



# Inteligencia artificial y Biomedicina: Una revisión narrativa

## Artificial intelligence and Biomedicine: A narrative review

Miguel Ramos Argilagos<sup>1\*</sup> , Guido Guida Acevedo<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Universidad Regional Autónoma de los Andes. Ambato, Ecuador.

<sup>2</sup> Universidad Regional Autónoma de los Andes. Santo Domingo, Ecuador.

\*Autor para la correspondencia: [mramosargilagos@gmail.com](mailto:mramosargilagos@gmail.com)

### Cómo citar este artículo

Ramos Argilagos M, Guida Acevedo G: Inteligencia artificial y Biomedicina: Una revisión narrativa. Rev haban cienc méd [Internet]. 2025 [citado ]; 24. Disponible en: <http://www.revhabanera.sld.cu/index.php/rhab/article/view/5956>

Recibido: 24 de enero de 2025

Aprobado: 12 de julio de 2025

### RESUMEN

**Introducción:** La inteligencia artificial ha transformado la investigación biomédica, permitiendo avances significativos en el diagnóstico, tratamiento y comprensión de enfermedades. Su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos ha favorecido una medicina más precisa y personalizada.

**Objetivo:** Identificar las mayores potencialidades del uso de la inteligencia artificial en la Biomedicina, destacando sus aplicaciones, beneficios y desafíos éticos asociados.

**Material y Métodos:** Se realizó una revisión narrativa de la literatura científica, publicada entre 2015 y 2023. Se consultaron bases de datos como *PubMed*, *Scopus*, *Web of Science* y *SciELO*, así como informes de la OMS y la OCDE. Se aplicaron criterios de inclusión para estudios relevantes en biomedicina e IA, con revisión por pares y texto completo disponibles. La selección y análisis temático fue realizado por dos revisores independientes.

**Resultados:** Se identificó un crecimiento sostenido en las investigaciones sobre IA aplicada a la Biomedicina, especialmente en Medicina Personalizada, Robótica Médica y descubrimiento de fármacos. Se destacan avances en diagnóstico por imágenes, análisis genómico y sistemas de recomendación clínica. También se identificaron desafíos importantes como los sesgos algorítmicos, la opacidad de los modelos y la protección de datos.

**Conclusiones:** La IA representa una herramienta disruptiva con alto potencial en Biomedicina, pero su implementación exige marcos éticos y legales sólidos, transparencia en los algoritmos y acciones colaborativas para garantizar su aplicación equitativa, segura y reproducible en el ámbito clínico y científico.

### Palabras Claves:

Biomedicina, investigación biomédica, inteligencia artificial.

### ABSTRACT

**Introduction:** Artificial intelligence (AI) has transformed biomedical research, enabling significant advances in the diagnosis, treatment, and understanding of diseases. Its ability to process large volumes of data has fostered more precise and personalized medicine.

**Objective:** To expand understanding of current scenarios where AI is integrated with biomedicine, highlighting its applications, benefits, and associated ethical challenges.

**Material and Methods:** A narrative review of the scientific literature published between 2015 and 2023 was conducted. Databases such as PubMed, Scopus, Web of Science, and SciELO, as well as reports from the WHO and the OECD, were consulted. Inclusion criteria were applied to relevant studies in biomedicine and AI, with peer review and full text available. Thematic selection and analysis were performed by two independent reviewers.

**Results:** Sustained growth was identified in research on AI applied to biomedicine, especially in personalized medicine, medical robotics, and drug discovery. Advances in diagnostic imaging, genomic analysis, and clinical recommendation systems are highlighted. Significant challenges were also identified, such as algorithmic bias, model opacity, and data protection.

**Conclusions:** AI represents a disruptive tool with great potential in biomedicine, but its implementation requires strong ethical and legal frameworks, transparency in algorithms, and collaborative actions to ensure its equitable, safe, and reproducible application in clinical and scientific settings.

### Keywords:

Biomedicine, biomedical research, artificial intelligence.



## INTRODUCCIÓN

La Inteligencia Artificial (IA) representa una innovación tecnológica de alto impacto que ha modificado profundamente múltiples ámbitos del conocimiento, incluida la investigación biomédica. Su aplicación ha redefinido los métodos tradicionales de indagación científica, al permitir una mayor rapidez en la obtención de resultados y ampliar las oportunidades para el análisis, la interpretación y el abordaje de procesos patológicos complejos.<sup>(1)</sup>

Desde una perspectiva académica, la IA se puede definir como el marco teórico y el desarrollo tecnológico de sistemas computacionales capaces de realizar tareas que convencionalmente requieren inteligencia humana, como la percepción visual, el reconocimiento del habla, los procesos de toma de decisiones y la traducción de idiomas a través de las máquinas.<sup>(2)</sup>

Esto ocurre mediante una computadora que imita procesos intelectuales característicos de los humanos, tales como la capacidad de razonar, descubrir significados, generalizar o aprender de experiencias pasadas para lograr objetivos sin estar explícitamente programada para acciones específicas.<sup>(3)</sup>

