asiático constituye el primer productor mundial de tierras raras. Datos disponibles en RTVE (2025). En el caso norteamericano, la extracción de litio en el Estado de Nevada, avanza a paso firme. Si bien no alcanza para cubrir la demanda, y EEUU no forma parte de los grandes productores de este mineral, a diferencia de China, que ocupa el tercer lugar, en 2023 se encontró una de las reservas más grandes del mundo, lo que, eventualmente, podría modificar esta ecuación (Bazan, 2025).

En primer lugar, el cobre y el oro conforman una pieza significativa del engranaje material de la IAGen. Su conductividad eléctrica los transforma en minerales esenciales tanto para la infraestructura digital como para la producción de hardware. Chile y Perú constituyen los dos mayores productores de cobre a nivel mundial. China, su principal comprador. En el caso del oro, China y Australia constituyen los dos mayores productores a nivel mundial, seguido de Rusia, Canadá y Estados Unidos. Sin embargo, la minera ilegal ubicada en la Amazonia brasileña constituye uno de los mayores proveedores para la industria del hardware (Manzolli et al., 2021).

En un segundo plano, aparece el litio, mineral estratégico a partir de constituir el principal componente de las baterías eléctricas. En el marco de la transición energética, pero también como componente esencial de los dispositivos digitales, este mineral resulta primordial en la estructura global de la IAGen. Australia es el mayor productor mundial de litio, seguido de Chile y China. Argentina y Bolivia, si bien producen una cantidad mucho menor, disponen de las mayores reservas a nivel mundial, dado que junto a Chile, conforman el “triángulo del litio” (Bazan, 2025). Estas actividades productivas generan fuertes tensiones con las comunidades locales, por el consumo de recursos escasos y también por el impacto que generan sobre el ambiente (Grieco, 2023).

Un cuarto mineral esencial en la producción de tecnologías digitales, y en las baterías eléctricas, es el cobalto. La República Popular del Congo constituye el principal productor mundial de este mineral, muy por encima de sus competidores (Gerding, 2024). ONG internacionales que se avocan a la defensa de los derechos humanos como Amnesty Internacional, denunciaron que la extracción de este mineral en el Congo incluye una variedad de abusos y situaciones de violencia contra las comunidades locales que incluyen desalojos forzados, trabajo infantil e incluso agresión sexual (Aministia Internacional, 2023). Tanto en empresas multinacionales como por los grupos armados y algunas pequeñas cooperativas, la minería en este país de África se lleva adelante de manera artesanal: trabajo manual que utiliza herramientas básicas y una tecnología precaria.

Además de los señalados, se destaca el creciente peso que tiene la producción tanto de tierras raras como una variedad de materiales como tungsteno, tantalio, indio, y galio, entre otros. Estos últimos se encuentran repartidos por todo el planeta, pero su extracción es compleja e implica, en algunos casos, un gran impacto ambiental. Por esta razón, la mayoría de los yacimientos activos se localizan en los países periféricos.

Detrás de los bits que mueven el mundo subyacen los átomos que lo componen. Según diversos informes, como el del programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, la creación, masificación y penetración de la IAGen crecientemente plantea desafíos ecológicos en diversos planos (ONU, 2025). El creciente costo en materias primas de la producción del hardware necesario para su funcionamiento y masificación constituye un tema ineludible en el debate en torno a la ética de la IA. No solo por el impacto sobre el medio ambiente y las problemáticas ecológicas asociadas al extractivismo, sino también por los conflictos y tensiones sociales y políticas que atraviesa la producción de estos materiales (Dauvergne, 2020).

Es la energía, estúpido

La energía es la capa que alimenta a todas las demás. Sin energía, ningún nodo de la red puede funcionar. Comprende las fuentes renovables (energía eólica, solar, hidráulica, nuclear, entre otras) como no renovables (fundamentalmente gas y petróleo convencional y no convencional). Una particularidad del sistema global de IAGen es que demanda y consume grandes cantidades de energía. A modo de ejemplo, el uso de los LLM como ChatGPT o Gemini, consumen diez veces más electricidad que una búsqueda de Google, con lo que la masificación y reemplazo que se viene proyectando también generaría un impacto ambiental significativo (Jimenez, 2024). En los estados norteamericanos en los que se localizan los grandes centros de datos de ese país, se estima que más de un 10% del total de la energía consumida responde a este sector (IEA, 2024).

