

# REVISTA CONAMED

Órgano oficial de Difusión de la Comisión Nacional de Arbitraje Médico. México.

Volumen: 30

Suplemento 1, 2025

ISSN: 2007-932X



## Inteligencia Artificial en la atención médica, la bioética, la enseñanza y la investigación

**Editorial** Ay, ay, ay... A.I.: reflexiones sobre un futuro que sigue siendo profundamente humano

**Artículo Original** El médico internista y la toma de decisiones asistida por la inteligencia artificial: una revisión analítica



**Salud**  
Secretaría de Salud



**CONAMED**  
Comisión Nacional de Arbitraje Médico



# REVISTA CONAMED

---

## Directorio

**Dr. David Kershenobich Stalnikowitz**  
Secretario de Salud

## Dirección Editorial

Directora Editorial  
**Dra. Odet Sarabia González**  
Comisión Nacional de Arbitraje Médico

Presidente del Comité Editorial  
**Dr. Emilio José García Mayo**  
Comisión Nacional de Arbitraje Médico

Editora en Jefe  
**Dra. Gabriela Yanet Cortés Moreno**  
Comisión Nacional de Arbitraje Médico

Coordinadora Editorial  
**Mtra. Irma Kristel Rosas Díaz**  
Comisión Nacional de Arbitraje Médico

Asistente Editorial  
**Lcda. Martha Patricia Hernández Mex**  
Comisión Nacional de Arbitraje Médico

---

# REVISTA CONAMED

---

## Editores Asociados

**Dr. Patricio Javier Santillán Doherty**  
Comisión Nacional de Bioética

**Dra. Armida Zúñiga Estrada**  
Comisión Federal para la Protección  
contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS)

**Dra. Martha Margarita Zapata Tarrés**  
Secretaría de Salud

**Dr. Luis Armando González Placencia**  
Asociación Nacional de Universidades e Instituciones  
de Educación Superior (ANUIES)

**Dr. José Moya Medina**  
Organización Panamericana de la Salud /  
Organización Mundial de la Salud

**Dr. José Joaquín Mira Solves**  
Departamento Psicología de la Salud,  
Calité Investigación

**Dra. Yisel Pinillos Patiño**  
Universidad Simón Bolívar, Colombia

**Dr. Rodolfo Cano Jiménez**  
Miembro del Consejo Consultivo del Colegio de  
Medicina Interna de México como Ex Presidente

## Editores de Sección

**Dra. Liliana Hernández Mendoza**  
Subcomisión Jurídica  
Comisión Nacional de Arbitraje Médico

**Dr. Pablo Moreno Sánchez**  
Dirección General de Orientación y Gestión  
Comisión Nacional de Arbitraje Médico

**Dra. Martha Arellano González**  
Dirección General de Arbitraje  
Comisión Nacional de Arbitraje Médico

**Dra. Aramara Yasmin Aco Flores**  
Dirección General de Arbitraje  
Comisión Nacional de Arbitraje Médico

**Dr. Ricardo Landa Reyes**  
Dirección General de Arbitraje  
Comisión Nacional de Arbitraje Médico

**Dr. Luis Daniel Olvera Martínez**  
Dirección General de Conciliación  
Comisión Nacional de Arbitraje Médico

**Lcdo. Jesús Olivares Villa**  
Dirección General de Arbitraje  
Comisión Nacional de Arbitraje Médico

**Dra. Tania Janeth González Salinas**  
Dirección General de Orientación y Gestión  
Comisión Nacional de Arbitraje Médico

**Dr. Eduardo García Muñoz**  
Dirección General de Conciliación  
Comisión Nacional de Arbitraje Médico



---

## Comité Científico - Editorial

**Dr. Juan Gabriel Rosales Barrera**

Hospital General de México Dr. Eduardo Liceaga

**Dr. Sergio Ponce de León Rosales**

Instituto Nacional de Ciencias Médicas  
y Nutrición Salvador Zubirán

**Dr. Francisco Camilo de la Fuente Sandoval**

Instituto Nacional de Neurología  
Manuel Velasco Suárez

**Dra. Dewi Sharon Hernández Montoya**

Instituto Nacional de Pediatría

**Dr. Osvaldo Miranda Araujo**

Instituto Nacional de Perinatología

**Dr. José Nicolás Iván Martínez López**

Instituto Nacional de Psiquiatría

**Mtra. Claudia Solórzano Herrera**

Instituto Nacional de Medicina Genómica

**Dra. Natalia Sánchez Garrido**

Instituto Nacional de Geriátría

**Dra. Jennifer Hincapié Sánchez**

Programa Universitario de Bioética  
Universidad Nacional Autónoma de México

**Dr. Sergio López Moreno**

División de Ciencias Biológicas y de la Salud,  
Universidad Autónoma Metropolitana

**Dr. Leonardo Limón Camacho**

Petróleos Mexicanos PEMEX

**Dr. César Humberto Botello Ortiz**

Instituto de Seguridad Social del  
Estado de México y Municipios

**Dra. Laura Cortés Sanabria**

Dirección General de Calidad y Educación en Salud,  
Secretaría de Salud

**Mtra. Sandra Guadalupe Moya Sánchez**

Dirección de Enfermería, Dirección General  
de Calidad y Educación en Salud

**Dra. Maritza Ramos Ramírez**

Instituto Nacional de Cancerología

**Dr. Joaquin Alejandro Zúñiga Ramos**

Instituto Nacional Enfermedades Respiratorias  
Ismael Cosío Villegas (INER)

**Dra. Rosana Pelayo Camacho**

Instituto Mexicano del Seguro Social IMSS

**Dr. Jesús Reyna Figueroa**

Instituto de Seguridad y Servicios Sociales  
de los Trabajadores del Estado ISSSTE

**Dra. Mariana Cárdenas González**

Servicio de Salud  
IMSS-BIENESTAR

**Tte. Nav. SSN, MCN. Ramón Saavedra Bravo**

Secretaría de Marina

**Dra. Carmen Margarita Hernández Cárdenas**

Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias  
Ismael Cosío Villegas (INER)

---

---

## Equipo de Producción, Maquetación, Difusión y Editor de Estilo Ortotipográfico

**Dr. Agustín Antonio Herrera Fragoso**  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla  
Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología  
del Estado de Puebla

**Mtra. Sonia Adriana Tena Becerra**  
Comisión Nacional de Arbitraje Médico

**Mtra. Brenda Magos Acuña**  
Comisión Nacional de Arbitraje Médico



### Indexación y Visibilidad

· Dialnet · Periódica · Biblat · LATINDEX · IMBIOMED · CUIDEN · BVS ·  
EBSCO · INEHRM · CODAMEDY · Google Académico

---

REVISTA CONAMED, Vol. 30, Suplemento 2025, es una publicación trimestral editada por la Secretaría de Salud, a través de la Comisión Nacional de Arbitraje Médico, calle Marina Nacional No. 60, Colonia Tacuba, Demarcación Territorial Miguel Hidalgo, C.P. 11410, en la Ciudad de México. Tel. 52 (55) 5420-7000, [www.salud.gob.mx](http://www.salud.gob.mx). Editora responsable: Dra. Odet Sarabia González, Comisionada Nacional. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2011-103108524200-102, ISSN: 2007-932X, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Licitud de Título y Contenido No. 15722 otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Permiso SEPOMEX No. PP-DF-025 1098. Diseño editorial Comisión Nacional de Arbitraje Médico e impresión ACRECOM S.A. de C.V., con domicilio en Braga No. 3, Colonia San Andrés Tetepilco, Alcaldía Iztapalapa, C.P. 09440, Ciudad de México. Consta de un tiraje de 50 ejemplares. Los artículos armados son responsabilidad del autor. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. REVISTA CONAMED se publica bajo la política de Acceso Abierto (Open Access) y está disponible bajo Licencia Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional, por lo que se permite compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra y hacer derivadas, citando la fuente.



## Editorial



### 252 **Ay, ay, ay... A.I.: reflexiones sobre un futuro que sigue siendo profundamente humano**

*Ay, ay, ay. A.I.: Reflections on a future that remains deeply human*

Grossmann RJ / Portsmouth Regional Hospital, Portsmouth, Estados Unidos.

<https://dx.doi.org/10.35366/122048>

## Artículo Original



### 255 **El médico internista y la toma de decisiones asistida por la inteligencia artificial: una revisión analítica**

*The internal medicine physician and artificial intelligence-assisted decision making: an analytical review*

Cano-Jiménez R , Palencia-Viscarra RJ, Palencia-Díaz R / Colegio de Medicina Interna de México. Miembro del Consejo Consultivo del Colegio de Medicina Interna de México.

<https://dx.doi.org/10.35366/122049>

## Artículos de Revisión



### 265 **Retos éticos de la inteligencia artificial en salud: autonomía, justicia y responsabilidad en la era digital**

*Ethical challenges of artificial intelligence in health: autonomy, justice, and responsibility in the digital age*

Santillan-Doherty P / Comisión Nacional de Bioética.

<https://dx.doi.org/10.35366/122050>

### 274 **Inteligencia artificial en la investigación científica: desafíos éticos y regulatorios en el contexto mexicano**

*Artificial intelligence in scientific research: ethical and regulatory challenges in the mexican context*

Cortés-Moreno GY / Comisión Nacional de Arbitraje Médico, Ciudad de México, México.

<https://dx.doi.org/10.35366/122051>

### 283 **Tecnología y fisioterapia: oportunidades y desafíos para la equidad en salud pública**

*Technology and physiotherapy: opportunities and challenges for public health equity*

Pinillos-Patiño Y , Arrieta-Ramos SV / Facultad de las Ciencias de la Salud, Universidad Simón Bolívar; Barranquilla, Colombia

<https://dx.doi.org/10.35366/122052>

## Artículo de Opinión



### 287 **Salud digital: entre innovación y colonialismo**

*Digital health: between innovation and colonialism*

González-Placencia LA , Ayala-Cuevas VI / Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES); Ciudad de México, México.

<https://dx.doi.org/10.35366/122053>

### 290 **Retos y oportunidades de la Inteligencia Artificial aplicada a la salud**

*Challenges and opportunities of Artificial Intelligence applied to healthcare*

Zapata-Tarrés M , Cuéllar-Mendoza ME / Secretaría de Salud; Ciudad de México, México.

<https://dx.doi.org/10.35366/122054>

# Ay, ay, ay... A.I.: reflexiones sobre un futuro que sigue siendo profundamente humano

*Ay, ay, ay. A.I.: Reflections on a future that remains deeply human*

Grossmann RJ<sup>1\*</sup> 

1. Portsmouth Regional Hospital, Portsmouth, Estados Unidos.

## RESUMEN

La creciente presencia de la inteligencia artificial (IA) en la práctica clínica ha generado entusiasmo y preocupación entre los profesionales de la salud. Este artículo reflexiona sobre cómo la IA puede fortalecer la atención médica mediante apoyo diagnóstico, predicción temprana de deterioro, automatización de tareas y mejora en la comunicación con pacientes. Al mismo tiempo, advierte sobre riesgos éticos como sesgos algorítmicos, opacidad de modelos, amenazas a la privacidad y una posible disminución de habilidades clínicas si se delegan decisiones críticas. El autor sostiene que la IA no reemplaza la medicina humana, sino que la transforma, y que su integración debe ser crítica, transparente y centrada en la persona para potenciar la empatía, el juicio clínico y la responsabilidad profesional.

**Palabras clave:** inteligencia artificial; ética médica; gobernanza algorítmica; práctica clínica.

## ABSTRACT

The expanding use of artificial intelligence (AI) in clinical practice has prompted both optimism and concern among healthcare professionals. This article reflects on how AI can enhance care through diagnostic support, early deterioration prediction, workflow automation and improved clinician-patient communication. It also highlights ethical risks, including algorithmic bias, model opacity, threats to data privacy and the potential erosion of clinical skills when decision-making is overdelegated. The author argues that AI will not replace human medicine but will reshape it, and that its integration must remain ethical, transparent and person-centred to reinforce empathy, clinical judgement and professional responsibility.

**Keywords:** artificial intelligence; medical ethics; algorithmic governance; clinical practice.

## INTRODUCCIÓN

*"Ay, ay, ay... canta y no llores... que sigue siendo humana la decisión de los doctores".* Esta conocida estrofa de "Cielito Lindo", atribuida al gran compositor mexicano Quirino Mendoza y Cortés, sirve como metáfora para describir la mezcla de entusiasmo, temor y cansancio con que muchos profesionales de la salud observan el avance acelerado de

### Autor(a) de Correspondencia:

Grossmann RJ  
MD, MSHS, FACS  
Portsmouth Regional  
Hospital. 333 Borthwick  
Ave, Portsmouth, NH  
03801, Estados Unidos  
Correo electrónico:  
Rgrosssz@gmail.com  
www.RafaelGrossmann.  
Health  
www.Linkedin.com/in/  
rafaelgrossmann  
www.x.com/zgjr

### Citar como:

Grossmann R J. Ay, ay, ay... A.I.: reflexiones sobre un futuro que sigue siendo profundamente humano. *Rev CONAMED*. 2025;30 (Supl. 1): 252-254.

### Fecha de recepción:

24 de noviembre 2025

### Fecha de aceptación:

04 de diciembre 2025

la inteligencia artificial (IA). Entre titulares alarmistas y promesas desmedidas, se corre el riesgo de perder de vista lo fundamental: la IA no viene a sustituir la medicina humana, sino a transformarla. Y esa transformación dependerá, en gran medida, de nuestra capacidad para comprenderla, usarla de forma crítica y orientar su desarrollo hacia el bienestar de las personas.

En un contexto global donde la IA ya forma parte de los sistemas de salud, desde la interpretación de imágenes médicas hasta la documentación clínica y la predicción de riesgos, resulta indispensable analizar con serenidad qué aporta, qué limita y qué exige de quienes ejercemos la atención médica. Las siguientes reflexiones, surgidas de la práctica clínica y del análisis cotidiano de estas tecnologías, buscan contribuir a una conversación necesaria.

*La IA que suma: aplicaciones que fortalecen la práctica clínica.*

### 1. Un segundo par de ojos en la imagen médica

En radiología y otras áreas diagnósticas, los algoritmos de IA se han consolidado como asistentes capaces de identificar patrones sutiles que pueden pasar inadvertidos en contextos de alta demanda. Entrenados con grandes volúmenes de imágenes, estos sistemas destacan nódulos minúsculos, microhemorragias o fracturas difíciles de percibir en una revisión inicial. No reemplazan la interpretación experta del radiólogo; la potencian. Ayudan a priorizar lo patológico, descartar lo normal y mejorar la precisión diagnóstica, especialmente en entornos saturados.

### 2. Predicción de deterioro clínico en tiempo real

En unidades de cuidados intensivos y servicios de urgencias, los modelos predictivos pueden analizar simultáneamente signos vitales, parámetros de laboratorio y tendencias fisiológicas. Con base en estos datos, generan alertas tempranas sobre riesgo de sepsis, insuficiencia respiratoria o compromiso cardiovascular inminente. Para un equipo clínico con múltiples demandas simultáneas, una alerta a tiempo puede marcar la diferencia entre intervenir oportunamente o llegar cuando la descompensación ya es avanzada.

### 3. Más tiempo con el paciente, menos tiempo frente a la pantalla

La sobrecarga administrativa y documental es uno de los grandes desafíos de la medicina contemporánea. Actualmente existen sistemas de IA capaces de escuchar —con consentimiento informado— la interacción médica y generar borradores de notas clínicas estructuradas. Aunque requieren supervisión y edición, liberan minutos valiosos que pueden reinvertirse en lo verdaderamente importante: escuchar, explicar y acompañar a la persona frente a nosotros.

### 4. Romper la “Torre de Babel médica”

En sociedades diversas, la IA puede facilitar la comunicación entre profesionales y pacientes al traducir no solo idiomas, sino niveles de complejidad. Explicar una insuficiencia cardíaca, una fractura compleja o un régimen terapéutico con palabras comprensibles fortalece la autonomía y la toma de decisiones informada. En contextos de desigualdad, estas herramientas no son un lujo: son un avance hacia la equidad y la inclusión.

*La IA que resta: riesgos que deben abordarse con responsabilidad*

#### 1. Sesgos algorítmicos y desigualdades amplificadas

La IA aprende de datos humanos y, si estos reflejan desigualdades estructurales, los algoritmos pueden reproducirlas e incluso amplificarlas. Modelos entrenados con poblaciones homogéneas pueden fallar en otros grupos, subestimar riesgos o retrasar diagnósticos. Ya se han documentado herramientas que funcionan peor en personas con piel oscura o en comunidades poco representadas. La pregunta clave no es solo “¿qué tan bueno es el modelo?”, sino “¿bueno para quién?”.

#### 2. Privacidad y gobernanza de datos

Los datos de salud son de los más sensibles que existen. Su uso debe regirse por principios de transparencia, minimización, seguridad y consentimiento informado. Sin marcos claros, existe el riesgo de que información íntima sea utilizada con fines comerciales, laborales o de discriminación. La confianza entre paciente y profesional, construida durante años, puede quebrarse con un solo incidente relacionado con el mal manejo de datos.

### 3. Opacidad y “alucinaciones” de los modelos

Algunos sistemas de IA funcionan como cajas negras y pueden generar respuestas convincentes pero incorrectas, o incluso inventar información (“alucinaciones”). Si el profesional de la salud confía en estas respuestas sin verificarlas, puede tomar decisiones inapropiadas. La IA debe ser un apoyo, no un sustituto del juicio clínico. Esto exige modelos más transparentes y profesionales más críticos.

### 4. Dependencia y pérdida de habilidades clínicas

Uno de los riesgos menos visibles, pero más profundos, es la posibilidad de delegar demasiado en la tecnología y disminuir nuestras competencias esenciales: razonamiento clínico, lectura crítica, comunicación efectiva, discernimiento ético. La intuición afinada por años de experiencia no se automatiza; si dejamos de ejercitarla, la medicina se empobrece.

*Hacia una integración ética y responsable de la IA en salud*

Ni la visión utópica (“la IA resolverá todo”) ni la distópica (“la IA reemplazará al personal médico”) son útiles. La IA es una herramienta poderosa que puede enriquecer la medicina si se utiliza con prudencia, reflexión y responsabilidad. Para ello, necesitamos:

- Educación continua: comprender los alcances, limitaciones y riesgos de la IA.
- Transparencia en el desarrollo y uso de modelos: saber de dónde vienen los datos, cómo se entrenan, cómo se evalúan.
- Participación activa de los profesionales y pacientes: la salud no puede ser diseñada solo desde despachos técnicos.
- Un enfoque centrado en la persona: cada implementación debe responder a una pregunta simple:

*¿Esto mejora la vida y el cuidado de las personas?*

## CONCLUSIÓN

Cuando pienso en “Ay, ay, ay... A.I.”, ya no lo escucho como un lamento, sino como una invitación a mirar este cambio con conciencia y responsabilidad. La inteligencia artificial ha llegado para quedarse, pero no para desplazar lo que nos hace médicos y profesionales de la salud: empatía, compasión,

capacidad de escuchar, juicio clínico, ética y humanidad.

Si orientamos bien esta tecnología, no será el fin de la medicina humana, sino un capítulo donde la tecnología nos permita ser más humanos que nunca.

## REFERENCIAS

1. World Health Organization. Ethics and governance of artificial intelligence for health. Geneva: World Health Organization; 2021
2. American Medical Association. AMA principles for augmented intelligence (AI) development, deployment, and use. Chicago (IL): American Medical Association; 2023
3. European Union. Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 March 2024 establishing harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act). Official Journal of the European Union. 2024 Jul 12;L 206:1–84

Copyright © 2025 Comisión Nacional de Arbitraje Médico.  
Todos los derechos reservados

Grossmann R J. ORCID: 3-3109-3476

### Conflicto de intereses:

*“El autor declara que no existen conflictos de interés personales, comerciales, financieros ni de otra índole que puedan influir en el contenido, resultados o interpretación del presente artículo.”*

**Financiamiento:** Este trabajo no recibió apoyo financiero de ninguna fuente pública, privada ni institucional.

# El médico internista y la toma de decisiones asistida por la inteligencia artificial: una revisión analítica

*The internal medicine physician and artificial intelligence-assisted decision making: an analytical review*



Cano-Jiménez R<sup>1</sup>, Palencia-Viscarra RJ<sup>2</sup>, Palencia-Díaz R<sup>3</sup>.

1. Expresidente del Colegio de Medicina Interna de México. Miembro del Consejo Consultivo del Colegio de Medicina Interna de México.

