

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS

FACULTAD DE MEDICINA

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE
LICENCIATURA EN MEDICINA Y CIRUGIA**

Título de la investigación:

Impacto de la inteligencia artificial en la toma de decisiones clínicas: avances, desafíos y perspectivas

Nombre del estudiante:

Dafne Jara Jiménez

Tutora:

Dra. María Gabriela Vega Sarraulte

Sede Aranjuez

Enero, 2026

Resumen

La investigación aborda la problemática de la incorporación de la inteligencia artificial en la toma de decisiones clínicas, destacando la necesidad de analizar su impacto desde una perspectiva ética y humanista. Se plantea la importancia científica, social y ética del tema, especialmente en sistemas de salud con limitaciones de recursos y desafíos de aceptación, y se mencionan antecedentes históricos y actuales tanto a nivel internacional como nacional. Posteriormente, se desarrolla una comprensión amplia de la IA, sus tipos y tecnologías asociadas como machine learning, deep learning, neurocomputación y procesamiento de lenguaje natural, así como sus principales aplicaciones en salud, subrayando beneficios potenciales y desafíos técnicos, éticos y sociales relacionados con seguridad, confiabilidad y equidad. La investigación se estructura bajo un enfoque cualitativo, descriptivo y exploratorio, basado en una revisión bibliográfica sistemática de publicaciones entre 2020 y 2025, con criterios definidos de búsqueda, inclusión, exclusión y análisis del nivel de evidencia para responder a los objetivos planteados.

El análisis de resultados profundiza en tres áreas: los modelos de IA aplicados a decisiones clínicas diferenciando machine learning tradicional, deep learning, sistemas generativos y sistemas expertos con sus ventajas, limitaciones y perspectivas epistemológicas; los beneficios y limitaciones identificados en diagnóstico, pronóstico y tratamiento, donde se reconocen mejoras en precisión y eficiencia, pero también riesgos como sesgos algorítmicos, falta de datos prospectivos y barreras regulatorias y sociales; y la comparación entre la IA y la toma de decisiones clínica tradicional en términos de precisión, confiabilidad, regulación, ética y seguridad, concluyendo que la efectividad real depende de una integración que considere factores más amplios que la precisión técnica. A partir de estos hallazgos se plantean implicaciones para la práctica clínica y recomendaciones aplicables al contexto latinoamericano.

Finalmente, se concluye que la IA representa una herramienta transformadora con gran potencial en medicina, pero cuyo éxito depende de reconocer y gestionar sus limitaciones y riesgos. Se enfatiza la necesidad de fortalecer la alfabetización tecnológica en los profesionales de salud, establecer marcos regulatorios adecuados, mantener vigilancia continua y adoptar un enfoque bioético. Además, se proponen recomendaciones dirigidas a sistemas de salud, médicos y estudiantes para lograr una integración reflexiva, ética, segura y equitativa de la IA en la práctica clínica y en la formación médica.

Abstract

The research addresses the challenges associated with the incorporation of artificial intelligence (AI) into clinical decision-making, emphasizing the need to analyze its impact from an ethical and humanistic perspective. It highlights the scientific, social, and ethical relevance of the topic, particularly in health systems with limited resources and barriers to acceptance, and references both historical and current developments at international and national levels. The study then presents a broad understanding of AI, its types and associated technologies such as machine learning, deep learning, neurocomputing, and natural language processing as well as its main applications in healthcare, underscoring potential benefits and technical, ethical, and social challenges related to safety, reliability, and equity. The research is structured under a qualitative, descriptive, and exploratory approach, based on a systematic literature review of publications from 2020 to 2025, with defined criteria for search, inclusion, exclusion, and evidence level analysis to address the proposed objectives.

The results analysis focuses on three areas: AI models applied to clinical decision-making differentiating traditional machine learning, deep learning, generative systems, and expert systems along with their advantages, limitations, and epistemological perspectives; the benefits and limitations identified in diagnosis, prognosis, and treatment, recognizing improvements in accuracy and efficiency but also risks such as algorithmic bias, lack of

prospective data, and regulatory and social barriers; and the comparison between AI and traditional clinical decision-making in terms of accuracy, reliability, regulation, ethics, and safety, concluding that real effectiveness depends on an integrated approach that considers factors beyond technical precision. Based on these findings, the study proposes implications for clinical practice and recommendations relevant to the Latin American context.

Finally, it concludes that AI represents a transformative tool with great potential in medicine, but its success depends on recognizing and managing its limitations and risks. The study emphasizes the need to strengthen technological literacy among healthcare professionals, establish appropriate regulatory frameworks, maintain continuous oversight, and adopt a bioethical approach. Additionally, it proposes recommendations for health systems, physicians, and students to achieve a reflective, ethical, safe, and equitable integration of AI into clinical practice and medical education.

Agradecimientos

A Dios, por su infinita bondad, por darme la fortaleza y la claridad necesarias para culminar este proceso, y por permitirme convertir cada desafío en una oportunidad de aprendizaje.

A mi madre, Johanna, mi compañera de vida, gracias por siempre creer en mí, gracias por elegirme, por su entrega incansable, su amor incondicional y su apoyo en cada momento. Gracias por ser mi inspiración diaria y por enseñarme el verdadero significado incondicionalidad.

A mi padre, Pablo, por su ejemplo de responsabilidad, esfuerzo y constancia. Gracias por confiar siempre en mí y acompañarme con sabiduría y serenidad.

A mi hermano, José Pablo, por su cariño, apoyo y comprensión. Gracias por ser mi respaldo en este proceso.

A mis abuelitos, Javier y Aracely, por sus oraciones, consejos y amor infinito.

A mis compañeros y compañeras, por su apoyo emocional, por estar presentes en cada etapa, y por compartir los desafíos y alegrías de esta hermosa carrera.

A Yoesly, por caminar a mi lado con luz. Gracias por recordarme que las metas se disfrutan más cuando se comparten con el corazón.

A la Dra Vega, por su orientación profesional, su entrega y su compromiso en la formación de nuevos médicos, siendo guía y ejemplo para mi desarrollo académico.

A mis perritos y gatito Wilson, por su compañía y afecto, que brindaron calma, ternura y alegría durante todo este proceso.

Al final, somos el reflejo de todas las personas que han formado parte de nuestro camino. Me alegra saber que algunas de ellas permanecen como esencia viva en quien soy hoy.

Dedicatoria

A Dios, por ser siempre mi guía, por darme fortaleza en los momentos de incertidumbre y acompañarme en cada paso de este camino.

A mis padres, Johanna y Pablo, por su amor incondicional, por ser ejemplo de esfuerzo, perseverancia y fe, y por apoyarme incondicionalmente en cada etapa de mi formación.

A mis abuelitos maternos, en especial a mi Tito Javier, que, aunque ya no está en este mundo, sigue acompañándome en cada pensamiento, en cada meta y en cada triunfo. Su amor y su ejemplo continúan dándome fuerza, recordándome que el verdadero legado de una vida es el amor que deja en los demás.

Tabla de contenido

Resumen.....	2
Agradecimientos	5
Dedicatoria	6
Tabla de contenido	7
Lista de tablas	11
Lista de figuras	12
Lista de abreviaturas	13
CAPITULO I- INTRODUCCIÓN.....	15
1.1 Introducción	16
1.2 Planteamiento del problema.....	19
1.3 Objetivos	21
1.3.1 Objetivo general	21
1.3.2 Objetivos específicos	21
1.4 Justificación.....	22
1.5 Antecedentes.....	26
1.5.1 Antecedentes históricos	26
1.5.2 Antecedentes internacionales	31
1.5.3 Antecedentes nacionales	44
CAPITULO II- MARCO TEORICO.....	49
2.1 Definición de inteligencia artificial.....	50
2.2 Historia y evolución de la AI	53

2.3	Aplicaciones de la inteligencia artificial	56
2.3.1	Inteligencia artificial en salud.....	57
2.3.2	Áreas de aplicación de la inteligencia artificial en salud	58
2.4	Desafíos para la adopción de la inteligencia artificial en salud	59
2.5	Ética de la IA	61
2.6	Tipos de IA	62
2.6.1	Inteligencia artificial estrecha (AND).....	64
2.6.2	Inteligencia artificial general (AGI)	65
2.6.3	Superinteligencia artificial (ASI).....	65
2.7	Machine learning.....	66
2.8	Deep learning.....	68
2.8.1	Deep learning y datos medicos	70
2.9	Neuro Computing	73
2.10	Natural Language Processing	76
2.11	IA en el diagnóstico medico	77
<i>CAPITULO III- MARCO METODOLOGICO</i>		79
3.1	Enfoque metodológico.....	80
3.1.1	Enfoque cualitativo.....	80
3.2	Tipo de investigación	81
3.3	Fuentes de información	81
3.3.1	Fuentes primarias	82
3.4	Criterios de búsqueda	83
3.5	Criterios de inclusión y exclusión	84
3.6	Delimitaciones y alcanzases de la tesis.....	86
3.6.1	Delimitación Temática y Conceptual	86

3.6.2	Delimitación Temporal y de Publicaciones	87
3.6.3	Delimitación Geográfica y Contextual.....	87
3.6.4	Delimitación Metodológica y de Tipos de Evidencia.....	88
3.6.5	Delimitación por Especialidades Médicas	88
3.6.6	Delimitación de Actores Considerados.....	89
3.6.7	Alcance del Análisis: Componentes Integrados de la Evaluación	89
CAPITULO IV- ANALISIS.....		91
4.1	Introducción	92
4.2	Describir los principales modelos de inteligencia artificial aplicados en la toma de decisiones clínicas, diferenciando entre enfoques basados en machine learning, deep learning y sistemas expertos.	92
4.2.1	Resultados.....	93
4.2.2	Análisis.....	95
4.2.3	Discusión.....	96
4.3	Identificar los beneficios y limitaciones de la inteligencia artificial en el diagnóstico, pronóstico y tratamiento de enfermedades según estudios previos.....	100
4.3.1	Resultados.....	101
4.3.2	Análisis.....	102
4.3.3	Discusión.....	103
4.4	Comparar la precisión y la confiabilidad de la inteligencia artificial frente a la toma de decisiones clínicas tradicionales en distintas especialidades médicas, considerado aspectos regulatorios, bioéticos y de seguridad.....	108
4.4.1	Resultados.....	108
4.4.2	Análisis.....	110
4.4.3	Discusión.....	112
4.5	Discusión crítica profunda	118
4.5.1	Síntesis Integradora de Hallazgos	118
4.5.2	Implicaciones para Práctica Clínica.....	118

4.5.3	Recomendaciones Urgentes para Contexto Latinoamericano	119
4.6	Limitaciones de esta revisión	120
4.7	Conclusión preliminar	120
CAPITULO V- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		122
5.1	Conclusiones	123
5.1.1	Conclusiones para Objetivo 1: Modelos de IA en Toma de Decisiones Clínicas	123
5.1.2	Conclusiones para Objetivo 2: Beneficios y Limitaciones de IA en Diagnóstico y Tratamiento	125
5.1.3	Conclusiones para Objetivo 3: Precisión, Confiabilidad y Aspectos Regulatorios.....	126
5.2	Recomendaciones	127
5.2.1	Recomendaciones por capitulo	127
5.2.2	Recomendación por actor	130
5.3	Análisis integrador	143
5.4	Limitaciones del estudio y trabajos futuros.....	144
5.4.1	Limitaciones de la presente revisión.....	144
5.4.2	Trabajos futuros y líneas de investigación	145
CAPITULO VI- REFERENCIAS		147
ANEXOS		168
	Anexo 1: Cuadro sinoptico	169

Lista de tablas

Tabla 1. Criterios de búsqueda.....	83
Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión.....	84
Tabla 3. Clasificación según niveles de evidencias	86
Tabla 4. Resultados para el objetivo 1	93
Tabla 5. Resultados para el objetivo 2	101
Tabla 6. Resultados para el objetivo 3	108
Tabla 7. Hallazgos de la investigación.....	169

Lista de figuras

Figura 1. Diagrama de flujo o algoritmo de búsqueda	85
---	----

Lista de abreviaturas

AGI: Artificial General Intelligence (Inteligencia Artificial General)

AI-CDSS: Artificial Intelligence Clinical Decision Support Systems (Sistemas de Apoyo a la Decisión Clínica basados en IA)

AI for IMPACTS: Artificial Intelligence Framework for Evaluating the Long-Term Real-World Impacts of AI-Powered Clinician Tools

AI-MM: Artificial Intelligence Multimodal (Inteligencia Artificial Multimodal)

ASI: Artificial Superintelligence (Superinteligencia Artificial)

CAD: Computer-Aided Diagnosis (Diagnóstico Asistido por Computadora)

CDSS: Clinical Decision Support Systems (Sistemas de Apoyo a la Decisión Clínica)

DDN: Dynamic Decision Network (Red de Decisión Dinámica)

DL: Deep Learning (aprendizaje profundo)

EHR: Electronic Health Record (Historia Clínica Electrónica)

EU AI Act: European Union Artificial Intelligence Act (Ley de Inteligencia Artificial de la Unión Europea)

IA: Inteligencia Artificial

IoT: Internet of Things (Internet de las Cosas)

MDP: Markov Decision Process (Proceso de Decisión de Markov)

ML: Machine Learning (aprendizaje automático)

OMS: Organización Mundial de la Salud

PLN: Procesamiento de Lenguaje Natural (Natural Language Processing, NLP)

PM/DM: Predictive Modeling / Data Mining (Modelado Predictivo / Minería de Datos)

PRISMA: Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (Guía de Reporte para Revisiones Sistemáticas y Metaanálisis)

PRISMA-ScR: Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses –
Scoping Review (Versión de PRISMA para Revisiones Exploratorias)

CAPITULO I- INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

Actualmente la integración de la Inteligencia Artificial (IA) en la toma de decisiones clínicas representa uno de los avances más significativos de la medicina contemporánea. En un escenario caracterizado por el vertiginoso avance del conocimiento biomédico, el incremento en la complejidad de los cuadros clínicos y la sobrecarga de los sistemas sanitarios se hace evidente la necesidad de incorporar tecnologías que mejoren la precisión diagnóstica, optimicen los procedimientos terapéuticos y refuercen la seguridad del paciente. Esta investigación encuentra su justificación en la imperante necesidad de analizar el impacto que la inteligencia artificial está ejerciendo sobre la práctica clínica, así como en la importancia de examinar las implicaciones éticas, profesionales y humanas derivadas de su aplicación.

Desde otro punto de vista, el estudio del impacto de la IA en la toma de decisiones clínicas resulta crucial para el desarrollo del conocimiento interdisciplinario entre las ciencias de la salud y las ciencias computacionales. En lo que respecta a la literatura actual evidencia un crecimiento sostenido en la producción científica sobre herramientas como los algoritmos de aprendizaje automático, redes neuronales profundas y sistemas expertos, los cuales ya están siendo utilizados en áreas como la radiología, la dermatología, la oncología y la medicina intensiva. No obstante, persisten importantes limitaciones en relación con su aplicabilidad efectiva en distintos contextos clínicos, en particular aquellos con recursos limitados, así como en lo que respecta a su grado de aceptación tanto por parte del personal sanitario como de los pacientes.