En medicina, esto comienza a tener un impacto en tres niveles: para los médicos, en especial a través de la interpretación rápida y precisa de imágenes. Esto implica un apoyo a las decisiones clínicas al aprovechar enormes conjuntos de datos médicos y modelos predictivos para ayudar en las selecciones de diagnóstico y tratamiento.<sup>(4)</sup> Para los sistemas de salud, el uso de IA y métodos algorítmicos avanzados mejora la comunicación y ayuda a establecer interacciones más efectivas entre pacientes y proveedores de atención. También mejora el flujo de trabajo y el potencial para reducir los errores médicos. Para los pacientes, les permite procesar sus propios datos, tener conocimiento de su proceso de salud y atención médica.<sup>(5)</sup>

En la zona crítica del proceso, las limitaciones actuales de la IA en el campo de la medicina, incluye los sesgos, la privacidad y la seguridad, y la falta de transparencia, junto con las futuras direcciones de estas aplicaciones. Estos temas están sobre la mesa de debate de la IA, por lo que se prevé una materialización de mejoras en la precisión, productividad y flujo de trabajo. No obstante, aún queda por ver si eso se usará para mejorar la relación médico-paciente o facilitar su erosión.<sup>(6)</sup>

En el caso específico de la Biomedicina, la IA ha demostrado ser capaz de procesar y analizar grandes volúmenes de datos complejos, como imágenes médicas, genomas y registros de pacientes, a una escala que sería imposible para los investigadores humanos. El valor de esta investigación estriba en que permitirá tener una visión de conjunto sobre el estado actual de la aplicación de técnicas de IA en el campo de la salud, identificando áreas que han sido ampliamente exploradas y otras que aún representan retos por venir. Esto es relevante para orientar tanto los esfuerzos de investigación como la inversión en el desarrollo de nuevas herramientas y soluciones basadas en IA.

Por otro lado, una revisión documental ayudará a conocer cuáles han sido los principales resultados en campos específicos dentro de la Biomedicina, identificar los aportes, la variedad de aplicaciones y limitaciones reportados en la literatura científica hasta el momento. Esto posibilitará establecer un punto de partida sólido para el diseño de nuevos estudios, así como para la adopción clínica de determinadas tecnologías y permitirá valorar la evidencia disponible, para contar con una valoración actualizada del impacto de la IA en la biomedicina y su capacidad para mejorar la salud de las personas.

El presente estudio tiene como **objetivo** identificar las mayores potencialidades del uso de la inteligencia artificial en la biomedicina, destacando sus aplicaciones, beneficios y desafíos éticos asociados.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se llevó a cabo una revisión narrativa de la literatura científica publicada entre 2019 y 2025, con el fin de analizar el impacto, las aplicaciones y los desafíos éticos asociados a la inteligencia artificial en el ámbito de la Biomedicina. Esta revisión se centró en estudios cualitativos y cuantitativos relacionados con la aplicación de técnicas de IA en el diagnóstico médico, el tratamiento de enfermedades, la investigación biomédica y sus implicaciones éticas y sociales.

Las fuentes de información consultadas incluyeron bases de datos científicas reconocidas como *PubMed*, *Web of Science*, *Scopus* y *SciELO*, así como informes técnicos y documentos institucionales provenientes de organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). También se incorporaron contenidos actualizados provenientes de sitios web de centros de investigación y empresas tecnológicas del sector salud.

Para la estrategia de búsqueda se utilizaron combinaciones de descriptores controlados y términos libres en español e inglés, tales como: “*inteligencia artificial*”, “*aprendizaje automático*”, “*aprendizaje profundo*”, “*biomedicina*” y “*salud*”. Se definieron criterios de inclusión que consideraron estudios con enfoque biomédico centrados en la IA, publicados entre 2019 y 2025, disponibles en texto completo y con revisión por pares. Como criterios de exclusión, se descartaron artículos duplicados, publicaciones sin acceso al texto completo y estudios centrados exclusivamente en otras disciplinas sin vinculación biomédica.

Dos revisores independientes realizaron el proceso de selección y análisis de los estudios, aplicando los criterios predefinidos. En caso de discrepancia, se recurrió al consenso o a la revisión de un tercer evaluador. Para el análisis de los documentos seleccionados, se empleó una metodología cualitativa de tipo temático, que permitió identificar patrones recurrentes, áreas de aplicación destacadas, vacíos de conocimiento y retos bioéticos emergentes. Esta interpretación se complementó con la extracción sistemática de datos relevantes a través de una matriz diseñada *ad hoc*.

## DESARROLLO

### Evolución histórica de la inteligencia artificial en la Biomedicina

La literatura revisada atribuye especial importancia al progreso histórico de la relación entre IA y Biomedicina. El punto de partida se sitúa con Alan Turing (1912-1954), quien sentó las bases teóricas de la inteligencia artificial al formular teorías sobre computación y lógica, se ha recorrido un largo camino en la integración de la IA en la medicina. Turing planteó en 1950<sup>(7)</sup> la pregunta “¿Pueden las computadoras digitales pensar?”, lo que abrió la puerta al desarrollo de sistemas inteligentes. En los albores de la era digital del Siglo XX, William B. Schwartz, Ramesh S. Patil y Peter Szolovits destacaron el potencial de la IA para comprender la complejidad biológica subyacente a la medicina. Los primeros modelos computacionales simulaban sistemas fisiológicos de forma novedosa, allanando el camino hacia aplicaciones revolucionarias en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades

Uno de los hitos iniciales fue el desarrollo del programa experto MYCIN en la década de 1970. Edward H. Shortliffe, Bruce Buchanan y Randal Davis fueron los pioneros en trabajar con este programa. Utilizaron un sofisticado conjunto de reglas y un exhaustivo corpus de conocimiento médico, MYCIN logró identificar patógenos infecciosos y recomendar antibiogramas con precisión. Este paradigma de sistemas basados en conocimiento expertos pronto se extendió a otros dominios como Imagenología y Planificación de Tratamientos.<sup>(8)</sup>

Por otra parte, los modelos matemáticos permitieron recrear la dinámica cardiovascular, neurológica y de otros órganos vitales con un nivel de detalle hasta entonces inalcanzable. En la década de 1960, simulaciones pioneras arrojaron luz sobre disfunciones mecánicas y procesos patológicos hasta la fecha enigmáticos.<sup>(9)</sup>

Como resultado de los avances en los modelos matemáticos automatizados, en la década de 1970 se produjeron avances pioneros en el campo de la inteligencia artificial aplicada a la medicina. Investigadores como McCarthy y Hayes<sup>(10)</sup> implementaron nuevos algoritmos de aprendizaje automático que posibilitaron por primera vez analizar grandes volúmenes de datos clínicos de forma sistemática, lo que sentó los cimientos para la detección de patrones. Al mismo tiempo, otros autores como Mason y Salisbury<sup>(11)</sup> desarrollaban las bases de la robótica quirúrgica a través de sistemas capaces de manipular herramientas con precisión, lo cual preparó el terreno para el desarrollo de robots cirujanos y dispositivos de rehabilitación guiados por computadora. Estos hitos tecnológicos supusieron la primera aplicación de la inteligencia artificial en el campo de la medicina, y posibilitaron un mejor procesamiento de la información clínica y la automatización de ciertas tareas hasta entonces efectuadas por humanos, lo que perfiló el potencial de esta disciplina para transformar la práctica asistencial y la investigación biomédica en las siguientes décadas.

En la década de 1980, la inteligencia artificial dio un salto cualitativo con el surgimiento de los primeros sistemas expertos aplicados al campo de la salud. Investigadores pioneros como Buchanan y Shortliffe<sup>(12)</sup> desarrollaron programas capaces de emular el razonamiento clínico de expertos a través de extensas bases de conocimiento en formato reglas.

Por otra parte, si prestamos atención a los sistemas basados en papel para el manejo de información clínica es evidente ciertas limitaciones: resultan poco eficientes, consumen tiempo, requieren amplios espacios físicos y carecen de mecanismos de respaldo. Las actualizaciones deben realizarse manualmente, lo que dificulta la trazabilidad y recuperación de los registros, además de aumentar el riesgo de extravío o deterioro. Estas deficiencias impulsaron la evolución hacia los registros electrónicos de salud (EHR, por sus siglas en inglés), cuya conceptualización se remonta a la década de 1960. Desde entonces, han experimentado un desarrollo continuo, ofreciendo ventajas claves como una mayor eficiencia operativa, mejora en la calidad asistencial, reducción de errores clínicos, mayor claridad en la documentación, acceso ágil a la información médica y disminución de redundancias en los procesos administrativos y clínicos.<sup>(13,14)</sup>

### Modelado matemático y simulación de procesos fisiológicos

El enfoque dirigido hacia la derivación matemática y racional en la investigación biomédica tuvo y tiene un impacto significativo en la forma de estudiar de los investigadores. Los científicos usan cada vez más modelos matemáticos y herramientas computacionales para analizar de forma cuantitativa sistemas biológicos complejos y grandes volúmenes de datos, lo que propicia un marco investigativo más sistemático y riguroso.

El uso de modelados predictivos, derivados de enfoques matemáticos y racionales, ha permitido a los investigadores simular procesos biológicos, anticipar resultados y evaluar hipótesis sin necesidad de recurrir inicialmente a experimentación costosa y prolongada.

La aplicación de métodos matemáticos y estadísticos a datos biomédicos, junto al descubrimiento de patrones, correlaciones y tendencias ocultas, sentaron las bases que propiciarían el despegue definitivo de la IA médica en la década de 1990. Por un lado, la aparición y popularización de Internet revolucionó el acceso remoto a bases de datos biomédicas, y facilitó la cooperación entre clínicos e investigadores de todo el mundo. Se publicaron textos como "Artificial Intelligence" coordinado por Margaret Boden,<sup>(15)</sup> que definieron los campos principales y características de la inteligencia artificial. Se destacó la capacidad de las máquinas para aprender, diseñar programas y ofrecer ventajas en la investigación biomédica. Al mismo tiempo, pioneros como Chapman y otros desplegaron las primeras aplicaciones de aprendizaje profundo al análisis automático de imágenes diagnósticas como radiografías y tomografías. Estos hitos marcaron el inicio de una revolución tecnológica que, ya en el Siglo XXI, desencadenaría avances disruptivos para la práctica asistencial.<sup>(16)</sup>

Gracias a estas primeras aproximaciones, la Inteligencia Artificial impactó significativamente el campo médico ampliando la visión de un futuro prometedor. Los descubrimientos y avances del nuevo milenio en IA abrieron las puertas al perfeccionamiento de los diagnósticos médicos en distintas disciplinas. Esto coadyuvó a potenciar la planificación terapéutica y contribuir a un mayor entendimiento fisiopatológico. Dichas herramientas se erigieron como valiosos aliados del personal de salud.