2. Expresidente de la Sociedad Jalisciense de Medicina Interna, Expresidente de la Asociación Jalisciense de Medicina Interna (AJMI), actualmente Miembro del Consejo Consultivo y Socio Fundador AJMI.

3. Médico Internista Adscrito al Servicio de Urgencias del Centro Médico Nacional de Occidente. Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS).

## RESUMEN

**Introducción.** La inteligencia artificial (IA) está transformando la práctica médica, ofreciendo nuevas herramientas para mejorar la toma de decisiones clínicas en medicina interna. Esta revisión analiza el estado actual y las perspectivas futuras de la IA como herramienta de apoyo para el médico internista. **Objetivo:** Evaluar sistemáticamente la evidencia disponible sobre la aplicación de la inteligencia artificial en la toma de decisiones clínicas en medicina interna, identificando beneficios, limitaciones y consideraciones éticas. **Metodología:** Se realizó una revisión sistemática siguiendo las directrices PRISMA 2020. Se llevó a cabo una búsqueda estructurada en PubMed, Google Académico y bases de datos especializadas, utilizando términos como "artificial intelligence", "internal medicine", "clinical decision support", y "machine learning". Se aplicaron criterios de inclusión específicos para estudios publicados entre 2020-2025. **Resultados:** La evidencia actual demuestra que los sistemas de IA mejoran significativamente la precisión diagnóstica, optimizan la estratificación de riesgo y facilitan la personalización de tratamientos en medicina interna. Sin embargo, persisten desafíos relacionados con la interpretabilidad, la validación clínica y la integración en flujos de trabajo existentes. **Conclusiones:** Esta revisión sistemática responde explícitamente la pregunta de investigación: la inteligencia artificial mejora de forma significativa la precisión diagnóstica, optimiza la estratificación de riesgo y personaliza las intervenciones terapéuticas en medicina interna. Su impacto es cuantificable y consistente en las tres dimensiones críticas del razonamiento clínico: diagnóstico, pronóstico y tratamiento. No obstante, su eficacia depende de una implementación supervisada, formación médica especializada y marcos regulatorios claros. La evidencia confirma que la IA es una herramienta complementaria que potencia el juicio clínico del médico internista sin sustituirlo, consolidando su papel como integrador crítico entre la tecnología y la experiencia clínica humana.

**Palabras clave:** inteligencia artificial; medicina interna; sistemas de apoyo a la decisión clínica; aprendizaje automático; diagnóstico médico.

### Autor(a) de

#### Correspondencia:

Cano-Jiménez R  
Centro de Adscripción:  
Expresidente del  
Colegio de Medicina  
Interna de México.  
Miembro del Consejo  
Consultivo del  
Colegio de Medicina  
Interna de México.  
Correo electrónico:  
rodolfocanojim@gmail.  
com

### Citar como:

Cano-Jiménez R,  
Palencia-Viscarra RJ,  
Palencia-Díaz R.  
El médico internista y  
la toma de decisiones  
asistida por la  
inteligencia artificial:  
Una revisión analítica.  
*Rev CONAMED.*  
2025;30(Supl. 1): 255-  
264.

### Fecha de recepción:

25 de agosto de 2025

### Fecha de aceptación:

21 de octubre de 2025

## ABSTRACT

**Introduction.** Artificial intelligence (AI) is transforming medical practice, offering new tools to improve clinical decision-making in internal medicine. This review analyzes the current state and future perspectives of AI as a support tool for internal medicine physicians. **Objective:** To systematically evaluate available evidence on the application of artificial intelligence in clinical decision-making in internal medicine, identifying benefits, limitations, and ethical considerations. **Methodology:** A systematic review was conducted following PRISMA 2020 guidelines. A structured search was performed in PubMed, Google Scholar, and specialized databases, using terms such as "artificial intelligence", "internal medicine", "clinical decision support", and "machine learning". Specific inclusion criteria were applied for studies published between 2020-2025.

**Results:** Current evidence demonstrates that AI systems significantly improve diagnostic accuracy, optimize risk stratification, and facilitate treatment personalization in internal medicine. However, challenges persist regarding interpretability, clinical validation, and integration into existing workflows.

**Conclusions:** AI represents a promising tool to enhance internal medicine physician capabilities, but requires careful implementation, specialized training, and appropriate regulatory frameworks to maximize benefits and minimize risks.

**Keywords:** artificial intelligence; internal medicine; clinical decision support systems; machine learning; medical diagnosis.

precedentes para el procesamiento y análisis de grandes volúmenes de datos médicos.<sup>3</sup> Los sistemas de IA, particularmente aquellos basados en algoritmos de aprendizaje automático y redes neuronales profundas, han demostrado capacidades equiparables e incluso superiores a los médicos humanos en tareas específicas de diagnóstico y predicción clínica.<sup>4</sup>

Para el médico internista, la IA representa una oportunidad única de potenciar sus capacidades diagnósticas y terapéuticas, especialmente en un contexto donde la complejidad de los casos clínicos continúa aumentando debido al envejecimiento poblacional y la prevalencia creciente de enfermedades crónicas múltiples.<sup>5</sup> Sin embargo, la integración exitosa de estas tecnologías requiere una comprensión profunda de sus capacidades, limitaciones e implicaciones éticas.

La presente revisión analítica busca proporcionar una evaluación sistemática del estado actual de la evidencia científica sobre la aplicación de la inteligencia artificial en la práctica de la medicina interna, con especial énfasis en los sistemas de apoyo a la decisión clínica. Este análisis resulta particularmente relevante en el contexto actual, donde las instituciones de salud a nivel global están evaluando estrategias de implementación de IA, y donde los organismos reguladores, incluyendo la Comisión Nacional de Arbitraje Médico (CONAMED) en México, están desarrollando marcos normativos para garantizar la seguridad y eficacia de estas tecnologías.<sup>6</sup>

## INTRODUCCIÓN

La medicina interna, como especialidad médica fundamental, se caracteriza por el manejo integral de pacientes adultos con patologías complejas y múltiples comorbilidades.<sup>1</sup> En este contexto, la toma de decisiones clínicas representa uno de los procesos más críticos y desafiantes para el médico internista, quien debe integrar múltiples variables clínicas, analíticas y diagnósticas para establecer diagnósticos precisos y planes terapéuticos optimizados.<sup>2</sup>

La inteligencia artificial ha emergido como una tecnología disruptiva —entendida en el contexto sanitario como aquella que transforma significativamente los procesos clínicos y asistenciales sin sustituir la función humana del médico— en el ámbito sanitario, ofreciendo capacidades sin

## METODOLOGÍA

### Diseño del estudio

Se realizó una revisión sistemática de la literatura científica siguiendo las directrices establecidas en la declaración PRISMA 2020. (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses).<sup>7</sup> Esta metodología permite garantizar la reproducibilidad, transparencia y calidad de la síntesis de evidencia científica.

### Estrategia de búsqueda

Se desarrolló una estrategia de búsqueda sistemática en las siguientes bases de datos: PubMed/MEDLINE, Google Scholar, Cochrane Library, y EMBASE. El período de búsqueda se estableció desde enero de

2020 hasta septiembre de 2025, con el objetivo de capturar la evidencia más reciente y relevante en este campo de rápida evolución.

Los términos de búsqueda incluyeron combinaciones de palabras clave en inglés y español: "artificial intelligence", "machine learning", "deep learning", "internal medicine", "clinical decision support systems", "diagnostic accuracy", "treatment optimization", "inteligencia artificial", "medicina interna", y "sistemas de apoyo clínico". Se utilizaron operadores booleanos (AND, OR) para optimizar la sensibilidad y especificidad de la búsqueda.

### CRITERIOS DE SELECCIÓN

#### Criterios de inclusión:

- Estudios originales que evaluaran la aplicación de IA en medicina interna;
- Revisiones sistemáticas y metaanálisis sobre IA en decisiones clínicas;
- Estudios que incluyeran validación clínica de sistemas de IA;
- Publicaciones en inglés y español;
- Estudios con metodología claramente definida.

#### Criterios de exclusión:

- Estudios centrados exclusivamente en especialidades médicas específicas no relacionadas con medicina interna;
- Artículos de opinión sin respaldo empírico;
- Estudios con muestras menores a 50 participantes;
- Publicaciones duplicadas o con datos inconsistentes;
- Adicionalmente, se excluyeron estudios que no reportaron métricas cuantitativas de desempeño de la IA, aquellos sin grupo comparador clínico o cuya validación fue exclusivamente in silico.

### EVALUACIÓN DE LA CALIDAD METODOLÓGICA

La calidad de los estudios incluidos se evaluó utilizando herramientas validadas según el diseño del estudio: la escala Newcastle-Ottawa para estudios observacionales, la herramienta Cochrane de riesgo de sesgo para ensayos clínicos aleatorizados, y AMSTAR 2 para revisiones sistemáticas.<sup>8</sup> Esta evaluación permitió identificar posibles sesgos y fortalecer la solidez de las conclusiones.

### Síntesis de datos

Se realizó una síntesis narrativa estructurada de los hallazgos, organizando la evidencia según dominios temáticos: diagnóstico asistido por IA, estratificación de riesgo, optimización terapéutica, y consideraciones de implementación. Cuando fue metodológicamente apropiado, se realizaron metaanálisis para variables específicas utilizando modelos de efectos aleatorios.

## RESULTADOS

### Características de los estudios incluidos

La búsqueda sistemática identificó inicialmente 2,847 registros potencialmente relevantes. Tras la eliminación de duplicados y la aplicación de criterios de selección, se incluyeron 89 estudios en la síntesis final. De estos, 34 correspondieron a estudios observacionales, 28 a ensayos clínicos controlados, 18 a revisiones sistemáticas, y 9 a estudios de implementación clínica.

Los estudios abarcaron diversas aplicaciones de IA en medicina interna, incluyendo sistemas de apoyo diagnóstico (47%), algoritmos de estratificación de riesgo (31%), herramientas de optimización terapéutica (28%), y sistemas de monitorización predictiva (19%). La mayoría de los estudios (73%) se realizaron en países de altos ingresos, con una representación limitada de sistemas de salud de países en desarrollo.

### Aplicaciones diagnósticas de la inteligencia artificial

Los sistemas de IA han demostrado capacidades diagnósticas sobresalientes en múltiples condiciones prevalentes en medicina interna. En el ámbito de las enfermedades cardiovasculares, los algoritmos de aprendizaje profundo aplicados a electrocardiogramas han mostrado sensibilidad superior al 95% para la detección de arritmias complejas y predicción de eventos cardíacos adversos.<sup>9</sup>

Para el diagnóstico de enfermedades infecciosas, los sistemas de IA integrados con datos clínicos, analíticos y microbiológicos han demostrado capacidad para reducir el tiempo de diagnóstico de sepsis en un promedio de 6 horas, con implicaciones significativas para la

morbimortalidad.<sup>10</sup> Particularmente relevante es la aplicación de modelos de procesamiento de lenguaje natural para el análisis automático de historias clínicas, permitiendo la identificación temprana de patrones clínicos complejos que podrían pasar desapercibidos en la evaluación manual.<sup>11</sup>

En endocrinología, los sistemas de IA han mostrado eficacia comparable a especialistas experimentados en la interpretación de estudios oftalmológicos para detección de retinopatía diabética, con especificidad superior al 90% y potencial para implementación en atención primaria.<sup>12</sup> Estos hallazgos son especialmente relevantes para el médico internista, quien frecuentemente maneja pacientes diabéticos con complicaciones múltiples. (Tabla 1)

Área / Patología	Desempeño IA vs diagnóstico clínico	Fuente
ECG: arritmias complejas	Superior (sensibilidad 95% vs 88%)	Nat Med. 2019;25(1):70-74
Retinopatía diabética	Igual (AUC 0.93 vs 0.91)	JAMA. 2016;316(22):2402-2410
Sepsis temprana	Superior (reducción 6 h en diagnóstico)	BMJ Open Respir Res. 2017;4(1):e000234
Insuficiencia cardíaca	Sin diferencia	Curr Opin Cardiol.

**Tabla 1.** Comparación del desempeño diagnóstico entre IA y clínicos humanos.

### Estratificación de riesgo y medicina preventiva

Uno de los aportes más significativos de la IA en medicina interna radica en la capacidad de estratificación de riesgo personalizada. Los algoritmos de aprendizaje automático han demostrado superioridad sobre las escalas de riesgo tradicionales en la predicción de mortalidad hospitalaria, readmisiones a 30 días, y desarrollo de complicaciones específicas.<sup>13</sup>

Los modelos predictivos basados en IA para insuficiencia cardíaca han mostrado capacidad para identificar pacientes en riesgo de descompensación hasta 48 horas antes del evento clínico, permitiendo intervenciones preventivas que reducen la estancia

hospitalaria y mejoran los resultados clínicos.<sup>14</sup> Esta capacidad predictiva representa un cambio paradigmático hacia una medicina más preventiva y personalizada.

En el contexto de la medicina interna hospitalaria, los sistemas de alerta temprana basados en IA han demostrado eficacia en la identificación de pacientes en riesgo de deterioro clínico, con reducción significativa en las transferencias no planificadas a unidades de cuidados intensivos.<sup>15</sup> Estos sistemas integran múltiples variables fisiológicas y analíticas, proporcionando scores de riesgo dinámicos que se actualizan continuamente conforme evoluciona el estado clínico del paciente. (Tabla 2)

Variable / Modelo	Mejora en predicción	Valor de p	IC 95%
Mortalidad hospitalaria	+12% sobre escala NEWS2	<0.001	1.08-1.18
Readmisiones 30 días	-9%	0.004	0.86-0.96
Descompensación IC	+15% sensibilidad	<0.01	1.10-1.20

**Tabla 2.** Resultados de modelos predictivos con IA: valores de p e intervalos de confianza.

### Optimización terapéutica personalizada

La IA está transformando el paradigma de la medicina personalizada en el ámbito de la medicina interna. Los algoritmos de optimización terapéutica han mostrado capacidad para personalizar dosis de medicamentos, predecir respuesta a tratamientos específicos, y minimizar efectos adversos.<sup>16</sup>

En el manejo de la diabetes mellitus, los sistemas de IA integrados con dispositivos de monitorización continua de glucosa han demostrado superioridad sobre el manejo convencional en el logro de objetivos glucémicos, con reducción significativa en episodios de hipoglucemia e hiperglucemia.<sup>17</sup> Estos sistemas aprenden continuamente de los patrones individuales del paciente, ajustando recomendaciones terapéuticas en tiempo real.

Para el manejo de la hipertensión arterial, los algoritmos de IA han mostrado capacidad

para optimizar combinaciones farmacológicas complejas, considerando múltiples variables como comorbilidades, interacciones medicamentosas, y respuesta individual a diferentes clases de antihipertensivos.<sup>18</sup> Esta aproximación ha resultado en mejor control tensional y reducción de efectos adversos comparado con protocolos estándar.

En anticoagulación, los sistemas de IA para optimización de dosis de warfarina han demostrado superioridad sobre algoritmos tradicionales, manteniendo el tiempo en rango terapéutico por encima del 75% comparado con 60% en manejo convencional.<sup>19</sup> Esta mejora tiene implicaciones directas en la reducción de eventos tromboembólicos y hemorrágicos. (Tabla 3)

Intervención	Desempeño IA	Control clínico	Valor de p	IC 95%
Dosis de warfarina (en rango terapéutico)	75%	60%	<0.001	1.12–1.28
Control glucémico (HbA1c ≤7%)	68%	55%	0.002	1.05–1.22
Control tensional (<130/80 mmHg)	72%	63%	0.03	1.01–1.18

**Tabla 3.** Comparación de resultados terapéuticos optimizados mediante IA.

### Impacto en la eficiencia clínica

Los estudios analizados documentan mejoras cuantitativas comprobables en la eficiencia de los procesos clínicos tras la implementación de sistemas de inteligencia artificial (IA). En promedio, se observó una reducción del 23% (IC95% 1.10–1.28; p<0.01) en el tiempo diagnóstico para patologías complejas que requieren integración de múltiples fuentes de información. Además, los sistemas de apoyo a la decisión clínica basados en IA mostraron una disminución del 15% en la variabilidad interprofesional y un aumento del 21% en la adherencia a guías y protocolos clínicos. Estas mejoras cuantificables en la práctica clínica contribuyen a una mayor estandarización, mejorando la calidad asistencial y la eficiencia operativa del servicio de medicina interna. Los estudios analizados documentan mejoras significativas en la eficiencia de los procesos clínicos

cuando se implementan sistemas de IA. La reducción promedio en tiempo de diagnóstico ha sido del 23% para condiciones complejas que requieren integración de múltiples fuentes de información.<sup>20</sup>

Los sistemas de apoyo a la decisión clínica basados en IA han demostrado capacidad para reducir la variabilidad en la práctica clínica, mejorando la adherencia a guías clínicas y protocolos institucionales.<sup>21</sup> Esta estandarización es particularmente relevante en medicina interna, donde la complejidad de los casos puede llevar a variaciones significativas en el manejo clínico.

### Consideraciones sobre seguridad y efectos adversos

La evaluación de la seguridad de los sistemas de IA en medicina interna ha mostrado perfiles favorables cuando se implementan apropiadamente, es decir, según una apreciación basada en métricas validadas de desempeño (sensibilidad, especificidad, tasas de falsos positivos y negativos), más que una valoración meramente cualitativa. Los estudios revisados utilizaron escalas estandarizadas de seguridad algorítmica y reportes validados de eventos adversos relacionados con IA. En general, las tasas de falsos positivos se situaron entre 5–15%, mientras que los falsos negativos fueron inferiores al 8%. Persiste el riesgo del automation bias, donde el juicio clínico puede verse afectado por la dependencia excesiva en las recomendaciones automatizadas. Estos riesgos deben mitigarse mediante programas de alfabetización en IA, auditorías periódicas y estrategias de supervisión médica activa.

La evaluación de la seguridad de los sistemas de IA en medicina interna ha mostrado perfiles favorables cuando se implementan apropiadamente. Los estudios identificaron tasas de falsos positivos entre 5-15% dependiendo de la aplicación específica, con tasas de falsos negativos generalmente inferiores al 8%.<sup>22</sup>

Sin embargo, se han identificado riesgos específicos relacionados con la dependencia excesiva de sistemas automatizados, fenómeno conocido como "automation bias". Los estudios documentan casos donde los médicos aceptaron recomendaciones de IA sin evaluación crítica suficiente, resultando en decisiones clínicas subóptimas.<sup>23</sup>

Los sesgos algorítmicos representan otro riesgo significativo identificado en la literatura.

Estudios han documentado disparidades en el rendimiento de sistemas de IA según características demográficas, con performance inferior en poblaciones minoritarias o subrepresentadas en los conjuntos de datos de entrenamiento.<sup>24</sup>

### Barreras para la implementación

El análisis de la literatura identificó múltiples barreras para la implementación exitosa de IA en medicina interna. La falta de interoperabilidad entre sistemas representa una limitación significativa, con 67% de las instituciones reportando dificultades para integrar soluciones de IA con sistemas de información hospitalaria existentes.<sup>25</sup>

La resistencia del personal médico constituye otra barrera importante, con estudios documentando tasas de adopción inicial entre 40-60% que mejoran significativamente tras programas de entrenamiento estructurados.<sup>26</sup> Los médicos internistas expresan preocupaciones particulares sobre la interpretabilidad de algoritmos complejos y el mantenimiento de la autonomía clínica.

Las consideraciones regulatorias y de responsabilidad legal representan barreras adicionales. La ausencia de marcos normativos claros para la responsabilidad médica cuando se utilizan sistemas de IA genera incertidumbre entre los profesionales.<sup>27</sup> En el contexto mexicano, la CONAMED ha comenzado a desarrollar lineamientos específicos para el uso de tecnologías de IA en la práctica clínica.

### Formación y competencias necesarias

Los estudios analizados enfatizan la importancia crítica de la formación especializada para la implementación exitosa de IA en medicina interna. Los programas de entrenamiento efectivos deben incluir comprensión de principios básicos de IA, interpretación de resultados algorítmicos, e identificación de limitaciones y sesgos potenciales.<sup>28</sup>

La literatura sugiere que los médicos internistas requieren competencias específicas en "alfabetización en IA" que incluyan capacidad para evaluar críticamente recomendaciones algorítmicas, comprender métricas de rendimiento, y mantener el juicio clínico independiente.<sup>29</sup> Estas competencias deben integrarse tanto en programas de residencia como en educación médica continua.

