

Una brújula para navegar la transición social de la IA y avanzar en la IA para la salud global: oportunidades, desafíos y riesgos

Documento de análisis de ISGlobal

Miguel Luengo-Oroz

JULIO 2025

#ISGlobal_policy

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	3
SECCIÓN 1. Introduction	4
SECCIÓN 2. ¿Qué es la inteligencia artificial y hacia dónde nos lleva?	5
SECCIÓN 3. ¿Cuáles son las aplicaciones de la IA en el ámbito de la salud?	11
SECCIÓN 4. ¿Cuáles son los principios éticos clave para el desarrollo y uso de la IA, y cómo son los marcos de gobernanza y regulación?	16
SECCIÓN 5. ¿Cuáles son los principales riesgos y desafíos para una IA confiable en el ámbito de la salud?	20
CONCLUSIÓN.....	22

El autor desea agradecer a **Claudia García-Vaz, Quique Bassat y Gonzalo Fanjul** sus contribuciones a los distintos borradores de este documento. También se benefició de las discusiones mantenidas en un taller con investigadores de ISGlobal. Asimismo, quiere agradecer a los investigadores del equipo de Spotlab.ai por sus ideas y conversaciones enriquecedoras.

Este documento se finalizó en febrero de 2025; por lo tanto, el estado del campo —incluidos algunos conceptos, tecnologías y referencias— puede haber evolucionado desde entonces, dado el rápido ritmo de desarrollo de la inteligencia artificial.

Con el apoyo de:



RESUMEN EJECUTIVO

La inteligencia artificial (IA) está transformando profundamente diversos sectores, incluida la salud global, generando tanto grandes expectativas como una incertidumbre significativa. La IA se refiere a sistemas basados en máquinas diseñados para operar de forma autónoma, produciendo resultados a partir de las entradas que reciben. El enfoque de aprendizaje profundo, iniciado en la década de 2010, ha permitido que los algoritmos aprendan a partir de ejemplos y mejoren, en algunos casos superando las capacidades humanas. Los gobiernos están desarrollando estrategias y regulaciones para gestionar su vasto potencial. La llegada de la IA generativa, capaz de crear nuevos contenidos, desde música hasta código, ha generado un debate sobre la propiedad intelectual. Esta tecnología tiene el potencial de redefinir la innovación y la creación, de forma similar a cómo la máquina de vapor revolucionó el trabajo manual. Sin embargo, también conlleva desafíos, especialmente en las transiciones del mercado laboral, la democracia, el impacto de los *deepfakes* y el valor social de la confianza en una sociedad ya fragmentada, así como la huella ambiental y social, una preocupación creciente entre ambientalistas que reclaman mayor transparencia. Las aplicaciones de la IA en salud abarcan desde el nivel molecular hasta el nivel social, incluyendo también aplicaciones clínicas. Han mostrado resultados prometedores en cuanto al “toque humano” de las interacciones, aunque también han despertado resistencia entre los profesionales sanitarios.

En 2021, los 193 Estados Miembros de la UNESCO adoptaron la “Recomendación sobre la Ética de la Inteligencia Artificial”. Sus seis principios fundamentales son: proteger la autonomía, promover el bienestar y la seguridad humanas, garantizar la transparencia, la *explicabilidad* y la *inteligibilidad*, fomentar la responsabilidad y la rendición de cuentas, asegurar la inclusión y la equidad, y promover una IA receptiva y sostenible. La sostenibilidad y la solidaridad fueron inicialmente pasadas por alto, pero ahora están tomando impulso; la huella de carbono de los sistemas de IA y sus implicaciones ambientales están comenzando a ser consideradas. La solidaridad está empezando a captar atención desde la perspectiva del derecho internacional.

Desde 2017, diferentes países han estado desarrollando estrategias nacionales de inteligencia artificial que reflejan sus valores y reconocen la importancia geopolítica de la IA. Estas estrategias están pasando de principios orientativos a regulaciones exigibles. La Ley de IA de la Unión Europea introduce normas basadas en el riesgo, prohibiendo usos perjudiciales como la manipulación conductual o la puntuación social, e imponiendo requisitos estrictos para las aplicaciones de alto riesgo. Uno de los principales retos es equilibrar la regulación con la innovación, especialmente en comparación con enfoques más flexibles como los adoptados en Estados Unidos, Reino Unido y China. El auge de la IA generativa de propósito general (por ejemplo, ChatGPT) ha añadido complejidad a la regulación. Estos modelos deben cumplir con estándares de transparencia, como el etiquetado claro del contenido generado o modificado por IA y la prevención de resultados ilegales. Los modelos que presenten riesgos sistémicos deberán someterse a evaluaciones exhaustivas y a mecanismos de notificación de incidentes, como será el caso en el ámbito sanitario. Tendrán que cumplir con las regulaciones sobre dispositivos médicos, así como con otras normativas generales sobre IA y leyes de privacidad. Los gobiernos deberían colaborar en el desarrollo de normas internacionales para la gobernanza de la IA, incluyendo a todos los actores, y no solo a las grandes empresas tecnológicas.

Los riesgos a corto plazo derivados de la implementación de sistemas de IA en el ámbito de la salud incluyen el sesgo, ya que pueden heredar o amplificar los sesgos presentes en sus datos de entrenamiento; la falta de transparencia; la generación de información convincente pero ficticia; la violación de la privacidad de los datos personales; y el uso indebido con fines maliciosos.

Aunque el potencial de la inteligencia artificial para transformar la salud y la atención sanitaria es enorme, el camino a seguir está lleno de desafíos que deben anticiparse y abordarse con cautela. Es fundamental garantizar que la IA beneficie a toda la humanidad. Las instituciones de investigación en salud tienen la oportunidad de asumir un papel de liderazgo en esta transición, pero esto requerirá un compromiso valiente a múltiples niveles.

SECCIÓN 1.

Introducción

La inteligencia artificial (IA) está cambiando todos los aspectos de nuestra sociedad. Está teniendo impacto en todas las geografías y sectores: la economía —las empresas más valiosas del mundo se dedican al desarrollo de IA—, la sociedad —el mercado laboral está cambiando— e incluso la guerra —con armas letales autónomas como los drones kamikazes. En el ámbito de la salud global, la conversación está bastante avanzada y las expectativas son altas. Según el Director General de la OMS, el Dr. Tedros Ghebreyesus: “*La IA ya está desempeñando un papel en el diagnóstico y la atención clínica, el desarrollo de medicamentos, la vigilancia de enfermedades, la respuesta ante brotes y la gestión de los sistemas de salud [...] El futuro de la atención sanitaria es digital, y debemos hacer todo lo posible para promover el acceso universal a estas innovaciones y evitar que se conviertan en otro factor generador de inequidad.*”¹

En 2023, Ipsos realizó una encuesta² sobre las actitudes globales hacia la inteligencia artificial, en la que dos tercios de los encuestados anticiparon que la IA cambiará profundamente sus vidas en un futuro cercano. En medio de altos niveles de incertidumbre, aproximadamente la mitad de los encuestados (54 %) cree que los beneficios de la IA superan sus desventajas, mientras que la otra mitad afirma que los productos basados en IA les generan inquietud. Curiosamente, solo el 39 % considera que la IA beneficiará su salud.

Independientemente de lo que depare el futuro, las instituciones de investigación en salud global también se verán afectadas de forma existencial y deben contar con un plan para adaptarse a la revolución de la IA, no solo para afrontar los desafíos que se avecinan, sino también para aprovechar sus oportunidades y mantener su relevancia.

SECCIÓN 2.

¿Qué es la inteligencia artificial y hacia dónde nos lleva?

La Unión Europea (UE) define un “sistema de IA” como “un sistema basado en máquinas diseñado para operar con distintos niveles de autonomía, que puede mostrar capacidad de adaptación tras su implementación y que, con objetivos explícitos o implícitos, infiere a partir de las entradas que recibe cómo generar resultados tales como predicciones, contenidos, recomendaciones o decisiones que pueden influir en entornos físicos o virtuales.”³

Desde una perspectiva histórica, la inteligencia artificial fue definida por primera vez en 1955 durante una escuela de verano⁴ en la que un grupo de científicos —entre ellos Marvin Minsky y Claude Shannon— consideró que sería interesante explorar cómo las máquinas podrían simular el pensamiento humano. Este resultó ser un tema mucho más amplio de lo que se esperaba para los dos meses que originalmente debía durar dicha escuela.

En sus primeras etapas, la inteligencia artificial funcionaba sobre la base de **principios lógicos simples**, respondiendo a estímulos directos con respuestas programadas. El enfoque era similar al ajedrez: un movimiento diferente provocaba una respuesta específica. Esta IA basada en reglas se mantuvo hasta que, en la década de 1980, se produjo un cambio de paradigma con la aparición del **aprendizaje automático**, que aplicaba métodos estadísticos a los procesos de toma de decisiones.