#### **Ingeniería biomédica y tecnología aplicada**

La utilidad de la IA puede verificarse en el área de la ingeniería biomédica<sup>(17)</sup> en su desarrollo para lograr una medicina de precisión. Basados en el modelado matemático con IA, los ingenieros e investigadores biomédicos han podido adaptar los tratamientos médicos de manera individualizada a cada paciente, al utilizar datos cuantitativos. Esto conduce al desarrollo de enfoques de medicina personalizada que tienen en cuenta factores genéticos, ambientales y de estilo de vida.

Una prueba de ello es la implementación y adaptación de equipos mecánicos que contribuyan a la calidad de la salud humana, donde se combina el estudio del funcionamiento de las células y en particular de las neuronas permite describir la propagación nerviosa y la contracción muscular, lo cual es esencial para el desarrollo y diseño de prótesis y equipos de medida en neurofisiología.<sup>(18)</sup> En el área cardiológica, la computación ha venido de la mano con las técnicas y equipos de ablación y el diseño de marcapasos. Las investigaciones teóricas y aplicadas a la dinámica arterial han llevado al desarrollo de equipamiento para el diagnóstico cardiovascular antes de la manifestación de síntomas. A esto se suma la robótica como elemento de ayuda para la cirugía vascular.<sup>(19)</sup>

El uso de la IA también ha contribuido a los análisis químicos, gracias a los *biosensores* y a dispositivos computarizados complejos, muchos de estos relacionados con la nanotecnología.<sup>(20)</sup> El surgimiento de novedosas tecnologías basadas en microchips de ácido desoxirribonucleico (ADN) y *microarrays*, así como el incremento exponencial de la capacidad de secuenciación masiva, ha generado una acumulación *exabyte* de datos biomédicos y potenciales dianas terapéuticas.<sup>(18)</sup> Esto último también ha tenido un alto impacto en el área de instrumentación neurológica se estudian los estados de conciencia a partir del EEG como ayuda para el seguimiento anestésico se describen los órganos del equilibrio y los métodos de evaluación vestibular y se muestra la navegación virtual en neurocirugía antes de presentar los implantes cocleares. La disponibilidad de elementos digitales de velocidad y capacidad creciente permite el uso frecuente de imágenes en medicina, resultado de reconstrucciones complejas proyectadas por el Ingeniero. Como fuera mencionado, se describen las aplicaciones en neurología de la Tomografía por Emisión de Positrones (PET) Las imágenes digitales son el tema del que incluye los métodos de calibración de monitores necesarios para el diagnóstico por imágenes.<sup>(21)</sup>

La IA permite a los investigadores identificar patrones, correlaciones y tendencias sutiles en conjuntos de datos masivos que antes habrían pasado desapercibidos. Esta capacidad es crucial para comprender la etiología de las enfermedades, los mecanismos moleculares subyacentes y los factores de riesgo asociados. Por ejemplo, el análisis de imágenes médicas con IA puede revelar biomarcadores tempranos de enfermedades como el cáncer, esto permite un diagnóstico y tratamiento más precoz. Al integrar y analizar datos de diversas fuentes, como genomas, registros médicos electrónicos, imágenes médicas, datos de encuestas de salud y datos de redes sociales. Dicha integración de datos multidimensionales permite a los investigadores obtener una visión holística de la salud y la enfermedad, identificar nuevas dianas terapéuticas y desarrollar estrategias de prevención más efectivas.

#### **Aplicación de IA en la investigación genómica**

Al profundizar en el complejo de los algoritmos, de forma específica, aquellos diseñados para el análisis genómico, Guo Kairui *et al.*<sup>(22)</sup> enfatizan que el desarrollo de algoritmos de aprendizaje automático para estos fines incluyen la complejidad de modelar información no lineal a partir de datos genómicos, la interconexión y alta dimensionalidad de diferentes tipos de datos genómicos, la presencia de datos ruidosos, incompletos o no emparejados, y la representación limitada de ciertas poblaciones en los descubrimientos genómicos. Además, la integración de conocimientos biomédicos en algoritmos genómicos específicos y la capacitación adecuada tanto para los desarrolladores como para los usuarios de estas aplicaciones son desafíos críticos que requieren atención. Estos desafíos son fundamentales para el futuro de la genómica basada en inteligencia artificial y requieren soluciones innovadoras para avanzar en la aplicación efectiva de la inteligencia artificial en la investigación genómica y biomédica.

Los citados autores resaltan que los algoritmos de aprendizaje automático especialmente diseñados para el análisis genómico pueden abordar los desafíos actuales en este campo mediante la creación de modelos que puedan manejar la alta dimensionalidad y la complejidad de los datos genómicos. Estos algoritmos deben ser capaces de integrar conocimientos biomédicos en su desarrollo y entrenamiento, así como abordar la representación desproporcionada de ciertas poblaciones en los datos genómicos. Además, es crucial que estos algoritmos se enfoquen en la calidad de los datos, considerando la disponibilidad de grandes cantidades de datos altamente sensibles en el campo de la genómica biomédica. También es importante que se desarrollen interfaces gráficas amigables para los usuarios y que se realicen pruebas de productos en colaboración con profesionales médicos para garantizar la viabilidad y aceptación de las aplicaciones asistidas por IA en entornos clínicos. Además, la integración de datos médicos de alta calidad de diferentes fuentes empleando algoritmos de IA multimodales puede mejorar el rendimiento del sistema y servir como base para sistemas de recomendación personalizados en el ámbito de la medicina genómica.