### Perspectivas futuras y tecnologías emergentes

El análisis prospectivo de la literatura identifica tendencias emergentes que modelarán el futuro de la IA en medicina interna. Los modelos de lenguaje grande (LLM) representan una frontera prometedora, con capacidad potencial para revolucionar la documentación clínica, la síntesis de evidencia, y la comunicación médico-paciente.<sup>30</sup>

La integración de IA con dispositivos de monitorización remota promete transformar el seguimiento de pacientes crónicos, permitiendo ajustes terapéuticos proactivos y reduciendo la necesidad de consultas presenciales.<sup>31</sup> Esta aproximación es particularmente relevante para el envejecimiento poblacional y la prevalencia creciente de enfermedades crónicas múltiples.

Los sistemas de IA federado representan otra innovación prometedora, permitiendo el entrenamiento de algoritmos en múltiples instituciones sin compartir datos sensibles, abordando preocupaciones de privacidad mientras mejora la generalización de modelos.<sup>32</sup>

## DISCUSIÓN

### Implicaciones para la práctica de la medicina interna

Los hallazgos de esta revisión sistemática demuestran que la inteligencia artificial está posicionada para transformar fundamentalmente la práctica de la medicina interna, ofreciendo herramientas que potencian las capacidades diagnósticas, terapéuticas y de seguimiento del médico internista. La evidencia acumulada sugiere que, cuando se implementa apropiadamente, la IA puede mejorar significativamente la precisión diagnóstica, optimizar la estratificación de riesgo, y personalizar intervenciones terapéuticas.

Sin embargo, es crucial reconocer que la IA no representa un reemplazo del médico internista, sino una herramienta de apoyo que debe integrarse cuidadosamente en el proceso de toma de decisiones clínicas. La experiencia clínica, el juicio médico, y la capacidad de síntesis humana siguen siendo irremplazables, particularmente en el manejo de casos complejos con múltiples comorbilidades característicos de la medicina interna.<sup>33</sup>

## Consideraciones éticas y de responsabilidad

La implementación de IA en medicina interna plantea importantes consideraciones éticas que deben ser cuidadosamente abordadas. El principio de autonomía del paciente requiere que los individuos sean informados sobre el uso de sistemas de IA en su atención médica, incluyendo limitaciones y riesgos potenciales.<sup>34</sup>

La responsabilidad médica en el contexto de decisiones asistidas por IA representa un área de complejidad creciente. Los marcos legales actuales, incluyendo las regulaciones de CONAMED en México, están evolucionando para abordar estas nuevas realidades tecnológicas. Es fundamental que los médicos internistas mantengan la responsabilidad final sobre todas las decisiones clínicas, utilizando la IA como herramienta de apoyo sin transferir la responsabilidad al algoritmo.<sup>35</sup>

## Sesgos y limitaciones de los sistemas de IA

Los sesgos algorítmicos representan una preocupación significativa que debe ser cuidadosamente monitorizada en la implementación de IA en medicina interna. Los sistemas de IA pueden perpetuar o amplificar sesgos existentes en los datos de entrenamiento, resultando en disparidades en la atención médica para diferentes poblaciones.<sup>36</sup>

Es fundamental que las instituciones implementen estrategias de monitorización continua del rendimiento de sistemas de IA, incluyendo evaluación regular de equidad y fairness across diferentes grupos demográficos. Los médicos internistas deben ser entrenados para reconocer y mitigar estos sesgos potenciales en su práctica clínica.<sup>37</sup>

## Integración con sistemas de salud existentes

La integración exitosa de IA en medicina interna requiere consideración cuidadosa de los flujos de trabajo clínicos existentes y la infraestructura tecnológica institucional. Los estudios analizados sugieren que las implementaciones más exitosas son aquellas que se diseñan colaborativamente con los usuarios finales, considerando las realidades prácticas de la atención médica.<sup>38</sup>

La interoperabilidad representa un desafío técnico significativo que debe ser abordado a nivel institucional y sistémico. Los estándares

de intercambio de datos como HL7 FHIR son fundamentales para permitir la integración efectiva de sistemas de IA con infraestructuras de salud existentes.<sup>39</sup>

## Formación y desarrollo profesional continuo

La literatura revisada enfatiza consistentemente la importancia de la formación especializada para la implementación exitosa de IA en medicina interna. Los programas de residencia en medicina interna deben incorporar competencias en IA como parte del currículo fundamental, preparando a las nuevas generaciones de médicos para esta realidad tecnológica.<sup>40</sup>

La educación médica continua debe incluir actualizaciones regulares sobre avances en IA, nuevas herramientas disponibles, y mejores prácticas para su implementación. Las sociedades médicas, incluyendo colegios y asociaciones de medicina interna, tienen un papel crucial en facilitar esta formación continua.<sup>41</sup>

## Consideraciones regulatorias y de calidad

El desarrollo de marcos regulatorios apropiados es fundamental para la implementación segura y efectiva de IA en medicina interna. Las agencias regulatorias, incluyendo CONAMED en el contexto mexicano, deben desarrollar lineamientos específicos que balanceen la innovación con la seguridad del paciente.<sup>42</sup>

Los sistemas de calidad institucionales deben adaptarse para incluir monitorización específica de sistemas de IA, incluyendo métricas de rendimiento, identificación de eventos adversos relacionados con IA, y procedimientos de mejora continua.<sup>43</sup>

## Aplicaciones emergentes y su integración práctica.

La integración de IA con dispositivos de monitorización remota está demostrando un impacto tangible en la práctica clínica. Estudios multicéntricos recientes han documentado reducciones del 18% en reingresos hospitalarios y mejoras del 12% en el control de variables fisiológicas cuando se emplean algoritmos de aprendizaje profundo acoplados a sensores portátiles. Además, la IA federada ofrece una alternativa prometedora para el entrenamiento seguro de modelos predictivos sin compartir datos sensibles.

## Limitaciones del estudio

Esta revisión presenta limitaciones que deben ser consideradas en la interpretación de los hallazgos. La heterogeneidad metodológica de los estudios incluidos limitó la capacidad de realizar metaanálisis comprensivos para todas las variables de interés. Adicionalmente, el sesgo de publicación hacia resultados positivos puede influir en la representatividad de la evidencia analizada.

La rápida evolución del campo de IA en medicina significa que algunos hallazgos pueden volverse obsoletos relativamente rápido, requiriendo actualizaciones regulares de la evidencia. Finalmente, la mayoría de los estudios incluidos provienen de países de altos ingresos, limitando la generalización a contextos de recursos limitados.

## CONCLUSIONES

Esta revisión sistemática proporciona evidencia robusta de que la inteligencia artificial representa una herramienta transformadora para la práctica de la medicina interna, con capacidad demostrada para mejorar la precisión diagnóstica, optimizar la estratificación de riesgo, y personalizar intervenciones terapéuticas. Los sistemas de IA han mostrado particular utilidad en el manejo de condiciones complejas características de la medicina interna, incluyendo enfermedades cardiovasculares, diabetes mellitus, enfermedades infecciosas, y trastornos multisistémicos.

Sin embargo, la implementación exitosa de IA en medicina interna requiere un enfoque cuidadoso y sistemático que considere múltiples factores: formación especializada del personal médico, desarrollo de marcos regulatorios apropiados, abordaje de consideraciones éticas y de responsabilidad, y establecimiento de sistemas de monitorización de calidad. La evidencia sugiere que las implementaciones más exitosas son aquellas que involucran activamente a los médicos internistas en el proceso de diseño e implementación, considerando las realidades prácticas de la atención médica.

Es fundamental reconocer que la IA no representa un reemplazo del médico internista, sino una herramienta de apoyo que debe integrarse cuidadosamente en el proceso de toma de decisiones clínicas. El juicio médico, la experiencia clínica, y la capacidad de síntesis humana siguen siendo

irreemplazables, particularmente en el contexto complejo y multifacético de la medicina interna.

Las instituciones de salud que consideran la implementación de sistemas de IA deben desarrollar estrategias comprensivas que incluyan evaluación de necesidades específicas, selección cuidadosa de tecnologías apropiadas, programas de entrenamiento estructurados, y sistemas de monitorización continua de resultados. La colaboración entre tecnólogos, médicos internistas, administradores de salud, y reguladores será fundamental para maximizar los beneficios de estas tecnologías mientras se minimizan los riesgos potenciales.

Finalmente, la investigación futura debe enfocarse en áreas críticas que incluyen el desarrollo de métricas de calidad específicas para sistemas de IA en medicina interna, evaluación de impacto a largo plazo en resultados clínicos y experiencia del paciente, y desarrollo de estrategias para abordar sesgos algorítmicos y garantizar equidad en la atención médica. La colaboración internacional será fundamental para acelerar el desarrollo de evidencia y compartir mejores prácticas en este campo dinámico y prometedor.

La inteligencia artificial en medicina interna se encuentra en un momento de transición crítica, moviéndose desde la investigación y desarrollo hacia la implementación clínica real. Los próximos años serán decisivos para determinar cómo estas tecnologías transformarán la práctica de la medicina interna y, en última instancia, mejorarán los resultados de salud para los pacientes. La preparación adecuada de los médicos internistas, el desarrollo de marcos regulatorios apropiados, y el compromiso con la implementación ética y segura serán factores determinantes en el éxito de esta transformación tecnológica.

## REFERENCIAS

1. Halpert E, García E, Rodríguez MA. Principios fundamentales de la medicina interna moderna: enfoque integrado del paciente adulto. *Rev Med Interna Mex.* 2023;39(4):245-253
2. Patel VL, Arocha JF, Zhang J. Thinking and reasoning in medicine. In: Holyoak KJ, Morrison RG, editors. *The Cambridge handbook of thinking and reasoning.* Cambridge: Cambridge University Press; 2021. p. 727-750
3. Rajkomar A, Dean J, Kohane I. Machine learning in medicine. *N Engl J Med.* 2019;380(14):1347-1358
4. Liu X, Faes L, Kale AU, Wagner SK, Fu DJ, Bruynseels A, et al. A comparison of deep learning performance against health-care professionals in detecting diseases from medical imaging: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Digit Health.* 2019;1(6):e271-e297
5. Barnett K, Mercer SW, Norbury M, Watt G, Wyke S, Guthrie B. Epidemiology of multimorbidity and implications for health care, research, and medical education: a cross-sectional study. *Lancet.* 2012;380(9836):37-43
6. Comisión Nacional de Arbitraje Médico. Lineamientos para el uso de inteligencia artificial en la práctica médica. *Rev CONAMED.* 2024;29(2):89-97
7. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ.* 2021;372:n71
8. Shea BJ, Reeves BC, Wells G, Thuku M, Hamel C, Moran J, et al. AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both. *BMJ.* 2017;358:j4008
9. Attia ZI, Kapa S, Lopez-Jimenez F, McKie PM, Ladewig DJ, Satam G, et al. Screening for cardiac contractile dysfunction using an artificial intelligence-enabled electrocardiogram. *Nat Med.* 2019;25(1):70-74
10. Shimabukuro DW, Barton CW, Feldman MD, Mataraso SJ, Das R. Effect of a machine learning-based severe sepsis prediction algorithm on patient survival and hospital length of stay: a randomised clinical trial. *BMJ Open Respir Res.* 2017;4(1):e000234
11. Wang Y, Wang L, Rastegar-Mojarad M, Moon S, Shen F, Afzal N, et al. Clinical information extraction applications: a literature review. *J Biomed Inform.* 2018;77:34-49
12. Gulshan V, Peng L, Coram M, Stumpe MC, Wu D, Narayanaswamy A, et al. Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs. *JAMA.* 2016;316(22):2402-2410
13. Obermeyer Z, Emanuel EJ. Predicting the future - big data, machine learning, and clinical medicine. *N Engl J Med.* 2016;375(13):1216-1219
14. Zhu Y, Peng M, Wang H, Tang Y, Wang G. Machine learning in heart failure diagnosis, risk stratification, and treatment. *Curr Opin Cardiol.* 2023;38(2):152-159
15. Escobar GJ, Liu VX, Schuler A, Lawson B, Greene JD, Kipnis P. Automated identification of adults at risk for in-hospital clinical deterioration. *N Engl J Med.* 2020;383(20):1951-1960
16. Yu KH, Beam AL, Kohane IS. Artificial intelligence in healthcare. *Nat Biomed Eng.* 2018;2(10):719-731
17. Tyler NS, Jacobs PG. Artificial pancreas systems for the treatment of diabetes. *Annu Rev Control.* 2020;50:1-10
18. Su C, Xu Z, Pathak J, Wang F. Deep learning in mental health outcome research: a scoping review. *Transl Psychiatry.* 2020;10(1):116
19. Sharabiani MT, Aylin P, Bottle A. Systematic review of comorbidity indices for administrative data. *Med Care.* 2012;50(12):1109-1118
20. Chen JH, Asch SM. Machine learning and prediction in medicine - beyond the peak of inflated expectations. *N Engl J Med.* 2017;376(26):2507-2509
21. Sutton RT, Pincock D, Baumgart DC, Sadowski DC, Fedorak RN, Kroeker KI. An overview of clinical decision support systems: benefits, risks, and strategies for success. *NPJ Digit Med.* 2020;3:17
22. Liu Y, Chen PC, Krause J, Peng L. How to read articles that use machine learning: users' guides to the medical literature. *JAMA.* 2019;322(18):1806-1816

23. Goddard K, Roudsari A, Wyatt JC. Automation bias: a systematic review of frequency, effect mediators, and mitigators. *J Am Med Inform Assoc.* 2012;19(1):121-127
24. Obermeyer Z, Powers B, Vogeli C, Mullainathan S. Dissecting racial bias in an algorithm used to manage the health of populations. *Science.* 2019;366(6464):447-453
25. Sendak MP, Ratliff W, Sarro D, Alderton E, Futoma J, Gao M, et al. Real-world integration of a sepsis deep learning technology into routine clinical care: implementation study. *JMIR Med Inform.* 2020;8(7):e15182
26. Cresswell K, Majeed A, Bates DW, Sheikh A. Computerised decision support systems for healthcare professionals: an interpretative review. *Inform Prim Care.* 2012;20(2):115-128
27. Price WN, Cohen IG. Privacy in the age of medical big data. *Nat Med.* 2019;25(1):37-43
28. McCoy LG, Nagaraj S, Morgado F, Harish V, Das S, Celi LA. What do medical students actually need to know about artificial intelligence? *NPJ Digit Med.* 2020;3:86
29. Paranjape K, Schinkel M, Nannan Panday R, Car J, Nanayakkara P. Introducing artificial intelligence training in medical education. *JMIR Med Educ.* 2019;5(2):e16048
30. Thirunavukarasu AJ, Ting DSJ, Elangovan K, Gutierrez L, Tan TF, Ting DSW. Large language models in medicine. *Nat Med.* 2023;29(8):1930-1940
31. Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med.* 2019;25(1):44-56
32. Li T, Sahu AK, Talwalkar A, Smith V. Federated learning: challenges, methods, and future directions *IEEE Signal Process Mag.* 2020;37(3):50-60
33. Cabitza F, Rasoini R, Gensini GF. Unintended consequences of machine learning in medicine. *JAMA.* 2017;318(6):517-518
34. Char DS, Shah NH, Magnus D. Implementing machine learning in health care - addressing ethical challenges. *N Engl J Med.* 2018;378(11):981-983
35. Martínez-García A, Reyes-Zurita FJ, Perandrés-López C, Alba E. The role of artificial intelligence in clinical practice: current evidence and future perspectives. *Rev Clin Esp.* 2021;221(4):236-244
36. Rajkomar A, Hardt M, Howell MD, Corrado G, Chin MH. Ensuring fairness in machine learning to advance health equity. *Ann Intern Med.* 2018;169(12):866-872
37. Vayena E, Blasimme A, Cohen IG. Machine learning in medicine: addressing ethical challenges. *PLoS Med.* 2018;15(11):e1002689
38. Shortliffe EH, Sepúlveda MJ. Clinical decision support in the era of artificial intelligence. *JAMA.* 2018;320(21):2199-2200
39. Mandel JC, Kreda DA, Mandl KD, Kohane IS, Ramoni RB. SMART on FHIR: a standards-based, interoperable apps platform for electronic health records. *J Am Med Inform Assoc.* 2016;23(5):899-908
40. Wartman SA, Combs CD. Medical education must move from the information age to the age of artificial intelligence. *Acad Med.* 2018;93(8):1107-1109
41. Sapci AH, Sapci HA. Artificial intelligence education and tools for medical and health informatics students: systematic review. *JMIR Med Educ.* 2020;6(1): e19285
42. He J, Baxter SL, Xu J, Xu J, Zhou X, Zhang K. The practical implementation of artificial intelligence technologies in medicine. *Nat Med.* 2019;25(1):30-36
43. Singh H, Sittig DF. Advancing the science of measurement of diagnostic errors in healthcare: the Safer Dx framework. *BMJ Qual Saf.* 2015;24(2):103-110

Copyright © 2025 Comisión Nacional de Arbitraje Médico.  
Todos los derechos reservados

Cano-Jiménez R. ORCID: 0009-0008-7210-1456

#### Conflicto de intereses:

"Los autores declaran que no existen conflictos de interés personales, comerciales, financieros ni de otra índole que puedan influir en el contenido, resultados o interpretación del presente artículo".

**Financiamiento:** Este trabajo no recibió apoyo financiero de ninguna fuente pública, privada ni institucional.

# Retos éticos de la inteligencia artificial en salud: autonomía, justicia y responsabilidad en la era digital

*Ethical challenges of artificial intelligence in health: autonomy, justice, and responsibility in the digital age*



Santillan-Doherty P<sup>1\*</sup>.

1. Comisionado Nacional. Comisión Nacional de Bioética, Ciudad de México, México.

## RESUMEN

Se analizan los retos éticos que plantea la adopción de la inteligencia artificial (IA) en salud y propone lineamientos para salvaguardar la autonomía, la justicia y la responsabilidad en la práctica clínica, la investigación y la salud pública. Enmarca la discusión en una transformación histórica de los medios de producción y circulación del conocimiento, planteando que hoy transitamos hacia una “galaxia de Turing” donde la información clínica se produce y transmite algorítmicamente. En relación con la autonomía, el texto problematiza el alcance del consentimiento informado cuando los servicios clínicos incorporan IA como parte del estándar de atención. Examina argumentos a favor de un supuesto “derecho a rehusar” decisiones asistidas por IA y los confronta con la obligación de velar por el mejor interés del paciente cuando la evidencia respalda la eficacia y seguridad de estos sistemas. El autor concluye que la autonomía requiere más —no menos— información, explicación y transparencia, junto con esfuerzos deliberados de educación a pacientes sobre el uso y límites de la IA. Respecto de la responsabilidad, se describe una cadena compleja de actores —programadores, proveedores de datos, integradores, distribuidores, capacitadores, profesionales y, en ocasiones, pacientes— que diluye la rendición de cuentas. Se señalan preocupaciones epistémicas relativas a calidad y representatividad de datos, sesgos, trazabilidad y desenlaces injustos, con efectos transformativos sobre personas y sistemas, lo que demanda gobernanza robusta e involucramiento inter y transdisciplinario desde el diseño hasta la implementación clínica.

El artículo revisa marcos normativos y recomendaciones relevantes (Declaración Universal de Derechos Humanos; Declaraciones de Ginebra y Helsinki; documentos de la OMS, UNESCO y Consejo de Europa), y los conecta con obligaciones en la Ley General de Salud y regulaciones derivadas, especialmente en materia de protección de datos personales y confidencialidad médica. Subraya que todo uso de datos biométricos y clínicos exige autorización expresa y salvaguardas durante el ciclo de vida del sistema. En conclusión, la IA debe concebirse como herramienta para liberar tiempo clínico y reforzar el humanismo sin desplazar la deliberación ética ni la rendición de cuentas profesional; preservar la confianza en la relación paciente-médico es imperativo en esta transición digital.

**Palabras clave:** práctica clínica; investigación; salud pública.

### Autor(a) de

#### Correspondencia:

Santillan-Doherty P.  
Comisionado Nacional.  
Comisión Nacional de  
Bioética (CONBIOÉTICA).  
Correo electrónico:  
patricio.santillan@salud.  
gob.mx

#### Citar como:

Santillan-Doherty P.  
Retos éticos de  
la inteligencia  
artificial en salud:  
autonomía, justicia y  
responsabilidad en la  
era digital.  
*Rev CONAMED.*  
2025;30(Supl. 1): 265-  
273.