La producción de energía se encuentra distribuida geográficamente a lo largo y ancho del mundo, pero se destaca la concentración de grandes

reservas de gas y petróleo convencional y no convencional en determinados países como los integrantes de la OPEP¹⁵ Rusia, Sudáfrica, Kazajistán, Argentina, México, Brasil, Estados Unidos, Canadá y China.

En relación con la transición energética, se destacan los países escandinavos que lideran esta industria junto a Francia, Alemania, y Austria¹⁶. En el sector energético, predominan las empresas multinacionales pero también participan activamente empresas de capital estatal, gobiernos y una red extensa y heterogénea de organizaciones de la sociedad civil interesadas en la transición energética. También hay que destacar la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP29) que constituye la agenda global de carácter multilateral más relevante en materia de compromisos con la lucha contra el cambio climático, en la cual el debate por la energía ocupa un rol trascendente (ONU, 2024).

La energía como capa nodal del sistema global de la IAGen está atravesada por tres desafíos que probablemente definan el carácter sostenible, en términos ambientales y ecológicos, de toda esta estructura. En primer lugar, dado que todo el sistema demanda más energía, emerge el interrogante de cuál será la fuente principal de esa energía. En la actualidad, son los combustibles fósiles los que abastecen al sistema¹⁷. ¿Puede la energía renovable modificar esta ecuación?

En un segundo plano, se introduce un debate en torno a la posibilidad de desarrollar con mayor intensidad los sistemas descentralizados que acercan la generación con el consumo de energía, dentro de los cuales, las fuentes renovables como la energía solar se posicionan como una alternativa posible.

¹⁵ La Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) está conformada por 12 países de África, Asia y América.

¹⁶ Se toma como fuente de información, el informe del Foro Económico Mundial (2024) y el informe elaborado por la Administración de Información Energética de los Estados Unidos (EIA, 2015).

¹⁷ En la actualidad, todo el sector TIC representa entre un 2 y un 4% del total de emisiones de carbono. Sin embargo, la huella de carbono de la IA puede incrementar significativamente estos valores sino se modifica la matriz energética (Pasek, 2023).

Por último, los costos de la energía. El desarrollo de la IAGen implica una inversión millonaria de capital para incrementar la base de datos con los que se entrenan los modelos, así como también producir el hardware y la infraestructura capaz de sostener este proceso en términos de capacidad de almacenamiento y procesamiento de la información¹⁸. En este contexto, el precio de la energía se torna un factor que o bien puede favorecer el desarrollo de todo el sistema global al proporcionar energía barata y por ende contribuir a reducir un componente de los costos, o puede producir el efecto contrario. En términos ambientales, la energía barata supone incentivos para incrementar su consumo, más allá de las innovaciones en el campo de los sistemas descentralizados y la energía limpia, mientras que la energía cara, podría resultar un factor catalizador para acelerar la transición energética.

Conclusiones

En el presente artículo se ha realizado un amplio recorrido por las características, problemáticas, actores y desafíos de la IAGen a nivel global, entendiéndola como una de las principales tecnologías disruptivas dentro de la segunda fase del informacionalismo, el paradigma 4.0.

En este sentido, se han definido y abordado las características y problemáticas de la IAGen, para luego dar paso a la presentación del modelo de siete capas, considerando los niveles de incumbencia, las tecnologías y recursos técnicos y naturales involucrados, los principales países y actores implicados, las empresas y otros actores relevantes.

Asimismo, cada capa ha sido descrita y problematizada con gran nivel de detalle en torno a sus características distintivas, las problemáticas generales que presentan, las relaciones entre los distintos niveles macro, meso y micro que implican. Se espera que esta elaboración pueda ser una herramienta analítica y a la vez conceptual que exceda el ámbito académico. En este sentido, se considera que esta propuesta también puede permitir ahondar en un conocimiento integral y a la vez crítico que permita a tomadores de

¹⁸ El CEO de DeepMind, compañía que adquirió Google en 2024, afirmó que probablemente inviertan más de 100 billones de dólares en IA (Connaster, 2024).

decisiones, legisladores, organizaciones de la sociedad civil, y consultores, entre otros, optimizar los recaudos y estrategias respecto de oportunidades y riesgos a la hora de evaluar posibles regulaciones, normativas, prácticas, políticas públicas y procesos de transformación y/o implementación institucional.

Queda planteada aquí la sistematización y las posibles recomendaciones por seguir.

Será cuestión de futuros trabajos el profundizar sobre cada una de las capas aquí descritas para poder ahondar en los diversos conflictos y niveles que conlleva al despliegue de una tecnología digital disruptiva que solamente ha empezado a mostrar sus primeros pasos.