Esto último tiene un gran impacto en la medicina personalizada, ya que permite integrar datos diversos, como imágenes médicas, notas clínicas, publicaciones académicas y documentos regulatorios, en un sistema que puede proporcionar recomendaciones de servicios médicos personalizados. Esta base de conocimientos puede mejorar el rendimiento del sistema y servir como fundamento para un sistema de recomendación, lo que a su vez puede aliviar la carga en los sistemas de atención médica. Además, al ser accesible para los usuarios sin necesidad de un extenso conocimiento del dominio, esta base de conocimientos puede facilitar la toma de decisiones y mejorar la atención al paciente al ofrecer consejos médicos adaptados a cada individuo.

Otros autores argumentan que se pueden emplear varias estrategias para integrar datos médicos de alta calidad de diferentes fuentes haciendo uso de algoritmos de inteligencia artificial multimodales. En primer lugar, es crucial resolver los problemas de licencias asociados con la integración de datos recopilados y almacenados en diferentes organizaciones. Una vez que se llegue a un acuerdo, la estructura de la base de datos debe diseñarse para acomodar las convenciones de procesamiento de datos de los algoritmos de inteligencia artificial. Además, fomentar la colaboración entre entidades de investigación, clínicas y comerciales puede mejorar el rendimiento del sistema al integrar datos médicos de alta calidad de diferentes fuentes. También es importante desarrollar algoritmos de aprendizaje automático específicos para genómica que aborden los desafíos actuales en la investigación genómica. Finalmente, colaborar con profesionales clínicos para recopilar evidencia del mundo real que valide el rendimiento de las aplicaciones de inteligencia artificial es esencial para su aceptación en entornos clínicos.

#### **Análisis de grandes volúmenes de datos y Big Data**

El manejo de esta cantidad de información toca directamente a otro tema de la IA en su relación con la medicina: el *Big Data*.<sup>(23)</sup> La aplicación de *Big Data* y la IA en la biomedicina ofrece ventajas significativas. La automatización de tareas laboriosas simplifica procesos, al permitir a los profesionales enfocarse en aspectos críticos. Por otra parte, mejora la toma de decisiones al analizar datos únicos de cada paciente y ofrecer recomendaciones basadas en algoritmos de aprendizaje automático. Además, su capacidad predictiva permite anticipar riesgos y resultados, también personalizar tratamientos para cada individuo.

Sin embargo, el uso de *Big data* y IA en la atención médica presenta riesgos potenciales. El mal uso de los datos podría resultar en discriminación por parte de las compañías de seguros, al negar cobertura a pacientes con riesgos predichos. Existe la preocupación de que los modelos puedan acentuar disparidades al etiquetar grupos como de alto riesgo basándose en datos limitados, lo que podría generar desconfianza en los pacientes. La opacidad de los algoritmos de IA dificulta prevenir sesgos presentes en los datos utilizados para su entrenamiento.<sup>(24)</sup>

#### **Implicaciones éticas y bioéticas**

La ética y la bioética médicas es otro de los temas abordados ante la creciente aplicación de la inteligencia artificial en el campo de la Biomedicina. Respecto a la ética, destacados investigadores como Bali *et al.*,<sup>(25)</sup> han identificado aspectos éticos que deben abordarse para garantizar un desarrollo responsable de estas tecnologías.

En primer lugar, los autores enfatizan que la IA está adquiriendo una capacidad disruptiva, por lo que es imprescindible enseñar normas éticas que antepongan la salud y vida humanas. En esa línea, plantean la necesidad de un marco bioético computacional sólido, construido en diálogo con la comunidad médica.

Asimismo, sugieren integrar axiomas como el imperativo hipocrático de "no dañar" en las reglas de aprendizaje automático de los sistemas de IA. Del mismo modo, proponen garantizar la trazabilidad y aplicabilidad de las decisiones algorítmicas, de modo que los clínicos puedan comprenderlas y revertirlas cuando sea menester. Los operadores humanos deben conservar siempre el "botón de apagado" sobre sistemas de IA, incluso si alcanzaran superinteligencia. Esto permitiría controlar los posibles riesgos ante un eventual malfuncionamiento o sesgos en su programación inicial.

En el marco de la Bioética,<sup>(26)</sup> esta disciplina reviste una importancia capital en el ámbito de la investigación biomédica vinculada con la inteligencia artificial. Su función consiste en garantizar que los progresos tecnológicos se conduzcan de un modo ético y responsable, preservando los derechos y la dignidad de las personas involucradas.

En este sentido, resulta fundamental tutelar adecuadamente a los sujetos de estudio, respetando a plenitud su autonomía e imperativos como el consentimiento informado. Asimismo, se torna trascendental incorporar valores como la justicia, beneficencia, no maleficencia, responsabilidad, privacidad y solidaridad en todo protocolo de indagación que incorpore herramientas de inteligencia artificial.

Otro aspecto a ponderar hace referencia a dilucidar si los sistemas de inteligencia artificial deberían gozar de algún tipo de estatuto moral propio y de qué modo interactúan con el ser humano en los procesos de toma de decisión ética.