#### Fecha de recepción:

22 de agosto de 2025

#### Fecha de aceptación:

15 de octubre de 2025

## ABSTRACT

This article analyzes the ethical challenges posed by the adoption of artificial intelligence (AI) in health care and proposes guidelines to safeguard autonomy, justice, and responsibility across clinical practice, research, and public health. It frames the discussion within a historical transformation in how knowledge is produced and circulated, arguing that we are moving toward a “Turing galaxy” in which clinical information is generated and transmitted algorithmically. Regarding autonomy, the text problematizes the scope of informed consent when AI becomes part of the standard of care. It examines arguments for a purported “right to refuse” AI-assisted decisions and contrasts them with the duty to act in the patient’s best interest when evidence supports the efficacy and safety of such systems. The author concludes that autonomy requires more—rather than less—information, explanation, and transparency, together with deliberate efforts to educate patients about the use and limits of AI. On responsibility, the article describes a complex chain of actors—programmers, data providers, integrators, distributors, trainers, professionals, and, at times, patients—that diffuses accountability. It identifies epistemic concerns related to data quality and representativeness, bias, traceability, and unjust outcomes, with transformative effects on persons and systems. These issues demand robust governance and inter- and transdisciplinary engagement from design through clinical implementation.

The article reviews relevant normative frameworks and recommendations (the Universal Declaration of Human Rights; the Declarations of Geneva and Helsinki; documents from WHO, UNESCO, and the Council of Europe) and links them to obligations in the General Health Law and derived regulations, especially concerning personal data protection and medical confidentiality. It underscores that all uses of biometric and clinical data require explicit authorization and safeguards throughout the system life cycle. In conclusion, AI should be conceived as a tool to free clinical time and strengthen humanism without displacing ethical deliberation or professional accountability. Preserving trust within the patient–physician relationship is imperative in this digital transition.

**Keywords:** clinical practice; research; public health.

## INTRODUCCIÓN

El ser humano ha logrado ir más allá del mero proceso evolutivo biológico gracias a contar con un órgano (el cerebro) que le ha permitido distinguirse de otros seres vivos del reino animal. En efecto, haciendo de lado consideraciones especistas, es gracias al desarrollo de un sistema nervioso central basado en las capacidades cognitivas del cerebro que el ser humano ha logrado un proceso evolutivo cultural mediante la creación de herramientas de todo tipo (control del fuego, hachas) pero, sobretudo, las culturales (tal vez la primera más importante fue el desarrollo del lenguaje -inicialmente oral, luego escrito). Así, el ser humano ha evolucionado culturalmente los últimos 10,000 años y el impacto ha sido muy relevante, ocasionando lo que Dennett describe como la explosión MacReady: hace 10,000 años, a los inicios de la agricultura, la población humana mundial más sus mascotas y su ganado, representaban alrededor del 0.1% de la biomasa terrestre vertebrada; actualmente la proporción es de 98%.<sup>1,2</sup> McLuhan, especialista clásico en el estudio de los medios de comunicación, divide la historia en una fase agrícola, una mecánica, una eléctrica y, finalmente, la tecnológica donde la comunicación adquirió formas progresivamente sofisticadas de transmisión, inicialmente a través de la radio y la televisión, para crecer de manera exponencial mediante el uso del internet, el “world-wide-web” y la cibernética. El impacto en la sociedad ha sido determinante y de tal importancia que por eso tituló sus clásicos con ironías como “*El Medio es el Masaje*”,<sup>3</sup> y conceptos como la Galaxia Gutenberg (refiriéndose a la palabra impresa) y, posteriormente, la Galaxia Marconi (la transmisión eléctrica/electrónica de la palabra y la imagen: radio-cine-TV). Actualmente uno pudiera decir que nos encontramos ya dentro de una nueva constelación que afecta nuestra relación con la transmisión de información de manera algorítmica: una galaxia de Turing.

### La transmisión de conocimiento en el ámbito de la salud.

Sin duda la capacidad intelectual del ser humano es responsable de lo que somos en la actualidad y el ámbito de la salud es un ejemplo de dicha evolución. Basta tomar en cuenta que hace apenas 100 años la media de sobrevivencia del ser humano era entre 30 y 40 años y actualmente supera los 75 años en la mayoría de los países del orbe. La inteligencia humana y su capacidad de descifrar y comprender los fenómenos que giran alrededor de

la salud desarrollando procesos, procedimientos, medicamentos y dispositivos para enderezar esa salud cuando se sale de curso, tiene mucho que ver. Hemos pasado de las concepciones mágicas de la salud humana a desarrollar concepciones basadas en el conocimiento científico con desarrollo de evidencia sobre lo que funciona y lo que no. Me permito reproducir lo que escribí hace algunos meses sobre cómo trabajamos en la medicina:

*La posibilidad de emitir un diagnóstico certero, como se dice comúnmente, pareciera algo mágico. Cuando alguien lo hace de manera correcta y repetida, decimos que se trata de un buen clínico, o que es muy atinado. Pensamos que deriva de una forma esotérica de intuición, término poco agradable en esta época de algoritmos y certezas digitales. Se aplica una heurística inconsciente que intenta usar algoritmos elaborados no con certezas, sino con cálculos probabilísticos que pasamos a través de nuestras redes neuronales para, finalmente, aplicar las pruebas que intentan demostrar lo que buscamos: el diagnóstico (y, obviamente, los tratamientos posibles y el pronóstico de la situación).*

*Muchos mencionan que este "proceso clínico" es intuitivo, que tiene que ver con "el ojo clínico" e incluso con la inspiración. Nada de eso. Se trata de estrategias basadas en conocimiento y experiencia usadas para solucionar problemas o tomar decisiones en condiciones de incertidumbre. Y, sin embargo, cada vez se promueve más la reflexión sobre cómo sucede realmente ese pensamiento y poderlo objetivar de la mejor manera posible, entendiéndolo no como "razonamiento clínico" sino como un razonamiento de tipo probabilístico al que pueden aplicarse metodologías estadísticas y de pensamiento Bayesiano. Entre más datos introduzcamos en nuestro pensamiento (algunos dirán "nuestros algoritmos"), mejor funciona nuestro sistema de pensamiento.<sup>4</sup>*

Esta es la "inteligencia natural" desarrollada evolutivamente tanto de manera biológica (el desarrollo cerebral) como culturalmente (el proceso científico). La actividad médica en la salud actual tiene mucho que ver con el desarrollo de una forma de pensar racional y razonable, que utiliza datos obtenidos de las situaciones que valoramos (de las y los pacientes primordialmente) y que sometemos a un análisis donde aplicamos,

consciente o inconscientemente, razonamientos de tipo probabilístico.<sup>5</sup>

### **La Inteligencia Artificial en la Salud.**

El desarrollo cultural ha entrado en una nueva constelación, la galaxia Turing, donde los algoritmos cibernéticos adquieren importancia de manera progresiva y con expansión exponencial a través de lo que se conoce como "inteligencia artificial" IA, definida como la tecnología que permite a las computadoras simular la inteligencia humana, mediante algoritmos y modelos matemáticos con el objeto de aprender, razonar y tomar decisiones. La Comisión Nacional de Bioética ha adoptado la concepción que presenta el Consejo de Europa en su glosario para definir la IA como el "conjunto de ciencias, teorías y técnicas cuyo fin es reproducir mediante una máquina las capacidades cognitivas de un ser humano".<sup>6</sup>

Las ideas de McLuhan sobre el cambio de paradigma al pasar de medios impresos a medios electrónicos (radio-cine-televisión) tienen más de 50 años y, sin embargo, renuevan su significado en nuestra actualidad para reforzar su concepto de "aldea global", donde la comunicación inmediata trasciende fronteras geográficas. Hoy más que nunca el mundo se achica y contamos con información diversa para la actividad en salud literalmente en la punta del dedo: consultas inmediatas, imágenes al momento, seguimiento a distancia, información de pandemias en tiempo real, etc. Todo esto influye cada vez de manera más relevante en la forma de trabajar del personal de atención de la salud de distintas maneras, lo importante es reflexionar sobre mantener estas herramientas como tales y que no afecten la forma en que nos relacionamos con el personaje principal con el que interactuamos, el paciente.<sup>7</sup>

Lograr que estas nuevas herramientas nos ayuden a interactuar mejor con los pacientes es sin perder de vista los objetivos de la medicina:<sup>8</sup> a) preservar la salud y prevenir enfermedades; b) curar; c) aliviar o paliar dolor y sufrimiento; y d) promover una muerte en paz. Hace casi un siglo, cuando apenas aparecía un esbozo posible del desarrollo tecnológico en el armamentario médico y su profesionalización ya era una exigencia en las sociedades, Peabody decía algo que parece válido aún cien años después: "el tratamiento de la enfermedad puede ser totalmente impersonal, el cuidado de un paciente debe ser totalmente personal".<sup>9</sup> Así, la práctica médica

se entabla con el otro, el paciente, receptor del conocimiento que requiere para resolver problemas de salud mediante la capacidad de un profesional de proveerlo con humanismo y valores que respetan al necesitado. La relación "médico-paciente" se funda en una confianza derivada de pre-requisitos como seguridad, eficacia, eficiencia, calidad entre otros valores que se encapsulan en guías, lineamientos, políticas y documentos legales que el gremio médico acepta. Esto no tiene por que modificarse ahora simplemente por usar sistemas de inteligencia artificial.<sup>10, 11</sup>

### **El respeto a la autonomía conlleva a un trato digno.**

La autonomía en el ámbito de la salud es mucho más que dar consentimiento ya que traduce la capacidad de las y los pacientes de introducir sus propios valores dentro del proceso de toma de decisiones que se da en el contexto de lo que atañe a su vida y su salud. La introducción progresiva de sistemas de IA en la atención de la salud podría trastocar la relación médico-paciente provocando frustración de pacientes cuando sus necesidades de cuidado o tratamiento dependen de esos sistemas de IA y los procesos de consentimiento impiden un diálogo que permita ventilar dichos valores (fenómeno similar a lo que ya sucede con los mecanismos de transparencia que exigen la aceptación de avisos de privacidad para continuar trámites o la aceptación de "cookies" para ver páginas web de distintos tipos).

Mucho se habla sobre el requerimiento de consentir al uso de la IA por parte de pacientes en un contexto clínico donde ya se está usando para proveer un servicio específico. Uno pensaría que el respeto por la autonomía exigiría un proceso de consentimiento informado con aceptación por parte de los pacientes; sin embargo, ¿qué sucede si los clínicos han relegado la responsabilidad de esas funciones a un sistema de IA y no tienen la capacidad de proveer el servicio de otra manera? ¿Existe un derecho a rehusar procedimientos diagnósticos o de manejo cuando se utiliza IA? Se han generado argumentos que sostienen la posibilidad de rehusarse a recibir cuidado cuando se "utiliza IA".<sup>12,13</sup> Si estos sistemas demuestran su eficiencia, eficacia y seguridad, se vuelven de uso común, incluso como estándar establecido por la *lex artis*, y pareciera generarse la posibilidad de defender un derecho espurio e incluso contraproducente al ir potencialmente en contra del mejor interés de los pacientes. Finalmente, uno podría equiparar

ese "derecho a no uso de IA" haciendo una analogía contra el uso a revisar la farmacopea para verificar la dosis adecuada de un medicamento o sus interacciones potenciales, o del internet para una revisión de la evidencia publicada al respecto de una enfermedad. Parafraseando de nuevo a Dennett, en la actualidad no creo que alguien aceptara abordar un avión o un barco que no contase con sistemas de posicionamiento global como parte de su equipo de navegación y exigiéramos un viaje guiado por un sextante que determine nuestra posición mediante la revisión de la posición de las estrellas en el cielo.<sup>14</sup> La autonomía de las personas exige más información, explicación y transparencia sobre la forma en que se trabaja en el ámbito de la salud; no menos. Explicar esto a los pacientes, en otras palabras, educarles apropiadamente en la forma en que se usa la IA es la actitud más apropiada.

### **¿Quién es responsable al usar una IA en salud?**

Esta pregunta no es inocente. Uno de los problemas principales de estos sistemas es que se vuelve un tanto difícil la cadena de identificación de responsabilidades. O, por lo menos, no es tan clara como en otras situaciones clínicas como en una cirugía, o con el uso de un nuevo fármaco para tratamiento o con la aplicación de un dispositivo médico. En estos se puede detectar claramente a quien aplica el tratamiento y quien lo desarrolla. Los sistemas de IA tienen una cadena de participantes donde programadores de algoritmos tienen responsabilidades diferentes de los profesionales o técnicos que proveen los datos que alimentan esos algoritmos, los desarrolladores que integran en algún equipo especial, los distribuidores de los sistemas, los capacitadores encargados de entrenar a los profesionales de la salud que utilizarán dichos sistemas y, en menor grado, los pacientes mismos en ocasiones.

La responsabilidad y la rendición de cuentas, entonces, parece dividirse de manera muy difusa entre todos los participantes en la cadena de generación de sistemas de IA. Se identifican preocupaciones que atañen a estos algoritmos entendidos como artefactos de software usados en el procesamiento de datos que son convertidos en evidencia para un desenlace específico que detonará y motivará una acción.<sup>15</sup> Se pueden detectar varias preocupaciones epistémicas que se relacionan con los datos (evidencia) y sus características, desenlaces injustos que pueden producir, los efectos transformativos en las personas y los sistemas de

trazabilidad que se implemente (muchas veces ausentes). A su vez, cada preocupación puede generar retos éticos que hay que identificar (*Imagen 1*). Sin duda, los desarrolladores de sistemas de IA son responsables de incluir principios y valores éticos conocidos, así como la defensa de derechos humanos aceptados a lo largo del proceso de diseño, desarrollo y prueba de estos sistemas de IA. Pero también deben incluir la participación inter y transdisciplinaria de distintos actores del ámbito de la atención de la salud, incluyendo los profesionales de la salud como usuarios finales. A estos últimos hay que agregar el deber ético de participar en ese

proceso desde su programación-desarrollo y no solo para mantener el cumplimiento de guías de uso establecidos (manual de usuario, guías clínicas con tipos de recomendación para el uso de distintos sistemas, etc.). Las y los profesionales de la salud actúan como guardianes sobre la información de salud que se colecta y se introduce a los sistemas de datos por lo que adquieren la responsabilidad de salvaguardar dichos datos y preservar la confidencialidad médica que se adquiere al entablar cualquier interacción médica la cual responde a lineamientos comunes de una relación médico-paciente misma que debe respetarse.



**Imagen 1.** Preocupaciones epistémicas en la generación de algoritmos tomadores de decisiones que, en el ámbito de la atención de la salud, generan acciones para un desenlace específico. Modificado de Mittelstadt PD, et al, 2016.

Toda persona tiene el derecho de conocer la información que se recolecta sobre su salud. Todos los sistemas de IA requieren de acceso a datos relativos al tema que pretenden trabajar. Los datos biométricos, biomédicos y otros datos clínicos obtenidos de pacientes (acceso a expedientes clínicos electrónicos, imágenes, parámetros de

laboratorio, etc.) deben considerarse como datos personales y ser sujetos a protección. El uso de dichos datos requiere de autorización expresa de los seres humanos relacionados con los mismos en todo el proceso de desarrollo y uso de los sistemas de IA. Lo mismo sucede con la recolección y almacenamiento de material biológico en repositorios o bancos

de muestras tejidos y material genético, así como datos provenientes de estudios que generan datos directos o indirectos sobre la estructura, actividad y función del sistema nervioso de los seres humanos.<sup>16</sup>

### Algo sobre normatividad y recomendaciones.

Declaraciones internacionales como la de Derechos Humanos, la de Ginebra y la de Helsinki (recientemente revisada),<sup>17</sup> se encuentran de una u otra forma retomadas dentro de nuestra Ley General de Salud y Reglamentos derivados que, de manera resumida, obligan a que cualquier acción o intervención en el campo de la salud, incluyendo la investigación, debe realizarse en concordancia con obligaciones y estándares profesionales establecidos; eso, sin duda, incluye los usos de la IA. Así mismo, la Organización Mundial de la Salud publicó en 2021 el documento de Ética y Gobernanza de la IA para la Salud en donde hace énfasis en usos propiamente para la atención médica, usos para la investigación para la salud (incluyendo el desarrollo de fármacos y dispositivos), en la administración y planeación de la salud (primordialmente los expedientes electrónicos), así como la salud pública y la vigilancia epidemiológica.<sup>18</sup>

Por su parte, la Organización de Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), ha publicado una serie de recomendaciones sobre la ética de la inteligencia artificial de la cual han sido adoptada en 2021 por la mayoría de los países afiliados a dicha organización.<sup>19</sup> Además, el Consejo de Europa a través de su Comité de Derechos Humanos y Bioética (de la cual CONBIOÉTICA es invitado oyente), publicó un documento sobre el impacto de la IA en la relación médico-paciente.<sup>7</sup> Nuestro país aún no cuenta con normativa sobre IA aunque existen varias propuestas de regulación que no han progresado.<sup>20</sup> Por lo pronto, todos los datos que sean obtenidos del sistema nacional de salud (público, social o privado), deberá contemplar lo planteado en este escrito y adaptarse en consistencia con cualquier requerimiento específico establecido en el futuro en la Declaración de Taipei,<sup>21</sup> (si bien su versión existente es de 2016 y requiere una revisión que ajuste las consideraciones acerca de los usos en modelos de aprendizaje de IA). No sobra resaltar que los profesionales de la salud, y sus instituciones donde laboran, somos responsables de los datos e información recolectada durante la atención de la salud (incluyendo en procesos de investigación biomédica).<sup>22</sup>

### Usos de la IA en el ámbito de la salud.

Los usos de la IA actualmente son muy variados y vale la pena siempre aclarar en que estamos pensando cuando decimos que hay que usar IA en la actividad médica. Existe ya tanto en el trabajo clínico, como en la investigación; usos por parte de los pacientes por prescripción médica o por acceso libre (muchas veces sin demostración de su seguridad y eficacia), así como por motivos de diagnóstico o de manejo de información. La *Imagen 2* intenta resumir los usos actuales sin embargo la explosión de la importancia de la IA en la medicina actual es tal que una de las revistas más importantes en medicina decidió mejor abrir una nueva revista para dar paso a los artículos e investigaciones que se están produciendo.<sup>23</sup>

De lo que se trata es de tener herramientas útiles, no colegas falsificados. Por eso debemos impulsar que estos sistemas tengan claras marcas de identificación de lo que son: máquinas, muy potentes y con mucha información. Prometen mucho y dentro de esas promesas se encuentra la posibilidad de liberar a los profesionales de la atención de la salud de labores administrativo-burocráticas para ocupar su tiempo en mejorar su aspecto intrínseco, lo humano, la cultura general y la bioética para reforzar la relación médico-paciente en su aspecto humanista.<sup>24</sup> Parafraseando a un viejo maestro nuestro: lo que requerimos es reconocer que un profesional de la salud culto es un mejor profesional de la salud, pero no porque sea culto sino porque es un mejor ser humano. La IA puede ayudar, siempre y cuando tengamos el control, ya que posee el potencial de transformar lo que hacemos los profesionales de la salud; desde la elaboración de notas clínicas y escaneos médicos hasta diagnósticos y tratamientos, liberándonos de labores que interfieren con el establecimiento de una interconexión humana.<sup>25</sup> Pero esta visión optimista requiere reconocer errores que estamos cometiendo al adoptar controles administrativo-burocráticos para no repetirlos al introyectarse en los algoritmos de sistemas potencialmente útiles.<sup>26</sup> La atención de la salud es una actividad que se sustenta en la confianza que establecemos con el personaje más importante de la obra: la y el paciente. Más vale preservarla.



**Imagen 2.** Usos actuales de la IA en el ámbito de la salud.

### PREVENCIONES FINALES

Finalmente, existe la expectativa ética de que los sistemas de IA en el ámbito de la salud ayuden a resolver el asunto de la equidad en la atención de la salud, especialmente en países con servicios adelgazados y heterogéneos en cuanto a calidad, presencia y acceso. Se reconoce que países de ingresos bajos y medios como el nuestro, con una transición epidemiológica hacia enfermedades

crónico-degenerativas podrían beneficiarse de acceso no solo a sistemas eficientes de atención de la salud sino de acceso a la tecnología y el conocimiento científico que implican. En estos países, debemos producir el conocimiento necesario para generar nuestros propios sistemas y no ser meros consumidores de sistemas importados alimentados con datos de sociedades (personas) con otros estilos y condiciones de vida. Esto genera un sesgo en los algoritmos, los cuales terminan por beneficiar a

clases sociales de alto poder económico, en vez de estar basados en datos locales para entrenar, probar y validar los efectos del sistema en sociedades similares a la nuestra.