En relación con lo anteriormente mencionado esta investigación sugiere abordar una de las interrogantes más relevantes del siglo XXI: ¿hasta qué punto puede y debe una máquina intervenir en decisiones que afectan la vida y el bienestar humano? Si bien los avances tecnológicos ofrecen beneficios incuestionables, también traen consigo desafíos

relacionados con la autonomía del profesional, la responsabilidad en los errores clínicos, la privacidad de los datos, y la equidad en el acceso a estos recursos. Tomando en cuenta que es posible que el análisis de perspectivas futuras de la IA en salud requiera una mirada crítica y equilibrada, que permita anticipar riesgos y formular estrategias de implementación ética y sostenible.

Otro aspecto relevante para recalcar en el presente estudio es el punto de vista institucional y de políticas públicas de diversos organismos internacionales, como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la cual ha reconocido la potencialidad de la IA para mejorar los sistemas de salud, pero han advertido también sobre la necesidad de establecer marcos regulatorios claros y mecanismos de evaluación rigurosos. Por tanto, generar evidencia científica sólida acerca de los beneficios y limitaciones de la IA en la práctica clínica contribuirá no solo al conocimiento teórico, sino también a la toma de decisiones informadas en el diseño de políticas sanitarias.¹

En cuanto al impacto esperado de los resultados, se prevé que los hallazgos de esta investigación beneficien a tres grandes grupos: los pacientes, los profesionales de salud y los tomadores de decisiones. Para los pacientes, el conocimiento generado podría traducirse en una atención más precisa, segura y personalizada, con menor riesgo de errores clínicos y mayor acceso a diagnósticos tempranos. Para los profesionales, permitirá identificar herramientas que pueden apoyar su labor sin reemplazar su juicio clínico, lo cual es fundamental para generar confianza y colaboración efectiva entre humanos y sistemas inteligentes. Para los gestores y responsables de política pública, los resultados ofrecerán insumos valiosos para planificar la incorporación de IA en salud de manera estratégica, sostenible y ética.²

Por lo tanto, el tema propuesto posee una alta relevancia científica, social y ética. Justifica plenamente su estudio por su novedad, su aplicabilidad directa a la práctica clínica,

su impacto potencial en la calidad de la atención sanitaria y su contribución al desarrollo de políticas públicas basadas en evidencia. La Inteligencia Artificial ya no es una posibilidad futura, sino una realidad presente, y su influencia en la toma de decisiones clínicas debe ser comprendida, evaluada y guiada desde un enfoque humanista y ético. Por ello, investigar sus avances, desafíos y perspectivas se convierte en una necesidad urgente para el bienestar de las personas y el fortalecimiento de los sistemas de salud.

1.2 Planteamiento del problema

En las últimas décadas, la inteligencia artificial (IA) ha comenzado a transformar múltiples sectores y el ámbito de la salud no ha sido la excepción. Su aplicación en la toma de decisiones clínicas ha generado expectativas alentadoras en torno a la mejora de la precisión diagnóstica, la eficiencia en los tratamientos y la optimización de recursos hospitalarios. De hecho, herramientas basadas en IA ya se están utilizando para interpretar imágenes médicas, predecir riesgos clínicos y apoyar el diagnóstico diferencial, demostrando potenciales avances en la atención al paciente. Sin embargo, a pesar de estos progresos, su adopción generalizada en entornos clínicos reales sigue siendo limitada y surgen importantes interrogantes sobre su verdadero impacto.

El uso de IA en medicina plantea varios desafíos que aún no han sido resueltos del todo, desde la calidad y el sesgo de los datos que alimentan los algoritmos, hasta la resistencia del personal clínico frente a herramientas que podrían percibirse como una amenaza a su autonomía profesional. Además, existen dudas sobre la fiabilidad de los sistemas de IA en contextos clínicos complejos, donde la toma de decisiones requiere no solo datos, sino también juicio clínico, empatía y experiencia. A esto se suman preocupaciones éticas y legales sobre la responsabilidad ante errores, la privacidad de los pacientes y la transparencia de los algoritmos.

En el contexto latinoamericano y costarricense, la implementación de tecnologías basadas en inteligencia artificial en salud se encuentra en una etapa inicial que plantea una necesidad urgente de analizar críticamente cómo estas herramientas están siendo introducidas, con qué resultados y en qué condiciones.

Por todo lo anterior, surge la necesidad de investigar de forma sistemática el impacto real de la inteligencia artificial en la toma de decisiones clínicas, con una mirada equilibrada

que reconozca sus avances, pero también sus desafíos y limitaciones. Este análisis permitirá no solo comprender mejor las condiciones para su integración efectiva, sino también aportar recomendaciones para su uso ético, seguro y contextualizado en los sistemas de salud actuales.

Con base en lo anterior, se establece la siguiente pregunta de investigación **¿Cuál es el impacto de la inteligencia artificial en la toma de decisiones clínicas en términos de precisión, predicción de desenlaces y optimización de tratamientos médicos según la literatura científica?**

El vacío de conocimiento específico que busca llenar esta tesis es la falta de claridad sobre el equilibrio entre los beneficios y riesgos reales de la inteligencia artificial en la toma de decisiones clínicas, especialmente en el contexto latinoamericano y costarricense. A pesar de los avances tecnológicos y las expectativas sobre su potencial para mejorar la precisión diagnóstica, la predicción de desenlaces y la optimización de tratamientos, hay poca evidencia sistematizada que permita comprender su impacto concreto, las condiciones que facilitan su integración efectiva y los desafíos éticos, legales y operativos que conlleva su uso en distintas especialidades médicas. Esta tesis pretende aportar un análisis crítico y contextualizado que vincule los avances tecnológicos con las realidades clínicas y sociales, orientando así recomendaciones prácticas para un uso seguro y responsable de la IA en salud.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Analizar el impacto de la inteligencia artificial en la toma de decisiones clínicas, considerando su efectividad en el desarrollo, la predicción de desenlaces y la optimización de tratamientos médicos, con base a la literatura científica

1.3.2 Objetivos específicos

- Describir los principales modelos de inteligencia artificial aplicados en la toma de decisiones clínicas, diferenciando entre enfoques basados en machine learning, deep learning y sistemas expertos.
- Identificar los beneficios y limitaciones de la inteligencia artificial en el diagnóstico, pronóstico y tratamiento de enfermedades según estudios previos.
- Comparar la precisión y la confiabilidad de la inteligencia artificial frente a la toma de decisiones clínicas tradicionales en distintas especialidades médicas, considerando aspectos regulatorios, bioéticos y de seguridad.

1.4 Justificación

El auge de la inteligencia artificial (IA) ha irrumpido con fuerza en el campo de la salud, transformando la manera en que se toman decisiones clínicas. Las nuevas tecnologías son capaces de analizar grandes volúmenes de datos y ofrecer diagnósticos y tratamientos personalizados, representa una oportunidad única para mejorar la calidad y la eficiencia de la atención médica. En lo que respecta a la integración de la IA en el entorno clínico trae consigo desafíos importantes, tanto tecnológicos como éticos, que deben ser comprendidos y gestionados para garantizar su uso responsable y beneficioso. Por ello, esta investigación busca analizar de manera integral el impacto que tiene la IA en la toma de decisiones clínicas, identificando sus avances, desafíos y perspectivas futuras.

En cuanto al uso de IA en medicina ha mostrado avances notables, particularmente en áreas como diagnóstico por imágenes, predicción de resultados y soporte para el tratamiento personalizado. Diversas investigaciones recientes intentan evidenciar que los sistemas de inteligencia artificial son capaces de identificar patrones en imágenes médicas con una exactitud igual o mayor que la de los expertos humanos, lo que favorece que los diagnósticos se realicen con mayor rapidez y precisión.³ Esta capacidad contribuye de manera notable a optimizar el proceso de toma de decisiones clínicas, facilitando intervenciones más rápidas y eficaces que inciden favorablemente en el estado de salud de los pacientes.³

En cuanto a la facilidad que proporciona, la IA para gestionar y analizar y análisis de grandes cantidades de datos clínicos y administrativos, representa un avance importante en la eficiencia del sistema sanitario y en la calidad de la atención. De modo que permite la optimización de procesos de gestión de información de manera más oportuna y eficientes permitiendo a los profesionales enfocarse en el cuidado, la comunicación y la empatía con los pacientes.

Por otra parte, en un contexto global social y especialmente en países con sistemas de salud con recursos limitados, la IA puede ser un factor clave para reducir brechas en el acceso y calidad de la atención médica. La automatización y el soporte inteligente pueden ayudar a superar la escasez de especialistas, la saturación de servicios y las largas listas de espera, facilitando diagnósticos y tratamientos más rápidos y accesibles para comunidades vulnerables. Esto repercute directamente en la equidad en salud y en la mejora del bienestar social.

Además, al promover la personalización del tratamiento y la prevención basada en datos, la IA puede contribuir a una medicina más precisa y efectiva, reduciendo complicaciones y costos asociados a tratamientos inadecuados o tardíos. Esto no solo beneficia a los pacientes, sino también a los sistemas de salud al optimizar el uso de recursos.

El en lo que respecta al contexto científico y tecnológico de desarrollo de sistemas de IA aplicados a la salud ha avanzado rápidamente, gracias a innovaciones en aprendizaje automático, procesamiento de lenguaje natural y análisis predictivo. Estas tecnologías permiten construir modelos que simulan la complejidad de la toma de decisiones clínicas, considerando múltiples variables y escenarios en tiempo real.⁴ La investigación en este campo es fundamental para mejorar la confiabilidad, interpretabilidad y adaptación de estos sistemas a distintas realidades clínicas y poblacionales.⁴

En la misma línea de lo anteriormente descrito, se puede afirmar que una evaluación crítica de las fortalezas y debilidades de la inteligencia artificial en la toma de decisiones clínicas resulta fundamental para prevenir posibles riesgos como los sesgos algorítmicos o errores interpretativos, los cuales podrían comprometer la seguridad del paciente. En este sentido, abordar estos elementos resulta indispensable para lograr una integración de la IA en la práctica médica que sea tanto segura como ética.

Por otro lado, la incorporación de tecnologías de IA en el ámbito de la salud conlleva importantes desafíos éticos y jurídicos que deben ser atendidos con rigor. Entre ellos destacan el manejo adecuado de datos personales sensibles, la necesidad de garantizar la transparencia en los procesos algorítmicos y la definición clara de responsabilidades ante eventuales fallos. Comprender estas problemáticas es esencial para el desarrollo de marcos normativos que salvaguarden los derechos de los pacientes y fomenten la confianza en estas herramientas emergentes.

La comprensión del impacto real de la IA en la toma de decisiones clínicas es imprescindible para su implementación efectiva ya que, esto permite identificar barreras, necesidades de capacitación y mejores prácticas que faciliten la integración de estas herramientas en el flujo de trabajo clínico. A su vez, estos conocimientos guiarán a los tomadores de decisiones en políticas públicas y a los desarrolladores tecnológicos en la creación de soluciones ajustadas a las necesidades reales del sector salud.

La utilidad e incorporación de la inteligencia artificial en la toma de decisiones clínicas también implica un cambio profundo en la práctica médica y en la formación de los profesionales de la salud. Los sistemas de IA no buscan reemplazar a los médicos, sino servir como herramientas que potencian su capacidad de diagnóstico y tratamiento. Sin embargo, para que esta colaboración sea efectiva, los profesionales deben estar capacitados no solo en aspectos clínicos tradicionales, sino también en el uso y entendimiento de tecnologías avanzadas.⁵

Resulta importante mencionar dentro del contexto de esta justificación que los programas de formación médica deben actualizarse para incluir conocimientos sobre IA, análisis de datos y ética digital, lo cual representa un desafío educativo, pero también una oportunidad para formar médicos más preparados para los retos del siglo XXI. Esta transformación es fundamental para asegurar que la IA se integre de manera segura y

eficiente en la atención clínica diaria, evitando la resistencia al cambio y promoviendo una cultura de innovación continua.

Desde un enfoque institucional, la inteligencia artificial tiene el potencial de revolucionar la gestión de los hospitales y la administración de los servicios de salud. La automatización de tareas tanto administrativas como clínicas, la anticipación de las necesidades asistenciales y la mejora en el uso de los recursos representan algunas de las formas en que esta tecnología puede fortalecer la eficiencia, sostenibilidad y calidad del sistema sanitario.

En relación con los entornos con recursos limitados, contar con herramientas que apoyen la priorización de pacientes, la planificación oportuna de intervenciones y una mejor organización de los servicios hospitalarios puede marcar una gran diferencia. La inteligencia artificial ofrece posibilidades concretas en estos ámbitos, permitiendo optimizar procesos, reducir costos y ampliar el acceso a servicios esenciales. Por esta razón, resulta fundamental estudiar tanto los beneficios que estas tecnologías pueden aportar como las barreras que podrían dificultar su adopción, con el fin de diseñar políticas públicas y estrategias institucionales que promuevan un uso responsable y eficaz.

Otro aspecto crucial es la seguridad y confiabilidad de los sistemas de IA aplicados a la toma de decisiones clínicas. La precisión y robustez de los algoritmos deben estar garantizadas para evitar errores que puedan afectar la salud de los pacientes. Asimismo, la transparencia en el funcionamiento y la interpretabilidad de los resultados son necesarias para que los profesionales confíen y puedan validar las recomendaciones generadas por la IA.⁶

Estas consideraciones no solo mejoran la seguridad clínica, sino que también son esenciales para la aceptación social y profesional de estas tecnologías. Por ello, esta investigación se enfoca también en examinar los mecanismos para garantizar la calidad y

seguridad en el uso de la IA, proponiendo lineamientos que contribuyan a minimizar riesgos y a maximizar beneficios.

Además, es fundamental que las investigaciones aborden no solo los aspectos técnicos, sino también las dimensiones éticas, sociales y legales de la IA en salud, para asegurar que su desarrollo y aplicación se realicen bajo principios que respeten la dignidad humana y la justicia social. Esta tesis busca contribuir a este esfuerzo multidisciplinario, ofreciendo una visión integrada y actualizada del impacto de la IA en la toma de decisiones clínicas.

En definitiva, esta investigación aportará un panorama claro y actualizado sobre el estado actual y futuro de la IA en la clínica, ofreciendo bases sólidas para su aprovechamiento óptimo y responsable.