Para futuras investigaciones quedan planteados una serie de interrogantes que se tornan determinantes para pensar cómo se reproduce un sistema global que tiene cada vez mayor incidencia en la forma en que se estructura el poder, el trabajo y la generación de riqueza en el mundo: ¿Cómo se expresa este sistema global sobre los territorios y comunidades? ¿Qué nuevas jerarquías se producen? ¿Vamos camino a una hipercentralización del poder y la riqueza? ¿Cómo se distribuyen las externalidades ambientales, sociales, y políticas que produce el desarrollo de la IAGen? ¿Se profundiza el colonialismo digital?

Referencias

- Amnistía Internacional. (2023, 12 de septiembre). *República Democrática del Congo: La minería industrial de cobalto y cobre para baterías recargables está dando lugar a graves abusos contra los derechos humanos*. <https://www.amnesty.org/es/latest/news/2023/09/drc-cobalt-and-copper-mining-for-batteries-leading-to-human-rights-abuses/>
- Bazan, M. (2025, 15 de febrero). Conozca el ranking de los principales países productores de litio en 2024. *Rumbo Minero Internacional*. <https://www.rumbominero.com/peru/noticias/internacionale/s/conozca-a-los-principales-paises-productores-de-litio-en-el-mundo/>

- Belzarena García, P. J., Larroca Ponzoni, F., Bermolen Romeo, M. P., Inglés Loggia, L., Belcredi Zambra, G., & Randall Carlevaro, M. (2022). *Informe final del proyecto: Inteligencia Artificial aplicada a redes 5G*. Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII). <https://hdl.handle.net/20.500.12381/3200>
- Berg, J. (2018). *Digital labour platforms and the future of work: Towards decent work in the online world*. International Labour Organization.
- Borrastero, C. (2021). *5G y territorialización de la disputa tecnológica global: EEUU, China, América Latina*. [Ponencia]. 1º Jornadas CEUR - Tecnología y territorio. Paradigmas tecno-económicos y nuevas configuraciones socio-espaciales en América Latina, Buenos Aires, Argentina.
- Castells, M. (1999). *La era de la información: Economía, sociedad y cultura* (Vol. 1). Siglo XXI Editores.
- Chen, A. (2017, 28 de enero). The human toll of protecting the internet from the worst of humanity. *The New Yorker*.
- Connaster, M. (2024, 17 de abril). Google will pump more than \$100B into AI, says DeepMind boss. *The Register*. https://www.theregister.com/2024/04/17/google_deepmind_funding/
- Costa, F., Mónaco, J. A., Covello, A., Novidelsky, I., Zabala, X., & Rodríguez, P. (2023). Desafíos de la inteligencia artificial generativa. Tres escalas y dos enfoques transversales. *Question/Cuestión*, 3(76), e844. <https://doi.org/10.24215/16696581e844>
- Crawford, K. (2023). *Atlas de inteligencia artificial: Poder, política y costos planetarios de la inteligencia artificial*. Fondo de Cultura Económica.
- Crawford, K., & Joler, V. (2018). *Anatomy of an AI system: The Amazon Echo as an anatomical map of human labor, data and planetary resources*. AI Now Institute and Share Lab. <https://anatomyof.ai/>
- Dauvergne, P. (2022). Is artificial intelligence greening global supply chains? Exposing the political economy of environmental costs. *Review of International Political Economy*, 29(3), 696-718. <https://doi.org/10.1080/09692290.2020.1814381>
- EIA. (2015, 24 de septiembre). *World shale resource assessments*. U.S. Energy Information Administration. <https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/>
- Estampa. (2024). *Cartografía de la inteligencia artificial generativa* (E. Tisselli & P. Duarte, Trads.). <https://acortar.link/T7GZsl>
- Feldman, P. (2024). La economía global de la inteligencia artificial generativa (IAG): Un abordaje desde la periferia. En *Libro de actas de las IV Jornadas Democracias y Desigualdades* (pp. 1-15). Universidad Nacional de José C. Paz (UNPAZ).
- Feldman, P., & Girolimo, U. (2021). La industria 4.0 en perspectiva latinoamericana: limitaciones, oportunidades y desafíos para su desarrollo. *Revista Perspectivas*