En la década de 2010, la aplicación y evolución de un concepto antiguo —las redes neuronales artificiales⁵—, en un mundo nuevo lleno de datos y con incrementos exponenciales en la capacidad de cómputo, dio lugar a avances en el rendimiento impulsados por este **enfoque de aprendizaje profundo**.⁶ Las redes neuronales artificiales son modelos computacionales inspirados en la estructura del cerebro humano, compuestos por capas de unidades interconectadas (o “neuronas”) que procesan información. El aprendizaje profundo se refiere al uso de muchas de estas capas para aprender automáticamente patrones complejos a partir de grandes volúmenes de datos. Esto permitió que los algoritmos aprendieran a partir de ejemplos y mejoraran su rendimiento a medida que se exponían a más datos. Un ejemplo ilustrativo de esto es la categorización de imágenes: al alimentar al sistema con numerosas fotos de gatos y perros, aprende a identificar y diferenciar entre ambos. Sin embargo, los procesos detrás de esto se basan en operadores masivos de reconocimiento estadístico de patrones, no en un modelo mental interno. Esto significa que la IA aún puede confundir elementos visualmente similares, como un chihuahua y un muffin (ver Figura 1), debido a su dependencia del reconocimiento de píxeles. En los últimos años, la IA no solo ha igualado, sino que en algunos casos ha **superado la capacidad humana** en tareas como el reconocimiento de imágenes y de voz, así como en la traducción de idiomas.⁷ La capacidad de la IA para automatizar tareas cognitivas a gran escala representa una tecnología de propósito general crítica con potencial de tener un impacto global. Los gobiernos de todo el mundo, conscientes de su valor geoestratégico, han comenzado a formular estrategias y regulaciones para maximizar su potencial y abordar los riesgos previsibles de uso indebido.

“Los nuevos sistemas de IA presentan desafíos sistémicos a largo plazo que forman parte de un panorama más amplio.”

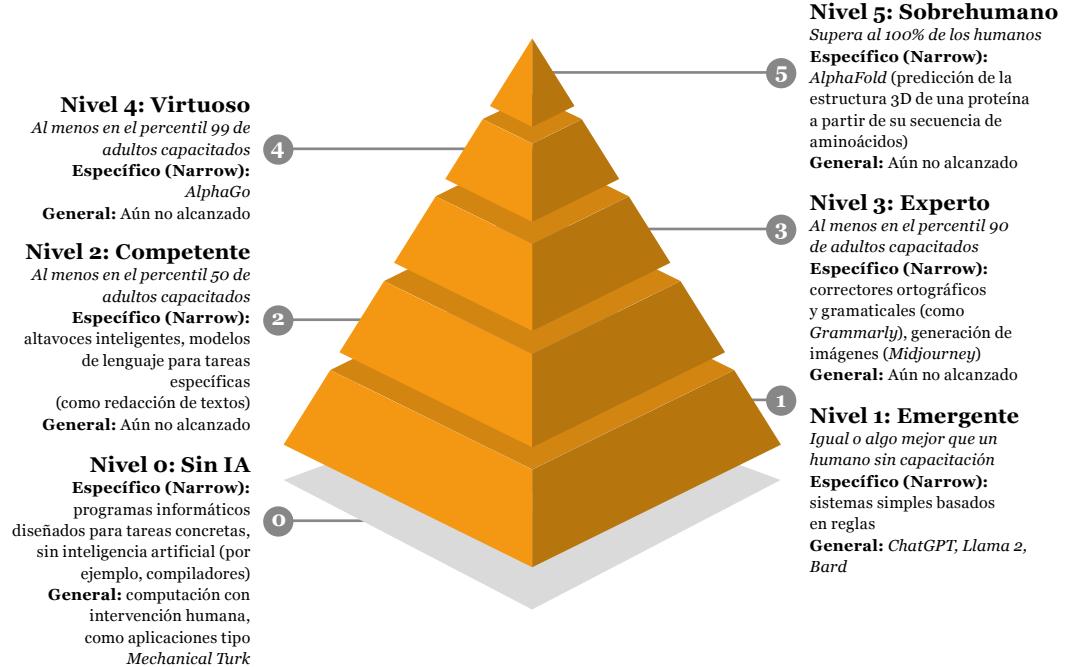
FIGURA 1. Programa de IA incapaz de identificar la diferencia entre dos conjuntos de imágenes similares.



Fuente: Teenybiscuit (2024). How to confuse Machine Learning. Twitter.

La aparición de la **IA generativa** representa una nueva fuerza transformadora. Estos sistemas, que incluyen algoritmos capaces de generar contenido relativamente original en diversos ámbitos —desde texto hasta imágenes y más allá— están revolucionando la creación de contenido, el diseño y la interacción entre humanos e inteligencia artificial.⁸ Pueden crear música, elaborar narrativas y generar código, transformando la manera en que abordamos los procesos creativos y técnicos. Aunque todavía se mantienen intensos debates sobre la propiedad intelectual —ya que estos modelos se alimentan de contenido original creado por artistas y creadores humanos—, la tecnología avanza más rápido de lo que la sociedad es capaz de asimilar. A medida que la IA generativa evoluciona, tiene el potencial de redefinir los límites de la innovación y la creación, y de otorgar nuevas capacidades a los seres humanos: una transición comparable al impacto que tuvo la máquina de vapor en el trabajo físico.

FIGURA 2. Niveles de IA según diferentes capacidades.



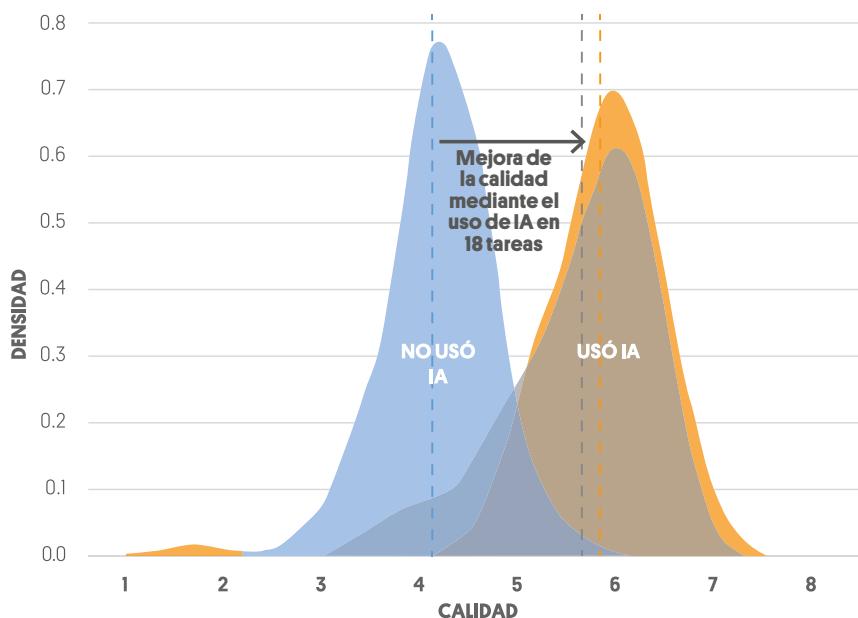
Según Morris, Meredith Ringel, et al. "Levels of AGI: Operationalizing Progress on the Path to AGI." arXiv:2311.02462 (2023), Google DeepMind
Center for Deep Tech Innovation

Fuente: Maslej N, Fattorini L, Perrault R, Parli V, Reuel A, Brynjolfsson E, et al. Artificial Intelligence Index Report 2024. arXiv (Cornell University). 2024; Available from: <http://arxiv.org/abs/2405.19522>.

Estos nuevos sistemas de IA presentan desafíos sistémicos a largo plazo que forman parte de un panorama más amplio. A continuación, se enumeran algunas de las áreas críticas en juego:

- **Transición en el mercado laboral:** Varios estudios demuestran que la IA permite a los trabajadores completar tareas cognitivas con mayor rapidez y mejorar la calidad de sus resultados (ver Figura 3).⁹ Estos estudios también muestran el potencial de la IA para reducir la brecha de habilidades entre trabajadores con baja y alta cualificación. La Organización Internacional del Trabajo estima que el 5 % de los empleos serán automatizados mediante IA y que al menos el 15 % evolucionará de forma significativa, con las capacidades humanas siendo ampliadas por la IA.¹⁰ Es fundamental pensar en planes de transición laboral para que nadie quede atrás, incluidos los profesionales del ámbito sanitario.¹¹

FIGURA 3. Navegando la frontera tecnológica irregular: evidencia experimental de campo sobre los efectos de la IA en la productividad y calidad del trabajo del conocimiento.