1.5 Antecedentes

1.5.1 Antecedentes históricos

Bennet (2012), en la publicación titulada “Artificial Intelligence Framework for Simulating Clinical Decision-Making: A Markov Decision Process Approach”, realizado en Estados Unidos: su finalidad y objetivo consistió en desarrollar un marco computacional o de inteligencia artificial (IA) de propósito general (no específico de una enfermedad) para abordar los desafíos fundamentales del sistema de atención médica moderno.⁷

En el proceso Bennet, empleó una metodología que combinó Procesos de Decisión de Markov (MDPs) y Redes de Decisión Dinámicas (DDNs) para aprender de datos clínicos y desarrollar planes secuenciales complejos a través de la simulación, operando en entornos parcialmente observables y funcionando como un agente online que planifica y replanifica. La población estudiada incluyó datos de 5,807 pacientes. Las principales conclusiones

revelaron que el marco de IA superó fácilmente los modelos actuales de tratamiento habitual, logrando resultados más altos con un CPUC significativamente menor.⁷

Este antecedente histórico tiene una valiosa contribución al presentar un modelo de inteligencia artificial basado en procesos de decisión de Markov. Este enfoque demuestra mejoras claras en los resultados clínicos y en la eficiencia del tratamiento, al lograr decisiones más personalizadas, adaptables y rentables que los métodos convencionales.

Bennet (2012), en Estados Unidos con la investigación titulada “EHRs Connect Research and Practice: Where Predictive Modeling, Artificial Intelligence, and Clinical Decision Support Intersect”, la intención del estudio fue describir y demostrar la viabilidad de utilizar datos de registros electrónicos de salud (EHR) existentes para desarrollar modelos predictivos capaces de generar algoritmos predictivos de respuesta individual de los pacientes al tratamiento.⁸

La metodología central implicó la aplicación de técnicas de modelado predictivo y minería de datos (PM/DM). La población estudiada en este caso de demostración consistió en una muestra de 423 pacientes, que padecían principalmente trastornos del estado de ánimo (depresión 42.8%, bipolar 20.5%). Un porcentaje notable de estos pacientes (62%) presentaba trastornos físicos crónicos concurrentes.⁸

El estudio concluyó que el uso de modelos predictivos basados en datos de historias clínicas electrónicas (EHR) es una estrategia viable, logrando una precisión del 70% al 72% al anticipar la respuesta individual de los pacientes a distintos tratamientos desde etapas tempranas. En resumen, este estudio ofrece un ejemplo concreto y fundador de la aplicación de inteligencia artificial, mediante modelado predictivo y minería de datos, sobre datos clínicos reales para influir directamente en la toma de decisiones médicas. Además, identifica

tanto los avances alcanzados como los retos propios de esta metodología, aspectos que se relacionan directamente con el enfoque de esta investigación.

Vasey (2015), en el artículo titulado “Association of Clinician Diagnostic Performance With Machine Learning–Based Decision Support Systems”, desarrollado principalmente en Reino Unido: el estudio tuvo como fin una revisión sistemática para investigar la asociación entre el uso interactivo de sistemas de soporte de decisiones clínicas (CDSS) basados en aprendizaje automático (ML) y el rendimiento diagnóstico de los clínicos, así como examinar hasta qué punto se evalúan los factores humanos de estos sistemas.⁹

La metodología fue una revisión sistemática de la literatura que implicó una búsqueda exhaustiva en bases de datos como MEDLINE, Embase, PsycINFO y literatura gris. La población estudiada consistió en los 37 estudios que cumplieron los criterios de inclusión de la revisión sistemática. Las observaciones concluyentes de la revisión sistemática fueron que se encontró poca evidencia sólida que respalde que el uso interactivo de CDSSs basados en ML esté asociado con una mejora en el rendimiento diagnóstico de los clínicos.⁹

En síntesis, este antecedente no solo analiza cómo los sistemas de apoyo a decisiones clínicas basados en aprendizaje automático influyen actualmente en el diagnóstico médico, sino que también resalta las debilidades metodológicas presentes y la escasa consideración de los factores humanos en las investigaciones revisadas. De esta forma, ofrece un enfoque crítico que permite comprender mejor los desafíos vigentes y orienta hacia una evaluación y desarrollo más ético, eficaz y centrado en el contexto clínico real.

Fillmore, en Estados Unidos (2013), desarrolló el estudio titulado “Systematic review of clinical decision support interventions with potential for inpatient cost reduction”, El propósito de esta revisión era doble, por un lado identificar intervenciones prometedoras que

podrían servir como modelos para una implementación más amplia y por otro informar la investigación futura en esta área.¹⁰

El estudio fue una revisión sistemática de ensayos sobre intervenciones de soporte de decisiones clínicas (CDS). La "población" del estudio de revisión fueron los 78 manuscritos que cumplieron con los criterios de inclusión. La conclusión principal fue que se requiere mucha más investigación sobre el impacto real del CDS en los costos hospitalarios y áreas como el manejo de antibióticos y la profilaxis del tromboembolismo venoso mostraron resultados prometedores en los estudios revisados.¹⁰

Este antecedente revela que para 2013, a pesar del aumento significativo de estudios, la evidencia empírica sólida relacionada con la medición directa de costos y la evaluación de costo-efectividad era limitada y metodológicamente débil. Esta situación representa un desafío importante tanto para el campo de la informática médica como para esta investigación, que busca analizar las promesas y realidades del impacto de la inteligencia artificial en la toma de decisiones clínicas.

Martínez, en España (2015), propone una investigación titulada "Estudio y validación de técnicas de inteligencia artificial aplicadas al análisis de imágenes médicas. Desarrollo de un CAD para la detección de nódulos pulmonares - RUC": se planteó como objetivo contribuir a la detección temprana y eficaz de nódulos pulmonares en imágenes de tomografías axiales computarizadas (TAC), empleando técnicas de Inteligencia Artificial (IA).¹¹

El estudio siguió una metodología iterativa, donde cada etapa del sistema de ayuda al diagnóstico (CAD) fue desarrollada y analizada de forma secuencial. Este catálogo de imágenes contiene 1018 estudios de tomografía axial computarizada (TAC) de 1010 pacientes. Concluyó que este sistema demuestra ser efectivo para la detección precoz de

nódulos pulmonares en tomografías computarizadas, y lo logra mediante la aplicación de técnicas de inteligencia artificial. El estudio fue valioso también por el desarrollo de algoritmos novedosos en diversas fases del proceso, destacando un procedimiento para la segmentación automatizada de la anatomía pulmonar, que permite aislar cada pulmón y descartar componentes irrelevantes de la imagen.¹¹

Este estudio destaca la relevancia de la inteligencia artificial (IA) en la toma de decisiones clínicas al desarrollar y validar un sistema de ayuda al diagnóstico (CAD) para la detección de nódulos pulmonares en tomografías computarizadas (TAC). El estudio presenta un prototipo CAD con un rendimiento prometedor, sentando las bases para futuras perspectivas en la integración de la IA para la detección temprana y la necesidad de una validación más amplia.

Expósito, presenta en el artículo titulado “Aplicaciones de la inteligencia artificial en la Medicina: perspectivas y problemas” (2008), en Cuba. La meta principal fue valorar las perspectivas de aplicación nacional de las técnicas de inteligencia artificial en la esfera de la salud y plantear algunos de los problemas medulares de los que depende su desarrollo mediato.¹²

La metodología fue una revisión de la literatura. Concluyó que la visión más realista sugiere que la IA actuará como "amplificadores cibernéticos" de la razón del médico, permitiéndole pensar mejor y de forma distinta, enfatizando la unidad, interrelación e interconexión del hombre y la computadora, en lugar de una sustitución completa.¹²

La valoración crítica temprana y específica de las perspectivas de uso de sistemas con comportamiento inteligente en el ámbito médico cubano, aborda directamente las perspectivas y avances del tema de esta tesis, destacando el gran interés que despertaba la IA

para asistir al médico en la toma de decisiones debido a su potencial para manejar vastos conocimientos y procesar datos rápidamente.

Lugo (2014), en México manifiesto el artículo titulado “Inteligencia artificial para asistir el diagnóstico clínico en medicina”: su finalidad fue repasar conceptos, antecedentes, ejemplos y métodos de aprendizaje automático en diagnóstico clínico.¹³

La importancia de este artículo es que, aunque no tiene población a estudiar la tarea de aplicar el aprendizaje automático para asistir el diagnóstico clínico es realizable y el momento actual es óptimo debido a la tecnología y datos disponibles, aunque persisten retos importantes relacionados con el manejo de la incertidumbre, la calidad de los datos y el desarrollo de algoritmos robustos y sistemas manejables.¹³

Este antecedente, describe los enfoques que se consideraban prometedores, los beneficios esperados en términos de precisión y eficiencia, así como los principales desafíos técnicos, culturales y cognitivos. Además, plantea una visión a futuro sobre la colaboración entre inteligencia artificial y profesionales de la salud para optimizar la toma de decisiones médicas.

1.5.2 Antecedentes internacionales

Choi (2023), artículo hecho en Corea del Sur, titulado “Development of a machine learning-based clinical decision support system to predict clinical deterioration in patients visiting the emergency department”: propuso desarrollar un sistema de apoyo a la toma de decisiones clínicas basado en aprendizaje automático (ML-based CDSS) para departamentos de emergencia, siguiendo el marco de toma de decisiones de los médicos, y validar su utilidad clínica como herramienta de apoyo en ese entorno.¹⁴

La metodología empleada fue un estudio retrospectivo y observacional utilizando datos de un departamento de emergencias (ED) de Nivel 1 en un hospital universitario terciario en Corea del Sur. El estudio utilizó datos de pacientes mayores de 18 años que visitaron el ED del hospital entre junio de 2015 y diciembre de 2019. Logró una validación externa consistente con los resultados de la validación interna, lo que sugiere que el modelo tiene una capacidad predictiva comparable fuera del conjunto de datos inicial.¹⁴

Este antecedente es fundamental ya que ejemplifica un avance significativo: el diseño y validación de un sistema de apoyo a la toma de decisiones clínicas (CDSS) basado en aprendizaje automático (ML) para departamentos de emergencias.¹⁴

Yeo (2021), llevado a cabo en Australia, publicó artículo titulado “Artificial intelligence in clinical decision support and outcome prediction - applications in stroke”, buscó examinar el estado actual de las aplicaciones de inteligencia artificial (IA) en el ámbito del accidente cerebrovascular.¹⁵

La metodología principal empleada fue un análisis y síntesis de la literatura existente sobre este tema. La población estudiada fue a los pacientes con accidente cerebrovascular. El resultado principal de este estudio de revisión es una descripción del estado actual de las aplicaciones de IA en el accidente cerebrovascular. Destaca que la IA está teniendo un impacto significativo en la atención sanitaria y un papel cada vez más importante en la toma de decisiones clínicas en el accidente cerebrovascular agudo.¹⁵

Este antecedente ofrece una perspectiva concisa y bien fundamentada sobre la influencia de la inteligencia artificial (IA) en la toma de decisiones clínicas en el ámbito del accidente cerebrovascular. Actúa como un estudio de caso que destaca los avances

alcanzados, los desafíos aún presentes y las futuras proyecciones de la IA en la práctica clínica.¹⁵

Wu (2021), en China y Estados Unidos, en el artículo que tiene por título “Artificial Intelligence for Clinical Decision Support in Sepsis”, propuso proyectar las aplicaciones de la IA en diversas etapas de la sepsis, como la predicción temprana, el diagnóstico, la subfenotipificación, la evaluación del pronóstico y el manejo clínico.¹⁶

La revisión narrativa de la literatura científica publicadas en PubMed fue la metodología de elección en el artículo. Concluyo que la IA ha mostrado gran potencial en la predicción temprana, el diagnóstico, la evaluación del pronóstico y el manejo clínico de la sepsis, utilizando diversas técnicas de aprendizaje automático y profundo.¹⁶

Este antecedente, no solo ilustra los avances con ejemplos específicos de la sepsis, sino que también ofrece una visión pragmática de los desafíos inherentes y las perspectivas futuras para la integración exitosa de la IA en la toma de decisiones clínicas que son fundamentales para esta investigación.¹⁶

Jones (2023), en Reino Unido, presento el artículo titulado “Artificial intelligence and clinical decision support: clinicians' perspectives on trust, trustworthiness, and liability”, propuso abordar la falta de claridad sobre qué significa la confianza y la confiabilidad en el contexto de la inteligencia artificial (IA) y los sistemas de apoyo a la decisión clínica (CDSSs) en la atención médica, centrándose principalmente en las perspectivas de los clínicos sobre la confianza y la confiabilidad en estas tecnologías.¹⁷

La metodología se basa en estudios empíricos para abordar las preocupaciones de los clínicos. Los resultados sugieren que las preocupaciones de los clínicos sobre el uso de la IA

y los CDSSs incluyen la precisión del asesoramiento proporcionado y la posible responsabilidad legal en caso de daño al paciente.¹⁷

Este antecedente es de vital importancia, ya que, aunque no se enfoca en avances clínicos específicos, contribuye de manera fundamental a los desafíos y perspectivas desde la óptica de los clínicos.¹⁷

Vergheze (2020), artículo publicado en Alemania, titulado “Artificial Intelligence in Medicine: Chances and Challenges for Wide Clinical Adoption”. Busco la reflexión sobre las barreras comunes y los enfoques de solución actuales para lograr la adopción clínica amplia de las aplicaciones de inteligencia artificial en medicina.¹⁸

La metodología elegida para este artículo fue la revisión bibliográfica, utiliza los criterios RISE (Regulatory aspects, Interpretability, interoperability, Structured data and Evidence). Concluyo en que el resultado principal es la identificación y descripción de las barreras clave que impiden la adopción clínica generalizada de la IA en medicina. Estas barreras se resumen en los criterios RISE.¹⁸

Este antecedente es crucial para esta investigación porque reconoce el potencial de la IA incluso cuando su valor principal radica en detectar y examinar las barreras frecuentemente mencionadas más allá de la cámara de eco de la IA, que impiden una adopción más amplia de la IA, bajo el marco RISE (Aspectos regulatorios, Interpretabilidad, Interoperabilidad y Datos estructurados y Evidencia).¹⁸

Jacob (2025), en Suiza, en el artículo presentado bajo el título de “AI for IMPACTS Framework for Evaluating the Long-Term Real-World Impacts of AI- Powered Clinician Tools: Systematic Review and Narrative Synthesis”, la meta fue sintetizar y consolidar los

criterios de evaluación necesarios para una implementación exitosa y centrarse en el impacto a largo plazo en el mundo real de la IA en la práctica clínica.¹⁹

El estudio es una revisión sistemática y síntesis narrativa que siguió las directrices PRISMA y el Manual Cochrane. El resultado principal fue que los modelos existentes son limitados en el alcance de medidas técnicas que abordan y descuidan importantes consideraciones del mundo real, incluyendo el impacto clínico, la implementación en el flujo de trabajo y la viabilidad económica.¹⁹

Tal antecedente es crítico porque aborda un desafío importante: la falta de evaluaciones estándar de la IA aplicada a la clínica. Su innovación principal es el modelo AI for IMPACTS, que es una visión holística de cambiar el discurso, alejándose de la medición de métricas técnicas para modelos teóricos de destreza y rendimiento de la IA con un nivel espiritual unitario, y también reflejando los aspectos técnicos, sociales y organizacionales para el impacto sostenible a largo plazo de las herramientas de IA.¹⁹