## CONCLUSIONES

Parafraseando nuevamente a McLuhan, *“damos forma a nuestras herramientas y, en consecuencia, nuestras herramientas nos dan forma a nosotros”*.<sup>27</sup> La actividad en biomedicina es una actividad intelectual, desde el punto de vista del conocimiento científico que es necesario manejar (siempre cambiante a una velocidad que cuesta trabajo seguir), pero también desde el punto de vista humano, humanístico y humanitario del asunto, donde una referencia literaria, poética, musical, pictórica incluso, puede ayudar al paciente a comprender su problemática y sentirse mejor.

El ChatGPT es solo un ejemplo de cómo la inclusión de estos sistemas nos hace sentir todopoderosos y en aparente control cuando hay fenómenos de falsedades, mentiras y alucinaciones que es necesario cuidar ya que *“...no se concierne con la verdad, porque están diseñados para producir texto que parece verdad sin preocuparse realmente por la verdad, por lo que parece más apropiado referirse a sus productos como mierda...”*.<sup>28</sup> Esa erosión intelectual de los Grandes Modelos de Lenguaje (LLM en inglés), equivalen, según algunos, a engaño, plagio o robo de texto si no se usa en un contexto de control humano.<sup>29</sup> Lo más problemático es que, al dejar en manos de una herramienta la actividad de la escritura, corremos el riesgo de disminuir nuestra capacidad de pensar.<sup>30</sup> Expertos distinguidos han evaluado las prácticas de seguridad de las siete principales compañías que usan sistemas de LLM abiertos al público; tomando en cuenta seis dominios importantes (evaluación de riesgo, daño actual, marcos de seguridad, seguridad existencial, gobernanza/rendición de cuentas e intercambio de información); encuentran calificación reprobatoria en cuatro sistemas y apenas aprobatoria en tres.<sup>31</sup>

Pero platicar también es pensar y platicar es lo que requerimos con los pacientes para no caer en los errores. Vale la pena retomar la sana conversación con nuestros principales interlocutores, los pacientes (antes de que nos hagan a un lado los chat-box de medicina).

## REFERENCIAS

1. Dennett D. From Bacteria to Bach and Back: The Evolution of Minds. WW Norton & Co. New York
2. MacCready, Paul. The Case for Battery Electric Vehicles. In Daniel Sperling and James Cannon, eds., The Hydrogen Energy Transition. New York: Academic Press. 2004, pp. 227-33
3. McLuhan M, Fiore Q. The Medium is the Massage: An Inventory of Effects. Penguin Books. United Kingdom. 1967. Pp: 157
4. Santillan-Doherty P. Del Ojo Clínico a la Inteligencia Artificial. Blog Bioética Cotidiana. Nexos. Febrero 17, 2024. <https://bioetica.nexos.com.mx/del-ojo-clinico-a-la-inteligencia-artificial/>
5. Brush JE., The Science of the Art of Medicine, Dementi Milestone Publishing, USA, 2015. pp 152
6. CONBIOETICA. Bioética de la Inteligencia Artificial en Salud. Pronunciamiento. 13 de junio de 2023. Accesible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/832082/Bio\\_tica\\_de\\_la\\_inteligencia\\_artificial\\_Junio2023.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/832082/Bio_tica_de_la_inteligencia_artificial_Junio2023.pdf)
7. Steering Committee for Human Right in the Fields of Biomedicine and Health (CDBIO). Report on the Application of Artificial Intelligence in Healthcare and its Impact on the 'Patient-Doctor' Relationship. Council of Europe. September, 2024. <https://rm.coe.int/cdbio-2023-7-rev3-ai-report-web-e/1680b17b35>
8. The Goals of Medicine: Setting New Priorities. Hastings Center Report. 1996; 26(6):S1-S27
9. Peabody FW. The Care of the Patient. JAMA. 1927; 88(12):877-882
10. Report on The Application of Artificial Intelligence in Healthcare and its Impact on the 'Patient-Doctor' Relationship. Steering Committee for Human Rights in the Fields of Biomedicine and Health (CDBIO). Council of Europe. September 2024
11. Nagy M, Sisk B. How Will Artificial Intelligence Affect Patient-Clinician Relationships? AMA J Ethics. 2020; 22(5):E395-400. DOI 10.1001/amajethics.2020.395
12. Ploug T, Holm S. The right to refuse diagnostics and treatment planning by artificial intelligence. Med Health Care Philos. 2020; 23(1):107-14

13. de Miguel-Beriaín I. Should we have a right to refuse diagnostics and treatment planning by artificial intelligence? *Med Health Care Philos.* 2020; 23(2):247-52
14. Dennett D. *From Bacteria to Bach and Back: The Evolution of Minds.* WW Norton & Co. 2017. Pp: 366
15. Mittelstadt PD, et al. The Ethics of Algorithms: Mapping the Debate. Mittelstadt PD, et al. *The Ethics of Algorithms: Mapping the Debate.* *Big Data & Society.* Jul-Dec 2016: 1-21. DOI: 10.1177/2053951716679679
16. UNESCO. Anteproyecto de Recomendación Sobre la Ética de la Neurotecnología. Para revisión en: [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391444\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391444_spa)
17. Asociación Médica Mundial. WMA Declaration of Helsinki Ethical Principles for Medical Research Involving Human Participants. 75 Asamblea General de la AMM, Helsinki, Finlandia, Octubre 2024. Acceso en: <https://www.wma.net/policies-post/wma-declaration-of-helsinki/>
18. World Health Organization. Ethics and Governance of Artificial Intelligence for Health. 2021. Acceso en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240029200>
19. UNESCO. Recommendations on the Ethics of Artificial Intelligence. 2022. Acceso en: <https://www.unesco.org/en/articles/recommendation-ethics-artificial-intelligence>
20. Meza-Ruiz IV. El Camino Hacia una Regulación de la IA en México. 7 de julio de 2024. Acceso en: [https://turing.iimas.unam.mx/~ivanvladimir/posts/camino\\_regulacion\\_ia\\_mexico/](https://turing.iimas.unam.mx/~ivanvladimir/posts/camino_regulacion_ia_mexico/)
21. Asociación Médica Mundial. WMA Declaration of Taipei on Ethical Considerations Regarding Health Databases and Biobanks. Adoptada por la Asamblea General de la AMM, Taipei, 2016. Revisar en: <https://www.wma.net/policies-post/wma-declaration-of-taipei-on-ethical-considerations-regarding-health-databases-and-biobanks/>
22. CIOMS Working Group. International Guidelines on Good Governance Practice for Research Institutions. 12 de abril de 2023. Revisar en: [https://cioms.ch/wpcontent/uploads/2023/04/CIOMS\\_GGPRI\\_Guidelines\\_draft-for-comment\\_12042023.pdf](https://cioms.ch/wpcontent/uploads/2023/04/CIOMS_GGPRI_Guidelines_draft-for-comment_12042023.pdf)
23. Kohane IS. Injecting Artificial Intelligence into Medicine. *NEJM-AI.* Dec 11, 2023. 2024; 1(1). DOI: 10.1056/Ale2300197
24. Hill RG, Sears ML, Melanson SW. 4000 clicks: a productivity analysis of electronic medical records in a community hospital ED. *Am J Emerg Med.* 2013; 31(11):1591-4
25. Topol E. *Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again.* Basic Books. 2019
26. Blease C. *Dr. Bot: Why Human Doctors Fail Us and How IA Can Save Lives.* Yale University Press. Sep 2025. Pp: 325
27. The internet Isn't Changing What You Think, It's Changing How You Think. Acceso (02-10-2025) en: <https://www.philosophyeasy.com/p/the-internet-isnt-changing-what-you>
28. Hicks MT, Humphries J, Slater J. ChatGPT is Bullshit. *Ethics and Information Technology.* 2024; 26:38. <https://doi.org/10.1007/s10676-024-09775-5>
29. Shaw D. The digital erosion of intellectual integrity: why misuse of generative AI is worse than plagiarism. *AI & Society.* 7 de abril de 2025. <https://doi.org/10.1007/s00146-025-02362-2>
30. Writing is thinking. *Nat Rev Bioeng* 3, 431 (2025). <https://doi.org/10.1038/s44222-025-00323-4>
31. FLI AI Safety Index: Summer 2025. Julio 2025. Acceso en: <https://futureoflife.org/index-s25>

Copyright © 2025 Comisión Nacional de Arbitraje Médico.  
Todos los derechos reservados

---

**Conflicto de intereses:**

"El autor declara que no existen conflictos de interés personales, comerciales, financieros ni de otra índole que puedan influir en el contenido, resultados o interpretación del presente artículo".

**Financiamiento:** Este trabajo no recibió apoyo financiero de ninguna fuente pública, privada ni institucional.

# Inteligencia artificial en la investigación científica: desafíos éticos y regulatorios en el contexto mexicano

## *Artificial intelligence in scientific research: ethical and regulatory challenges in the mexican context*

Cortés-Moreno GY<sup>1\*</sup> 

1. Directora de Investigación, Comisión Nacional de Arbitraje Médico, Ciudad de México, México.

### RESUMEN

La adopción acelerada de la inteligencia artificial (IA) ha transformado los procesos de análisis, modelación y producción de conocimiento en la investigación científica, particularmente en el ámbito de la salud. Aunque estas tecnologías ofrecen mejoras sustanciales en eficiencia, precisión y capacidad predictiva, su desarrollo ha superado la evolución de los marcos éticos y regulatorios, especialmente en países de ingresos medios como México. El objetivo de este artículo es examinar los principales desafíos éticos y regulatorios asociados al uso de IA en investigación científica, con énfasis en el contexto mexicano y en áreas prioritarias como salud pública, análisis epidemiológico, microbioma, diagnóstico asistido y gestión de riesgos clínicos.

Se realizó una revisión narrativa de la literatura científica, de documentos regulatorios nacionales e internacionales, así como de estudios recientes sobre la adopción de la inteligencia artificial en laboratorios y ensayos clínicos. Los hallazgos muestran avances importantes, pero también evidencian brechas en capacitación, gobernanza de datos, representatividad algorítmica, explicabilidad, reproducibilidad y responsabilidad jurídica. Persisten riesgos éticos derivados de sesgos en los datos, la opacidad de modelos complejos, las limitaciones del consentimiento informado y la fabricación algorítmica. En el ámbito regulatorio, México carece de estándares específicos para la validación, certificación, auditorías de equidad y supervisión del ciclo de vida de los modelos, en contraste con marcos como el Reglamento de Inteligencia Artificial de la Unión Europea, el de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y el de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (por sus siglas en inglés, UNESCO).

Se concluye que México enfrenta la necesidad urgente de construir un marco integral de gobernanza algorítmica que garantice un uso ético, seguro y transparente de la IA en investigación científica. El fortalecimiento institucional y la formación especializada son elementos clave para avanzar hacia una adopción responsable y alineada con estándares internacionales.

**Palabras clave:** Inteligencia Artificial; ética en investigación; gobernanza algorítmica; regulación de IA; sesgos algorítmicos.

### Autor(a) de Correspondencia:

Cortés-Moreno GY.  
Directora de Investigación en la Comisión Nacional de Arbitraje Médico.  
Dirección: Av. Marina Nacional No.60, Piso 14, Alcaldía Miguel Hidalgo, Col. Tacuba, Ciudad de México. C.P. 11410.  
Correo electrónico: gabriela.cortesm@conamed.gpb.mx

### Citar como:

Cortés-Moreno GY.  
Inteligencia Artificial en la Investigación Científica: Desafíos Éticos y Regulatorios en el Contexto Mexicano.  
*Rev CONAMED.* 2025;30 (Supl. 1): 274-282.

### Fecha de recepción:

18 de noviembre 2025

### Fecha de aceptación:

04 de diciembre 2025

## ABSTRACT

The accelerated adoption of artificial intelligence (AI) has transformed processes of analysis, modelling and knowledge production within scientific research, particularly in the health sciences. Although these technologies offer substantial improvements in efficiency, accuracy and predictive capacity, their development has outpaced the evolution of ethical and regulatory frameworks, especially in middle-income countries such as Mexico. This article aims to examine the main ethical and regulatory challenges associated with the use of AI in scientific research, with emphasis on the Mexican context and on priority areas including public health, epidemiological analysis, microbiome research, assisted diagnosis and clinical risk management.

A narrative review of the scientific literature, as well as national and international regulatory documents and recent studies on the adoption of artificial intelligence in laboratories and clinical trials, was conducted. The findings show significant progress but also reveal gaps in training, data governance, algorithmic representativeness, explainability, reproducibility, and legal accountability. Ethical risks persist, stemming from data biases, the opacity of complex models, limitations in informed consent, and algorithmic fabrication. From a regulatory perspective, Mexico lacks specific standards for model validation, certification, equity audits, and life-cycle oversight, in contrast to frameworks such as the European Union Artificial Intelligence Act, those of the World Health Organization (WHO), the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), and the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO).

It is concluded that Mexico faces an urgent need to establish a comprehensive framework for algorithmic governance that ensures the ethical, safe and transparent use of AI in scientific research. Institutional strengthening and specialised training are essential to advance towards responsible adoption aligned with international standards.

**Keywords:** Artificial intelligence; research ethics; algorithmic governance; AI regulation; algorithmic bias.

## INTRODUCCIÓN

La adopción acelerada de la inteligencia artificial (IA) en la investigación científica ha transformado profundamente los métodos tradicionales de generación y análisis de datos. Desde la automatización de procesos experimentales hasta la modelación predictiva y el descubrimiento asistido por algoritmos, la IA se ha consolidado como un componente esencial en múltiples disciplinas, particularmente en las ciencias de la salud. Sin embargo, este avance ha ocurrido a un ritmo que supera la capacidad de regulación, supervisión y evaluación ética en diversos sistemas de ciencia y tecnología.<sup>1,2</sup>

En México, el desarrollo normativo relacionado con la IA en investigación científica permanece en una fase inicial. Aunque existe regulación en materia de protección de datos personales, bioética e investigación en seres humanos, aún no se cuenta con un marco específico que establezca estándares para el uso de algoritmos, modelos predictivos o sistemas autónomos en investigación.<sup>3</sup> Esta ausencia de regulación genera incertidumbre jurídica y expone a las personas participantes a riesgos no previstos adecuadamente.

La IA también plantea desafíos críticos como transparencia algorítmica, gobernanza de datos, adecuación del consentimiento informado, sesgos y discriminación, explicabilidad, reproducibilidad científica, seguridad y responsabilidad jurídica. Estos elementos inciden directamente en la integridad de la investigación y en la protección de derechos de las personas involucradas.<sup>4</sup>

De manera paralela, organismos internacionales han avanzado en directrices éticas y regulatorias sobre IA. Entre ellos destacan la UNESCO, la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y la Unión Europea, que han establecido principios orientadores para el uso responsable de estas tecnologías en ciencia y salud<sup>5-7</sup>. Analizar estos marcos resulta fundamental para identificar oportunidades de fortalecimiento del contexto normativo nacional.

Por ello, este artículo tiene como propósito examinar los principales desafíos éticos y regulatorios asociados al uso de IA en la investigación científica, con énfasis en el ámbito de

la salud y en el contexto mexicano. A través de una revisión narrativa, se identifican brechas, riesgos y oportunidades que permitan orientar la construcción de un marco de gobernanza robusto, responsable y alineado con estándares internacionales.

## Antecedentes y Panorama

La inteligencia artificial (IA) tiene sus raíces en los desarrollos teóricos de mediados del siglo XX. Los trabajos de Alan Turing plantearon las primeras interrogantes sobre la posibilidad de que una máquina pudiera razonar, sentando así las bases del pensamiento computacional.<sup>8</sup> Posteriormente, las conferencias de Dartmouth en 1956 consolidaron el término "artificial intelligence" (AI) como un campo de estudio formal, integrando matemáticas, lógica, estadística y ciencias de la computación.<sup>9</sup>

Durante décadas, los avances en IA estuvieron limitados por el poder computacional y la disponibilidad de datos. Sin embargo, a partir de la década de 2010, la combinación de big data, poder de cómputo acelerado y la evolución del aprendizaje profundo (deep learning) impulsaron un cambio radical en su capacidad de procesamiento y en su potencial para la investigación científica.<sup>10,11</sup>

En el ámbito biomédico, la IA ha demostrado ser una herramienta potente para el análisis de imágenes médicas, la predicción de riesgos, el descubrimiento de fármacos, el análisis genómico y la optimización de sistemas de salud. Estudios recientes han mostrado su capacidad para igualar o incluso superar el desempeño clínico humano en tareas específicas, especialmente en radiología, dermatología y patología digital.<sup>12-13</sup>

A nivel global, la adopción de IA en la investigación científica ha sido más acelerada en países que cuentan con infraestructura robusta, amplia disponibilidad de datos y marcos regulatorios desarrollados, como Estados Unidos, Canadá, Reino Unido y la Unión Europea.<sup>14</sup> De manera paralela,

organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la UNESCO han publicado lineamientos éticos y de gobernanza para orientar su uso responsable en salud y ciencia.<sup>5,6</sup>

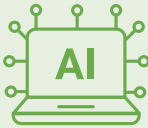
En contraste, América Latina presenta un desarrollo desigual y fragmentado. En México, aunque existen avances significativos en campos como salud pública, análisis epidemiológico, genómica, diagnóstico asistido y automatización de procesos,<sup>15</sup> estas iniciativas no se encuentran plenamente reguladas ni estandarizadas. La falta de infraestructura homogénea, la limitada disponibilidad de datos interoperables y la ausencia de políticas nacionales de IA dificultan su adopción sistemática en investigación científica.







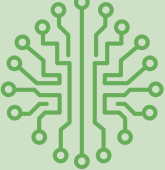
La aparición reciente del Centro Público de Formación en Inteligencia Artificial, impulsado por el Gobierno de México, representa un hito para fortalecer las capacidades nacionales en esta materia y puede contribuir a disminuir las brechas existentes en desarrollo, capacitación y gobernanza algorítmica.<sup>16</sup>


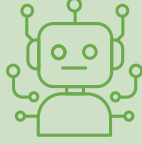
## Tipos de Inteligencia Artificial y sus Aplicaciones en la Investigación Científica

La inteligencia artificial (IA) comprende un conjunto amplio de técnicas y modelos computacionales diseñados para realizar funciones que tradicionalmente requieren capacidades humanas, como analizar información, aprender de datos, reconocer patrones, tomar decisiones o generar contenido. En el ámbito de la investigación científica, estos sistemas han adquirido un papel central debido a su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos con velocidad, precisión y eficiencia.

En la *Tabla 1*, se describen los principales subtipos de IA relevantes para la investigación, junto con sus aplicaciones más frecuentes en ciencia y salud.

Tipo de IA / Subtipo	Descripción breve	Aplicaciones científicas	Referencias
 Aprendizaje Automático	Algoritmos que identifican patrones en datos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Predicción de riesgos</li> <li>• Diagnóstico</li> <li>• Segmentación</li> <li>• Genómica</li> <li>• Fenotipado</li> </ul>	17. Esteva A, Robicquet A, Ramsundar B, et al. A guide to deep learning in healthcare. <i>Nat Med.</i> 2019;25:24–29. 18. Obermeyer Z, Emanuel EJ. Predicting the future — Big data, machine learning, and clinical medicine. <i>Science.</i> 2016;353(6301):446–52.