Fuente: Morris MR, Sohl-Dickstein J, Fiedel N, Warkentin T, Dafoe A, Faust A, et al. Levels of AGI for operationalizing progress on the path to AGI. arXiv.org. 2023. Available from: <https://arxiv.org/abs/2311.02462>.

- **Impacto en la democracia:** A lo largo del año 2024, más de dos mil millones de personas emitieron su voto en más de 50 países. Las herramientas de IA generativa son comparables a las redes sociales con esteroides, y como sociedad somos muy conscientes del impacto que estas han tenido en elecciones pasadas. Es probable que seamos testigos de nuevas tácticas para captar votos: imagina recibir mensajes de voz personalizados de un candidato directamente en tu WhatsApp. El panorama se complicará aún más con la proliferación de *deepfakes*¹² que difunden falsedades, así como con verdades incómodas que podrían ser presentadas falsamente como *deepfakes*. En contextos donde la democracia y las instituciones son frágiles, la IA podría ser utilizada para oprimir a minorías y a sus candidatos políticos. Para garantizar que los valores democráticos estén alineados con los objetivos tecnológicos, todos los actores —desde los desarrolladores y fabricantes de tecnología hasta los distribuidores de contenido y los propios usuarios— deben asumir su responsabilidad y promover mecanismos de rendición de cuentas. Estos riesgos se vuelven aún más evidentes dado que el avance técnico de la IA está siendo liderado en contextos no democráticos (como China) o por actores con motivaciones políticas.¹³
- **El valor social de la confianza:** Tanto el Foro Económico Mundial como las Naciones Unidas (ONU) han declarado que 2024 es el año para reconstruir la confianza.¹⁴ Los problemas universales que parecen no pertenecer a nadie, como el cambio climático y la desinformación, exigen una cooperación global basada en la confianza. Las sociedades humanas se construyen implícitamente sobre la confianza, y sin embargo estamos siendo testigos de una creciente fragmentación de la confianza social alimentada por el ecosistema digital. Nos estamos distanciando, divididos en grupos más pequeños y polarizados a todos los niveles, desde la política internacional hasta las asociaciones vecinales. Un mundo en llamas, lleno de narrativas amplificadas por la IA y

con un umbral muy bajo para el conflicto, es un terreno fértil para la aparición de facciones aún más divergentes. Lo que necesitamos, al menos, es una representación compartida del mundo. Aunque también son muy vulnerables a la desinformación, la ciencia y el método científico basado en la evidencia podrían ofrecer una base sólida para reconstruir la confianza y asegurar que la humanidad conserve un terreno común.¹⁵

- **Huella ambiental y social:** El despliegue de sistemas de IA requiere una gran cantidad de energía, lo que conlleva emisiones significativas de carbono que aún están lejos de ocupar un lugar central en el debate, aunque generan una preocupación creciente entre los ambientalistas. En particular, el entrenamiento de modelos de IA de gran escala exige enormes recursos computacionales (las llamadas “granjas de servidores en la nube”), lo que se traduce en una elevada huella de CO₂.¹⁶ Además, requiere el uso de minerales raros para componentes electrónicos,¹⁷ que a menudo se extraen en contextos altamente vulnerables, como la República Democrática del Congo. Este impacto ambiental y social se ve aún más acentuado por los sistemas de refrigeración intensivos en energía necesarios para evitar el sobrecalentamiento de los centros de datos, lo que conlleva una importante huella hídrica. Es urgente implementar políticas de sostenibilidad, empezando por informar sobre los requisitos de energía y agua, a medida que la industria de la IA se expande exponencialmente. En el contexto de la emergencia climática, no se debe conceder a la IA un pase libre (*laissez-passer*); su propósito, justificación e impacto ambiental deben evaluarse cuidadosamente. Algunas iniciativas prometedoras abogan por un sistema de etiquetado energético para los modelos de IA, junto con la adopción de métricas como “tokens por vatio por dólar”, donde un token representa una unidad de datos procesados, lo que permitiría evaluaciones más transparentes de la eficiencia computacional en relación con el consumo energético y los costos.
- **Otros riesgos existenciales de la IA (y cisnes negros):** Para algunas personas, el potencial de la inteligencia artificial representa una amenaza significativa para la existencia humana. El año pasado, una carta firmada por varios líderes del campo de la IA pidió una moratoria en el desarrollo de sistemas avanzados de IA hasta que se pueda garantizar su seguridad y gestionar sus riesgos.¹⁸ Algunas de las estrategias propuestas para limitar los riesgos existenciales que plantea una IA superinteligente incluyen impedir que manipulen a los seres humanos, desconectarlas de internet y de robots, y no enseñarles a programar, con el fin de evitar su auto-mejora. La principal preocupación es que, en el futuro, sistemas de IA superinteligente que operen más allá de nuestra comprensión podrían optimizar sus objetivos de maneras no alineadas con la existencia y los valores humanos. Aunque este escenario pueda parecer poco probable, es posible que antes experimentemos otro tipo de conmoción relacionada con sistemas de IA menos inteligentes manipulados por actores malintencionados. Estos “malos actores” podrían atacar redes eléctricas, sistemas financieros e incluso diseñar armas biológicas.¹⁹ Necesitamos medidas y estrategias sólidas para la seguridad de la IA, así como mecanismos de vigilancia en tiempo real para prevenir estos riesgos, lo cual requiere que todos los actores involucrados orienten sus esfuerzos a gestionar y mitigar estas amenazas.

CUADRO 1. El momento del “Hecho por Humanos”

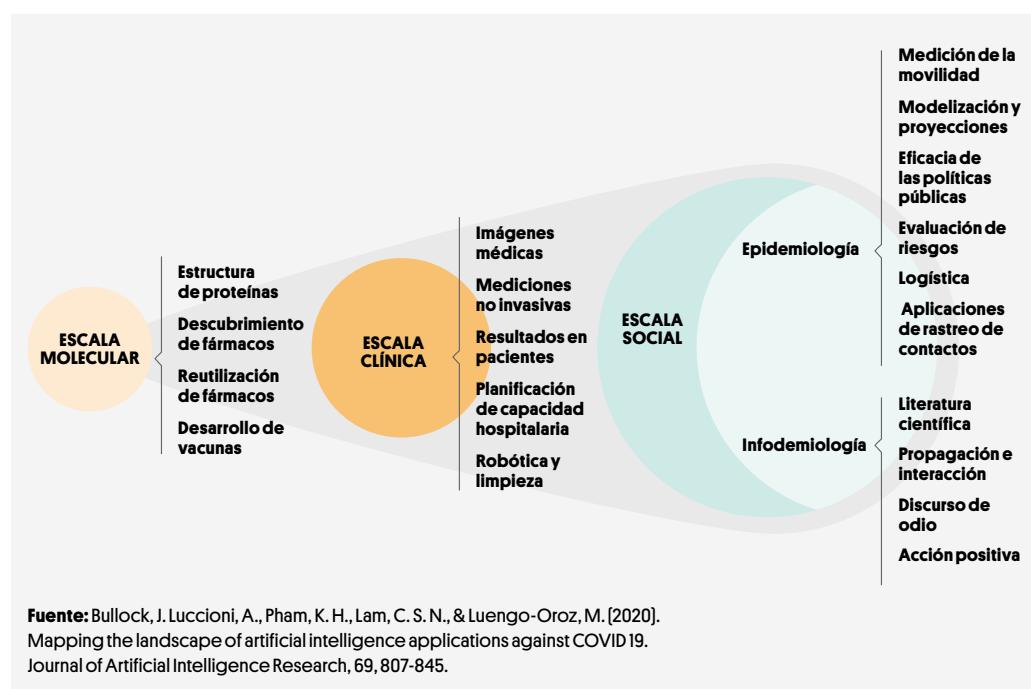
En el mundo de las ideas, antes habitado únicamente por creaciones humanas, ahora existen conceptos creados por la IA o por humanos utilizando IA. Con la explosión de los datos sintéticos, pronto podríamos vivir en una época en la que el contenido humano, el “Hecho por Humanos”, se convierta en la excepción.²⁰ Esto requerirá gestionar la avalancha de datos artificiales. Suponiendo que logremos establecer las reglas adecuadas y controlar la propagación de contenido sintético en nuestras sociedades, un posible enfoque futuro podría ser marcar voluntariamente y resaltar aquello que ha sido creado por seres humanos. Al igual que los productos hechos a mano —como la ropa o la artesanía— conservan su valor y se distinguen de los bienes industriales, podríamos empezar a ver las creaciones humanas como algo especialmente único. La perfecta imperfección humana.

SECCIÓN 3.

¿Cuáles son las aplicaciones de la IA en el ámbito de la salud?

Para caracterizar las aplicaciones de la IA en el ámbito de la salud, podemos observar diferentes escalas: ²¹ molecular, clínica y social (*ver Figura 4*).