No menos importante es la consideración de la ética en el tratamiento de datos personales, ponderando ejes como la transparencia y la explicación de los procedimientos implementados y la salvaguarda irrestricta de la privacidad de los involucrados en el contexto de la inteligencia artificial médica. Solo mediante este tipo de reflexiones será factible un avance tecnológico plenamente inclusivo y que no vulnere la condición humana.<sup>(27)</sup>

#### **Iniciativa AIME: Transparencia y reproducibilidad**

La documentación revisada, arrojó que dentro de las contribuciones actuales más relevantes del tema que ocupa el presente trabajo, se encuentra el registro de Inteligencia Artificial en la Medicina o AIME (por sus siglas en inglés: *Artificial Intelligence in Medicine*), una plataforma de informes impulsada por la comunidad para la inteligencia artificial en Biomedicina. Su objetivo es mejorar la accesibilidad, reproducibilidad y usabilidad de los modelos de IA biomédica, y permite futuras revisiones por parte de la comunidad. Julian Matschinske *et al.*<sup>(27)</sup> realizan un análisis a profundidad de esta plataforma con el objetivo de mejorar la accesibilidad, reproducibilidad y usabilidad de los modelos de IA biomédica, y permite futuras revisiones por parte de la comunidad de autores de inteligencia artificial biomédica que informen metadatos básicos para sus métodos. Esto contribuye a incluir múltiples conjuntos de datos en el mismo proceso para obtener información sobre procesos biológicos complejos. Según los autores citados, los datos biomédicos a menudo están sujetos a diversos sesgos. Incluso si estos sesgos pueden abordarse adecuadamente, los lectores deben ser conscientes de ellos para evitar posibles interpretaciones erróneas. Por lo tanto, AIME pregunta a los autores si, y en caso afirmativo cómo, han verificado si sus datos están sujetos a sesgos.

Los científicos del campo de la inteligencia artificial biomédica pueden participar y contribuir a la iniciativa AIME. Los investigadores pueden registrarse en esta base de datos para buscar sistemas de IA relacionados con su trabajo y comentar informes existentes. También pueden presentar informes propios sobre sus modelos de IA siguiendo la especificación estandarizada. Al mismo tiempo, los científicos interesados pueden solicitar ser miembros del comité directivo, el cual se encarga de dar forma a las futuras versiones del estándar AIME recibiendo sugerencias de mejora. Junto este comité, opera la junta ejecutiva. Este grupo reduce el número de representantes y se responsabiliza de las decisiones estratégicas de la iniciativa, como evaluar los temas planteados ante el Comité Directivo. De esta forma, la plataforma promueve la participación abierta y colaborativa de la comunidad científica para fomentar investigaciones reproductibles en inteligencia artificial biomédica bajo unos principios de transparencia, diversidad e innovación abierta.

Los autores concluyen que la inteligencia artificial está aumentando su presencia en biología y medicina, al demostrar su utilidad en numerosos escenarios de aplicación. Sin embargo, usualmente la información básica sobre los datos, métodos e implementación de las IA es incompleta en las respectivas publicaciones. Esto dificulta evaluar, comparar de forma íntegra y reproducir los resultados de las IA biomédicas, situación que a su vez representa un gran obstáculo para el desarrollo de nuevos métodos de estos sistemas y para la aplicación de esta tecnología en investigación y práctica. Para hacer frente a este problema y de esta forma mejorar la calidad, fiabilidad y reproducibilidad de las IA biomédicas, hemos desarrollado el registro comunitario AIME presentado en este documento, lo cual permite a los autores registrar fácilmente sus IA y asiste a investigadores y profesionales a encontrar sistemas de IA existentes relevantes para sus escenarios de aplicación.

#### **Reflexiones y perspectivas actuales en la aplicación de la inteligencia artificial en Biomedicina**

La revisión realizada evidencia un crecimiento sostenido en el interés académico por la aplicación de la inteligencia artificial (IA) en Biomedicina, reflejado en el incremento de publicaciones indexadas en bases como PubMed, Scopus y Web of Science a partir de 2015, con un repunte especialmente notable desde 2018. Si bien la pandemia de la COVID-19 generó ciertas fluctuaciones en la producción científica durante 2020 y 2021, el volumen de investigaciones ha continuado en ascenso hasta 2025, lo que confirma la consolidación de este campo como una de las principales líneas emergentes en la investigación biomédica contemporánea.

Entre las áreas con mayor desarrollo destacan la Medicina Personalizada, la Robótica Médica y el descubrimiento de fármacos. La IA ha facilitado el análisis genómico para predicción terapéutica individualizada, así como el desarrollo de sistemas quirúrgicos robóticos más precisos. Asimismo, la combinación de aprendizaje profundo con el modelado molecular ha acelerado la identificación de nuevas terapias, optimizando costes y tiempos en la investigación biomédica.

Estos avances han sido posibles gracias al análisis de grandes volúmenes de datos clínicos, imágenes médicas, genomas y registros electrónicos, lo cual ha mejorado la precisión diagnóstica, la planificación terapéutica y la predicción de desenlaces clínicos. Iniciativas como AIME buscan consolidar estos progresos mediante la estandarización de metadatos y la verificación de sesgos en modelos de IA.