Benzinger (2023), artículo publicado en Alemania, nombrado “Should Artificial Intelligence be used to support clinical ethical decision-making? A systematic review of reasons”, buscó proporcionar un panorama completo de las razones a favor y en contra del uso de aplicaciones basadas en inteligencia artificial (IA) para apoyar la toma de decisiones éticas clínicas.²⁰

La metodología para este artículo fue la revisión sistemática de la literatura. Su resultado principal concluyó que los beneficios son múltiples, y que el desarrollo y uso de la IA en este ámbito debe ser cuidadoso para evitar dificultades éticas, y se necesita una discusión más profunda sobre principios como la justicia, así como otros temas relevantes para los sistemas de apoyo a la decisión clínica.²⁰

Este antecedente resulta especialmente relevante para la presente investigación, ya que aborda el papel de la inteligencia artificial en la toma de decisiones éticas dentro del ámbito clínico. El estudio destaca los posibles beneficios de su implementación, como el fortalecimiento de la autonomía del paciente y una mayor orientación hacia el principio de beneficencia.²⁰

Giebel (2025), en Alemania, el artículo titulado “Problems and Barriers Related to the Use of AI-Based Clinical Decision Support Systems: Interview Study”, su objetivo fue identificar los desafíos y barreras relacionados con los Sistemas de Soporte a la Decisión Clínica (CDSS) basados en IA desde las perspectivas de expertos de diversas disciplinas.²¹

El estudio empleó una revisión cualitativa mediante entrevistas semiestructuradas a expertos. Se entrevistó a 17 expertos que representaban a diferentes partes interesadas clave en el contexto de la IA en medicina. Se identificó y sistematizó un gran número de problemas y barreras relacionados con los Sistemas de Soporte a la Decisión Clínica basados en IA (CDSS con IA), así que concluyo que estos numerosos problemas y barreras deben ser considerados durante el desarrollo, la evaluación y el uso de los CDSS con IA para garantizar una integración sostenible, segura y efectiva.²¹

Aunque el estudio no se enfoca directamente en los avances de la IA, sí ofrece una valiosa proyección hacia el futuro al resaltar la importancia de superar estas limitaciones para lograr una implementación ética, eficaz y segura. En este sentido, promueve la sinergia entre capacidades humanas e inteligencia artificial como vía para mejorar la toma de decisiones clínicas y obtener mejores resultados en salud.²¹

Duwe (2024), publicado en Alemania, titulado “Challenges and perspectives in use of artificial intelligence to support treatment recommendations in clinical oncology”, proporcionó una descripción general de las aplicaciones técnicas relevantes de la IA en

oncología para comprender los futuros desafíos y las perspectivas realistas de las herramientas de apoyo a la toma de decisiones.²²

La revisión descriptiva/narrativa fue la metodología elegida. Suministró un panorama de las aplicaciones técnicas de la IA en oncología y describió los requisitos necesarios para su uso en el apoyo a las recomendaciones de tratamiento.²²

Este antecedente aporta significativamente ya que al ofrecer una visión especializada sobre los desafíos técnicos y prácticos que enfrenta la inteligencia artificial al momento de integrarse en la toma de decisiones clínicas, específicamente en el ámbito de la oncología.²²

Gomez (2024), artículo publicado en Mayo Clinic en Estudios Unidos, el cual fue nombrado “Artificial-Intelligence-Based Clinical Decision Support Systems in Primary Care: A Scoping Review of Current Clinical Implementations”, buscó explorar los resultados y la efectividad actuales de la implementación de Sistemas de Soporte a la Decisión Clínica basados en Inteligencia Artificial (AI-CDSSs) en la Atención Primaria de Salud (APS).²³

La metodología que se utilizó fue una revisión exploratoria (scoping review) siguiendo las directrices PRISMA-ScR. El estudio concluye que, si bien los AI-CDSS tienen un potencial significativo para mejorar la atención primaria, se necesitan más investigaciones en entornos clínicos reales para explorar su amplio espectro de aplicaciones y medir resultados en el manejo clínico, la carga de trabajo de los médicos, la satisfacción y la seguridad del paciente.²³

Este artículo es relevante porque facilita evidencia reciente y concreta sobre cómo los sistemas de IA están siendo utilizados (y resistidos) en la práctica clínica real, especialmente

en un nivel tan crítico como la atención primaria. Además, destaca la importancia de la aceptabilidad y confianza por parte de los profesionales de salud como condición fundamental para el éxito de la IA clínica, lo cual se alinea directamente con los tres ejes de tu tesis: avances, desafíos y perspectivas.²³

Schouten (2025), publicó un estudio nombrado “Navigating the landscape of multimodal AI in medicine: a scoping review on technical challenges and clinical applications”, su propósito fue realizar una revisión exploratoria (scoping review) para examinar el panorama de las aplicaciones de Inteligencia Artificial Multimodal (AI-MM) basadas en aprendizaje profundo en el dominio médico.²⁴

Se revisaron 432 artículos publicados que documentan el desarrollo y la aplicación de la Inteligencia Artificial Multimodal en medicina. La revisión encontró que los modelos de Inteligencia Artificial Multimodal superan consistentemente a sus contrapartes unimodales, mostrando una mejora promedio del 6.2% en el AUC.²⁴

Este artículo es fundamental porque amplía la discusión del impacto de la IA clínica hacia tecnologías de última generación como la IA multimodal, que promete decisiones más precisas y personalizadas al combinar diversas fuentes de información médica.²⁴

Susanto (2023), estudio publicado en Australia, titulado “Effects of machine learning-based clinical decision support systems on decision-making, care delivery, and patient outcomes: a scoping review”, expone resumir la literatura de investigación que evalúa los sistemas de soporte a la decisión clínica (CDS) basados en aprendizaje automático (ML) en entornos de atención médica.²⁵

La metodología llevo a cabo una revisión exploratoria, se realizó una búsqueda en cuatro bases de datos de PubMed, Medline, Embase y Scopus. La población estudiada fueron

los 32 estudios identificados que evaluaban el uso de ML-based CDS en entornos clínicos. Concluye que se están evaluando los ML-based CDS en muchas áreas clínicas y que existen muchas oportunidades para aplicar y evaluar sus efectos, particularmente en entornos con recursos limitados.²⁵

Este antecedente aporta evidencia actualizada sobre la implementación práctica de la inteligencia artificial en el ámbito clínico, específicamente a través de sistemas de decisión basados en aprendizaje automático. Su análisis muestra tanto los avances técnicos y funcionales de la IA en tareas médicas específicas, como los desafíos persistentes en su efectividad clínica general y su limitada evaluación en contextos diversos.²⁵

Berge (2023), público en Noruega, “Machine learning-driven clinical decision support system for concept-based searching: a field trial in a Norwegian hospital”, brinda evaluar los resultados de la implementación y el uso de un sistema de soporte a la decisión clínica (CDSS) impulsado por aprendizaje automático (ML) y procesamiento de lenguaje natural (NLP) en un hospital noruego.²⁶

La metodología que se empleó fue un ensayo de campo. El estudio demostró que el CDSS implementado logró un aumento en la detección de alergias de paciente.²⁶

Este antecedente contribuye un caso sólido de implementación real en un contexto clínico (Noruega), ofreciendo evidencia sobre cómo pueden integrarse de manera efectiva y segura los sistemas de IA en la asistencia médica. Refuerza el eje de avances al mostrar mejoras concretas en seguridad del paciente, destaca los desafíos reales vividos durante la puesta en marcha del sistema y proporciona perspectivas claras y aplicables para futuras implementaciones.²⁶

Corny (2020), publico en Francia un artículo titulado “A machine learning-based clinical decision support system to identify prescriptions with a high risk of medication error”, evalúa la precisión de un sistema híbrido de soporte a la decisión clínica para priorizar las revisiones de prescripciones con el fin de mejorar la seguridad del paciente y los resultados clínicos reduciendo el riesgo de errores de prescripción.²⁷

Los datos utilizados para entrenar el algoritmo provinieron de 10,716 pacientes individuales (con un total de 133,179 órdenes de prescripción). Para la validación independiente, se analizaron datos de 412 pacientes individuales (con 3364 órdenes de prescripción) por parte de un farmacéutico clínico. Concluyo que el sistema híbrido mejoró la precisión y fiabilidad de las revisiones de prescripción, apuntando principalmente a los pacientes de alto riesgo.²⁷

Este estudio demuestra de forma clara que los sistemas híbridos de inteligencia artificial tienen el potencial de hacer más segura la atención médica al ayudar a evitar errores en la prescripción de medicamentos. Al combinar herramientas tecnológicas avanzadas con el conocimiento de los profesionales de la salud, ofrece una solución práctica para abordar desafíos importantes en la práctica clínica. Por eso, este trabajo resulta valioso, ya que muestra cómo la IA puede incorporarse de manera efectiva y segura en las decisiones clínicas diarias, aportando significativamente tanto al análisis de los avances como a la proyección de futuras aplicaciones.²⁷

Sahoo (2025), publico en Países Bajos, un artículo titulado “Health professionals' perspectives on the use of Artificial Intelligence in healthcare: A systematic review”, buscó documentar las ventajas y desventajas percibidas asociadas con las aplicaciones de Inteligencia Artificial (IA) en la atención médica, recopilar evidencia sistemática sobre las perspectivas de los profesionales de la salud respecto al uso de la IA en su campo.²⁸

Realizo una revisión sistemática de la literatura existente, fueron los 11 artículos que cumplieron los criterios de inclusión. Concluye que la educación y el desarrollo de habilidades para la fuerza laboral de la salud son cruciales para la adopción, implementación exitosa y futura investigación de la IA en el entorno clínico.²⁸

Este artículo aporta un valor muy significativo porque pone sobre la mesa cómo se sienten realmente los profesionales de la salud frente al uso de la inteligencia artificial. Más allá de los avances tecnológicos, muestra que muchos médicos y personal clínico ven en la IA una herramienta con gran potencial para mejorar la atención, agilizar tareas y reducir la carga laboral. Sin embargo, también deja claro que existen dudas y temores muy reales: miedo a perder el rol humano en la medicina. Esto es clave para tu estudio, porque demuestra que para que la IA sea verdaderamente útil en la toma de decisiones clínicas, no basta con que funcione bien: también tiene que ser comprensible, ética, y aceptada por quienes la usan día a día.²⁸

Stefania Montani y Manuel Striani (2019), en el país de Italia, publico el artículo titulado “Artificial Intelligence in Clinical Decision Support: a Focused Literature Survey” La meta principal es analizar la distribución de los enfoques de IA impulsados por datos (data-driven) con respecto a los enfoques "clásicos" basados en el conocimiento (knowledge-based), y considerar las problemáticas planteadas y sus posibles soluciones.²⁹

La metodología del estudio se centró en la revisión de literatura, abarcando publicaciones en los repositorios bibliográficos PubMed y Web of Science™ (WoS), con búsquedas restringidas a las contribuciones de los años 2017 y 2018 (hasta noviembre).²⁹

Esta investigación aporta un panorama metodológico concentrado en la literatura reciente (2017-2018) sobre los Sistemas de Apoyo a la Decisión Clínica (DSS) que emplean técnicas de Inteligencia Artificial (IA). Específicamente, el estudio establece que existe una clara prevalencia de los enfoques de IA impulsados por datos (data-driven), que constituyen el 65% de los trabajos analizados, frente a los métodos clásicos basados en el conocimiento.

29

Giordano C, Brennan M, et al. (2021) en Florida Estados Unidos, publico un articulo con le titulo “Accessing Artificial Intelligence for Clinical Decision-Making”, con el objetivo de objetivo general del artículo es llevar a cabo una revisión narrativa para examinar las aplicaciones actuales de la Inteligencia Artificial (IA) en la medicina clínica y discutir las contribuciones futuras más probables que la IA proporcionará a la industria de la atención médica.³⁰

La metodología empleada en el estudio fue una revisión narrativa exhaustiva de la literatura, centrada en la Inteligencia Artificial (IA) para la toma de decisiones clínicas. La búsqueda bibliográfica se realizó en las bases de datos PubMed, EMBASE y Cochrane Review, utilizando palabras clave y frases alternativas como "inteligencia artificial".³⁰

Este antecedente es trascendental para la investigación ya que aborda la implementación práctica de la Inteligencia Artificial (IA) en la medicina, enfocándose no solo en sus promesas sino también en los riesgos fundamentales y las transformaciones educativas que impone en el entorno clínico.³⁰

Sendak M, Futoma J, et al. (2020) en estados unicos con el articulo llamado “The Human Body is a Black Box”: Supporting Clinical Decision-Making with Deep Learning” abordo una brecha en la literatura al proporcionar un estudio de caso detallado sobre el desarrollo, la implementación y la evaluación de Sepsis Watch, una herramienta impulsada

por machine learning que asiste a los médicos hospitalarios en el diagnóstico temprano y el tratamiento de la sepsis.³¹

La metodología del estudio se centra en un estudio de caso empírico detallado que abarca el desarrollo, la implementación y la evaluación de Sepsis Watch, una herramienta impulsada por machine learning diseñada para asistir a los médicos hospitalarios en el diagnóstico y tratamiento temprano de la sepsis.³¹

La importancia de este antecedente es que traslada el debate teórico sobre la Inteligencia Artificial (IA) en la salud al campo de la implementación práctica, ofreciendo un estudio de caso empírico que desafía la primacía de la explicabilidad de los modelos (interpretability).³¹

Wang D, Wang L, et al. (2021), en china rural, con el artículo ("Brilliant AI Doctor" in Rural China: Tensions and Challenges in AI-Powered CDSS Deployment", del artículo es examinar la percepción y experiencia del usuario después de la adopción de los Sistemas de Apoyo a la Decisión Clínica impulsados por Inteligencia Artificial (AI-CDSS).³²

La metodología del estudio se basó en la recolección de datos empíricos mediante observaciones y entrevistas. Los investigadores trabajaron con una muestra de 22 clínicos que fueron entrevistados.³²

Este artículo es de gran importancia para su investigación, ya que aborda un área crucial y poco estudiada: la percepción y la experiencia del usuario después de la adopción de sistemas de IA-CDSS.³²

Bach AKP, Nørgaard TM, Brok JC, van Berkel N (2023) en estados Unidos, publico el artículo "If I Had All the Time in the World": Ophthalmologists' Perceptions of Anchoring

Bias Mitigation in Clinical AI Support”, Busco comprender el uso de un sistema de apoyo de Inteligencia Artificial (IA) existente por parte de oftalmólogos, identificar preocupaciones relacionadas con el sesgo de anclaje y la mala comprensión de las capacidades de la IA, y posteriormente evaluar las percepciones de los clínicos sobre tres estrategias de mitigación de sesgos integradas en dicho sistema de apoyo a la decisión.³³

La metodología del estudio se basó en el uso de indagación contextual y entrevistas para comprender cómo los oftalmólogos utilizan un sistema de apoyo de IA ya existente. Después de identificar las preocupaciones sobre el sesgo de anclaje y la mala comprensión de las capacidades de la IA, los investigadores procedieron a evaluar las percepciones de los clínicos respecto a tres estrategias de mitigación de sesgos que fueron integradas en su sistema de apoyo a la decisión.³³

Es relevante para esta investigación porque aborda directamente la intersección crítica entre la Inteligencia Artificial (IA) y el juicio humano, enfocándose en los desafíos cognitivos que surgen al integrar herramientas de apoyo a la decisión en la práctica clínica.³³

1.5.3 Antecedentes nacionales

Según Werner (2024), en su investigación titulada “Aplicación de la inteligencia artificial en la salud pública para el diagnóstico temprano y tamizaje de enfermedades oncológicas”, busca brindar un análisis sobre cómo los algoritmos de IA ofrecen soluciones alternativas en el diagnóstico temprano, tratamiento y pronóstico de estas enfermedades, favoreciendo la detección temprana para un apoyo más efectivo a los pacientes.³⁴

La metodología se presenta como una revisión que describe ejemplos recientes sobre la aplicación de la IA y el impacto que genera en el diagnóstico de enfermedades oncológicas.