 <p>Aprendizaje supervisado</p>	Entrenado con datos etiquetados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagnóstico asistido</li> <li>• Clasificación</li> <li>• Triage algorítmico</li> </ul>	1. Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. <i>Lancet</i> . 2019;393:507–22.
 <p>Aprendizaje no supervisado</p>	Identifica patrones sin etiquetas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clustering de pacientes</li> <li>• Perfiles de riesgo</li> <li>• Genómica</li> </ul>	19. Deo RC. Machine learning in medicine. <i>Circ Res</i> . 2015;116:109–26.
 <p>Aprendizaje por refuerzo</p>	Aprende por recompensas/ penalizaciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimización experimental</li> <li>• Robótica de laboratorio</li> </ul>	20. Silver D, Huang A, Maddison CJ, et al. Mastering the game of Go with deep reinforcement learning. <i>Nature</i> . 2016;529:484–9.
 <p>Aprendizaje Profundo</p>	Redes neuronales profundas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagnóstico por imágenes</li> <li>• Histopatología digital</li> <li>• Predicción clínica</li> <li>• Reconocimiento de voz</li> </ul>	21. LeCun Y, Bengio Y, Hinton G. Deep learning. <i>Nature</i> . 2015;521:436–44. 22. Rajpurkar P, Chen E, Banerjee O, Topol EJ. AI in health and medicine. <i>Nat Med</i> . 2022 Jan;28:31–8. doi: 10.1038/s41591-021-01614-0.
 <p>Procesamiento de Lenguaje Natural (NLP)</p>	Interpretación y generación de lenguaje humano.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lectura automatizada</li> <li>• Minería de expedientes</li> <li>• Análisis de textos</li> <li>• Asistentes virtuales</li> </ul>	23. Devlin J, Chang MW, Lee K, Toutanova K. BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers. In: <i>Proceedings of NAACL-HLT</i> ; 2019. 24. Bommasani R, Hudson DA, Adeli E, et al. On the opportunities and risks of foundation models. <i>arXiv:2108.07258</i> . 2021.
 <p>Visión Computacional</p>	Análisis de imágenes y video.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microscopía digital</li> <li>• Biomarcadores</li> <li>• Rehabilitación</li> <li>• Control de calidad</li> </ul>	25. Ronneberger O, Fischer P, Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. In: <i>MICCAI</i> ; 2015. p. 234–41. 26. Litjens G, Kooi T, Bejnordi BE, et al. A survey of deep learning in medical image analysis. <i>Med Image Anal</i> . 2017;42:60–88.
 <p>Modelos Generativos (IA generativa)</p>	Crean datos nuevos (imágenes/ moléculas/texto).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imágenes sintéticas</li> <li>• Simulación</li> <li>• Diseño de fármacos</li> <li>• Generación de hipótesis</li> </ul>	27. Karras T, Laine S, Aila T. A Style-Based Generator Architecture for Generative Adversarial Networks. In: <i>CVPR</i> ; 2019. p. 4401–10. 28. Sanchez-Lengeling B, Aspuru-Guzik A. Inverse molecular design using machine learning: Generative models for matter engineering. <i>Science</i> . 2018;361:360–5.

 <p>Sistemas Expertos</p>	<p>Basados en reglas lógicas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apoyo a comités</li> <li>• Decisiones éticas</li> <li>• Seguridad del paciente</li> </ul>	<p>29. Shortliffe EH. Artificial intelligence in medicine: Weighing the accomplishments, hype, and promise. <i>Yearb Med Inform.</i> 2019;28(1):257–262. doi:10.1055/s-0039-1677891.</p>
 <p>IA Autónoma y Robótica Inteligente</p>	<p>IA integrada en robots con diferentes niveles de autonomía.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboratorios autónomos</li> <li>• Robots quirúrgicos</li> <li>• Cribado automatizado</li> </ul>	<p>30. King RD, Rowland J, Oliver SG, et al. The automation of science. <i>Science.</i> 2009;324(5923):85–89.  31. Yang GZ, Cambias J, Cleary K, et al. Medical robotics—Regulatory, ethical, and legal considerations for increasing levels of autonomy. <i>Sci Robot.</i> 2017;2(4):eaam8638.</p>

**Tabla 1.** Panorama de las tecnologías de inteligencia artificial aplicadas a la investigación científica en salud.

*Nota:* Los artículos citados en este cuadro sirven como referentes conceptuales y metodológicos para comprender el uso de distintas técnicas de inteligencia artificial en la investigación científica y en el campo de la salud.

### Aplicaciones Transversales de la Inteligencia Artificial en el Contexto Científico Mexicano

En México, la adopción de inteligencia artificial (IA) en la investigación científica y en los servicios de salud avanza mediante iniciativas diversas, aunque aún de forma fragmentada y con niveles heterogéneos de madurez tecnológica. En salud pública, los modelos predictivos se han empleado para anticipar brotes epidemiológicos, estimar cargas de enfermedad y optimizar la asignación de recursos sanitarios, especialmente durante emergencias recientes. Sin embargo, la evidencia más actual revela que la integración de IA en laboratorios clínicos y de investigación sigue siendo limitada: un estudio nacional con 362 profesionales reportó que solo 0.5% se consideran expertos en IA, 4.7% han recibido formación formal y cerca del 60% presenta baja familiaridad con aplicaciones específicas, pese a que 78% reconoce que estas herramientas ya intervienen en procesos como análisis de datos, detección de errores o verificación de resultados.<sup>32</sup> Esta disparidad muestra que el potencial de la IA en el país no se ha traducido plenamente en prácticas consolidadas, en parte por la falta de capacitación técnica, la percepción de riesgo laboral y la ausencia de lineamientos normativos claros.

Aun en este escenario, México ha comenzado a emplear la IA de manera transversal en distintos campos científicos, lo cual refleja un ecosistema en transición. En el estudio del

microbiana humano, ambiental y alimentario, algoritmos de "Aprendizaje Automático y Aprendizaje Profundo" permiten caracterizar comunidades microbianas, identificar patrones taxonómicos y explorar asociaciones entre perfiles microbianos y enfermedades crónicas. Estas aproximaciones han fortalecido proyectos de investigación biomédica, nutricional y genómica desarrollados en instituciones académicas del país,<sup>33</sup> impulsando líneas de trabajo que requieren análisis complejos y grandes volúmenes de datos.

De manera paralela, el análisis de riesgos clínicos se ha consolidado como un campo en rápida expansión donde la IA desempeña un papel cada vez más sistemático y sofisticado. Una revisión de 142 estudios publicados entre 2013 y 2024 identificó tres áreas principales en las que los algoritmos se utilizan de forma consistente en ensayos clínicos: seguridad, eficacia y riesgos operativos. En seguridad, los modelos predicen toxicidad, severidad y probabilidad de eventos adversos con desempeños que alcanzan un área bajo la curva ROC de hasta 96%; en eficacia, se emplean métodos clásicos y de aprendizaje profundo para anticipar respuesta terapéutica, desenlaces clínicos y efectos del tratamiento; y en riesgos operativos, los modelos permiten anticipar la probabilidad de éxito por fase, estimar aprobaciones regulatorias, detectar riesgos de terminación anticipada y evaluar la calidad metodológica de los protocolos. Estas aplicaciones se nutren de fuentes tan diversas como "clinical trials

gov", bases regulatorias internacionales, modelos sintéticos de pacientes y representaciones basadas en "Modelos de Lenguaje de Gran Escala", lo que ha permitido automatizar tareas de vigilancia, priorización de riesgos y monitoreo continuo.<sup>34</sup> En conjunto, estos avances muestran que la IA ya forma parte de un ecosistema más amplio de gestión integral del riesgo clínico y de investigación.

A pesar de estos progresos, persisten barreras significativas que limitan la consolidación de la IA en el país: la ausencia de un marco regulatorio específico, la heterogeneidad de la infraestructura institucional y las diferencias en la calidad y disponibilidad de datos. Estos retos afectan la escalabilidad, estandarización y uso seguro de las herramientas algorítmicas, y subrayan la necesidad de articular esfuerzos interinstitucionales para construir un ecosistema nacional de IA robusto, transparente y alineado con estándares internacionales.

### Desafíos Éticos

El uso de inteligencia artificial (IA) en la investigación científica ofrece beneficios sustanciales, pero también plantea dilemas éticos complejos que influyen en la calidad, legitimidad y equidad de los resultados. En contextos como el mexicano (caracterizado por capacidades tecnológicas heterogéneas, disparidades institucionales y ausencia de lineamientos específicos) estos desafíos se

intensifican y requieren una evaluación rigurosa antes, durante y después de la implementación de modelos algorítmicos.<sup>35</sup>

Entre los riesgos más relevantes destacan la presencia de sesgos algorítmicos derivados de bases de datos no representativas; la opacidad o falta de explicabilidad de modelos complejos, que dificulta la validación científica; los riesgos asociados al manejo de datos sensibles, especialmente cuando se desconocen los alcances del uso secundario; y la persistente insuficiencia del consentimiento informado tradicional para explicar implicaciones técnicas a personas no expertas.<sup>36</sup>

Asimismo, la integridad científica enfrenta amenazas ante el uso de herramientas generativas capaces de producir datos sintéticos, imágenes modificadas o textos automatizados sin controles adecuados de trazabilidad. A esto se suma la ambigüedad en materia de responsabilidad ética y jurídica cuando decisiones o errores son atribuibles a algoritmos, así como la posibilidad de profundizar inequidades al emplear modelos entrenados con datos sesgados o no representativos.

La *Tabla 2* sintetiza estos riesgos y sus dimensiones principales, subrayando áreas críticas para garantizar una implementación responsable, transparente y alineada con estándares internacionales de ética en investigación.

Desafío ético	Fundamentación	Riesgos principales
Sesgos algorítmicos y falta de representatividad	Los modelos pueden aprender y amplificar sesgos presentes en los datos, especialmente en contextos con bases no representativas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Predicciones injustas</li> <li>• Discriminación hacia grupos vulnerables</li> <li>• Resultados no generalizables</li> <li>• Distorsión científica por datos incompletos</li> </ul>
Opacidad y falta de explicabilidad	Muchos modelos funcionan como "cajas negras", dificultando comprender cómo generan sus predicciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imposibilidad de validar científicamente</li> <li>• Problemas de reproducibilidad</li> <li>• Toma de decisiones sin evidencia interpretable</li> <li>• Pérdida de confianza de participantes y comunidades</li> </ul>
Privacidad y manejo de datos sensibles	La IA requiere grandes volúmenes de datos clínicos, genómicos o personales sin regulaciones específicas para usos secundarios o movilidad de datos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riesgo de reidentificación</li> <li>• Filtraciones o uso indebido de información</li> <li>• Anonimización insuficiente</li> <li>• Vulneración de derechos de privacidad</li> </ul>

Consentimiento informado insuficiente	Los modelos actuales de consentimiento no contemplan riesgos algorítmicos, usos secundarios de datos ni fallas del modelo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consentimientos incompletos o poco comprensibles</li> <li>• Falta de transparencia sobre riesgos técnicos</li> <li>• Dificultad para explicar reutilización de datos</li> </ul>
Integridad científica y fabricación algorítmica	La IA generativa puede producir datos falsos, imágenes manipuladas o manuscritos automatizados sin validación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fabricación o manipulación de datos</li> <li>• Falta de trazabilidad</li> <li>• Riesgo de mala práctica científica</li> <li>• Pérdida de rigor y credibilidad</li> </ul>
Responsabilidad ética y atribución de decisiones	No existe claridad normativa sobre quién es responsable ante daños derivados de decisiones algorítmicas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vacíos de responsabilidad jurídica</li> <li>• Riesgo institucional</li> <li>• Incertidumbre para CEI y personal investigador</li> </ul>
Impacto en la equidad y justicia social	La IA puede amplificar desigualdades existentes cuando algunos grupos quedan subrepresentados o excluidos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brechas entre instituciones</li> <li>• Discriminación hacia grupos rurales o indígenas</li> <li>• Dependencia tecnológica desigual</li> <li>• Resultados sesgados</li> </ul>
Autonomía y relación profesional-paciente	La IA puede modificar dinámicas de confianza y desplazar la supervisión humana en investigaciones clínicas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Delegación excesiva a sistemas automáticos</li> <li>• Reducción de supervisión profesional</li> <li>• Riesgo de decisiones no validadas</li> <li>• Deterioro de la relación profesional-paciente</li> </ul>

**Tabla 2.** Desafíos éticos de la Inteligencia Artificial en la Investigación Científica.

### Desafíos Regulatorios

La integración de IA en la investigación científica avanza con rapidez, mientras que la capacidad regulatoria en México evoluciona de forma más lenta, lo que produce un escenario de vacíos normativos, fragmentación institucional y ausencia de estándares unificados para evaluar, validar y supervisar sistemas algorítmicos. Si bien existe un andamiaje normativo en protección de datos personales, bioética, investigación en salud y dispositivos médicos, estas normas no contemplan los riesgos específicos asociados al uso de IA, tales como trazabilidad algorítmica, gobernanza del ciclo de vida de datos, auditorías de equidad o certificación tecnológica.<sup>3,15</sup>

Las competencias regulatorias también se encuentran dispersas: el Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos, (INAI) supervisa datos personales; la Comisión Nacional de Bioética (CONBIOÉTICA) establece lineamientos éticos; La Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios

(COFEPRIS) regula tecnologías en salud; y la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Innovación y Tecnología (SECIHTI) coordina políticas científicas. Sin una entidad articuladora que integre estos esfuerzos, persisten inconsistencias en criterios, mecanismos de supervisión y alcances regulatorios. Otro reto importante radica en los vacíos respecto al uso secundario, movilidad, anonimización avanzada y gobernanza de datos, que son elementos esenciales para entrenar modelos de IA, para los cuales no existe legislación específica. Asimismo, la desigualdad en infraestructura computacional, acceso a datos interoperables y capacidades técnicas limita la posibilidad de implementar modelos de manera segura y estandarizada en todo el país.

México tampoco cuenta aún con estándares nacionales obligatorios para validación, certificación o explicabilidad de modelos, en contraste con los marcos desarrollados por la Unión Europea (AI Act), la OMS o la OCDE. Esta falta de alineación dificulta la comparabilidad internacional, limita la adopción segura y reduce la competitividad científica del país.<sup>6,7,14</sup>

En conjunto, estos elementos muestran la urgencia de avanzar hacia un marco regulatorio integral, coherente y adaptado al contexto nacional, que permita un uso responsable, seguro y éticamente robusto de la IA en la investigación científica.

## CONCLUSIÓN

La inteligencia artificial ofrece oportunidades relevantes para fortalecer la calidad, rapidez y alcance de la investigación científica; sin embargo, su adopción en México se desarrolla en un contexto de brechas regulatorias, infraestructura desigual y ausencia de lineamientos específicos que garanticen transparencia, equidad y protección de las personas participantes. Los retos éticos se entrelazan con vacíos normativos en validación, certificación y responsabilidad jurídica, limitando una implementación segura y responsable.

Resulta indispensable avanzar hacia un marco regulatorio integral, alineado con estándares internacionales y adaptado al contexto nacional, que contemple criterios de validación algorítmica, auditorías de equidad y explicabilidad, reglas claras para el manejo de datos sensibles, lineamientos para tecnologías generativas y el fortalecimiento de las capacidades de los Comités de Ética en Investigación. La reciente creación del Centro Público de Formación en Inteligencia Artificial representa un paso estratégico para el desarrollo de talento y capacidades nacionales que apoyen esta transformación.

Consolidar una estrategia nacional en inteligencia artificial para la investigación permitirá impulsar un uso ético y seguro de estas tecnologías, además de posicionar a México como un referente regional en innovación científica con enfoque de derechos humanos y justicia algorítmica.

## REFERENCIAS

1. Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Lancet*. 2019;393(10175):507–22. doi: 10.1016/S0140-6736(18)30117-8
2. Esteva A, Robicquet A, Ramsundar B, Kuleshov V, DePristo M, Chou K, et al. A guide to deep learning in healthcare. *Nat Med*. 2019;25(1):24–29. doi: 10.1038/s41591-018-0316-z

3. México. Congreso de la Unión. Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares. Diario Oficial de la Federación; 2010 jul 5
4. Morley J, Floridi L. The limits of machine learning in healthcare: what clinicians should know. *Sci Eng Ethics*. 2020;26:1333–53. doi: 10.1007/s11948-019-00151-x
5. UNESCO. Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence [Internet]. Paris: UNESCO; 2021.[cited 2025 De 3] Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org>
6. World Health Organization. Ethics and governance of artificial intelligence for health: WHO guidance [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2021. [Cited 2025 Dec 3]. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240029200>
7. OECD. OECD Principles on Artificial Intelligence. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development; 2019. Disponible en: <https://oecd.ai>
8. Turing AM. Computing machinery and intelligence. *Mind*. 1950 Oct;59(236):433–60. doi: 10.1093/mind/LIX.236.433
9. McCarthy J, Minsky ML, Rochester N, Shannon CE. A proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence. Hanover (NH): Dartmouth College; 1955. Available from: <https://ojs.aaai.org/aimagazine/index.php/aimagazine/article/view/1904>
10. LeCun Y, Bengio Y, Hinton G. Deep learning. *Nature*. 2015;521(7553):436–44. doi: 10.1038/nature14539
11. Jordan MI, Mitchell TM. Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. *Science*. 2015;349(6245):255–60. doi: 10.1126/science.aaa8415
12. Esteva A, Kuprel B, Novoa R, et al. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature*. 2017;542:115–8. doi: 10.1038/nature21056
13. Rajpurkar P, Irvin J, Zhu K, et al. CheXNet: Radiologist-level pneumonia detection on chest X-rays with deep learning. *arXiv*. 2017. doi: 10.48550/arXiv.1711.05225
14. European Union. Artificial Intelligence Act. Brussels: EU; 2021
15. Secretaría de Economía; Centro de Investigación y Docencia Económicas (CIDE). Agenda Nacional Mexicana de Inteligencia Artificial 2030. México: Secretaría de Economía; 2021. Available from: [https://wp.oecd.ai/app/uploads/2022/01/Mexico\\_Agenda\\_Nacional\\_Mexicana\\_de\\_IA\\_2030.pdf](https://wp.oecd.ai/app/uploads/2022/01/Mexico_Agenda_Nacional_Mexicana_de_IA_2030.pdf)

16. Gobierno de México. Centro Público de Formación en Inteligencia Artificial. Presidencia de México; 2024. Disponible en: <https://www.gob.mx/presidencia/prensa/presidenta-claudia-sheinbaum-encabeza-presentacion-del-nuevo-centro-publico-de-formacion-en-inteligencia-artificial>
17. Rajkumar A, Dean J, Kohane I. Machine learning in medicine. *N Engl J Med*. 2019;380:1347–58. doi: 10.1056/NEJMra1814259
18. Obermeyer Z, Emanuel EJ. Predicting the future — Big data and machine learning in medicine. *Science*. 2016;353(6301):446–52. doi: 10.1126/science.aad9837
19. Deo RC. Machine learning in medicine. *Circulation*. 2015 Nov 17;132(20):1920–30. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.115.001593
20. Silver D, Huang A, Maddison CJ, Guez A, Sifre L, van den Driessche G, et al. Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search. *Nature*. 2016 Jan 28;529(7587):484–9. doi: 10.1038/nature16961.26
21. LeCun Y, Bengio Y, Hinton G. Deep learning. *Nature*. 2015;521(7553):436–44. doi: 10.1038/nature14539
22. Rajpurkar P, Chen E, Banerjee O, Topol EJ. AI in health and medicine. *Nat Med*. 2022 Jan;28:31–8. doi: 10.1038/s41591-021-01614-0
23. Devlin J, Chang MW, Lee K, Toutanova K. BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. In: *Proceedings of NAACL-HLT*; 2019. doi: 10.48550/arXiv.1810.04805
24. Bommasani R, Hudson DA, Adeli E, Altman R, Arora S, von Arx S, et al. On the opportunities and risks of foundation models. *arXiv preprint arXiv:2108.07258*. 2022. Available from: <https://arxiv.org/abs/2108.07258>
25. Ronneberger O, Fischer P, Brox T. U-Net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. In: *MICCAI*; 2015. p. 234–41
26. Litjens G, Kooi T, Bejnordi BE, et al. A survey on deep learning in medical image analysis. *Med Image Anal*. 2017;42:60–88. doi: 10.1016/j.media.2017.07.005
27. Karras T, Laine S, Aila T. A Style-Based Generator Architecture for Generative Adversarial Networks. In: *CVPR*; 2019. p. 4401–10
28. Sanchez-Lengeling B, Aspuru-Guzik A. Inverse molecular design using machine learning. *Science*. 2018;361:360–5. doi: 10.1126/science.aat2663
29. Shortliffe EH, Sepúlveda MJ. Artificial intelligence in medicine: Weighing accomplishments and promise. *Yearb Med Inform*. 2019;28(1):257–62. doi: 10.1055/s-0039-1677891
30. King RD, Rowland J, Oliver SG, et al. The automation of science. *Science*. 2009;324(5923):85–9. doi: 10.1126/science.1165620
31. Yang GZ, Cambias J, Cleary K, et al. Medical robotics: Regulatory, ethical, and legal considerations. *Sci Robot*. 2017;2(4):eaam8638. doi: 10.1126/scirobotics.aam8638
32. Sánchez-González JM, Morán-Moguel MC, Rivera-Cisneros AE, Ramírez-Barba EJ, Sierra-Amor RI, Portillo-Gallo JH, et al. Conceptualization of the use of artificial intelligence by clinical or research laboratory professionals: challenges for its implementation in Mexico. *EJIFCC*. 2025 Oct 1;36(3):366–77
33. Hernández Medina R, Kutuzova S, Nielsen KN, Johansen J, Hansen LH, Nielsen M, et al. Machine learning and deep learning applications in microbiome research. *ISME Commun*. 2022;2:98. doi: 10.1038/s43705-022-00182-y
34. Teodoro D, Naderi N, Yazdani A, Zhang B, Bornet A. A scoping review of artificial intelligence applications in clinical trial risk assessment. *npj Digit Med*. 2025;8:486. doi: 10.1038/s41746-025-01234-x
35. Resnik DB, Hosseini M. The ethics of using artificial intelligence in scientific research: new guidance needed for a new tool. *AI Ethics*. 2024 May;5(2):1499–521. doi: 10.1007/s43681-024-00493-8
36. Hanna, M. G., Pantanowitz, L., Jackson, B., Palmer, O., Visweswaran, S., Pantanowitz, J., & Rashidi, H. (2025). Ethical and Bias Considerations in Artificial Intelligence/Machine Learning. *Modern Pathology*, 38, Article 100686

Copyright © 2025 Comisión Nacional de Arbitraje Médico.  
Todos los derechos reservados

Cortés Moreno GY. ORCID: 0000-0002-4506-8223

#### Conflicto de intereses:

La autora declara que no existen conflictos de interés personales, comerciales, financieros ni de otra índole que puedan influir en el contenido, resultados o interpretación del presente artículo.