Sin embargo, se identifican desafíos relevantes, como la opacidad de algunos algoritmos, la posibilidad de sesgos discriminatorios en los datos y la amenaza a la privacidad de los pacientes. Diversos autores han advertido sobre la necesidad de construir marcos éticos sólidos que integren principios como la no maleficencia, la justicia y la rendición de cuentas. Asimismo, se destaca la importancia de incluir la bioética computacional y asegurar la intervención humana en todo proceso decisional asistido por IA.

Frente a este panorama, resulta imprescindible una colaboración transdisciplinaria entre científicos, ingenieros, clínicos y especialistas en ética para garantizar un desarrollo responsable e inclusivo de estas tecnologías. La educación de los profesionales sanitarios y la ciudadanía será igualmente clave para lograr una apropiación crítica y equitativa de los beneficios que la inteligencia artificial puede ofrecer a la medicina contemporánea.

## CONCLUSIONES

La inteligencia artificial ha emergido como una herramienta transformadora en la investigación biomédica, al potenciar el diagnóstico, la Medicina Personalizada, la Robótica Médica y el descubrimiento de fármacos mediante el análisis eficiente de grandes volúmenes de datos. Si bien su impacto es notable en la aceleración de descubrimientos y en la mejora de la precisión clínica, persisten desafíos éticos, como la opacidad algorítmica, los sesgos en los datos y la protección de la privacidad. Para garantizar un uso responsable y equitativo de estas tecnologías, es fundamental contar con marcos regulatorios sólidos, promover la transparencia y fortalecer la reproducibilidad científica.

## RECOMENDACIONES

Fortalecer los marcos éticos y legales que regulen el uso de inteligencia artificial en biomedicina, garantizar la trazabilidad de los algoritmos, fomentar la formación de profesionales en el manejo responsable de estas tecnologías y promover iniciativas colaborativas que impulsen la transparencia y reproducibilidad en la investigación. Asimismo, es prioritario asegurar la representatividad y calidad de los datos utilizados e impulsar la participación interdisciplinaria para mitigar riesgos y maximizar los beneficios clínicos y científicos de la inteligencia artificial.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Díez JJ. Aplicaciones médico-sanitarias de la inteligencia artificial. Anales de la Real Academia de Doctores de España [Internet]. 2023 [Citado 05/01/2025]; 8(4): 877-900. Disponible en: <https://www.rade.es/anales.php>
2. Opol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. Nat Med [Internet]. 2019 [Citado 05/06/2025];25(1):44-56. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41591-018-0300-7#citeas>
3. Zhu S, Yu T, Xu T, Chen H, Dustdar S, Gigan S, et al. Intelligent computing: The latest advances, challenges and future. Intelligent Computing [Internet]. 2023 [Citado 05/06/2025];2. Disponible en: <https://doi.org/10.34133/icomputing.0006>
4. Lutenco V, Tocu G, Guliciuc M, Moraru M, Candussi IL, Danila D, et al. New horizons of artificial intelligence in medicine and surgery. J Clin Med [Internet]. 2024 [Citado 05/06/2025];13:2532. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/jcm13092532>
5. Gennatas E, Chen J. Artificial intelligence in medicine: past, present, and future. En: Rajkomar A, Dean J, Kohane I, eds. Artificial intelligence in precision health [Internet]. Cambridge (MA): Elsevier; 2021. [Citado 05/06/2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821259-2.00001-6>
6. Al Kuwaiti A, Nazer K, Al-Reedy A, Al-Shehri S, Al-Muhanna A, Subbarayalu AV, et al. A review of the role of artificial intelligence in healthcare. J Pers Med [Internet]. 2023 [Citado 05/06/2025];13(6):951. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/jpm13060951>
7. Bolón-Canedo V, Morán-Fernández L. Artificial Intelligence: past, present and future. RACSG [Internet]. 2023 [Citado 05/06/2025];112(01):28-39. Disponible en: <https://rac.es/ficheros/doc/b05bb04f3283e5f4.pdf>
8. Amsterdam D. Perspective: Limiting Antimicrobial Resistance with Artificial Intelligence/Machine Learning. BME Front [Internet]. 2023 [Citado 05/06/2025];4:0033. Disponible en: <https://doi.org/10.34133/bmef.0033>
9. Caballero D. Aplicación de inteligencia artificial para la predicción del estrés en cirugía robótica mínimamente invasiva. En: XLI Congreso Anual de la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica [Internet]. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena; 2023. pp. 347-50. Disponible en: <https://repositorio.upct.es/entities/publication/c3ef351b-8ea5-4232-a4cf-9cf7c71289f0>
10. Holmes JH. Artificial Intelligence. En: Asselbergs FW, Denaxas S, Oberski DL, Moore JH, eds. Clinical Applications of Artificial Intelligence in Real-World Data [Internet]. Cambridge (MA): Springer; 2023 [Citado 05/06/2025]. Disponible en: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-36678-9\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-031-36678-9_14)
11. Weinberg AI, Shirizly A, Azulay O, Sintov A. Survey of learning-based approaches for robotic in-hand manipulation. Front Robot AI [Internet]. 2024 [Citado 05/06/2025];1:1455431. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/frobt.2024.1455431>
12. Kulikowski CA. Beginnings of Artificial Intelligence in Medicine (AIM): Computational Artifice Assisting Scientific Inquiry and Clinical Art – with Reflections on Present AIM Challenges. Yearb Med Inform [Internet]. 2019 [Citado 05/06/2025];28(1):249-56. Disponible en: <https://doi.org/10.1055/s-0039-1677895>.