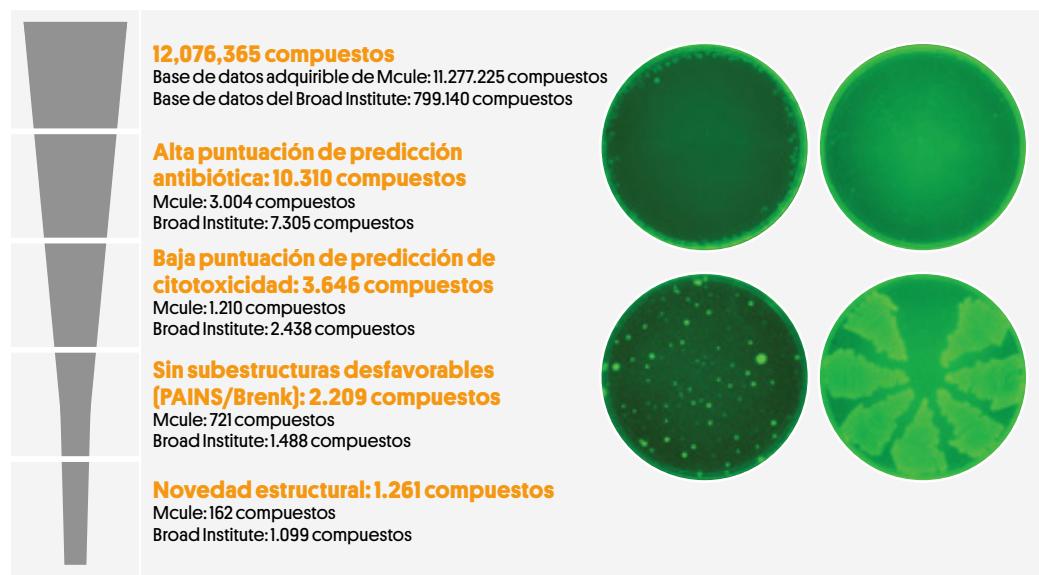
FIGURA 4. Diferentes usos de la IA en temas de salud según su escala.



Fuente: Urbina F, Lentzos F, Invernizzi C, Ekins S. Dual use of artificial-intelligence-powered drug discovery. *Nature Machine Intelligence*. 2022;4(3):189–91. Available from: <https://doi.org/10.1038/s42256-022-00465-9>.

Las aplicaciones a nivel **molecular** profundizan nuestra comprensión de la biología, permiten predecir estructuras y funciones de proteínas,²² reutilizar medicamentos existentes para nuevos usos terapéuticos y descubrir nuevos fármacos.²³ La IA generativa y la posibilidad de utilizar modelos de lenguaje de gran escala aplicados a la genética —en lugar del lenguaje humano— abren caminos sin precedentes para acelerar el descubrimiento y diseño de medicamentos y vacunas. Investigaciones recientes mostraron cómo un embudo asistido por IA (una metodología que emplea inteligencia artificial para filtrar y analizar datos de manera eficiente) permitió descubrir una nueva familia de antibióticos²⁴ (*ver Figura 5*).

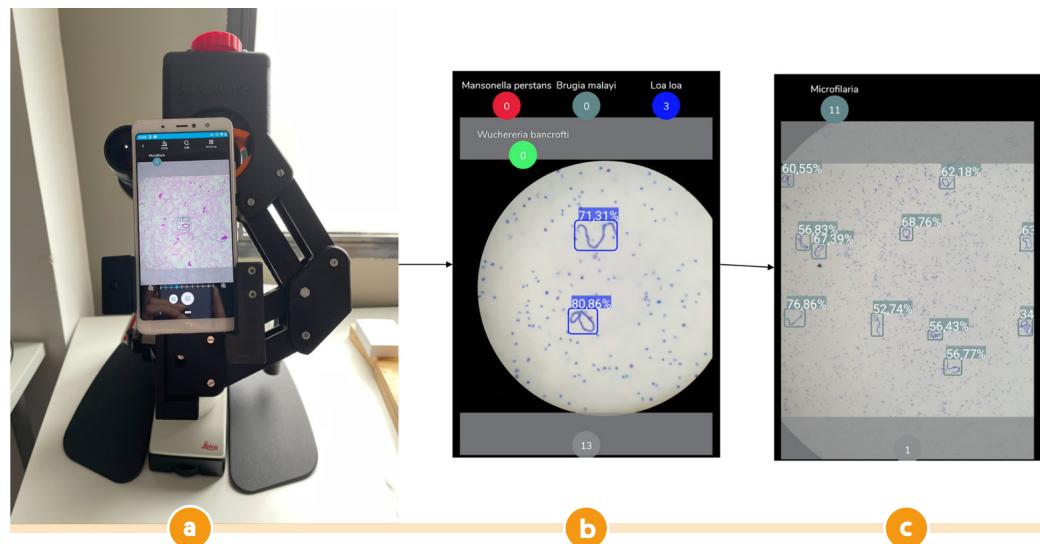
FIGURA 5. IA utilizada para descubrir una nueva familia de antibióticos.



Fuente: Vert JP. How will generative AI disrupt data science in drug discovery? *Nature Biotechnology*. 2023;41(6):750–1. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41587-023-01789-6>.

Las aplicaciones **clínicas** tienen como objetivo mejorar la atención al paciente desde el diagnóstico hasta el tratamiento y el seguimiento, e incluso predecir los resultados en salud. Las herramientas impulsadas por IA, como los sistemas de diagnóstico basados en imágenes provenientes de diversas modalidades de datos²⁵ y los sistemas de IA con humanos en el circuito (*human-in-the-loop*, un enfoque en el que los humanos participan activamente en la toma de decisiones y el aprendizaje del sistema), apoyan a los profesionales médicos al reducir el tiempo necesario para interpretar datos, además de estandarizar procesos y mediciones. Por ejemplo, modelos de IA que funcionan en teléfonos inteligentes pueden ayudar a diagnosticar enfermedades tropicales desatendidas como la filariasis a partir de imágenes de microscopía en contextos con recursos limitados²⁶ (ver Figura 6). Los dispositivos portátiles (*wearables*) y otros dispositivos móviles permiten una monitorización continua de la salud,²⁷ con el potencial de rastrear tendencias y síntomas a distancia, lo que ahorra recursos sanitarios y mejora el manejo de los pacientes. La integración de diversos tipos de datos, incluida toda la información disponible en las historias clínicas electrónicas, puede facilitar la creación de estratificaciones de subgrupos impulsadas por IA,²⁸ índices de riesgo y predicciones individualizadas, permitiendo así anticipar los resultados en salud y las necesidades de recursos. Por último, la robótica con IA está desempeñando un papel cada vez más esencial en tareas rutinarias como la desinfección de instalaciones sanitarias, así como en tareas más especializadas como la telemedicina o la cirugía.²⁹

FIGURA 6. IA perimetral para la cuantificación automática en tiempo real de filariasis mediante microscopía móvil.



Fuente: Acosta JN, Falcone GJ, Rajpurkar P, Topol EJ. Multimodal biomedical AI. Nature Medicine. 2022;28(9):1773–84. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41591-022-01981-2>.

A nivel **social**, la IA puede contribuir a la salud pública mediante la mejora de los sistemas de alerta temprana y la posibilidad de simular intervenciones de salud pública. La IA complementa los métodos epidemiológicos tradicionales al ofrecer nuevas formas no lineales de analizar la dinámica de las enfermedades, utilizando simulaciones multiagente (un modelo computacional que involucra múltiples agentes autónomos que interactúan dentro de un entorno definido) y gemelos digitales (representaciones virtuales precisas de objetos, sistemas o procesos reales).³⁰ Por ejemplo, durante la pandemia de COVID-19 fue posible crear un modelo de gemelo digital del campo de refugiados más grande del mundo, en el que más de 700.000 agentes de IA que imitaban la demografía y el comportamiento humano interactuaban entre sí, simulando distintas intervenciones de salud pública.³¹ Además de la alerta temprana y la respuesta, la IA puede apoyar la preparación ante emergencias con una amplia gama de aplicaciones, como la predicción de la dinámica de las enfermedades, la asignación de recursos y el análisis del comportamiento social.³²

FIGURA 7. Herramienta de simulación de la respuesta operativa ante epidemias en asentamientos de personas refugiadas y desplazadas internas: un estudio de caso centrado en el asentamiento de Cox's Bazar, basado en simulaciones de escenarios.