**Financiamiento:** Este trabajo no recibió apoyo financiero de ninguna fuente pública, privada ni institucional.

## Tecnología y fisioterapia: oportunidades y desafíos para la equidad en salud pública

*Technology and physiotherapy: opportunities and challenges for public health equity*



Pinillos-Patiño Y<sup>1</sup> , Arrieta-Ramos SV<sup>1\*</sup> .

1. Facultad de las Ciencias de la Salud, Universidad Simón Bolívar; Barranquilla, Colombia.

### RESUMEN

En este artículo se analiza el papel estratégico de la tecnología en fisioterapia para mejorar el acceso y la equidad en salud pública. Se destacan modalidades como la telerehabilitación, el monitoreo remoto y la educación digital, respaldadas por evidencia que demuestra su efectividad y costo-eficiencia. Se mantiene la postura de que la tecnología no debe sustituir la atención presencial, sino complementarla, fortaleciendo la comunicación, el acompañamiento y la educación terapéutica. Se reconocen, además barreras como la brecha digital y la falta de infraestructura; a su vez se proponen la necesidad de definir políticas públicas, formación profesional y alfabetización digital como claves para garantizar una implementación ética y equitativa en la nueva era sanitaria.

**Palabras clave:** telerehabilitación; equidad en salud; tecnologías digitales en fisioterapia.

### ABSTRACT

This article analyzes the strategic role of technology in physiotherapy to improve Access and equity in public health. It highlights modalities such as telerehabilitation, remote monitoring, and digital education, supported by evidence demonstrating their effectiveness and cost-efficiency. The article maintains that technology should not replace in-person care, but rather complement it, strengthening communication, support, and therapeutic education. It also acknowledges barriers such as the digital divide and lack of infrastructure; at the same time, it proposes the need to define public policies, professional training, and digital literacy as key to ensuring ethical and equitable implementation in the new healthcare era.

**Keywords:** telerehabilitation; health equity; digital technologies in physiotherapy.

### Telerehabilitación y herramientas digitales: un puente hacia la equidad en salud.

La fisioterapia, como profesión orientada a la promoción, prevención, rehabilitación y mantenimiento de la funcionalidad, enfrenta hoy el reto de asegurar que todos tengan

#### Autor(a) de

#### Correspondencia:

Pinillos-Patiño Y.  
Facultad de las Ciencias de la Salud, Universidad Simón Bolívar;  
Barranquilla, Colombia.  
Correo electrónico:  
yisel.pinillos@unisimon.edu.co

#### Citar como:

Pinillos-Patiño Y,  
Arrieta-Ramos SV.  
Tecnología y fisioterapia:  
oportunidades y desafíos para la equidad en salud pública.  
Rev CONAMED. 2025;30  
(Supl. 1): 283-286.

#### Fecha de recepción:

02 de noviembre de 2025

#### Fecha de aceptación:

09 de diciembre de 2025

acceso a sus servicios, especialmente en contextos donde persisten las desigualdades sociales, territoriales y económicas.<sup>1</sup> En este panorama, la tecnología no es un lujo, sino una herramienta esencial para ampliar la cobertura, optimizar los recursos del sistema de salud y adaptarse a las nuevas dinámicas de la población. Modalidades como la telerehabilitación, el monitoreo remoto y la educación virtual en y para la salud se están consolidando como opciones viables que permiten mantener la continuidad del cuidado, sobre todo para aquellas personas con movilidad reducida, que viven en áreas rurales o alejadas de los centros de atención, o que enfrentan dificultades de transporte y costos económicos relacionados con la atención presencial.<sup>2</sup>

La evidencia científica está cada vez más a favor del uso de la tecnología en las intervenciones de fisioterapia. Un metaanálisis y revisión sistemática publicado en *Age and Ageing* mostró que los programas de telerehabilitación, dirigidos por fisioterapeutas para adultos mayores con problemas musculoesqueléticos y cardiopulmonares, son seguros, tienen una buena tasa de adherencia y logran resultados funcionales que son comparables a los de la fisioterapia presencial. Esto es especialmente cierto en aspectos como la movilidad, la fuerza muscular y el rango de movimiento, lo que demuestra que la telerehabilitación no es inferior a la atención tradicional.<sup>2</sup> De igual manera, están surgiendo tecnologías innovadoras que permiten evaluar el rango de movimiento articular con herramientas accesibles desde la comodidad del hogar. Por ejemplo, se puede utilizar la cámara de un computador junto con algoritmos de aprendizaje automático. Un estudio reciente mostró que este método ofrece alta confiabilidad test-retest y buena concordancia inter-evaluador, lo que realmente abre nuevas posibilidades para la evaluación remota en entornos de rehabilitación, ya sea en casa o en la comunidad.<sup>3</sup>

Desde el punto de vista de la salud pública, es evidente que la tecnología en fisioterapia tiene un gran valor, especialmente por su capacidad de ser costo-efectiva. Un metaanálisis realizado por Wicks y su equipo mostró que la telerehabilitación resulta en costos más bajos para el sistema de salud en comparación con la fisioterapia presencial, y lo mejor de todo, sin afectar los resultados funcionales de los pacientes.<sup>2</sup> Uno de los aportes más significativos de la tecnología en la fisioterapia contemporánea es su capacidad para fortalecer el acompañamiento,

la comunicación y la educación terapéutica. En la práctica clínica, muchas personas con afecciones musculoesqueléticas, neurológicas o crónicas no reciben orientación suficiente sobre su diagnóstico, plan de tratamiento o ejecución correcta de los ejercicios, debido a limitaciones estructurales del sistema de salud, tiempos reducidos de consulta y barreras geográficas. En este contexto, el uso de plataformas digitales, aplicaciones móviles, sistemas de mensajería y videollamadas se consolida como una herramienta estratégica que permite aclarar dudas, brindar retroalimentación, atender inquietudes y ofrecer soporte continuo. Este tipo de interacción contribuye directamente a mejorar la adherencia terapéutica y a fortalecer la relación profesional-paciente.<sup>3,4</sup>

Este acompañamiento digital no solo optimiza la continuidad del cuidado, sino que también abre la posibilidad de humanizar la atención a distancia. Al crear vínculos más cercanos entre el fisioterapeuta y el paciente, se promueve una participación consciente en el proceso de rehabilitación. Evidencia reciente indica que los pacientes que reciben seguimiento remoto reportan mayor satisfacción, motivación y percepción positiva del apoyo profesional, lo que impacta favorablemente en su compromiso con el tratamiento.<sup>5,4</sup> Así, la tecnología deja de ser un recurso meramente técnico para convertirse en un componente esencial de los aspectos relacionales, educativos y emocionales del proceso terapéutico. Desde el punto de vista normativo, este enfoque se alinea con los principios de la Estrategia de Salud Digital de la Organización Mundial de la Salud,<sup>6</sup> que establece la necesidad de garantizar la equidad, la protección de datos y la calidad en la atención mediada por tecnologías. Cumplir con estas directrices es fundamental para que la digitalización en fisioterapia no solo mejore la eficiencia, sino que también respete los derechos y la dignidad de las personas. En el contexto de Colombia y América Latina, este compromiso se refuerza con iniciativas como el documento "Competencias en Fisioterapia Digital para Colombia",<sup>7</sup> que define estándares para la práctica segura y efectiva en entornos virtuales.

Estas competencias incluyen el manejo ético de la información, la alfabetización digital, la capacidad para diseñar intervenciones tele asistidas y la integración de herramientas tecnológicas en el marco de la Atención Primaria en Salud. Si bien la tecnología ofrece oportunidades significativas para ampliar el acceso a la fisioterapia, sería un

error asumir que, por sí sola, puede transformar la atención. Persisten barreras estructurales, sociales y educativas que condicionan su implementación efectiva. En numerosos contextos, las dificultades de conectividad, el acceso limitado a dispositivos, el analfabetismo digital y las preocupaciones sobre la protección de datos constituyen obstáculos críticos. Estas brechas digitales afectan de manera desproporcionada a las poblaciones más vulnerables, lo que incrementa el riesgo de que las soluciones tecnológicas reproduzcan las mismas desigualdades que buscan superar.<sup>2,6</sup> Desde la perspectiva clínica, es igualmente necesario reconocer que la fisio-terapia integra componentes manuales esenciales —como la palpación, las movilizaciones articulares y ciertas técnicas de manipulación— que no pueden ser sustituidos por medios virtuales. Por ello, la tecnología debe concebirse como un complemento estratégico, no como un reemplazo total de la atención presencial. Esta visión coincide con la evidencia disponible sobre las limitaciones de la telerrehabilitación en el manejo de condiciones musculoesqueléticas, donde la intervención física directa sigue siendo indispensable para garantizar resultados óptimos.<sup>5</sup>

### **Claves para una fisioterapia inclusiva en la nueva era de los sistemas sanitarios**

A pesar de los retos, las oportunidades que la tecnología brinda en el ámbito de la fisioterapia son amplias y prometedoras. La creación de herramientas accesibles, como plataformas de videollamadas, aplicaciones móviles, sensores de movimiento asequibles y sistemas basados en cámaras web para el análisis funcional, ha demostrado ser valiosa para la evaluación, el seguimiento, la retroalimentación y el apoyo en tiempo real durante los procesos de rehabilitación. Estas innovaciones no solo facilitan intervenciones más personalizadas, sino que también fortalecen el autocuidado y fomentan la participación del individuo en su recuperación. Desde la perspectiva comunitaria, la tecnología permite desarrollar programas de educación en salud, prevención de lesiones y promoción de la actividad física, contribuyendo a la gestión integral de enfermedades crónicas y al fortalecimiento del primer nivel de atención. Sin embargo, para que esta mediación tecnológica tenga un impacto real y transformador, es indispensable que se implemente de manera ética, planificada y adaptada a cada contexto. Esto implica invertir en infraestructura, garantizar la formación continua de los profesionales, promover la alfabetización digital en la comunidad y

establecer políticas públicas que regulen y fomenten el uso seguro, equitativo y responsable de estas herramientas.

La verdadera inclusión en fisioterapia no depende únicamente de la disponibilidad tecnológica, sino del compromiso social y ético con el que se integren estas soluciones en los sistemas sanitarios. La tecnología debe ser vista como un puente hacia la justicia social en salud, no como una nueva forma de exclusión. Por ello, es fundamental reducir las brechas digitales, asegurar la conectividad en zonas vulnerables y diseñar estrategias que contemplen la diversidad cultural y socioeconómica de las poblaciones. Finalmente, se debe recordar que detrás de cada pantalla hay una persona con necesidades reales, emociones y derechos que merecen ser respetados. La tecnología puede mejorar la comunicación entre fisioterapeutas, pacientes y comunidades, ofreciendo un acompañamiento más cercano y humano. El impacto positivo dependerá, al final, de la formación técnica, la conciencia social y el compromiso ético con el que se implemente. Solo así se llegará a garantizar una fisioterapia inclusiva y efectiva en la nueva era de los sistemas sanitarios.

## REFERENCIAS

1. Colegio Colombiano de Fisioterapeutas. Caracterización del rol del fisioterapeuta en atención primaria en salud [Internet]. Bogotá: Colegio Colombiano de Fisioterapeutas. Disponible en: <https://www.fisioterapia-colombia.co/caracterizacion-del-rol-del-fisioterapeuta-en-atencion-primaria-en-salud/>
2. Wicks M, Dennett AM, Peiris CL. Physiotherapist-led, exercise-based telerehabilitation for older adults improves patient and health service outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Age Ageing*. 2023 Nov 17;52(11):afad207. doi:10.1093/ageing/afad207
3. Wang XM, Smith DT, Zhu Q. A webcam-based machine learning approach for three-dimensional range of motion evaluation. *PLoS ONE*. 2023 Oct 23;18(10):e0293178. doi:10.1371/journal.pone.0293178
4. Pinillos-Patiño Y, Herazo-Beltrán Y, Rodríguez-Cordero O, et al. User preferences related to multimedia elements of a mobile application to prevent diabetes. *Healthc Inform Res*. 2020;26(4):295–302. doi:10.4258/hir.2020.26.4.295
5. Walsh BC, Cahalan R, Julian N, Hinman RS, O'Sullivan K. A physiotherapy-led disease-agnostic telerehabilitation programme for people with chronic health conditions: a mixed-methods feasibility trial. *Physiotherapy Practice and Research*. 2025;46(2):73–85. doi:10.1177/22130683251341698
6. Organización Mundial de la Salud (OMS). Estrategia mundial sobre salud digital 2020-2025 [Internet]. Ginebra: OMS; 2020. [citado 2025 Dec 03]. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240020924>
7. Molina Achury N, Palacio Durán E, Alvis Gómez KM, Muñoz García A, Herazo Beltrán Y, Hernández Orobio OM, Pinillos Patiño Y, Navarro Ortiz J, Solarte MV. Competencias en fisioterapia digital para Colombia. Barranquilla: Ediciones Universidad Simón Bolívar; 2022. 76 p. Disponible en: <https://bonga.unisimon.edu.co/items/201e47b2-c3bb-40a9-9b55-30a2a92072eb>

Pinillos-Patiño Y. ORCID: 0000-0001-5047-388  
Arrieta-Ramos S. ORCID: 0009-0008-1670-4842

### Conflicto de intereses:

"Los autores declaran que no existen conflictos de interés personales, comerciales, financieros ni de otra índole que puedan influir en el contenido, resultados o interpretación del presente artículo".

**Financiamiento:** Este trabajo no recibió apoyo financiero de ninguna fuente pública, privada ni institucional.

# Salud digital: entre innovación y colonialismo

## *Digital health: between innovation and colonialism*



González-Placencia LA<sup>1</sup> , Ayala-Cuevas VI<sup>2\*</sup> .

1. Secretario General Ejecutivo, Secretaría General Ejecutiva, Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES); Ciudad de México, México.

2. Jefe de Unidad, Secretaría General Ejecutiva, Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES); Ciudad de México, México.

### RESUMEN

Aunque la inteligencia artificial promete revolucionar la salud pública mediante la vigilancia epidemiológica, prevención personalizada e investigación acelerada, su adopción implica la dependencia de empresas del Norte Global que controlan la infraestructura de esta tecnología actualmente. Este control provoca colonialismo digital: la explotación de datos poblacionales vulnerables para beneficio comercial, lo que perpetúa inequidades históricas. En el documento se advierte que promover la salud digital sin proteger la soberanía nacional y el derecho a la privacidad agrava este extractivismo. Se propone políticas de residencia de datos que garanticen transparencia, rendición de cuentas y control local sobre la información.

**Palabras clave:** salud digital; inteligencia artificial; colonialismo.

### ABSTRACT

Although artificial intelligence promises to revolutionize public health through epidemiological surveillance, personalized prevention, and accelerated research, its adoption entails dependence on Global North corporations that currently control the technology infrastructure. This control generates digital colonialism: the exploitation of vulnerable population data for commercial gain, which perpetuates historical inequities. The document warns that promoting digital health without safeguarding national sovereignty and the right to privacy exacerbates this extractivism. It proposes data residency policies that ensure transparency, accountability, and local control over information.

**Keywords:** digital health; artificial intelligence; colonialism.

### INTRODUCCIÓN

Actualmente, cuando se habla de digitalización se hace referencia a un proceso sociotécnico que integra diversas tecnologías: el Internet de las cosas, la inteligencia artificial (IA), los macrodatos (big data), la robótica, realidad aumentada, entre otras. Este proceso tiene el objetivo de mejorar la eficiencia en las tareas.<sup>1</sup> La Organización Mundial de la Salud (OMS), en su definición de salud digital, agrega que este proceso constituye un campo de conocimiento propio y que el desarrollo de las tecnologías generadas debe tener el propósito de mejorar la salud.<sup>2</sup>

#### **Autor(a) de Correspondencia:**

Ayala-Cuevas VI.  
Jefe de Unidad,  
Secretaría General  
Ejecutiva, Asociación  
Nacional de  
Universidades e  
Instituciones de  
Educación Superior  
(ANUIES); Ciudad  
de México. correo  
electrónico: irving.  
ayala@anuies.mx

#### **Citar como:**

González-Placencia LA,  
Ayala-Cuevas VI.  
Salud digital:  
entre innovación y  
colonialismo.  
*Rev CONAMED.* 2025;30  
(Supl. 1): 287-289.

#### **Fecha de recepción:**

20 de agosto de 2025

#### **Fecha de aceptación:**

22 de octubre de 2025

Particularmente, los enormes avances en el desarrollo de la IA prometen ser una herramienta fundamental en casi todas las áreas del conocimiento humano por la enorme capacidad que poseen para el análisis de ingentes cantidades de información en muy poco tiempo. Para el caso de la salud pública, la implementación de la IA tiene el potencial de mejorar, por lo menos, tres grandes aspectos:<sup>3</sup>

1. Vigilancia y respuesta a enfermedades: La IA puede ayudar a las autoridades sanitarias a enfrentar brotes de enfermedades infecciosas mediante el análisis rápido de grandes cantidades de datos provenientes de fuentes diversas. Esto permite predecir la evolución y propagación de enfermedades, así como acelerar el desarrollo de estrategias de tratamiento y vacunas.
2. Promoción de la salud y prevención de enfermedades: La IA puede ayudar a las personas profesionales e investigadoras a diseñar programas personalizados según características individuales o poblacionales. Esto incluye aplicaciones o asistentes virtuales que monitoreen constantemente datos biomédicos provenientes de dispositivos inteligentes para hacer recomendaciones sobre hábitos de vida o alertar sobre la necesidad de atención médica urgente.
3. Investigación e innovación: La IA puede servir para analizar enormes bases de datos en distintos formatos: texto, imagen, números, secuencias genómicas, patrones bioquímicos, entre otros. Esto torna significativamente más eficiente la labor de investigación de enfermedades y de su tratamiento.

Aunque son impresionantes los beneficios que promete el uso de la IA en salud pública, esta tecnología no es neutral y su adopción implica adquirir compromisos con programas económicos y políticos inequitativos, porque estas tecnologías no son proyectos filantrópicos: las IA son creadas por compañías privadas que buscan obtener ganancias.

Las empresas que controlan la infraestructura necesaria para implementar sistemas de IA a una escala local o nacional son, primordialmente, corporaciones tecnológicas del Norte Global y, en particular, estadounidenses, tanto proveedoras de servicios de IA y almacenamiento de datos (la nube) (OpenAI, Google, Microsoft, Anthropic, xAI, Amazon), como fabricantes de hardware esencial (NVIDIA,

Intel y AMD). Se trata de un oligopolio con el que muy difícilmente se puede competir. Por ejemplo, Elon Musk planea invertir 20,000 millones de dólares en su xAI en 2025.<sup>4</sup> Esto equivale a poco más del doble del presupuesto anual destinado al Programa IMSS-Bienestar en México en 2025.<sup>5</sup>

La promoción y el entusiasmo irreflexivo en la adopción de la IA en todos los ámbitos de la vida humana tienen un rostro oculto: el colonialismo digital. El colonialismo digital es una forma de violencia que usa sistemas tecnológicos para la explotación de sociedades mediante la datificación de la vida humana con el propósito de venderla como una mercancía.<sup>6</sup> Como pensaba Marcuse,<sup>7</sup> la tecnología no puede ser pensada de manera independiente de cómo se usa, y en las sociedades industrializadas avanzadas ésta sirve para instituir formas de control social. La optimización de las IA, depende fundamentalmente del aprendizaje (machine learning) mediante la alimentación constante de datos nuevos. Los modelos principales de AI ofrecidos por estas compañías, a diferencia de otras tecnologías computacionales, no se pueden ejecutar de manera local, es decir, cada petición a sus modelos implica que la información ingresada use su infraestructura hasta llegar a sus servidores físicos localizados alrededor del mundo. Esto es inquietante, ya que hoy en día existe una incapacidad de las personas para controlar su información y de conocer exactamente qué saben otras de sus vidas.