13. Ajery M, Thamari A, Malki F, Khormi A, Farshan S. The evolution of medical information management: Past, present, and future perspectives. *EPH Int J Med Health Sci* [Internet]. 2022 [Citado 05/06/2025];8(2):22-30. Disponible en: <https://doi.org/10.53555/eijmhs.v8i2.181>
14. Derecho KC, Cafino R, Aquino-Cafino SL. Technology adoption of electronic medical records in developing economies: A systematic review on physicians' perspective. *DIGITAL HEALTH* [Internet]. 2024 [Citado 05/06/2025];10. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/20552076231224605>
15. Boden MA. *Inteligencia artificial*. Madrid: Ediciones Turner; 2022.
16. Avanzo M, Stancanello J, Pirrone G, Drigo A, Retico A. The evolution of artificial intelligence in medical imaging: from computer science to machine and deep learning. *Preprints* [Internet]. 2024 [Citado 05/06/2025];1. Disponible en: <https://doi.org/10.20944/preprints202410.0025.v1>
17. Mukherjee S, Khatun R, Sengupta S, Bhattacharya M. Artificial intelligence in precision medicine. *Int J Adv Res Eng Technol* [Internet]. 2025 [Citado 05/06/2025];16(2):356-75. Disponible en: [https://doi.org/10.34218/IJARET\\_16\\_02\\_022](https://doi.org/10.34218/IJARET_16_02_022)
18. Dorado Díaz P, Sampedro Gómez J, Vicente Palacios V, Sánchez PL. Aplicaciones de la inteligencia artificial en cardiología: el futuro ya está aquí. *Rev Esp Cardiol* [Internet]. 2019 [Citado 05/06/2025];72(12):1065-75. Disponible en: <https://www.revespcardiol.org/es-aplicaciones-inteligencia-artificial-cardiologia-el-articulo-S0300893219302507>
19. Torres Solís CA, Quiroz Juárez MA. Convergencia de la inteligencia artificial y la nanotecnología. *Mundo nano. Revista interdisciplinaria en nanociencias y nanotecnología* [Internet]. 2023 [Citado 05/06/2025]; 16(31):1e-14e. Disponible en <https://www.mundonano.unam.mx/ojs/index.php/nano/article/view/69775>
20. Ruiz Ramos J, Villamarín Vallejo L. Investigación clínica e inteligencia artificial. *Monografías de Farmacia Hospitalaria* [Internet]. 2023 [Citado 05/06/2025];1. Disponible en: <https://salud.nih.gov/recursos-de-salud/nih-noticias-de-salud/inteligencia-artificial-e-investigacion-medica>.
21. Rodríguez N, Cristancho C. Desarrollo de un modelo de Inteligencia Artificial para la reconstrucción cinemática de la mano empleando señales EEG Y EMG [Internet]. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana; 2024. [Citado 05/06/2025]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10554/66770>
22. Asada K, Kobayashi K, Joutard S, Tubaki M, Takahashi S, Takasawa K, et al. Uncovering Prognosis-Related Genes and Pathways by Multi-Omics Analysis in Lung Cancer. *Biomolecules* [Internet]. 2020 [Citado 05/06/2025];10(4):524. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/66770>
23. Zhang Y, Hong J, Chen S. Medical big data and artificial intelligence for healthcare. *Appl Sci* [Internet]. 2023 [Citado 05/06/2025];13(6):3745. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/app13063745>
24. Takahashi S, Asada K, Takasawa K, Shimoyama R, Sakai A, Bolatkan A, et al. Predicting Deep Learning Based Multi-Omics Parallel Integration Survival Subtypes in Lung Cancer Using Reverse Phase Protein Array Data. *Biomolecules* [Internet]. 2020 [Citado 05/06/2025]; 10(10):1460. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7603376/>
25. Bali J, Garg R, Bali RT. Artificial intelligence (AI) in healthcare and biomedical research: Why a strong computational/ AI bioethics framework is required?. *Indian J Ophthalmol* [Internet]. 2019 [Citado 05/06/2025]; 67(1):3-6. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6324122/>
26. Ratti E, Morrison M, Jakab I. Ethical and social considerations of applying artificial intelligence in healthcare—a two-pronged scoping review. *BMC Med Ethics* [Internet]. 2025 [Citado 05/06/2025];26:68. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12910-025-01198-1>
27. Matschinske J, Alcaraz N, Benis A, Golebiewski M, Grimm DG, Heumos L, et al. The AIME registry for artificial intelligence in biomedical research. *Nat Methods* [Internet]. 2023 [Citado 05/06/2025]; 18(10):1128-31. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41592-021-01241-0>

**Financiamiento:**

No se recibió financiamiento externo para el desarrollo de esta investigación.

**Conflicto de intereses**

No existen conflictos de intereses.

**Contribución de autoría**

Miguel Ramos Argilagos: Conceptualización, análisis formal, investigación, recursos, metodología, escritura–borrador original, escritor – revisión y edición.

Guido Guida Acevedo: Curación de datos, administración de proyecto, validación, investigación.

Ambos autores participamos en la discusión de los resultados y hemos leído, revisado y aprobado el texto final.