Señala que la implementación de los avances de la IA favorece la detección temprana y permite un apoyo más efectivo a los pacientes con mejores expectativas en el abordaje.³⁴

Este artículo como antecedente nacional ofrece un caso concreto sobre cómo la inteligencia artificial está transformando la toma de decisiones clínicas en el campo de la oncología, especialmente en el diagnóstico temprano y el tamizaje de enfermedades. Al mostrar cómo los algoritmos de IA permiten identificar con mayor precisión y antelación ciertas patologías oncológicas, se evidencia un avance significativo que puede mejorar los pronósticos y la calidad de vida de los pacientes.³⁴

Camarillo (2025), en su investigación titulada “Innovación médica: Resonador único en Costa Rica utiliza IA para reducir tiempos de espera y mejorar diagnósticos”, describe la introducción de un resonador magnético equipado con inteligencia artificial, destacando cómo esta tecnología está transformando los diagnósticos médicos, específicamente al reducir los tiempos de espera y mejorar la exactitud de los diagnósticos.³⁵

El autor concluye que la aplicación de la IA en esta tecnología mejora la eficiencia del servicio de salud y proporciona a los profesionales médicos herramientas más efectivas para la toma de decisiones clínicas.³⁵

Este artículo sobre el uso de un resonador magnético con inteligencia artificial en Costa Rica representa un caso claro de cómo la IA ya está transformando de manera positiva la toma de decisiones clínicas en el país. Al mejorar significativamente la precisión diagnóstica y reducir los tiempos de espera gracias al análisis en tiempo real, este avance tecnológico fortalece la capacidad de los profesionales para detectar lesiones de forma más eficiente y oportuna.³⁵

Montero B, (2025) en Costa Rica, público en el portal de noticias de la CCSS el artículo “inteligencia artificial mejora atención de más de 5 mil usuarios en Tibás-Uruca-Merced”, con el objetivo de informar sobre la incorporación de herramientas de inteligencia artificial para mejorar la atención en salud de más de 5 000 usuarios en el área de salud de Tibás-Uruca-Merced.³⁶

Describe una metodología de implementación y despliegue de soluciones tecnológicas de inteligencia artificial en el área de salud mencionada. Esta metodología incluye el uso de un asistente virtual automatizado (chatbot) que facilita procesos administrativos y de atención, mejorando el acceso y agilidad en la gestión de citas y servicios.³⁶

La implementación de inteligencia artificial en la CCSS es relevante para la investigación porque ejemplifica cómo los sistemas de salud pública pueden integrar herramientas digitales avanzadas para mejorar la eficiencia y calidad de atención al paciente, especialmente en contextos nacionales de servicios de salud universales. En este caso proporciona evidencia del uso real de IA en un sistema sanitario costarricense, lo que puede servir como referencia para analizar impactos organizacionales, percepción de profesionales de la salud, mejoras en los procesos asistenciales y posibles desafíos éticos o técnicos asociados a la adopción de IA en atención médica.³⁶

Zavaleta-Monestel E, Martínez E (2025), en Costa Rica, anuncio el artículo titulado “Regulación de la Inteligencia Artificial en Salud en Costa Rica: Análisis, Retos y Comparación Internacional, analizaron la propuesta normativa y los desafíos para la regulación de la inteligencia artificial en el sector salud en Costa Rica, incluyendo una comparación con marcos regulatorios internacionales relevantes, con el fin de identificar fortalezas y debilidades del enfoque costarricense.³⁷

La metodología del artículo consiste en una revisión normativa y analítica, donde los autores examinan el contexto de la regulación de IA en salud en Costa Rica, particularmente el Proyecto de Ley N° 23.771, y lo contrastan con enfoques regulatorios internacionales (por ejemplo, clasificación por riesgo de la Unión Europea y supervisión de la FDA en Estados Unidos).³⁷

La importancia de este artículo radica en que proporciona un marco regulatorio aplicado a IA en salud dentro de un país de la región Latinoamericana, permitiéndote explorar temas clave como: 1) Los retos éticos y de seguridad del paciente en el uso de IA clínica. 2) Comparaciones internacionales de enfoques regulatorios (Costa Rica vs Estados Unidos vs Unión Europea), lo cual es útil si tu investigación incluye aspectos de políticas públicas, gobernanza o impacto regulatorio de tecnologías emergentes en salud. 3) La identificación de limitaciones y vacíos regulatorios, lo que puede ayudar a argumentar la necesidad de marcos más robustos o adaptativos de IA en salud dentro de contextos locales.³⁷

Mena M (2025) en Costa Rica, con el artículo “CCSS incorporará inteligencia artificial en Ebais para agilizar diagnósticos y reducir referencias a hospitales”, con el objetivo de informar sobre la decisión de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS) de implementar herramientas de inteligencia artificial en los Equipos Básicos de Atención Integral en Salud (Ebais), esto con el propósito de agilizar la realización de diagnósticos y disminuir la cantidad de referencias que los pacientes requieren hacia los hospitales.³⁸

Emplea una metodología descriptiva y periodística, basada en información oficial proporcionada por la CCSS y declaraciones institucionales. Describe cómo la CCSS integrará un sistema de inteligencia artificial en los procesos de atención primaria, específicamente dentro de los Ebais, para apoyar la toma de decisiones clínicas en tiempo real y permitir que más casos sean resueltos directamente en el primer nivel de atención.³⁸

Proporciona un caso concreto de cómo se está aplicando la inteligencia artificial en la práctica clínica dentro del sistema de salud pública de Costa Rica, especialmente en atención primaria. Permite analizar estrategias reales de adopción de IA para mejorar la eficiencia diagnóstica y reducir cargas en niveles superiores de atención, lo cual puede ser un ejemplo práctico para discutir en tu trabajo sobre los impactos de la IA en la toma de decisiones clínicas, la reorganización de flujos asistenciales y la gestión de servicios de salud.³⁸

CAPITULO II- MARCO TEORICO

En los últimos años, la inteligencia artificial ha comenzado a ocupar un lugar cada vez más relevante en el ámbito clínico, particularmente en la forma en que se toman decisiones médicas. Su capacidad para analizar grandes cantidades de información en poco tiempo y detectar patrones complejos ha abierto nuevas posibilidades en el diagnóstico, el tratamiento y el seguimiento de pacientes. No obstante, su incorporación en la práctica médica no está exenta de desafíos. Aspectos como la seguridad de los algoritmos, la claridad en la forma en que funcionan y la preparación del personal sanitario para trabajar con estas herramientas son cuestiones que no pueden pasarse por alto. Este capítulo se enfoca en revisar los principales avances relacionados con la inteligencia artificial en salud, sin dejar de lado las preocupaciones y dificultades que acompañan su implementación, así como las perspectivas a futuro que se abren a partir de esta transformación tecnológica.

2.1 Definición de inteligencia artificial

Actualmente la inteligencia artificial (IA) ha pasado de ser una noción conceptual para convertirse en una herramienta con aplicaciones concretas y significativas en numerosos campos, incluida la medicina. Su auge ha sido impulsado por avances en la informática, el aprendizaje automático y el procesamiento de datos a gran escala. En términos generales, la IA se refiere al conjunto de sistemas o algoritmos diseñados para simular capacidades propias de la inteligencia humana, como el aprendizaje, la toma de decisiones, el razonamiento y la adaptación a contextos cambiantes.

En cuanto a su enfoque clínico, la IA ha cobrado especial relevancia al ofrecer soluciones que permiten enfrentar los crecientes volúmenes de datos médicos y la complejidad de los procesos de atención. Secinaro et al. definen la IA aplicada a la salud como un conjunto de tecnologías computacionales capaces de emular funciones cognitivas humanas como el razonamiento y la toma de decisiones para asistir a los profesionales en su labor diagnóstica y terapéutica. Es importante mencionar que estas tecnologías no sustituyen

al criterio médico, sino que actúan como una herramienta que potencia su capacidad de análisis y actuación.³⁹

Por otra parte, la IA engloba distintas ramas especializadas, entre las cuales el aprendizaje automático (machine learning) es una de las más importantes. Este enfoque permite a los sistemas mejorar su rendimiento a través de la experiencia, sin necesidad de ser programados de forma explícita para cada tarea específica. Dentro de esta rama se encuentra el aprendizaje profundo (deep learning), basado en redes neuronales artificiales que replican parcialmente la estructura y funcionamiento del cerebro humano. Estas redes son particularmente eficaces para procesar imágenes médicas, señales fisiológicas y registros clínicos complejos.⁴⁰

Otra área clave es el procesamiento del lenguaje natural (PLN), que permite a las máquinas interpretar, procesar y generar lenguaje humano. En el ámbito médico, el PLN se utiliza para analizar notas clínicas, historias médicas electrónicas y literatura científica, facilitando la extracción de información relevante para la toma de decisiones. Además, el análisis predictivo, potenciado por la IA, permite anticipar complicaciones clínicas, identificar factores de riesgo y proponer estrategias de intervención personalizadas.

La IA, en su definición más amplia, representa una rama de la informática destinada a replicar la inteligencia humana mediante sistemas capaces de reconocer patrones complejos y operar a una escala y velocidad superiores a las del razonamiento humano. Este enfoque se alinea con el uso creciente de modelos predictivos y asistentes clínicos basados en IA que ayudan a los médicos a manejar grandes volúmenes de información en tiempo real.⁴¹

Más allá de su definición funcional, la implementación de la IA en salud requiere que estos sistemas sean confiables, seguros y explicables. La confiabilidad implica que el sistema pueda entregar resultados consistentes y precisos bajo distintas condiciones clínicas. La

explicabilidad, por su parte, hace referencia a la capacidad del sistema para justificar sus decisiones de forma comprensible para los profesionales de salud. Como destacan Bussone et al, la transparencia en el funcionamiento de los modelos de IA es un requisito indispensable para que los médicos confíen en las recomendaciones generadas y puedan validarlas de acuerdo con su juicio clínico.⁴²

Esta necesidad de explicación no solo responde a exigencias técnicas, sino también éticas y legales. En medicina, cada recomendación tiene consecuencias directas sobre la salud de las personas. Por ello, no basta con que un sistema sea preciso; también debe ser comprensible y verificable. Esto refuerza la idea de que la IA debe ser una aliada del profesional de salud, y no una entidad autónoma fuera del control humano.

Desde la perspectiva propia de la autora de este documento, la inteligencia artificial (IA) en medicina es una tecnología que utiliza algoritmos y sistemas computacionales avanzados para emular ciertas capacidades humanas, como el aprendizaje, el razonamiento y la toma de decisiones, con el fin de apoyar y mejorar los procesos médicos. Esto incluye analizar grandes cantidades de datos médicos, como imágenes de radiografías o resultados de pruebas, para identificar patrones complejos que pueden ser difíciles de detectar para los médicos. Gracias a la IA, es posible hacer diagnósticos más rápidos y precisos, predecir desenlaces clínicos y optimizar los tratamientos personalizados, facilitando así la labor médica y mejorando la atención al paciente. La IA no sustituye al médico, sino que actúa como una herramienta complementaria que ayuda en la toma de decisiones clínicas, haciendo el trabajo más eficiente y efectivo.

En definitiva, la inteligencia artificial representa un campo multidisciplinario en constante evolución que integra conocimientos de informática, estadística, neurociencia, ética y medicina. Su definición en el contexto clínico no puede limitarse a su capacidad técnica, sino que debe considerar su impacto en la práctica médica, en la relación médico-

paciente y en la estructura misma de los sistemas de salud. Comprender sus fundamentos es el primer paso para una implementación efectiva, ética y sostenible.

2.2 Historia y evolución de la AI

La inquietud del ser humano por reproducir comportamientos inteligentes es algo que siempre ha estado presente a lo largo de la historia. Los primeros juegos matemáticos, como el de las Torres de Hanói (hacia el 3000 a.C.) son una clara representación de una de las cuestiones que más se ha trabajado en la IA, y es la capacidad de conseguir un objetivo con

el mínimo de acciones posibles. Lograr máquinas inteligentes ya lo planteaba Aristóteles sobre el año 322 a.C. Otros ejemplos destacables y posteriores los encontramos a lo largo de la historia hasta nuestros días. Se destacan a continuación algunos de ellos.⁴³

Herón de Alejandría, durante el siglo I d.C., recoge todos los conocimientos sobre la figura de los robots en su trabajo *Autómata*. Se describen algunos de los artilugios e invenciones tanto propios como ajenos. Muchos de estos mecanismos tenían connotaciones o propósitos religiosos y, cada vez con más frecuencia, buscando divertimento e incluso acompañamiento.⁴³ Es importante mencionar, que la mayoría de estos mecanismos estaban realizados a base de engranajes, palancas y sistemas de conducción de agua o de vapor, y piezas mecánicas, aunque en muchos casos eran configuraciones realmente rocamboleras, como permitir la apertura de las puertas de un templo de forma automática al encender un fuego a su entrada intentaban dar vida a aves aleteando y bebiendo agua de una fuente. A Herón también se le atribuye la invención de la Eolípila, dispositivo capaz de transformar energía térmica en energía mecánica, y primer antepasado conocido de la máquina de vapor que tanto impacto tuvo en la Revolución Industrial.