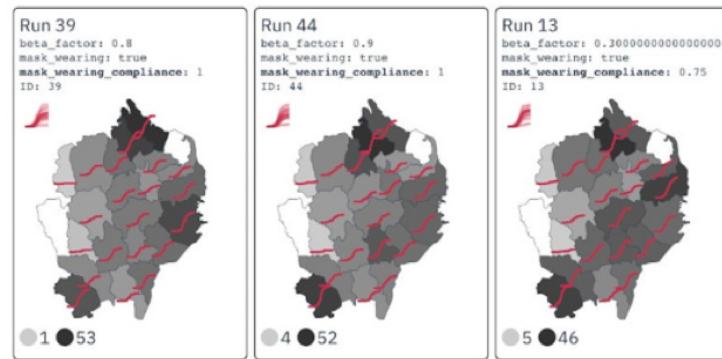
PLOS COMPUTATIONAL BIOLOGY

OPEN ACCESS PEER-REVIEWED
RESEARCH ARTICLE

Operational response simulation tool for epidemics within refugee and IDP settlements: A scenario-based case study of the Cox's Bazar settlement

Joseph Aylett-Bullock, Carolina Cuesta-Lazaro, Arnau Quera-Bofarull, Anjali Katta, Katherine Hoffmann Pham, Benjamin Hoover, Hendrik Strobelt, Rebeca Moreno Jimenez, Aidan Sedgewick, Egmond Samir Evers, David Kennedy, Sandra Harless, Alen Gidral Kahido Maina, Ahmad Hussien, Miguel Luengo-Oroz

Published: October 28, 2021 • <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1009360>



Fuente: Aylett-Bullock J, Cuesta-Lazaro C, Quera-Bofarull A, Katta A, Pham KH, Hoover B, et al. Operational response simulation tool for epidemics within refugee and IDP settlements: A scenario-based case study of the Cox's Bazar settlement. PLoS Computational Biology. 2021;17(10):e1009360. Available from: <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1009360>.

A nivel social, también encontramos aplicaciones relacionadas con la *infodemia*.³³ La IA no solo facilita la producción de información errónea y desinformación, sino que también puede ayudar a combatirlas, aclarando y verificando contenido en medio de una sobrecarga de datos disponibles. La IA colabora en el análisis del compromiso del público en plataformas como las redes sociales,³⁴ facilitando la verificación rápida de hechos y aportando información útil sobre cuestiones de salud como la reticencia a la vacunación. La investigación también se centra en monitorear y mitigar contenidos perjudiciales, como los discursos de odio y la discriminación, que podrían dificultar el acceso a los servicios de salud. La revolución de los *chatbots* impulsada por los modelos de lenguaje de gran escala (LLMs, por sus siglas en inglés) ha dado lugar a una nueva generación de asistentes conversacionales que podrían desempeñar un papel clave en la distribución —esperemos que precisa y actualizada— de información sanitaria de forma amplia y eficiente.

Los modelos de IA también ofrecen una nueva forma de gestión del conocimiento, permitiendo a los científicos acelerar sus investigaciones y resumir nuevos hallazgos para una comprensión más rápida y sencilla, lo cual también puede aplicarse a la educación en ciencias de la salud. La IA generativa puede además ayudar a simplificar la burocracia sanitaria mediante la automatización de trámites y el llenado de documentación clínica, la redacción de resúmenes de visitas médicas e, incluso, la posible eliminación del teclado, al registrar automáticamente la información de las conversaciones con los pacientes en la historia clínica electrónica mediante sistemas de reconocimiento de voz.³⁵ Esto reduciría el tiempo que los profesionales sanitarios pasan frente a un ordenador y en tareas administrativas, mejorando así la eficiencia general del sistema de salud.

La rápida expansión de las aplicaciones de IA en el ámbito sanitario surge desde una perspectiva científica profunda, pero también desde un ángulo profundamente humano. Un estudio reciente mostró que los usuarios percibieron a un *chatbot* diseñado para emular a médicos como más empático que los propios médicos.³⁶ Otro proyecto encontró que las enfermeras valoraron la empatía de un *chatbot* de enfermería al mismo nivel que la de sus compañeras humanas.³⁷ ¿Serán las máquinas más empáticas que las personas? Sin duda, no se cansan ni tienen un mal día, pero esta sigue siendo una pregunta válida y abierta. Quizás la clave no esté solo en el diálogo que aparece en la pantalla, sino también en la presencia humana. En mayo de 2024, enfermeras de todo California realizaron una manifestación pionera frente a uno de los principales hospitales de San Francisco con el mensaje: “Confía en las enfermeras, no en la IA”.³⁸

FIGURA 8. Grupo de enfermeras protestando contra el uso de IA en uno de los hospitales más grandes de San Francisco.



Fuente: The San Francisco Standard (2024). ‘Trust nurses, not AI’: Workers protest use of artificial intelligence at Kaiser hospitals.

CUADRO 2. Una visión de la IA en el ámbito de la salud

Aunque es difícil predecir e imaginar el futuro que estas nuevas súper-capacidades cognitivas ofrecen a la humanidad, estas son algunas de las visiones sobre cómo la IA acelerará la ciencia y la prestación de servicios de salud:

- Descifrar la biología y diseñar nuevas vacunas y medicamentos.
- Erradicar los errores y retrasos en el diagnóstico.
- Encontrar el tratamiento personalizado y el seguimiento adecuado para cada paciente.
- Proporcionar información sanitaria precisa para todas las personas, en cualquier lugar y en tiempo real.
- Formar a una nueva generación de profesionales sanitarios con súper-capacidades cognitivas.
- Reducir la inequidad en salud facilitando el acceso a la atención en comunidades desatendidas.
- Diseñar intervenciones de salud pública basadas en la mejor evidencia y adaptadas localmente.
- Realizar simulaciones masivas para predecir e influir en trayectorias de *One Health*.

SECCIÓN 4.

¿Cuáles son los principios éticos clave para el desarrollo y uso de la IA, y cómo son los marcos de gobernanza y regulación?

“Desde 2017 los países han estado desarrollando sus estrategias nacionales de inteligencia artificial, las cuales reflejan sus valores y prioridades particulares y evidencian el valor geopolítico y geoestratégico de la IA.”

A lo largo de la última década, han surgido numerosos principios y directrices para el desarrollo y uso de la inteligencia artificial,³⁹ que abordan tanto aplicaciones generales como específicas, como el ámbito sanitario. La “Recomendación sobre la Ética de la Inteligencia Artificial” de la UNESCO fue adoptada por los 193 Estados Miembros en noviembre de 2021.⁴⁰ Los valores y principios contenidos en esta recomendación deben ser respetados por todos los actores involucrados en el ciclo de vida de los sistemas de IA y, cuando sea necesario, promovidos mediante el desarrollo de nueva legislación, regulaciones y directrices empresariales. Los valores de la recomendación representan una base común para los Estados Miembros y —con las limitaciones propias del consenso— actúan como ideales orientadores para la formulación de políticas. Estos incluyen: (i) el respeto, la protección y la promoción de los derechos humanos, las libertades fundamentales y la dignidad humana; (ii) el reconocimiento, la protección y la promoción del medio ambiente y el florecimiento de los ecosistemas; (iii) la garantía de diversidad e inclusión; y (iv) una IA que posibilite sociedades pacíficas y justas, basada en un futuro interconectado para el beneficio de todos. Los principios —como la transparencia, la equidad y la supervisión humana— concretan estos valores subyacentes, de modo que puedan ser más fácilmente operacionalizados en declaraciones y acciones políticas.

TABLA 1. Los seis principios fundamentales de la IA aprobados por la OMS.

1

Protección de la autonomía: La IA debe garantizar que se respete la autonomía y la privacidad de los pacientes, y que se mantenga el consentimiento informado. Este principio subraya la importancia de la transparencia en los sistemas de IA y la capacidad de las personas para tomar decisiones informadas sobre su propia salud (y datos).

2

Promoción del bienestar humano y la seguridad, en línea con el ODS 3: Las aplicaciones de IA deben priorizar el bienestar y la seguridad de las personas y el interés público, incluyendo medidas sólidas para prevenir daños y proteger la salud pública.

3

Garantizar la transparencia, la explicabilidad y la inteligibilidad: Los sistemas de IA deben ser transparentes y su funcionamiento debe poder explicarse para generar confianza. El diseño y el funcionamiento de la IA deben ser comprensibles tanto para los usuarios como para las partes interesadas.

4

Fomentar la responsabilidad y la rendición de cuentas: Los desarrolladores y usuarios de sistemas de IA deben ser responsables y rendir cuentas por su uso. Esto incluye cumplir con los estándares legales y éticos, así como estar preparados para abordar cualquier impacto negativo que pueda surgir.

5

Garantizar la inclusión y la equidad: La IA debe ser diseñada e implementada de manera que promueva la inclusión y la equidad, evitando sesgos y asegurando que los beneficios y las oportunidades se distribuyan de forma justa entre las distintas poblaciones, especialmente las más vulnerables.