Los datos de salud digital son especialmente sensibles, ya que se trata de datos personales, biomédicos y biométricos. Asimismo, son especialmente valiosos para gobiernos, compañías informáticas y farmacéuticas. Que los datos terminen alojados en servidores de compañías extranjeras vuelve muy complicada su adecuada protección. Por ejemplo, la Ley CLOUD de EE.UU. permite a su gobierno tener acceso a datos de cualquier persona que use servicios de compañías estadounidenses, sin importar el país donde estos datos estén alojados, con el propósito de combatir el crimen.<sup>8</sup> Tampoco es casual que la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), en programas como MASURE, invierta y promueva sistemas electrónicos de salud en países en desarrollo para mejorar la recolección de datos para investigación, pero sin ofrecer claridad acerca de si la recolección se realiza respetando la soberanía de los pueblos, cómo son usados los datos, qué compañías los procesan ni qué criterios fueron utilizados para seleccionar a las poblaciones estudiadas.<sup>9</sup> Esto constituye una

nueva forma de extractivismo, donde el poder y el conocimiento permanecen en países históricamente colonizadores.

En conclusión, no se puede promover la salud digital sin considerar la soberanía digital del país. Aunque quizá aún se esté lejos de crear una red nacional de salud digital pública con una base de datos unificada y potenciada por una IA mexicana, se pueden considerar políticas de residencia de datos, que obliguen a las compañías extranjeras a tener su infraestructura de almacenamiento en el territorio en el que se recopilan los datos y que dispongan siempre de una copia de ellos en caso de que la autoridad requiera hacer una inspección.<sup>10</sup> La implementación de la IA para ayudar a garantizar el derecho a la salud no puede ir en detrimento del derecho a la privacidad, la transparencia y la rendición de cuentas.

## REFERENCIAS

- Iyamu I, Xu AXT, Gómez-Ramírez O, Ablona A, Chang HJ, Mckee G, Gilbert M. Defining Digital Public Health and the Role of Digitization, and Digital Transformation: Scoping Review. JMIR Public Health Surveill [Internet]. 2021 noviembre [citado el 9 de octubre de 2025]; 7(11). doi:10.2196/30399. Disponible en: <https://publichealth.jmir.org/2021/11/e30399/>
- World Health Organization. Global strategy on digital health 2020-2025. Geneva: WHO [Internet]; 2021 [citado el 1 de octubre de 2025]. Disponible en: <https://www.who.int/docs/default-source/documents/g54dhdaa2a9f352b0445bafbc79ca799dce4d.pdf>
- Hedayet H, Haseen F. Artificial Intelligence in Public Health: A Review Article. Bangladesh Journal of Bioethics [Internet]. 2024 Julio 1 [citado el 9 de octubre de 2025]; 15(2). doi: 10.62865/bjbio. v15i2.108. Disponible en: <https://bjbio.bioethics.org.bd/index.php/BJBio/article/view/108>
- Millán S. México: El País 8 de octubre de 2025 [Online]. 2025 [Consultado el 9 de octubre 2025]. Disponible en: <https://elpais.com/economia/2025-10-08/elon-musk-responde-aopenai-su-start-up-xai-captara-20000-millonede-dolares-con-el-respaldo-de-nvidia.html>
- Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2025. México: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión [Internet]; 14 de diciembre de 2024 [citado 08 de octubre de 2025]. Disponible en: [https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/PEF\\_2025.pdf](https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/PEF_2025.pdf)
- Qato DM. Reflections on 'Decolonizing' Big Data in Global Health. Annals of Global Health. 2022;88(1):56. doi:10.5334/aogh.3709
- Marcuse H. El hombre unidimensional: Estudios sobre la ideología de la sociedad industrial avanzada [Internet]. Boston (MA): Beacon Press; 1964 [consultado el 19 de noviembre de 2025]. Disponible en: [https://monoskop.org/images/9/92/Marcuse\\_Herbert\\_El\\_hombre\\_unidimensional.pdf](https://monoskop.org/images/9/92/Marcuse_Herbert_El_hombre_unidimensional.pdf)
- U.S. Department of Justice, Criminal Division. CLOUD Act Resources. [Internet]. 2018 Mar 21 [citado 2025 Nov 26]. Disponible en: <https://www.justice.gov/criminal/cloud-act-resources>
- Qato DM. Reflections on 'Decolonizing' Big Data in Global Health [Internet]. Annals of Global Health. 2022 [citado el 10 de octubre de 2025];88(1):56. doi:10.5334/aogh.3709. Disponible en: <https://annalsofglobalhealth.org/articles/10.5334/aogh.3709>
- Said F. Adopting technology, preserving data sovereignty [Internet]. Kuala Lumpur: Institute of Strategic and International Studies; 2022 [cited 2025 Nov 19]. Available from: <http://www.jstor.org/stable/resrep47010>

Copyright © 2025 Comisión Nacional de Arbitraje Médico.  
Todos los derechos reservados

González-Placencia LA. ORCID: 0000-0003-4654-1083  
Ayala-Cuevas VI. ORCID: 0009-0003-6369-5807

### Conflicto de intereses:

"Los autores declaran que no existen conflictos de interés personales, comerciales, financieros ni de otra índole que puedan influir en el contenido, resultados o interpretación del presente artículo".

**Financiamiento:** Este trabajo no recibió apoyo financiero de ninguna fuente pública, privada ni institucional.

# Retos y oportunidades de la Inteligencia Artificial aplicada a la salud

## *Challenges and opportunities of artificial intelligence applied to healthcare*



Zapata-Tarrés M<sup>1</sup> , Cuéllar-Mendoza ME<sup>2\*</sup>.

1. Secretaría de Salud; Ciudad de México, México

2. Comisión Coordinadora de Institutos Nacionales de Salud y Hospitales de Alta Especialidad; Ciudad de México, México

### RESUMEN

El concepto de inteligencia artificial (IA) no es algo nuevo. Existe un ejemplo de máquinas que tratan de imitar a las neuronas como Perceptron en 1958. Posteriormente la computadora IBM 704 fue capaz de reconocer tarjetas marcadas con lo que comenzó una carrera para tratar de imitar a la mente humana. En medicina, se lleva hablando de IA desde 1950 aunque el crecimiento exponencial comienza en los 2000. Entre 2024 y 2026 se cuentan con 104,759 resultados de artículos que hablen de IA, cuando de 1951 a 2025 son un total de 325,975, lo cual indica que casi un tercio de los artículos fueron creados hace apenas dos años. Este crecimiento exponencial, nos lleva a pensar en los principales retos y oportunidades que debemos de considerar sobre la IA, así como reflexionar que cambios puede traer tanto para bien como para mal su aplicación.

**Palabras clave:** inteligencia artificial; regulación; aspectos éticos; futuro.

### ABSTRACT

The concept of artificial intelligence (AI) is not new. An early example of machines that sought to imitate neuronal behavior is the Perceptron, developed in 1958. Later, the IBM 704 computer was able to recognize marked cards, which initiated a race to try to emulate the human mind. In medicine, AI has been discussed since the 1950s, although its exponential growth began in the 2000s. Between 2024 and 2026, there are 104,759 indexed articles addressing AI, whereas between 1951 and 2025, the total amounts to 325,975 publications. This indicates that almost one-third of all articles were produced in just the last two years. This exponential growth leads us to consider the main challenges and opportunities that AI presents, as well as to reflect on the potential changes its application may bring, both positive and negative.

**Keywords:** artificial intelligence; regulation; ethical issues; future.

### INTRODUCCIÓN

En primer lugar, es necesario definir la inteligencia artificial (IA) y diferenciarla del aprendizaje automático (Machine Learning). En términos simples y tal como Kai Sun y

#### Autor(a) de

#### Correspondencia:

Cuéllar-Mendoza ME.  
Periférico sur 4809,  
6º piso, Col. Arenal  
Tepepan, C.P. 14610,  
Alcaldía Tlalpan, Ciudad  
de México. Correo  
electrónico: miguel.  
cuellar@salud.gob.mx

#### Citar como:

Zapata-Tarrés M,  
Cuéllar-Mendoza ME.  
Retos y oportunidades  
de la Inteligencia  
Artificial aplicada a la  
salud.  
*Rev CONAMED.* 2025;30  
(Supl. 1): 290-293.

#### Fecha de recepción:

22 de octubre de 2025

#### Fecha de aceptación:

10 de diciembre de  
2025

colaboradores explican: el Machine Learning es una parte de la IA, que se enfoca en aprender tareas ya sea con o sin supervisión en el cual el resultado de salida depende los datos de ingreso y de ahí deriva una serie de algoritmos de reconocimiento de patrones, mientras que la IA es la habilidad de una máquina de pensar o de imitar el comportamiento humano. Con estas definiciones de forma sencilla, vemos que muchos de los programas que se llegan a utilizar en la clínica, más que una verdadera IA, solo se encuentran dentro del espectro del machine learning.<sup>1,2</sup>

Sin embargo, pensando en el avance vertiginoso de la computación y que en el futuro seguramente nuestros programas si sean una verdadera IA, debemos de ver esto con la mente abierta y tratar de dilucidar lo que nos depara este futuro. Y en ello vemos las siguientes oportunidades:

**1) Tratamientos personalizado y seguimiento de pacientes:**

supongamos que en un futuro y debido a la disminución de costos para la secuenciación del genoma, nos encontramos en la posibilidad de secuenciar diferentes tejidos de todos nuestros pacientes encontrando características únicas y compartidas en ellos; a pesar de esto, la generación de nuevos genetistas sigue siendo limitada. En este punto es donde la IA nos ayudará a descifrar los patrones dentro del genoma y esto nos ayudará a prever cuales medicamentos pudieran ser mejores o peores para determinado paciente por sus características genéticas y pensando más ambiciosamente, las epigenéticas. Una serie de variables que tardarían semanas o meses descubrir en la actualidad, una máquina y un humano bien entrenados en el futuro podrían solucionar este tipo de problemas en horas si no es que en minutos. Un ejemplo es el rentosertib medicamento para la fibrosis quística. Dentro de las instituciones de salud, esto implicaría reducciones de gasto y mejor control de las enfermedades de pacientes, lo que llevaría a un aumento en la esperanza y la calidad de vida. En el seguimiento de los pacientes, el desarrollo de IA que puedan monitorear las variables de los pacientes y envíen una alerta cuando se descompensen será de gran utilidad. También, al envejecer las poblaciones, que haya IA que les puedan recordar la toma de medicamentos, o el seguimiento de sus actividades diarias

e inclusive él envió de ambulancias en la detección de un infarto o situación de urgencia con dispositivos.<sup>3</sup>

**2) Descubrimiento de nuevas drogas:** Para cada contexto o cada pequeña mutación en virus, bacterias, hongos o parásitos que nosotros encontraremos y que fueran únicas para nuestra población, podríamos tener una droga que fuera más efectiva al eliminar o impedir el desarrollo de la enfermedad infecciosa. En cuanto a las enfermedades crónico degenerativas, la generación de secuencias a través de IA que pudiéramos integrar a células y recuperar funciones serían de importancia para el control y tratamiento de enfermedades como la diabetes o la hipertensión... Imaginen las posibilidades, células capaces de registrar cambios en las concentraciones de sodio y que regulen el eje renina-angiotensina...sin estar en riñón o siendo más resistentes a los cambios.<sup>4</sup>

**3) Educación médica:** en el campo de los profesionales de salud, la IA podría crear escenarios donde se vean pacientes cada vez más parecidos a los reales, que presenten enfermedades ya sea comunes o extrañas e integrar al profesional un entorno de realidad virtual que les enseñe que hacer en esas situaciones con la enorme ventaja de no generar situaciones de peligro en los pacientes. En las cirugías, la práctica continua tanto de variantes anatómicas normales como raras les permitiría actuar de mejor forma al enfrentarse a ese reto en la vida real. En el campo de la ginecología y la pediatría permitiría a los estudiantes conocer mejor a estos pacientes. Y en cada una de las especialidades podríamos encontrar ejemplos de esto. Para la educación del público general, la IA puede crear programas amigables y de fácil entendimiento de las enfermedades más comunes, generar sistemas de detección de signos y síntomas tempranos en las enfermedades, generar programas focalizados a los hábitos de cada una de las personas, así si fueras deportista buscaría lesiones musculo tendinosas y si tuvieras problemas de obesidad buscaría problemas cardiacos o de diabetes.

**4) Diagnóstico:** En la actualidad, muchos de los programas que se conocen de IA

tienen que ver con el diagnóstico radiológico, anatomopatológico y de endoscopia. Estas permiten la identificación de lesiones que pueden pasar desapercibidas al ojo humano, disminución de los tiempos de revisión y aumento de la productividad de los profesionales. En el futuro, es probable que se generen IA capaces de realizar diagnósticos clínicos que acompañen a los internistas y cirujanos en sus labores diarias.

Es importante recalcar que el desarrollo de IA viene acompañado también de desarrollo en otras áreas de la ciencia, como la biotecnología y la robótica. Esto hará que seguramente lo mencionado en los párrafos anteriores sea solo una pequeña parte de las maravillas que podremos observar en el porvenir. Sin embargo, hay una serie de retos y limitaciones que debemos tener en cuenta a la hora de hablar de IA:

- **Aspectos legales:** si bien la IA permitirá a los profesionales de la salud realizar diagnósticos más tempranos, sigue siendo de vital importancia que un humano sea el que verifique la información y sea el que al final del día, con apoyo de todas las evidencias, sea capaz el que firme y decida un diagnóstico y tratamiento. Legalmente no podemos dejar caer toda la responsabilidad de algo tan importante como una vida a una máquina, y es necesario que otro ser humano sea capaz de verificar y ser consciente de lo que es dar un diagnóstico. También habrá que definir a quien pertenecerá toda la información que se está recabando, si es de la propia persona o si está cediéndola por algún beneficio. Y es importante que en el marco legal se creen los límites de hasta donde podrá llegar una IA, tomando en cuenta que la información generada es de cientos de artículos al día y que lo que hoy puede ser cierto, tal vez mañana ya no sea válido.
- **Sesgos:** Se debe verificar que las IA que se estén utilizando sean creadas por equipos multidisciplinarios, para evitar sesgos. Recordemos que las IA, pueden ser influenciadas por quien son creadas.
- **Equidad:** Corremos un grave peligro en la actualidad, y es que, con esta gran generación de información, nos encontremos ante el abismo que pueda separar irrefutablemente a la humanidad; sin embargo, del otro lado se encuentra la posibilidad de reducir las brechas como nunca antes se ha visto. Y esto va a depender de como utilicemos esta tecnología. Si las diferentes poblaciones se atrasan en el uso y entendimiento de la misma, el muro cada vez será más amplio. La única forma que tenemos de evitar esto es utilizarlo y comprenderlo. Comprender que se puede y que no se puede hacer. Comprender el límite de la tecnología. Conocer la capacidad de la misma y de nosotros. Si lo hacemos bien, tenemos la oportunidad de que el conocimiento llegue a más personas y estar en una de sociedad equitativa en el acceso a la tecnología y en las oportunidades que esta ofrece.
- **Empleos:** en la actualidad muchos médicos piensan que no podrán ser reemplazados por la IA, inclusive hay quien comenta que solo por pensarlo mereceríamos ser reemplazados por ella. Sin embargo, una posibilidad inquietante es que pueda llegar a pasar. Y es que, la IA ofrece ventajas para el usuario final que muchas veces son olvidadas por el médico: sabemos que las máquinas si están programadas sin sesgos, no juzgan ni religión, ni condición económica, ni preferencias sexuales, ni horarios de atención; tener la posibilidad de contar con diagnósticos y tratamientos en todo momento y cada uno mejora en los algoritmos diagnósticos con cada nuevo paciente que pudieran ver es algo muy atractivo desde el punto de vista del paciente. Esta posibilidad podría ser aterradora. Sin embargo, creemos firmemente que, si reforzamos la relación entre el médico y paciente, y retomamos la parte humana de la medicina, la IA no nos reemplazará, sino que será una herramienta más en el diagnóstico. Aun así, dentro de la propia ciencia médica hay retos y veremos la evolución de algunas especialidades, siendo las más próximas a experimentar estos cambios la radiología, la anatomopatología y probablemente la dermatología. El cómo se lleven a cabo la relación entre los profesionales de estas ramas y la IA podría definir la relación del resto de profesionales de la salud en el futuro.
- **Privacidad y protección de datos.** ¿A quién pertenecerán los datos? Esa es una de las preguntas más importantes que nos debemos de hacer. La otra es, ¿en dónde guardaremos los datos? La IA para cada uno de sus procesos requiere datos, y esta es la verdadera joya del

Siglo XXI. Quien tenga los datos y disponga de ellos tendrá un poder parecido a las monarquías absolutas de la Europa medieval, ya que con los datos suficientes podrá saber de qué nos enfermamos, cuando, porque, que preferimos hacer cuando nos recuperamos, que hábitos tenemos y más información. Es de suma importancia que uno mismo sea dueño de sus datos y solo en ciertas ocasiones estos puedan ser vistos por terceros, y que todas estas ocasiones sean reguladas. Y aquí estará la clave: nuevamente las leyes y las regulaciones en materia de datos e incluso de aspectos éticos.

Como ustedes pueden observar, este es una pequeña parte del panorama que ofrece la IA en salud, de las oportunidades que tenemos y de los retos que habrá que vencer. Esta nueva etapa de la humanidad nos exige mucho conocimiento y apertura, así como una gran responsabilidad.

## REFERENCIAS

1. Sun, K., Roy, A., & Tobin, J. M. (2024). Artificial intelligence and machine learning: Definition of terms and current concepts in critical care research. *Journal of critical care*, 82, 154792. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2024.154792>
2. Sung J. (2023). Artificial intelligence in medicine: Ethical, social and legal perspectives. *Annals of the Academy of Medicine, Singapore*, 52(12), 695–699. <https://doi.org/10.47102/annals-acadmedsg.2023103>
3. Sahu, A., Mishra, J., & Kushwaha, N. (2022). Artificial Intelligence (AI) in Drugs and Pharmaceuticals. *Combinatorial chemistry & high throughput screening*, 25(11), 1818–1837. <https://doi.org/10.2174/1386207325666211207153943>
4. Niazi S. K. (2025). Artificial Intelligence in Small-Molecule Drug Discovery: A Critical Review of Methods, Applications, and Real-World Outcomes. *Pharmaceuticals (Basel, Switzerland)*, 18(9), 1271. <https://doi.org/10.3390/ph18091271>

Zapata-Tarrés M. ORCID: 0000-0002-0737-924X

Copyright © 2025 Comisión Nacional de Arbitraje Médico.  
Todos los derechos reservados

---

### Conflicto de intereses:

*"La autora y el autor declaran que no existen conflictos de interés personales, comerciales, financieros ni de otra índole que puedan influir en el contenido, resultados o interpretación del presente artículo".*

**Financiamiento:** Este trabajo no recibió apoyo financiero de ninguna fuente pública, privada ni institucional.

# CONVOCATORIA

¡ Un espacio para dar voz a tu investigación !

## ¿Qué publicamos?

La Revista CONAMED invita a investigadoras e investigadores de todas las áreas de la salud a enviar:

- Artículos originales
- Reportes de caso
- Revisiones y metaanálisis
- Opinión técnica
- Cartas al editor

# REVISTA CONAMED

### Indexación y Visibilidad

• Dialnet • Periódica • Biblat •  
LATINDEX • IMBIOMED • CUIDEN •  
BVS • EBSCO • INEHRM •

Escanea el código QR y envía  
tu manuscrito ahora mismo.

### Contacto editorial

@  
articulos\_revista@  
conamed.gob.mx

5554207000  
ext. 57109 y 57197







Av. Marina Nacional #60, Piso 14, Alc. Miguel Hidalgo,  
Colonia Tacuba, 11410, Ciudad de México  
Teléfono 5554207000  
Comisión Nacional de Arbitraje Médico

<http://www.conamed.gob.mx/gobmx/revista/revista.php>



**Salud**  
Secretaría de Salud



**CONAMED**  
Comisión Nacional de Arbitraje Médico