Por otra parte, el antiguo Egipto también fue un referente por la gran cantidad de artefactos mecánicos que se construyeron. La mayoría de ellos buscaban asombrar y causar temor a todo aquel que los contemplara. Es evidente que los avances de cada época han estado basados en lo que la técnica en ese momento permitía. Claramente estamos aún lejos en esta época de emular al ser humano con artilugios que se basan básicamente en mecanismos y engranajes, pero, conforme ha ido avanzando la tecnología, como a continuación se describe, y sobre todo con la aparición del computador y la IA, cada vez se está más cerca.⁴³

Ahora bien, resulta realmente importante destacar las aportaciones de Leonardo da Vinci, que no pudo tampoco resistirse a la tentación de crear por sí mismo alguna forma de vida artificial como, por ejemplo, el león mecánico que Francisco I le encargó construir a comienzos del siglo XVI. Fue entonces que en pleno siglo XX, fue en el verano de 1956, en Dartmouth College, donde John McCarthy, Marvin Minsky (MIT), Allen Newell y Herbert Simon (Carnegie-Mellon), junto a otros estudiosos, establecen los objetivos de la IA. Pero no debería olvidarse a Turing, no solo por su famoso test, sino también porque ayudó unos años antes, sobre 1945, a lo que sería la IA.⁴⁴

A partir del año que se menciona con anterioridad la IA es un campo de la ciencia y la ingeniería que se ocupa de la comprensión, desde el punto de vista informático, de lo que se denomina comúnmente comportamiento inteligente. También se ocupa de la creación de artefactos que exhiben este comportamiento. La IA trabaja en diferentes campos como la representación del conocimiento, búsqueda heurística, procesamiento de lenguaje natural, aprendizaje automático y, en sus comienzos, en el desarrollo de sistemas expertos.

Es entonces en los años 60 cuando se comienzan a hacer las primeras investigaciones en torno a la IA. En este periodo y hasta los años 70, se trabaja fundamentalmente en los primeros lenguajes de programación como LISP, en temas de heurística, robótica y, sobre todo, en sistemas expertos como Dendral. Algunas de estas líneas de trabajo se desarrollan a

continuación. Una de las líneas de trabajo, tiene que ver con los formalismos de representación del conocimiento que proporcionan las herramientas necesarias para codificar la realidad en un computador.⁴⁵

Sin embargo, en los años 70 y 80, la IA vivió una etapa con gran interés en el conocimiento, y es precisamente en esta etapa donde surge la mayoría de las propuestas de representación del conocimiento. Esto es consecuencia del auge inicial de los sistemas expertos (SE) y los sistemas basados en conocimiento (SBC). La mayoría de los sistemas de representación parten del hecho de que el conocimiento se adquiere a partir de la experiencia, esto hace que haya mucha similitud en cómo abordan el aprendizaje del mismo.⁴⁵

También, en analogía con el ser humano, consideran la capacidad de generar nuevo conocimiento a partir del que ya posee, por lo que el método se basa en la inferencia a partir del conocimiento existente. Un factor esencial en los sistemas de representación es definir el ámbito y naturaleza del conocimiento que se pretende representar, para acotar el conocimiento general que es muy amplio. Otra de las líneas de trabajo que se está desarrollando es la búsqueda heurística. Básicamente consiste en localizar la solución más idónea para un problema entre un abanico de soluciones disponibles. En muchas ocasiones, se desconoce cuál es la mejor solución posible. A veces se habla de solución «buena», entendida esta como la mejor solución entre las encontradas y que satisface unos criterios de calidad básicos exigidos previamente. La palabra heurística proviene del griego *heurískein*, que significa «hallar», «inventar». Una búsqueda puede realizarse al azar o puede estar guiada mediante algún tipo de estrategia o procedimiento razonado. Lo que en términos coloquiales sería fuerza bruta o establecer algunos criterios que permitan una búsqueda más inteligente.⁴⁵

En relación con lo anterior, un algoritmo de búsqueda heurística es un algoritmo computacional que ofrece un mecanismo para encontrar buenas soluciones ante un problema

dato. No siempre garantiza que será capaz de encontrar la solución óptima al problema, o que será capaz de encontrar esa solución empleando un tiempo aceptable, ya que en algunas ocasiones estos algoritmos proporcionan soluciones de poca calidad o se ejecutan empleando un coste computacional alto. En resumen, el concepto de búsqueda heurística hace referencia a algoritmos computacionales que proponen un mecanismo para encontrar buenas soluciones, sin garantizar que sean soluciones óptimas, ante un problema dado. Cuanta más información se proporcione al algoritmo, mayor será la capacidad para mejorar la solución.

Existen diversas familias y tipologías de algoritmos de búsqueda heurística. Algoritmos voraces, ramificación y poda, minimax, son algunos ejemplos. Estos algoritmos pueden exigir para su ejecución importantes recursos computacionales, por lo que es necesario estudiar de antemano la complejidad temporal y espacial del algoritmo. Una tercera línea de trabajo está relacionada con el aprendizaje automático. En sus primeras aportaciones existía un denominador común que consistía fundamentalmente en reconocer y clasificar patrones. Las redes neuronales fueron el elemento clave, adecuadamente entrenadas son capaces de mostrar buenos resultados.⁴⁴

2.3 Aplicaciones de la inteligencia artificial

La disponibilidad de mayor poder de cálculo y el acceso a grandes volúmenes de datos digitalizados han permitido avances fundamentales en inteligencia artificial durante las últimas décadas, incluyendo adelantos a gran velocidad en las áreas de procesamiento de imágenes y procesamiento de lenguaje natural. Estos avances han permitido su aplicación en prácticamente todos los sectores productivos, servicios y áreas del saber. Ejemplos de estos sectores incluyen educación, salud, agricultura, transporte, finanzas, recursos humanos, ciberseguridad, redes sociales, entretenimiento, astronomía y robótica, entre muchos otros.

2.3.1 Inteligencia artificial en salud

La atención médica y el cuidado de la salud están bajo una gran presión debido al aumento de costos, la escasez de personal altamente calificado, el diagnóstico tardío de muchas enfermedades, el acceso limitado y desigual a servicios de salud, el envejecimiento creciente de la población y el aumento de enfermedades crónicas. El desarrollo de nuevas tecnologías, incluyendo avances fundamentales en inteligencia artificial, son cada vez más importantes para hacer frente a estos retos.⁴⁵ En particular se espera que la inteligencia artificial tenga un rol preponderante en:

- Generación y análisis de cantidades masivas de datos digitalizados generados por los pacientes, los que incluyen datos genéticos, pruebas de laboratorio, historias clínicas electrónicas, parámetros fisiológicos monitoreados por sensores portátiles, imágenes médicas, reportes médicos, parámetros fisiológicos monitoreados por dispositivos en el hogar a través del internet de las cosas (IoT), entre muchos otros.
- Aumento de la productividad de los profesionales de la salud mediante la automatización y simplificación de tareas, permitiendo así un aumento de capacidades y la concentración de los esfuerzos de los profesionales de la salud en la atención de pacientes.
- Reducción de costos mediante el desarrollo de procesos y tecnologías más eficientes y menos costosas (por ejemplo, adquisiciones más rápidas de imágenes médicas, dispositivos médicos menos costosos, etc.) y gracias a la toma de mejores decisiones relacionadas a la salud realizadas de manera más temprana
- Cambio de paradigma desde tratamiento centrado en la enfermedad hacia una gestión de la salud centrada en el paciente mediante avances hacia medicina predictiva, preventiva y personalizada, potenciados por el procesamiento de cantidades masivas de datos de pacientes y biobancos.

- Mejora de la accesibilidad a servicios de salud mediante la automatización y simplificación de tareas y la atención médica remota en tiempo real, permitiendo mayor accesibilidad a regiones remotas/áreas de la población que no cuentan con acceso a suficientes profesionales de la salud altamente calificados o a tecnología de punta de alto costo y/o de difícil operación.⁴⁶

2.3.2 Áreas de aplicación de la inteligencia artificial en salud

Los desarrollos basados en inteligencia artificial tienen aplicaciones en una amplia gama de aspectos de la atención médica y cuidado de la salud, los cuales se pueden dividir de manera general en: gestión y administración, consulta y comunicación con el paciente, diagnóstico, tratamiento y pronóstico, y salud pública. En el ámbito de la gestión y la administración, esto incluye la programación automatizada de citas médicas, la programación automatizada de citas de seguimiento, predicción de pacientes que con alta probabilidad no asistirán a su cita médica y mitigación de posibles ausencias, soluciones para mejorar la asignación de camas hospitalarias, mejora de la programación de quirófanos y salas de cirugías, mejora de la gestión de historiales médicos, mejora y automatización de la facturación de pagos, entre muchas otras.

En términos de consulta y comunicación con el paciente, esto incluye consultas médicas de manera remota, notas clínicas automatizadas, prescripción de medicamentos automatizada/asistida, chatbots para la interacción con el paciente, entre otros. En cuanto al diagnóstico, tratamiento y pronóstico, se incluye la detección y el diagnóstico precoz, preciso y eficiente, basados en innovaciones en radiología (imágenes médicas), patología, genómica, y otros campos; la generación de informes médicos automatizados; la monitorización remota de pacientes; la planificación y realización de cirugías/intervenciones asistidas de manera remota; el desarrollo de terapias y tratamiento con robótica médica; y el descubrimiento y desarrollo más eficiente de fármacos.⁴⁶

2.4 Desafíos para la adopción de la inteligencia artificial en salud

A pesar de los enormes avances en el ámbito de la investigación, la adopción de la inteligencia artificial en el área de la salud ha sido más lenta que en otros campos. Hay un gran número de resultados de investigación recientes que sugieren que la inteligencia artificial puede rendir igual que los médicos en la toma de decisiones; los ejemplos van desde la medicina de precisión basada en genómica hasta el escaneado de retina y el análisis de imágenes radiológicas para detección temprana de enfermedades, incluyendo por ejemplo varios tipos de cáncer.

Así mismo, las empresas tecnológicas, como Google y Meta, entre varias otras, también están trabajando para construir modelos de predicción a partir de grandes volúmenes de datos y proporcionar un mejor apoyo en la toma de decisiones a los profesionales de la salud. Sin embargo, todavía existen varios desafíos fundamentales que deben abordarse para permitir la adopción generalizada de soluciones basadas en inteligencia artificial en la práctica clínica.

Esto porque en el área de la salud, los desarrollos de la inteligencia artificial deben guiarse por una constante preocupación en el impacto humano y clínico y, por lo tanto, se requiere prestar atención a las implicaciones éticas, legales y sociales de la inteligencia artificial, así como a los sesgos presentes en los datos y algoritmos; las preocupaciones relacionadas con la privacidad y la confidencialidad de los datos; las disparidades en salud; y las consecuencias sociales adversas y no intencionadas de la investigación y el desarrollo de la inteligencia artificial en salud.

Estos desafíos pueden clasificarse de manera general en:

- Disponibilidad y acceso a datos de diferentes modalidades (datos genéticos, imágenes, reportes médicos, listas de esperas) organizados y anotados/etiquetados

que permitan el entrenamiento adecuado de algoritmos y herramientas de inteligencia artificial.

- Generalización adecuada de las herramientas y algoritmos de inteligencia artificial a diferentes poblaciones y entornos. Es común escuchar del éxito de herramientas entrenadas en datos de un cierto centro médico, en una población específica o un lenguaje dado, que son exitosos cuando se evalúan en datos similares a los de entrenamiento, sin embargo, fallan o tienen resultados menos exitosos cuando se generalizan a nuevos datos.
- Generación de confianza, por ejemplo, mediante el desarrollo de algoritmos de control de calidad, y el desarrollo de modelos explicables que los profesionales de la salud puedan entender y en los que puedan confiar, y el desarrollo de modelos de inteligencia híbrida donde máquina y humanos trabajan juntos con el objetivo no de reemplazar, sino que de aumentar las capacidades humanas.
- Equidad y mitigación de sesgos no intencionados presentes en datos de entrenamiento y en los algoritmos.
- Privacidad y protección de pacientes y datos, por ejemplo, mediante el aprendizaje federado, un paradigma de aprendizaje que trata de resolver el problema de la gobernanza y la privacidad de los datos entrenando algoritmos en colaboración sin la necesidad de compartir los datos.
- Formación de profesionales de la salud para la adopción de herramientas basadas en inteligencia artificial e integración de la inteligencia artificial en los planes de estudios de las carreras de medicina y afines
- Proteger la autonomía humana (lo que significa que los seres humanos deben conservar el pleno control de los sistemas sanitarios y las decisiones médicas).
- Promover el bienestar y la seguridad de las personas y el interés público.

- Garantizar la transparencia, la claridad y la explicabilidad.
- Fomentar la responsabilidad e imputación de responsabilidad (rendición de cuentas).
- Garantizar la inclusión y la equidad.
- Promover herramientas de inteligencia artificial que sean receptivas y sostenibles.⁴⁶

2.5 Ética de la IA

A diferencia del desarrollo mismo de esta tecnología, menciones sobre ética de IA comienzan a florecer en el ámbito de la investigación recién en el año 2016. Anteriormente, las menciones sobre ética en trabajos de investigación sobre IA eran esporádicas. Un grupo de investigadores sistematizó este fenómeno realizando un recuento de citas de Google Scholar para identificar las tendencias históricas. Los resultados muestran que es desde el 2016 en adelante que los problemas éticos de la IA se vuelven parte central y decisiva del desarrollo de la disciplina.⁴⁶

En relación con lo anterior, existen diferentes factores atribuibles a este cambio exponencial en el interés y formalización de las investigaciones sobre ética de IA. Allí, los autores expresan su ambición de presentar aspectos fundacionales para sentar las bases de la discusión de la ética de datos, como una nueva rama de estudio que busca evaluar problemas morales relacionados a amplias implementaciones, incluyendo la generación, el registro, la conservación, el procesamiento, la difusión, el intercambio y uso de algoritmos.⁴⁶

Estas temáticas incluyen la inteligencia artificial, los agentes artificiales, el aprendizaje automático y los robots, además de las prácticas correspondientes como la innovación responsable, la programación, la piratería informática y los códigos profesionales, con el fin de formular y apoyar soluciones moralmente buenas. Este controversial caso se ha convertido en un referente para instalar problemas éticos en la implementación de algoritmos en ámbitos de alta connotación pública y con profundos

impactos sociales, poniendo temas como la disparidad de raza y género, la discriminación sistemática, las definiciones de justicia y la influencia de los sesgos.⁴⁶

2.6 Tipos de IA

La inteligencia artificial (IA) se ha consolidado como uno de los campos de mayor auge en el ámbito de la tecnología moderna. En las últimas décadas, su desarrollo ha sido vertiginoso, transformando múltiples sectores y abriendo nuevas posibilidades en áreas que van desde la medicina y la educación hasta la industria y el entretenimiento. La rapidez con la que avanza la IA refleja no solo el interés de la comunidad científica y tecnológica, sino también la creciente demanda de soluciones automatizadas que puedan mejorar la eficiencia, reducir costos y ofrecer respuestas más precisas a problemas complejos.

A pesar de su rápida expansión, la inteligencia artificial todavía se encuentra en una etapa en la que su clasificación y comprensión presentan ciertos desafíos. Existen diferentes maneras de categorizarla, pero una de las más aceptadas en la actualidad es la que distingue entre tres tipos principales: la inteligencia artificial estrecha (ANI), la inteligencia artificial general (AGI) y la superinteligencia artificial (ASI). Cada una de estas categorías representa un nivel distinto de capacidad y complejidad en los sistemas artificiales.