- de Políticas Públicas, 10(20), 459-491. <https://doi.org/10.18294/rppp.2021.3645>
- Finn, E. (2017). *What algorithms want: Imagination in the age of computing*. The MIT Press.
- Foro Económico Mundial. (2024, 21 de julio). Estos 4 países lideran la transición energética. *Transición Energética*. <https://es.weforum.org/stories/2024/06/estos-4-paises-lideran-la-transicion-energetica/>
- Forti, V., Baldé, C. P., Kuehr, R., & Bel, G. (2020). *The global e-waste monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential*. United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) – co-hosted SCYCLE Programme, International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA).
- Foucault, M. (2007). *Nacimiento de la biopolítica: Curso en el Collège de France (1978-1979)*. Fondo de Cultura Económica.
- Gabrys, J. (2013). *Digital rubbish: A natural history of electronics*. The University of Michigan Press.
- Gendler, M. (2021). Mapeando la dataficación digital y algorítmica. Genealogía, estado de situación y nuevos desafíos. *InMediaciones de la Comunicación*, 16(2), 17-33. <https://doi.org/10.18861/ic.2021.16.2.3166>
- Gendler, M. (2023a). Del objeto técnico al objeto técnico digital: apuntes y aportes desde (y a las) elaboraciones de Gilbert Simondon en un marco algorítmico. *Anacronismo e Irrupción*, 13(25), 109-133. <https://doi.org/10.14409/an.2023.25.e0005>
- Gendler, M. (2023b). De la cibernética al metaverso: una genealogía de características, transparencias y opacidades algorítmicas. *Disparidades. Revista de Antropología*, 78(1), e001b. <https://doi.org/10.3989/dra.2023.001b>
- Gendler, M. (2024a). Datificación social e inteligencia artificial: ¿hacia un nuevo “salto de escala”? *Resonancias. Revista de Filosofía*, 17, 121–141. <https://doi.org/10.5354/0719-790X.2024.74503>
- Gendler, M. (2024b). De la neutralidad de la red al 5G: Cambios en las dinámicas de poder del ecosistema de internet. *InMediaciones de la Comunicación*, 19(1), 81–105. <https://doi.org/10.18861/ic.2024.19.1.3528>
- Gendler, M. A., & Mallamaci, M. (2024). Los bits (no solo) son bits: genealogía, dimensiones y actualidad de los estudios sobre plataformas digitales. *Revista Hipertextos*, 12(21), e079. <https://doi.org/10.24215/23143924e079>
- Gerding, J. (2024, 19 de marzo). Lo que esconde la minería del cobalto en el Congo. *DW*. <https://www.dw.com/es/lo-que-esconde-la-mineria-del-cobalto-en-el-congo/a-68618192>
- González Monserrate, S. (2022). The cloud is material: On the environmental impacts of computation and data storage. *MIT Case Studies in Social and Ethical Responsibilities of Computing*. <https://doi.org/10.21428/2c646de5.031d4553>

- Gray, M. L., & Suri, S. (2019). *Ghost work: How to stop Silicon Valley from building a new global underclass*. Houghton Mifflin Harcourt.
- Grieco Gaspar, G. (2023, 6 de marzo). Litio: La gran controversia del oro blanco. *Noticias UNSAM*. <https://noticias.unsam.edu.ar/2023/02/28/litio-la-gran-controversia-del-oro-blanco/>
- Hawkins, Z., Lehdonvirta, V., & Wu, B. (2025). *AI compute sovereignty: Infrastructure control across territories, cloud providers, and accelerators* [Manuscrito no publicado]. Social Science Research Network. <https://doi.org/10.2139/ssrn.5312977>
- Huang, C., Zhang, Z., Mao, B., & Yao, X. (2023). An overview of artificial intelligence ethics. *IEEE Transactions on Artificial Intelligence*, 4(4), 799-819. <https://doi.org/10.1109/TAI.2022.3194503>
- IEA. (2024, 14 de enero). *Artificial intelligence*. International Energy Agency. <https://www.iea.org/topics/artificial-intelligence>
- Innerarity, D. (2024). *Artificial intelligence and democracy*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000389736>
- Jimenez, I. (2024, 12 de julio). La IA utiliza 10 veces más energía que el buscador de Google. *Las Empresas Verdes*. <https://lasempresasverdes.com/la-ia-utiliza-10-veces-mas-energia-que-el-buscador-de-google/>
- Krotz, F. (2024). Digitalisation today as the capitalist appropriation of people's mental labour. *tripleC: Communication, Capitalism & Critique*, 22(1), 208-231. <https://doi.org/10.31269/triplec.v22i1.1477>
- Lassi, A. (2025). Inteligencia artificial generativa integrada al ecosistema digital: Un marco de situación para la gubernamentalidad algorítmica. *In Mediaciones de la Comunicación*, 20(1). <https://doi.org/10.18861/ic.2025.20.1.3931>
- Lessig, L. (2006). *Code: Version 2.0*. Basic Books.
- Madakam, S., Holmukhe, R. M., & Revulagadda, R. K. (2022). The next generation intelligent automation: Hyperautomation. *Journal of Information Systems and Technology Management*, 19, e202219009. <https://doi.org/10.4301/S1807-1775202219009>
- Manzoli, B., Rajão, R., Haliuc Bragança, A. C., de Tarso Moreira Oliveira, P., Kenner de Alcântara, G., Nunes, F., & Soares Filho, B. (2021). *Legalidade da produção de ouro no Brasil*. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais (IGC-UFMG).
- Mejias, U., & Coudry, N. (2022). Datificación. *Revista Latinoamericana de Economía y Sociedad Digital*, 1(1), 8-37. <https://doi.org/10.53857/hced6196>
- Naciones Unidas. (2024, 8 de octubre). *COP 29 is a vital moment for the world* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=CNI2SwiMcn0>
- Naciones Unidas. (2025, 13 de noviembre). La IA plantea problemas ambientales. Esto es lo que el mundo puede hacer al respecto. *Noticias ONU*. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/la-ia-plantea-problemas-ambientales-esto-es-lo-que-el-mundo-puede>