6

Promover una IA receptiva y sostenible: La IA debe ser evaluada de forma continua para asegurar que cumple con las expectativas y se adapta a sus contextos específicos. Esto implica tener en cuenta su impacto ambiental y garantizar que los recursos se utilicen de manera eficiente y ética.

Fuente: WHO. Health Ethics & Governance (HEG). Ethics and governance of artificial intelligence for health. 2021. Available from: <https://www.who.int/publications/item/9789240029200>.

Cabe destacar que dos principios clave que inicialmente fueron pasados por alto en la mayoría de las recomendaciones son la **sostenibilidad** —tomar en cuenta la huella de carbono de los sistemas de IA y sus implicaciones ambientales— y la **solidaridad**⁴¹ —asegurar que la prosperidad generada por la IA se comparta, que las ganancias en productividad se redistribuyan equitativamente y que la IA no agrave la desigualdad, evaluando además las implicaciones a largo plazo antes de desarrollar y desplegar estos sistemas—. La sostenibilidad como principio está cobrando fuerza, a medida que se toma conciencia de la enorme huella de carbono asociada a los sistemas de IA.⁴² La solidaridad, por su parte, está empezando a recibir atención desde la perspectiva del derecho internacional; recientemente, la Experta Independiente sobre derechos humanos y solidaridad internacional de las Naciones Unidas hizo un llamado a contribuciones para el próximo informe sobre inteligencia artificial y solidaridad internacional que se presentará ante la Asamblea General de la ONU.

El desafío de la gobernanza de la IA

Paralelamente a los debates sobre principios y directrices éticas, desde 2017 los países han estado desarrollando sus estrategias nacionales de inteligencia artificial,⁴³ las cuales reflejan sus valores y prioridades particulares y evidencian el valor geopolítico y geoestratégico de la IA. Estas estrategias están evolucionando de principios —que son orientativos y pueden ser influenciados por grupos de presión— hacia regulaciones concretas. La Unión Europea ha aprobado recientemente la Ley de IA,⁴⁴ que, al igual que el Reglamento General de Protección de Datos (GDPR), busca establecer límites y procedimientos estrictos para una IA centrada en el ser humano. Esta regulación basada en el riesgo prohíbe ciertos usos y exige que las aplicaciones de alto riesgo cumplan con estándares de calidad certificados, mientras que los casos de uso considerados sin riesgo no están sujetos a supervisión. Los sistemas de IA de riesgo inaceptable que están prohibidos por esta ley incluyen la manipulación conductual de personas —por ejemplo, juguetes con IA que fomentan conductas peligrosas en

niños— y los sistemas de puntuación social basados en el estatus socioeconómico o características personales. Uno de los grandes desafíos para la UE será crear un entorno altamente regulado que, al mismo tiempo, fomente la innovación en IA, especialmente si se compara con el enfoque más promotor que adoptan países como Estados Unidos, Reino Unido o China.

La llegada de modelos de IA generativa de propósito general como ChatGPT ha abierto nuevos frentes en las discusiones regulatorias. Estos modelos, por ejemplo, no se consideran de alto riesgo según la normativa de la UE, pero deben cumplir con requisitos específicos de transparencia. Estos incluyen la divulgación clara del contenido generado por IA, el diseño de modelos que eviten la generación de contenido ilegal y la publicación de resúmenes de los datos protegidos por derechos de autor utilizados en su entrenamiento. Los modelos avanzados de IA generativa de propósito general que pudieran representar riesgos sistémicos deberán someterse a evaluaciones detalladas, y cualquier incidente significativo deberá ser notificado a la UE. Además, todo contenido generado o modificado por IA —incluidas imágenes, audios o videos como los *deepfakes*— deberá estar claramente etiquetado como generado por IA para garantizar la conciencia del usuario; este último punto podría ser crucial para construir un futuro con confianza en el entorno digital.

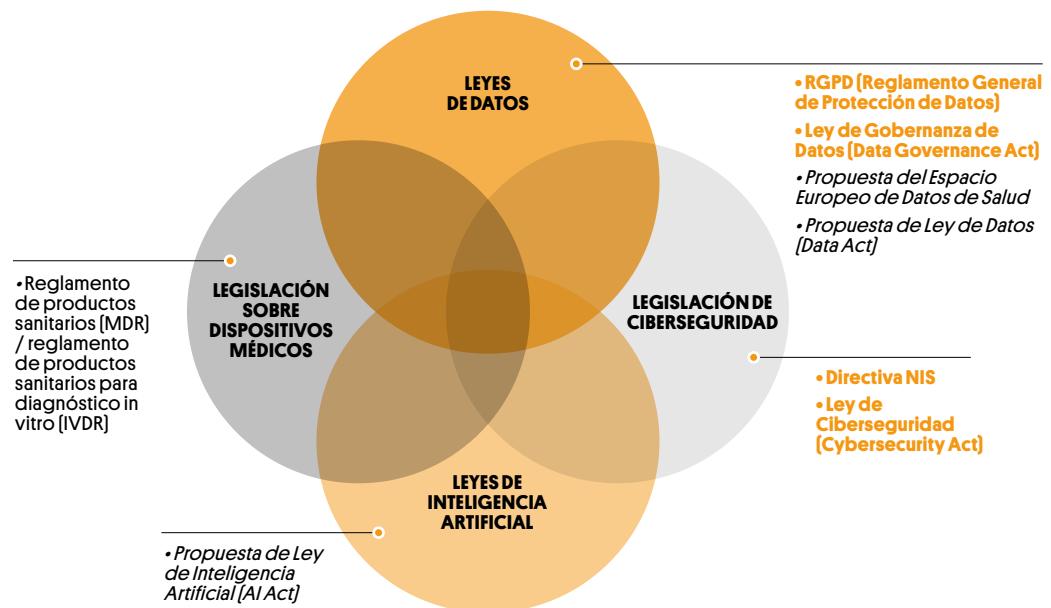
Para quienes trabajan en el ámbito de la salud, la mayoría de los casos de uso de la IA serán considerados de alto riesgo y deberán cumplir con regulaciones estrictas. El panorama regulatorio para la IA en el sector sanitario se cruza con al menos cuatro áreas diferentes, todas en constante evolución:⁴⁵

- Regulaciones sobre dispositivos médicos: Aseguran que las tecnologías sanitarias sean seguras y eficaces para su uso en pacientes, y los sistemas de IA utilizados en entornos médicos entran en esta categoría. En la UE, los marcos normativos clave son el Reglamento de Dispositivos Médicos (MDR) y el Reglamento de Diagnóstico In Vitro (IVDR), mientras que en EE. UU. la FDA supervisa esta regulación. Las tecnologías de IA clasificadas como dispositivos médicos deben someterse a pruebas rigurosas, evaluaciones clínicas y una supervisión continua posterior a su comercialización para garantizar su seguridad y eficacia.
- Regulaciones generales de IA (Ley de IA de la UE): Esta ley establece un marco regulatorio para las tecnologías de IA, incluidas las utilizadas en el sector sanitario, clasificando los sistemas de IA según su nivel de riesgo y aplicando requisitos más estrictos a las aplicaciones de alto riesgo —como la IA en salud—. Aunque aún deben definirse los detalles operativos de esta ley, la mayoría de los requisitos estarán alineados con la normativa existente sobre dispositivos médicos. No obstante, las aplicaciones sanitarias que hasta ahora no se consideraban dispositivos médicos deberán ajustarse a nuevos estándares de calidad y regulación más elevados que los actuales.
- Leyes de privacidad (GDPR): Dado que los sistemas de IA en salud procesan grandes volúmenes de datos personales altamente sensibles, el cumplimiento del Reglamento General de Protección de Datos es un requisito clave para cualquier sistema de IA, garantizando que los datos se gestionen de forma legal y ética. La llegada de la IA generativa plantea nuevos desafíos para la privacidad, ya que la naturaleza estadística de estos modelos y la dificultad de eliminar datos complican la implementación de derechos individuales, como el derecho al olvido.
- Normas de ciberseguridad: Muchos de los riesgos críticos asociados a los sistemas de IA tienen que ver con actores maliciosos. Asegurar el cumplimiento

de las normas de ciberseguridad puede ser un reto debido a la evolución constante de las amenazas digitales, ya que la propia IA también abre nuevas vías para atacar sistemas de salud. Los proveedores de IA en salud deberían intentar seguir normas internacionales como la ISO/IEC 27001, que establece las mejores prácticas para la gestión de la seguridad de la información.

Más allá de la Unión Europea, otras regiones están actualmente definiendo sus propios enfoques regulatorios; por ejemplo, el Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades de África (Africa CDC) está comenzando a establecer regulaciones sobre IA para sus países miembros. Sin embargo, en la mayoría de los casos aún es una etapa inicial, y los actores que deseen implementar IA en el ámbito de la salud deberán ajustar continuamente sus estrategias y operaciones.