La inteligencia artificial estrecha, es la forma más común y ampliamente utilizada en la actualidad. Estos modelos están programados para cumplir funciones concretas y no poseen conciencia ni comprensión del contexto más allá de su programación. La ANI ha demostrado ser extremadamente útil en diversas aplicaciones prácticas, permitiendo automatizar procesos que antes requerían intervención humana y mejorando la precisión y velocidad en tareas repetitivas.

Por otro lado, la inteligencia artificial general (AGI) representa un nivel mucho más avanzado y aún teórico. Se refiere a sistemas que podrían entender, aprender y aplicar conocimientos en diferentes áreas, de manera similar a la inteligencia humana. La AGI sería capaz de realizar cualquier tarea cognitiva que un ser humano pueda realizar, incluyendo la creatividad, el razonamiento abstracto y la resolución de problemas complejos.⁴⁷

Finalmente, la superinteligencia artificial (ASI) sería una forma de IA que superaría ampliamente las capacidades humanas en todos los aspectos, incluyendo la creatividad, la sabiduría y la inteligencia emocional. La idea de una ASI plantea cuestiones éticas, filosóficas y de seguridad muy profundas, ya que su existencia podría transformar radicalmente la sociedad y la vida en el planeta.⁴⁷

En la actualidad, la mayoría de los avances y aplicaciones prácticas en inteligencia artificial corresponden a la ANI. Este tipo de IA ha sido la base para numerosos desarrollos tecnológicos que han cambiado la forma en que interactuamos con la tecnología y cómo se llevan a cabo diferentes procesos en distintos ámbitos. Sin embargo, la comunidad científica continúa investigando y debatiendo sobre las posibilidades y limitaciones de los otros dos tipos de IA, especialmente en lo que respecta a la creación de sistemas que puedan igualar o superar la inteligencia humana en todos sus aspectos.⁴⁷

En resumen, aunque la inteligencia artificial ha avanzado significativamente en los últimos años, todavía estamos en una etapa en la que predominan los sistemas estrechos, diseñados para tareas específicas. La visión de una IA general o superinteligente sigue siendo un objetivo a largo plazo, rodeado de debates éticos, técnicos y filosóficos. La evolución futura de esta tecnología dependerá no solo de los avances científicos, sino también de cómo la sociedad decida regular, controlar y aprovechar estas poderosas herramientas para el beneficio común.

2.6.1 *Inteligencia artificial estrecha (ANI)*

La inteligencia artificial estrecha es la que se usa en la actualidad y también es conocida como IA "débil". Aunque las tareas que realiza la ANI pueden ser impulsadas por algoritmos de suma complejidad y redes neuronales, son muy singulares y están orientadas a objetivos. En la actualidad, la inteligencia artificial estrecha se puede vivir de varias formas, entre ellas las búsquedas en internet, el reconocimiento facial y los vehículos auto conducidos. Esta se encuentra todavía muy lejos de tener los componentes humanos que se atribuyen a la verdadera inteligencia, por lo que pese a su alcance y poder se le califica como "débil".⁴⁷

Los componentes principales de la ANI son los siguientes:

Aprendizaje profundo (Deep Learning) con reconocimiento de pautas. El aprendizaje profundo es un área de la inteligencia artificial que imita el funcionamiento del cerebro humano en el procesamiento de datos y la creación de patrones para su uso en la toma de decisiones. El aprendizaje profundo es un subconjunto del aprendizaje automático capaz de aprender sin supervisión a partir de datos sin estructurar o sin etiquetar.

Aprendizaje de máquina (Machine Learning). Es una aplicación de la inteligencia artificial que utiliza técnicas estadísticas para que los sistemas informáticos se doten de las capacidades necesarias para aprender automáticamente y mejorar sus experiencias sin estar explícitamente programados.

Neuro Computación (Neuro Computing). Es una imitación de la acción del cerebro humano utilizando redes (electrónicas) neuronales.

Procesamiento de lenguaje (Natural Language Processing). Un área de la inteligencia artificial relacionada con las interacciones entre las computadoras y los lenguajes humanos (naturales), en particular, trata sobre cómo programar a las computadoras para procesar y analizar grandes cantidades de datos en lenguaje natural.⁴⁸

2.6.2 Inteligencia artificial general (AGI)

Al ritmo que ha avanzado la ciencia de la computación en los últimos 50 años, resulta muy complicado anticipar cuál será el futuro de la inteligencia artificial (Teigens et al., 2020). Sin embargo, la inteligencia artificial general (AGI) debería tener la capacidad de llevar a cabo con eficiencia cualquier tarea intelectual, al igual que un ser humano. Así como lo hacen los sistemas de IA estrecha, la AGI tiene la propiedad de aprender de la experiencia, así como detectar y prever patrones. No obstante, la inteligencia artificial general puede llevar el proceso un paso más allá al extrapolar ese conocimiento por medio de una gran gama de tareas que no son abordadas por algoritmos que ya existen ni datos adquiridos con anterioridad.⁴⁷

2.6.3 Superinteligencia artificial (ASI)

La ASI cuenta con sistemas completamente autoconscientes y tiene la propiedad de entender a la perfección los comportamientos humanos, mucho más allá de simplemente imitarlos o entenderlos. Así, con el poder que le da contar con rasgos humanos y un poder analítico y de procesamiento mucho más poderosos que los nuestros, puede representar un futuro de ciencia ficción sólo visto en producciones cinematográficas, en el cual la propia humanidad sea considerada cada vez más obsoleta y, por ende, desplazada por los robots.⁴⁷

2.7 Machine learning

Aprendizaje automático (ML), también conocido como aprendizaje de máquina, es una rama de la inteligencia artificial (IA) que ha experimentado un rápido crecimiento recientemente. La comunidad científica está cada vez más interesada en las herramientas educativas que incorporan tecnología inteligente, ya que tienen el potencial de transformar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Investigaciones actuales en ML aplicado a la educación abordan diversos temas como percepción docente, percepción estudiantil, rendimiento académico, deserción escolar, pensamiento computacional, entre otros, demostrando el impacto de las técnicas inteligentes en la resolución de problemas complejos en la educación. Revisiones sistemáticas sobre IA y ML han identificado palabras clave comunes y analizado los algoritmos utilizados en investigaciones educativas. A pesar de que la mayoría de las revisiones se han centrado en el ámbito universitario, algunas han explorado niveles educativos más tempranos, como primaria y secundaria.

La diferencia entre ML e IA radica en que el primero se enfoca en que los sistemas aprendan de los datos, mientras que la IA permite que los sistemas realicen tareas de manera autónoma. Ambos campos comparten el objetivo de crear sistemas capaces de realizar tareas humanas y utilizan técnicas matemáticas y estadísticas para procesar datos. El uso de ML en educación ha permitido desarrollar algoritmos efectivos para predecir situaciones basándose en grandes volúmenes de datos. Estas técnicas inteligentes han sido útiles para abordar problemas dinámicos en entornos educativos y apoyar a educadores y estudiantes.

La integración de IA en el ámbito educativo ofrece diversas oportunidades para directivos, docentes y estudiantes, como el uso de ChatGPT en softwares como Microsoft Office y Edge. La competencia digital docente es crucial en este contexto. Investigaciones

recientes en educación buscan cerrar brechas educativas mediante el uso de ML e IA, que se presentan como alternativas para lograr resultados óptimos. El avance tecnológico, en especial en tecnologías emergentes como la IA y el ML, es esencial para abordar desafíos en la educación y mejorar los resultados educativos de los estudiantes.

Los actuales planes de estudio son constantemente actualizados, en este sentido, el desarrollo curricular, para dar respuesta a las demandas que impone la sociedad del conocimiento, debe llevar a cabo, la inclusión de temáticas y la realización de algunas actividades basadas en el ML e AI en todos los niveles escolares, permitiendo dinamizar los procesos de enseñanza-aprendizaje. No obstante, la complejidad y la dinámica de la enseñanza de la IA ponen de manifiesto la necesidad de un examen detallado del proceso de elaboración de planes de estudios en un contexto determinado (Dai et al., 2022), mostrando la relevancia de evaluar planes de estudio en todas las áreas de enseñanza y cómo enfocarlas de acuerdo con el contexto.

Los procesos educativos junto con estas técnicas y herramientas inteligentes aplicadas dentro y fuera del aula, han llevado a que se trate con moderación su implementación debido a las consideraciones éticas que ello implica. Tanto así, que los docentes deben capacitarse y estar actualizados para hacer frente a los procesos de enseñanza, mejorando competencias como las comunicativas, investigativas, pedagógicas, tecnológicas, de gestión, entre otras. Tal como lo refiere la UNESCO en el Consejo de Beijing sobre la IA y la educación, los sectores educativos deben afrontar la integración de la CDD sobre IA en los marcos de competencias TIC, para apoyar en la formación del personal docente en entornos educativos con fuerte presencia de la IA.

La inclusión del ML en la educación ha hecho que la transformación digital sea de gran provecho para todos los actores educativos, generando que el sistema educativo sea más cómodo tanto para los profesores como para los alumnos (Nafea, 2018), No obstante, también

sería de gran provecho para directivos docentes y familiares, quienes son un importante referente de cualquier comunidad educativa y están estrechamente relacionados en los beneficios que estas nuevas tecnologías puedan generar.

La actualización profesional de los docentes en IA y ML es un reto para las instituciones educativas. Para que la transformación digital en las aulas sea una realidad, los profesores deben estar preparados para adaptar la tecnología a sus prácticas docentes lo que requiere sólidos conocimientos en estas áreas. La falta de estos conocimientos limita la implementación óptima de las tecnologías de IA y ML en la educación. Por ello, los directivos docentes deben asumir el desafío de liderar la actualización de la CDD.⁴⁹

2.8 Deep learning

La red neuronal biológica se considera el mejor sistema organizado para procesar información de varios sentidos, como la visualización, el oído, el tacto, el gusto y el olfato de una manera efectiva. Uno de los mecanismos más importantes del procesamiento de la información en el cerebro humano es la información sofisticada de alto nivel, que se procesa a través de compuestos, de una gran cantidad de elementos estructuralmente simples. En la capacitación automática, las redes neuronales artificiales son un modelo de un modelo que imita la elegancia estructural del sistema neural y enseña modelos asociados con las observaciones.

La idea surgió de un psicólogo Frank Rosenblata, que desarrolló Perceptron " el primer algoritmo, que entrena una red neuronal basada en McCulloch y Pitts", que, aunque es la red biológica la que no respeta, da un resultado simple, la neurona agrega varias entradas a la sináptica. Selando una función de activación del régimen (funciones no lineales utilizadas para modelar dinámicas relativamente complejas), se pueden apilar varias neuronas en una

capa para generar varias salidas, estos parámetros neurales se calculan para reducir la diferencia entre la salida deseada y la salida real conocida como errores.

Luego, en 1969, Minsky publicó con el papeleo "Perceptrons" 12, donde mostraron todas las restricciones de Perceptron, especialmente en clases que no están separadas linealmente, como la función XOR (función lógica o exclusiva) el argumento de Minsky contra la captura que era Rosenblatt. algún período de progreso. Las redes neuronales se pueden organizar en varias capas.⁵⁰

Durante varios años, las perspectivas no eran buenas para las redes neuronales, pero ¿por qué? La idea de combinar era usar muchas capas de neurona matemáticamente simples para resolver problemas complejos. La solución era desarrollar un procedimiento de aprendizaje para redes neuronales más complejas que los puntos de percepción simples, creando una representación interna o subprocedimiento de una tarea en particular, y estas representaciones se modelan con capas "ocultas" con condiciones no especificadas en la tarea.

Por último, los beneficios arquitectónicos multicapa y la usabilidad en la red de neuronas se dieron a conocer, se buscó una forma práctica de ajustar los ejemplos ocultos de capas de entrenamiento para reducir el valor del valor cercano a cero. La forma elegante de resolver este problema se desarrolló con un algoritmo llamado "formación de retroceso", que utiliza un cono de cadena (la ecuación utilizada en el cálculo para encontrar un derivado de la función integrada), es decir, la salida depende de la salida neural para la capa oculta, cálculo.

2.8.1 Deep learning y datos medicos

El uso de la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático en el ámbito médico no es algo reciente. Desde las primeras etapas del desarrollo informático, estas tecnologías han sido empleadas para el análisis de datos clínicos, incluyendo estudios por imágenes. Ya en los años setenta comenzaron a desarrollarse los sistemas de diagnóstico asistido por computadora. mientras que el análisis automatizado de señales biológicas, como los electrocardiogramas, lleva décadas utilizándose. Sin embargo, en los últimos diez años se ha observado una explosión en la cantidad de datos generados en salud, lo que ha llevado a la consolidación del campo conocido como big data y al desarrollo de la disciplina denominada análisis de big data.⁵¹

Cuando se capturan e interpretan adecuadamente, los macrodatos médicos en formatos estructurados o no estructurados pueden ofrecer ventajas significativas. Entre ellas, la reducción de costos en los servicios sanitarios, la detección temprana de brotes epidémicos, el diseño de tratamientos personalizados, el apoyo a profesionales en zonas remotas y la mejora global en la calidad de vida de los pacientes. El reto actual consiste en obtener la mayor cantidad posible de información útil de un paciente desde etapas tempranas, con el objetivo de identificar signos de enfermedades en fases incipientes, cuando el tratamiento es más eficaz y menos costoso.⁵¹

No obstante, a pesar de los avances en imágenes médicas, la organización y estandarización de la información clínica aún presentan grandes desafíos. En numerosos países, las historias clínicas se mantienen en formato papel, y en aquellos con registros digitalizados, los datos suelen ser fragmentarios e inconsistentes. Estas bases de datos pueden incluir desde información demográfica hasta notas clínicas escritas en lenguaje natural, lo

que complica el procesamiento automatizado. Tanto para las redes neuronales profundas como para los humanos, esta heterogeneidad dificulta la identificación de patrones fiables.