- Pasek, A. (2023). *How to get into fights with data centers: Or a modest proposal for reframing the climate politics of ICT* [Documento de trabajo]. Experimental Methods and Media Lab, Trent University.
- Pasquinelli, M. (2022). Cómo una máquina aprende y falla: Una gramática del error para la inteligencia artificial. *Revista Hipertextos*, 10(17), 13-29. <https://doi.org/10.24215/23143924e054>
- Reynolds, J., Quintero, D. F. P., Aguilar, J., & Kincaid, R. (2024). Work schedules, finances, and freedom: Work schedule fit and platform dependence among gig workers on Amazon's Mechanical Turk platform. *Socius*, 10. <https://doi.org/10.1177/23780231241286933>
- Roberts, S. T. (2019). *Behind the screen: Content moderation in the shadows of social media*. Yale University Press.
- Rodríguez, P. (2019). *Las palabras en las cosas: Saber, poder y subjetivación entre algoritmos y biomoléculas*. Cactus.
- Rosenberg, N., & Trajtenberg, M. (2004). A general-purpose technology at work: The Corliss steam engine in the late-nineteenth-century United States. *The Journal of Economic History*, 64(1), 61-99. <https://doi.org/10.1017/S0022050704002608>
- RTVE. (2025, 17 de enero). China encuentra su mayor depósito de tierras raras en el sur del país. *Agencia RTVE Noticias*. <https://www.rtve.es/noticias/20250117/china-encuentra-su-mayor-deposito-tierras-raras-sur-del-pais/16410876.shtml>
- Sadin, É. (2020). *La inteligencia artificial o el desafío del siglo: Anatomía de un antihumanismo radical*. Caja Negra.
- Schmidt, F. A. (2021). Mercados de trabajo digitales en la economía de plataformas: Mapeando los desafíos políticos del trabajo colaborativo y del trabajo de plataformas [gig work]. *Hipertextos*, 8(14), 11-58. <https://doi.org/10.24215/23143924e018>
- Schwab, K. (2016). *La cuarta revolución industrial*. Debate.
- Srnicek, N. (2018). *Capitalismo de plataformas*. Caja Negra.
- UNESCO. (2021). *Recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380455_spa
- Valles, M. (1999). *Técnicas cualitativas de investigación social*. Editorial Síntesis.
- Vercelli, A. (2024). Regulaciones e inteligencias artificiales en Argentina. *In Mediaciones de la Comunicación*, 19(1), 105-135. <https://doi.org/10.18861/ic.2024.19.1.3549>
- Winner, L. (1985). ¿Tienen política los artefactos? En D. MacKenzie & J. Wajcman (Eds.), *The social shaping of technology: How the refrigerator got its hum* (pp. 55-67). Open University Press.
- Yuan, J. (2022, 9 de diciembre). The future is now: The AI gaming revolution. *Building Virtual Worlds*. <https://shorturl.at/PniQC>

Zukerfeld, M. (2020). Bits, plataformas y autómatas: Las tendencias del trabajo en el capitalismo informacional. *Revista Latinoamericana de Antropología del Trabajo*, 4(11), 1-50. <https://doi.org/10.35305/rat.v4i11.123>