FIGURA 9. Nuevos requisitos de ciberseguridad para dispositivos médicos en la UE: el próximo Espacio Europeo de Datos de Salud, la Ley de Datos y la Ley de Inteligencia Artificial.



Fuente: Mirsky Y, Mahler T, Shelef I, Elovici Y. CT-GAN: Malicious Tampering of 3D Medical Imagery using Deep Learning. arXiv.org. 2019. Available from: <https://arxiv.org/abs/1901.03597>.

En términos generales, está claro que los gobiernos deben trabajar de forma conjunta en el desarrollo de normas internacionales para la gobernanza de la inteligencia artificial. Entre las iniciativas que abordan este tema, se encuentra el Órgano Consultivo de Alto Nivel sobre IA de las Naciones Unidas⁴⁶ encargado de realizar análisis y formular recomendaciones para la gobernanza internacional de la IA. A medida que se desarrollen estos marcos internacionales, es fundamental que todos tengan un lugar en la mesa —no solo los países de altos ingresos, sino también los de ingresos bajos y medios, y no solo las grandes empresas tecnológicas, sino todos los actores, incluida la academia y la sociedad civil—, con el fin de asegurar que se escuchen múltiples voces y se contribuya colectivamente a definir el rumbo que la humanidad tomará con la IA.

SECCIÓN 5.

¿Cuáles son los principales riesgos y desafíos para una IA confiable en el ámbito de la salud?

Existen varios riesgos inmediatos y a corto plazo derivados de la implementación de sistemas de IA (esperablemente) confiables, entre los que se incluyen:

“Los sistemas de IA pueden heredar o incluso amplificar los sesgos presentes en sus datos de entrenamiento, lo que puede generar resultados injustos o discriminatorios, especialmente en dominios sensibles.”

- **Sesgo:** Los sistemas de IA pueden heredar o incluso amplificar los sesgos presentes en sus datos de entrenamiento, lo que puede generar resultados injustos o discriminatorios, especialmente en dominios sensibles. En la práctica, faltan evaluaciones sólidas y estandarizadas para garantizar una IA responsable. Por ejemplo, un sistema de IA utilizado para el cribado de enfermedades pulmonares que haya sido entrenado con datos de hombres blancos de América del Norte podría fallar de manera desconocida al aplicarse en mujeres del sudeste asiático, si esa demografía no ha sido debidamente considerada.
- **Explicabilidad:** Muchos modelos de IA, especialmente aquellos basados en redes neuronales, pueden considerarse “cajas negras”, ya que ofrecen poca información sobre cómo llegaron a un determinado resultado. Aunque existe investigación en curso en esta área, los enfoques de caja negra dificultan la auditoría y la confianza en las decisiones del modelo, especialmente en contextos críticos. Por ejemplo, una aseguradora de salud podría estar tomando decisiones sobre cobertura o precios basándose en sistemas de IA que clasifican a los clientes sin un criterio explicable.
- **Veracidad y alucinaciones:** Los sistemas de IA a veces generan información convincente pero completamente ficticia, fenómeno conocido como “alucinaciones”. Garantizar la veracidad del contenido generado por IA es un desafío clave y significativo para la adopción de *chatbots* médicos. Podemos imaginar a un médico que confía demasiado en su copiloto de IA —porque suele ofrecer recomendaciones correctas— y termina tomando una decisión equivocada basada en una alucinación del sistema. Este problema ha sido especialmente evidente al referenciar trabajos previos en la literatura científica, donde se han utilizado referencias bibliográficas completamente inventadas para respaldar información generada por IA.
- **Violaciones a la privacidad:** Los sistemas de IA pueden vulnerar la privacidad personal al recopilar, analizar y, potencialmente, gestionar de forma inadecuada datos personales. La reidentificación de pacientes se vuelve más fácil cuando se combinan datos multimodales provenientes de distintas fuentes. Además, resulta extremadamente complicado lograr que los sistemas de IA y las redes neuronales “olviden” información, lo que dificulta garantizar plenamente los derechos de privacidad.⁴⁷
- **Responsabilidad:** La falta de transparencia en la toma de decisiones de la IA puede oscurecer la rendición de cuentas, haciendo que no quede claro quién es responsable de las acciones o errores del sistema. Desde el punto de vista

técnico, la naturaleza probabilística de los modelos de lenguaje de gran escala, la complejidad para reproducir dichos modelos debido a su magnitud, y la ausencia de requisitos de trazabilidad dificultan la reconstrucción de las cadenas de responsabilidad.

- **Uso indebido con fines maliciosos:** La IA puede ser utilizada como arma o con propósitos maliciosos, como la violación de la privacidad mediante *deepfakes*, ciberataques automatizados a sistemas de salud o vigilancia masiva. Por ejemplo, investigadores han demostrado la posibilidad de crear imágenes de resonancia magnética (MRI) falsas que muestran tumores cerebrales inexistentes insertados en imágenes originales de personas sanas.⁴⁸ Asimismo, la IA generativa empleada para diseñar nuevos medicamentos también podría ser utilizada para crear armas químicas.¹⁸

Conclusión

A medida que la inteligencia artificial continúa revolucionando todos los sectores, está teniendo un impacto profundo en la investigación científica y en la salud, transformando así la salud global, desde la investigación hasta las intervenciones de salud pública. Este documento ha explorado las trayectorias de la IA desde múltiples perspectivas. Aunque el potencial de la IA para transformar la atención sanitaria es enorme —desde la investigación molecular hasta las aplicaciones clínicas y las intervenciones en salud pública—, el camino por delante está lleno de desafíos que deben anticiparse y gestionarse con cautela.

Los principios éticos clave y los marcos regulatorios analizados ponen de relieve la necesidad de un marco sólido para gobernar el desarrollo y la implementación de la IA. La transparencia, la rendición de cuentas, la inclusión, la sostenibilidad y la solidaridad son fundamentales para generar confianza y asegurar que la IA beneficie a toda la humanidad. La intersección de la IA con cuestiones sociales como los mercados laborales, la democracia, la confianza y la sostenibilidad ambiental refuerza la necesidad de estrategias integrales para gestionar su impacto.

Las instituciones de investigación en salud, como ISGlobal, se encuentran en una encrucijada crítica, ya que sin duda tendrán que adaptarse para seguir siendo relevantes, y también pueden optar por liderar la transformación impulsada por la IA en dominios específicos. Esto exige un compromiso valiente por parte de la organización en múltiples niveles y en todas sus áreas de trabajo, desde la educación y la investigación hasta la política y la innovación.

En conclusión, la hoja de ruta futura para la salud global estará fuertemente determinada por cómo naveguemos, con acciones concretas, la transición hacia la IA en el corto plazo y hacia dónde orientemos la brújula en la visión a mediano y largo plazo. Las instituciones tienen ahora la oportunidad de liderar con el ejemplo, impulsando una innovación responsable en IA que beneficie a todos.

REFERENCIAS

1. WHO (2024). Harnessing Artificial Intelligence for Health.
2. Ipsos (2023). Global views on A.I. 2023. How people across the world feel about artificial intelligence and expect it will impact their life. July 2023.
3. European Parliament (2024). Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence and amending Regulations (Artificial Intelligence Act).
4. McCarthy J, Minsky ML, Rochester N, Shannon CE. A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, August 31, 1955. *AI Magazine*. 2006;27(4):12.
5. McCulloch WS, Pitts W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *The Bulletin Of Mathematical Biophysics*. 1943;5(4):115-33. Available from: <https://doi.org/10.1007/bf02478259>
6. LeCun Y, Bengio Y, Hinton G. Deep learning. *Nature*. 2015;521(7553):436-44. Available from: <https://www.nature.com/articles/nature14539>
7. Maslej N, Fattorini L, Perrault R, Parli V, Reuel A, Brynjolfsson E, et al. Artificial Intelligence Index Report 2024. arXiv (Cornell University). 2024; Available from: <http://arxiv.org/abs/2405.19522>
8. Morris MR, Sohl-Dickstein J, Fiedel N, Warkentin T, Dafoe A, Faust A, et al. Levels of AGI for operationalizing progress on the path to AGI. arXiv.org. 2023. Available from: <https://arxiv.org/abs/2311.02462>
9. Dell'Acqua F, McFowland E, Mollick ER, Lifshitz-Assaf H, Kellogg K, Rajendran S, et al. Navigating the jagged technological frontier: field experimental evidence of the effects of AI on knowledge worker productivity and quality. *SSRN Electronic Journal*. 2023; Available from: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4573321
10. Generative AI and Jobs: A global analysis of potential effects on job quantity and quality. Available from: <https://webapps.ilo.org/static/english/intserv/working-papers/wp096/index.html>
11. Spatharou A, Hieronimus S, Jenkins J. Transforming healthcare with AI: The impact on the workforce and organisations. McKinsey & Company. 2020.
12. JUST JOKING! Deepfakes, Satire, and the Politics of Synthetic Media - MIT CoCreate [Internet]. MIT CoCreate. 2022. Available from: <https://cocreationstudio.mit.edu/just-joking/>
13. Schaake, M. (2024). *The Tech Coup: How to save democracy from Silicon Valley*. Princeton University Press.

14. World Economic Forum. 2024. Davos 2024: Rebuilding trust in the future.
15. National Academies Press (2023). 2023 Nobel Prize Summit Truth, Trust, And Hope.
16. Luccioni S, Jernite Y, Strubell E. Power hungry processing: Watts driving the cost of AI deployment? 2022 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency. 2024; Available from: <https://arxiv.org/abs/2311.16863>
17. Crawford, K. The atlas of AI: Power, politics, and the planetary costs of artificial intelligence. 2021. Yale University Press. Available from: <https://doi.org/10.2307/j.ctv1ghv45t>
18. The New York Times. 2023. A.I. Poses ‘Risk of Extinction’, Industry Leaders Warn.
19. Urbina F, Lentzos F, Invernizzi C, Ekins S. Dual use of artificial-intelligence-powered drug discovery. *Nature Machine Intelligence*. 2022;4(3):189–91. Available from: <https://doi.org/10.1038/s42256-022-00465-9>
20. Made in Human. 2024. A framework to build trust and promote transparency in the era of Artificial Intelligence. Available from: <https://www.madeinhuman.org/english>
21. Bullock J, Luccioni A, Pham KH, Lam CSN, Luengo-Oroz M. Mapping the landscape of Artificial Intelligence applications against COVID-19. *Journal of Artificial Intelligence Research*. 2020;69:807–45. Available from: <https://arxiv.org/abs/2003.11336>
22. Jumper J, Evans R, Pritzel A, Green T, Figurnov M, Ronneberger O, et al. Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold. *Nature*. 2021;596(7873):583–9. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41586-021-03819-2>
23. Vert JP. How will generative AI disrupt data science in drug discovery? *Nature Biotechnology*. 2023;41(6):750–1. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41587-023-01789-6>
24. Wong F, Zheng EJ, Valeri JA, Donghia NM, Anahtar MN, Omori S, et al. Discovery of a structural class of antibiotics with explainable deep learning. *Nature*. 2023;626(7997):177–85. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41586-023-06887-8>
25. Acosta JN, Falcone GJ, Rajpurkar P, Topol EJ. Multimodal biomedical AI. *Nature Medicine*. 2022;28(9):1773–84. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41591-022-01981-2>
26. Lin L, Dacal E, Díez N, Carmona C, Ramirez AM, Argos LB, et al. Edge Artificial Intelligence (AI) for real-time automatic quantification of filariasis in mobile microscopy. *PLoS Neglected Tropical Diseases*. 2024;18(4):e0012117. Available from: <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0012117>
27. Smith AA, Li R, Tse ZTH. Reshaping healthcare with wearable biosensors. *Scientific Reports*. 2023;13(1). Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-26951-z>
28. Hunter DJ, Holmes C. Where medical statistics meets artificial intelligence. *New England Journal of Medicine*. 2023;389(13):1211–9. Available from: <https://doi.org/10.1056/nejmra2212850>
29. Kyrrarini M, Lygerakis F, Rajavenkatanarayanan A, Sevastopoulos C, Nambiappan HR, Chaitanya KK, et al. A survey of robots in healthcare. *Technologies*. 2021;9(1):8. Available from: <https://www.mdpi.com/2227-7080/9/1/8>

- 30.** Katsoulakis E, Wang Q, Wu H, Shahriyari L, Fletcher R, Liu J, et al. Digital twins for health: a scoping review. *Npj Digital Medicine.* 2024;7(1). Available from: <https://www.nature.com/articles/s41746-024-01073-0>
- 31.** Aylett-Bullock J, Cuesta-Lazaro C, Quera-Bofarull A, Katta A, Pham KH, Hoover B, et al. Operational response simulation tool for epidemics within refugee and IDP settlements: A scenario-based case study of the Cox's Bazar settlement. *PLoS Computational Biology.* 2021;17(10):e1009360. Available from: <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1009360>
- 32.** Syrowatka A, Kuznetsova M, Alsabai A, Beckman AL, Bain PA, Craig KJT, et al. Leveraging artificial intelligence for pandemic preparedness and response: a scoping review to identify key use cases. *Npj Digital Medicine.* 2021;4(1). Available from: <https://doi.org/10.1038/s41746-021-00459-8>
- 33.** Calleja N, AbdAllah A, Abad N, Ahmed N, Albarracin D, Altieri E, et al. A Public Health Research Agenda for Managing Infodemics: Methods and Results of the first WHO Infodemiology Conference. *JMIR Infodemiology.* 2021;1(1):e30979. Available from: <https://doi.org/10.2196/30979>
- 34.** Ng YMM, Pham KH, Luengo-Oroz M. Exploring YouTube's recommendation system in the context of COVID-19 vaccines: Computational and comparative analysis of video trajectories. *Journal of Medical Internet Research.* 2023;25:e49061. Available from: <https://doi.org/10.2196/49061>
- 35.** Topol, E (2019). Deep medicine: how artificial intelligence can make healthcare human again. Hachette UK.
- 36.** Ayers JW, Poliak A, Dredze M, Leas EC, Zhu Z, Kelley JB, et al. Comparing physician and artificial intelligence Chatbot responses to patient questions posted to a public social media forum. *JAMA Internal Medicine.* 2023;183(6):589. Available from: <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2023.1838>
- 37.** Hypocratic AI (2024). Safety focused generative AI for healthcare. Available from: <https://www.hippocraticai.com/>
- 38.** The San Francisco Standard (2024). 'Trust nurses, not AI': Workers protest use of artificial intelligence at Kaiser hospitals.
- 39.** Jobin A, Ienca M, Vayena E. The global landscape of AI ethics guidelines. *Nature Machine Intelligence.* 2019;1(9):389–99. Available from: <https://www.nature.com/articles/s42256-019-0088-2>
- 40.** UNESCO (2022). Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence. Available from: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf000038137>
- 41.** Luengo-Oroz M. Solidarity should be a core ethical principle of AI. *Nature Machine Intelligence.* 2019;1(11):494. Available from: <https://www.nature.com/articles/s42256-019-0115-3>
- 42.** Zomorodi M. ChatGPT vs. the climate: The hidden environmental costs of AI. *NPR.* 2024. Available from: <https://www.npr.org/2024/05/10/1250261120/chatgpt-vs-the-climate-the-hidden-environmental-costs-of-ai>
- 43.** Dutton T. An Overview of National AI strategies - Tim Dutton - medium. Medium. 2024. Available from: <https://medium.com/@tim.a.dutton/an-overview-of-national-ai-strategies-2a70ec6edfd>

- 44.** EU AI Act: first regulation on artificial intelligence | Topics | European Parliament. 2023. Available from: <https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20230601STO93804/eu-ai-act-first-regulation-on-artificial-intelligence>
- 45.** Biasin E, Yaşar B, Kamenjašević E. New cybersecurity requirements for medical devices in the EU: the forthcoming European Health Data Space, Data Act, and Artificial Intelligence Act. 2023.
- 46.** United Nations (2023). Governing AI for Humanity. Advisory body on Artificial Intelligence. Available from: https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/ai_advisory_body_interim_report.pdf
- 47.** Luengo-Oroz M. We forgot to give neural networks the ability to forget. Forbes. 2023. Available from: <https://www.forbes.com/sites/ashoka/2023/01/25/we-forgot-to-give-neural-networks-the-ability-to-forget/>
- 48.** Mirsky Y, Mahler T, Shelef I, Elovici Y. CT-GAN: Malicious Tampering of 3D Medical Imagery using Deep Learning. arXiv.org. 2019. Available from: <https://arxiv.org/abs/1901.03597>

www.isglobal.org

X @ISGLOBALorg

f /isglobal

o @ISGLOBALorg

► /isglobalorg

🦋 @isglobal.org

tiktok @isglobalorg

ISGlobal Instituto de
Salud Global
Barcelona

Una iniciativa de:

 Fundación "la Caixa"

 Clínica
Barcelona

 UNIVERSITAT DE
BARCELONA

 Generalitat
de Catalunya

 GOBIERNO
DE ESPAÑA

 Hospital del Mar
Barcelona

 Universitat
Pompeu Fabra
Barcelona

 Ajuntament de
Barcelona

 EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA

 CERCA
Centres de Recerca
de Catalunya

 HR
EXCELLENCE IN RESEARCH