Además, el tiempo que el personal médico dedica a ingresar datos al sistema, ya sea manualmente o en registros electrónicos, podría emplearse más eficientemente en la atención directa del paciente. En respuesta a esta problemática, se están desarrollando herramientas basadas en aprendizaje automático que permiten procesar el lenguaje natural entre médico y paciente para generar automáticamente las anotaciones clínicas. Esta línea de investigación ha cobrado importancia, ya que se ha demostrado que la gestión de documentación médica es una de las principales causas de pérdida de productividad entre profesionales sanitarios, especialmente en Estados Unidos, donde se estima que los médicos dedican entre un 34% y un 55% de su jornada a estas tareas.⁵²

Otra problemática importante es la calidad desigual de los datos de salud en poblaciones con bajos ingresos. Estos registros, especialmente cuando provienen de instituciones fragmentadas, pueden contener errores u omisiones que reducen la eficacia de los algoritmos de aprendizaje profundo, lo que a su vez puede perpetuar las brechas existentes en el acceso a servicios médicos de calidad.⁵²

Las redes neuronales profundas resultan particularmente adecuadas para analizar grandes volúmenes de datos complejos y no estructurados como imágenes médicas, historiales clínicos electrónicos o datos obtenidos de sensores biomédicos sin necesidad de una previa extracción manual de características. A diferencia del aprendizaje automático tradicional, que requiere una fase intermedia de selección de atributos, el deep learning permite construir modelos capaces de identificar automáticamente variables relevantes y patrones predictivos en los datos.⁵²

En el campo médico, este tipo de algoritmos ha tenido un impacto significativo en diversas aplicaciones, como la identificación de mitosis anómalas en tejidos de cáncer de mama mediante redes convolucionales profundas. También se han utilizado para clasificar mutaciones genéticas con el fin de predecir la aparición de enfermedades como el autismo, ciertos tipos de cáncer hereditarios o la atrofia muscular espinal. Asimismo, han facilitado el descubrimiento de compuestos con actividad farmacológica y el diagnóstico temprano del Alzheimer en su fase prodrómica, conocida como deterioro cognitivo leve.⁵¹

Uno de los campos donde la inteligencia artificial ha demostrado mayor avance es el análisis de imágenes médicas, gracias al uso de redes convolucionales (CNN), las cuales han alcanzado niveles de precisión similares a los del ojo humano en tareas de clasificación visual. Estas técnicas se emplean, por ejemplo, para detectar lesiones sospechosas en estudios de imágenes como tomografías, mamografías, resonancias magnéticas o fondos de ojo. En especialidades como la dermatología, oftalmología, radiología y anatomía patológica, se han obtenido resultados prometedores en el diagnóstico automatizado.⁵¹

Los algoritmos de detección y segmentación permiten ubicar zonas específicas dentro de una imagen que pueden representar estructuras anormales. Las CNN transforman gradualmente los datos visuales en mapas de probabilidad que permiten identificar con precisión la clase a la que pertenece un objeto. De este modo, se han alcanzado resultados destacables en la detección de enfermedades como el melanoma, la retinopatía diabética, afecciones cardiovasculares y anomalías estructurales en la columna vertebral.

Otra área en expansión es el procesamiento del lenguaje natural (PLN), que se centra en comprender textos y discursos humanos. Las redes neuronales recurrentes (RNN) son especialmente útiles en esta tarea, ya que manejan secuencias de datos como conversaciones, registros clínicos o notas médicas. Los avances más notorios en esta área incluyen la traducción automática, la generación de lenguaje y la creación de subtítulos para imágenes.

En el sector salud, estas tecnologías permiten extraer información de registros médicos electrónicos, que en organizaciones grandes pueden registrar la atención de más de diez millones de pacientes en un lapso de diez años. Incluso una sola hospitalización puede generar cerca de 150.000 datos individuales.⁵¹

El uso de redes neuronales profundas para analizar este tipo de información está creciendo de forma acelerada. Aunque hoy en día la mayoría de los modelos predictivos se basan en datos estructurados, como resultados de pruebas o diagnósticos codificados, se están explorando métodos no supervisados que permiten al sistema aprender de manera autónoma a partir de datos sin etiquetar. Estos modelos son entrenados para comprimir y reconstruir información, lo que permite identificar patrones útiles para anticipar diagnósticos específicos, incluso a partir de información heterogénea o en formato papel.

2.9 Neuro Computing

La neurocomputación también conocida como Computación Neuromorf, es una disciplina interdisciplinaria que combina la neurociencia, la ingeniería y la informática para desarrollar y desarrollar sistemas de tratamiento de información que inspiren el cerebro humano. Use modelos neuronales para imitar la estructura y el comportamiento del sistema nervioso y la red neuronal cerebral. Este sistema utiliza redes neuronales artificiales altamente especializadas y paralelas

Complejo efectivo y escalable. La neurocutación difiere de la computación clásica, donde los sistemas neuromórficos pueden aprender, ajustar y mejorar continuamente su rendimiento y, por lo tanto, imitar la plasticidad del cerebro. La función del cerebro humano lo inspira a desarrollar sistemas informáticos muy efectivos y adaptativos. El objetivo principal de la neurocutación es diseñar sistemas que puedan procesar y dominar información similar a cómo lo hace el cerebro humano.

Actualmente se puede afirmar que esta disciplina contribuye al desarrollo de una variedad de áreas teóricas destinadas a obtener una mejor comprensión de las redes neuronales y los sistemas de capacitación, incluidos los métodos arquitectónicos, de aprendizaje, las redes, la teoría del aprendizaje, la autoorganización, el modelado de redes neuronales biológicas, las transformaciones sensoriomotivas e interdisciplinarias. Temas con inteligencia artificial, vida artificial, ciencia cognitiva, teoría del aprendizaje de cálculo, lógica difusa, algoritmos genéticos, teoría de la información, aprendizaje automático, neurobiología y reconocimiento del modelo.

La neurocutación cubre los aspectos prácticos del progreso del entorno de desarrollo de hardware y software en el caso de la neurocutación, incluido el entorno de software de simulación, la arquitectura de equipos de emulación, modelos de computadora modernos, neurocutores y neurohipus (digital, analógico, óptico y biodysposal). La neurocutación se utiliza en una variedad de áreas que incluyen procesamiento de señales, procesamiento de voz, procesamiento de imágenes, visión por computadora, control, robótica, optimización, programación, asignación de recursos y pronóstico financiero.

Principios de neurocutación. La neurocutación se basa en los siguientes principios centrales:

- Red de neuronas artificiales: Modelos matemáticos y de cálculo que imitan el funcionamiento de las neuronas biológicas y su interconexión en el cerebro. Estas redes se organizan en capas y se utilizan para dominar modelos complejos y realizar tareas especiales, reconocimiento del modelo, clasificación, predicción y en otros lugares.
- Plástico sináptico: Es una conexión entre las neuronas (sinapsis) para cambiar y ajustar según la experiencia y el aprendizaje. Los modelos de neurocutación tienen esta característica para que el sistema aprenda y mejore el tiempo.

- Paralelismo y eficiencia energética: El cerebro humano es extremadamente efectivo en el consumo de energía y la masa y el tratamiento paralelo. La neurocutación trata de repetir este paralelo para realizar tareas complejas con parte de los sistemas tradicionales de consumo de energía. Aplicaciones de neurocutación

La neurocutación tiene una amplia gama de aplicaciones, que incluyen:

- Neurociencia y biología: Esto le permite modelar y probar el comportamiento neuronal y el sistema nervioso. Como parte de la neurociencia, los modelos de formación de neuroconos se utilizan para modelar el comportamiento de la red neuronal y comprender mejor el funcionamiento del cerebro humano.
- Inteligencia artificial: Para mejorar la precisión y la velocidad del algoritmo de entrenamiento automático y el tratamiento del lenguaje natural, así como una amplia gama de aplicaciones para reconocer modelos, imágenes, procesamiento del lenguaje natural y aprendizaje automático en su conjunto.
- Medicina y ciencias de la salud: Se utiliza en estudios médicos y diagnósticos, como el análisis de resonancia magnética, la detección temprana de enfermedades neurológicas y el examen de la actividad cerebral utilizando electroencefalografía (EEG). F facilita el diagnóstico médico, el pronóstico de enfermedades y el desarrollo de fármacos.
- Rehabilitación y fisioterapia: En caso de rehabilitación del paciente después del daño cerebral o accidente cerebrovascular para desarrollar la terapia personalizada.
- Terapia cognitiva: La terapia cognitiva y el entrenamiento de Neurofeed se utilizan para ayudar a las personas a regular su actividad cerebral. Esto puede ser útil para tratar los trastornos, como los trastornos del déficit de atención y la hiperactividad (TDAH) y la ansiedad.

- Gestión de procesos industriales: Esto le permite optimizar y controlar procesos industriales sofisticados, como coeficientes, gestión de la cadena de suministro y automatización del sistema.⁵³

2.10 Natural Language Processing

El lenguaje se determina como un medio para comunicar y expresar personas racionales, este entorno está respaldado por la conexión de caracteres de conexión a ciertos significados. A menudo llamamos un idioma, como inglés, español, alemán, entre otras cosas, en constante crecimiento, independientemente de las reglas en curso; Por otro lado, los idiomas formales se enmarcan en áreas como matemáticas, lógica o programación, que está estrechamente vinculada a las reglas.

El lenguaje natural se enriquece con su vocabulario y estructuras, también identifica propiedades como flexibilidad, incertidumbre e implementación, lo que permite la interpretación de la diversidad dependiendo de la situación que sea beneficiosa durante la comunicación humana, pero durante el tratamiento informático, estas cualidades se muestran como un problema porque evitan los procesos de justificación, caracterización y formalización.

El procesamiento del lenguaje natural (PNL) es un campo de estudios destinado a comprender cómo el lenguaje, su estructura, la nueva generación del lenguaje, así como todas las tareas relacionadas con el tratamiento del lenguaje. Estas tareas incluyen una nueva generación de texto, traducciones de un idioma a otro, preguntas y respuestas, generar resumen, robots de chat, entre otras cosas. Gracias al aprendizaje profundo del aprendizaje profundo en la última década, el campo PNL está haciendo un progreso significativo, la siguiente sección es diferentes herramientas o modelos que son brillantes.⁵⁴

2.11 IA en el diagnóstico médico

Los avances tecnológicos y la medicina se han convertido en la mano y periódica, la definición de salud y el mundo cambia de acuerdo con el desarrollo tecnológico. Actualmente, el desarrollo tecnológico apunta a la producción de sistemas informáticos capaces de analizar, criticar, aprender y tomar decisiones, atribuidas a la famosa inteligencia artificial (IA).

La IA es uno de los mayores avances tecnológicos en la historia humana y ha asumido un papel clave en varios aspectos de diferentes ramas médicas. En los últimos 10 años, se han adaptado más estudios en IA a áreas de salud para otras áreas, lo que revela nuevas empresas de servicios públicos relacionados con la atención médica para incluir equipos de diagnóstico médico complejos y sistemas informáticos ágiles que facilitan la atención al paciente. Los avances tecnológicos son claramente visibles en el campo de imágenes, oncología, medicina interna, cirugía general, incluidas las especialidades. Trabajo conjunto para profesionales de la salud con IA tan pronto como comienza.

Algunos factores, como los largos días hábiles, cantidades excesivas de accesorios descartados, diagnóstico y tratamiento erróneo, tratamiento médico en un tiempo limitado y la desigualdad han motivado al estudio a reducir estos accidentes. Los sistemas de salud tienen una cantidad significativa de brevedad, eficacia, dinámica e integridad de atención al paciente. La IA utilizada en el resto del mundo es el objetivo que se logra en el futuro y a nivel local, la implementación de IA podría resolver los defectos y llenar los agujeros del sistema de salud.

Sin embargo, hay problemas relacionados con la ética médica de IA y la confiabilidad para las funciones de calidad y de manera efectiva. El consenso internacional aún no sabe qué hacer con la implementación de la IA en el campo de la medicina legal, y lo que es peor

para determinar la política de marco ético en la gestión de la información personal del paciente.⁵⁵

CAPITULO III- MARCO METODOLOGICO

El marco metodológico es constituye la base estructural que orienta la recolección y el análisis de datos en una investigación, permitiendo dar respuesta a las preguntas planteadas mediante una metodología definida y coherente. Según lo indica Martínez (2013), en: *Metodología de la Investigación para el Área de la Salud*, indica que:

La metodología de la investigación es una herramienta valiosa para el desarrollo de las actividades académicas y científicas, porque establece el rumbo correcto de una investigación; propicia el análisis reflexivo y crítico de los conceptos teóricos que se van a desarrollar en una investigación; orienta a la utilización de pasos y procedimientos para la resolución de problemas, y propicia el desarrollo de la capacidad crítica en la toma de decisiones.⁵⁶

En el argumento de esta investigación, el marco metodológico es fundamental para identificar, describir y comparar el impacto de la inteligencia artificial en la toma de decisiones clínicas, tomando en cuenta los avances, desafíos y perspectivas en entornos de atención médica.

3.1 Enfoque metodológico

3.1.1 Enfoque cualitativo

Para esta investigación se ha optado por una investigación cualitativa de revisión bibliográfica, la cual permite una comprensión profunda y contextualizada a las preguntas de la investigación. Este abordaje permite construir una visión crítica y fundamentada sobre el papel actual y potencial de la inteligencia artificial en la medicina.

Hernández-Sampieri et al. (2018), indican que este enfoque cualitativo también implica un estudio sistemático de los fenómenos, pero a diferencia del enfoque cuantitativo, no parte de una teoría establecida que busca verificarse. En cambio, el investigador

cualitativo inicia el proceso investigando la realidad y revisando a la vez la literatura existente, con el objetivo de construir interpretaciones o teorías que se ajusten a lo que está ocurriendo en el contenido observado. Este enfoque accede que el conocimiento surja de los datos mismos, beneficiando una comprensión profunda, contextualizada y flexible del fenómeno en estudio.⁵⁷

3.2 Tipo de investigación

La investigación realizada pertenece al tipo de revisión bibliográfica, pero desde el enfoque cualitativo. La cual se fundamenta por literatura publicada anteriormente, con el fin de generar hallazgos que estén en sintonía con los objetivos establecidos. Hernández-Sampieri et al. (2018) indica que “los estudios cualitativos regularmente no pretenden generalizar de manera probabilística los resultados a poblaciones amplias ni obtener necesariamente muestras representativas; incluso en ocasiones no buscan que las investigaciones se repliquen. Ante todo, pretende que se sitúen y contextualicen los descubrimientos”.⁵⁷

Esta investigación se puntualiza por tener un enfoque cualitativo, de tipo descriptivo y exploratorio, orientado a comprender en profundidad el fenómeno de estudio a partir del análisis de información existente de la revisión bibliográfica centrada en la selección y análisis de artículos científicos relacionados con el uso de la inteligencia artificial en la toma de decisiones clínicas. Esta revisión permite abordar los objetivos proyectados: identificar, describir y comparar el impacto de la inteligencia artificial en la toma de decisiones clínicas,

3.3 Fuentes de información

En esta investigación se utilizan únicamente fuentes primarias, las cuales constituyen un componente esencial en el proceso de recolección y análisis de información. Durante el

desarrollo de esta tesis se recopiló información originaria de varios artículos científicos que abordan temas directamente relacionados con el objeto de estudio.

3.3.1 Fuentes primarias

Las fuentes primarias utilizadas en esta investigación brindan información directa y original, ya que corresponden a documentos que presentan los resultados obtenidos por los propios autores en sus respectivos estudios. Este tipo de referencias constituye una evidencia de primera mano, ya que no ha sido filtrada ni interpretada por terceros, lo que permite acceder al contenido tal como fue producido en el contexto de la investigación original.⁵⁵

En el caso específico de esta tesis, centrada en el impacto de la inteligencia artificial en la toma de decisiones clínicas, las fuentes primarias permiten identificar directamente los avances tecnológicos, los desafíos reportados en su implementación, y las perspectivas futuras desde la práctica médica real, certificando así la solidez del análisis realizado.

3.4 Criterios de búsqueda

Tabla 1. *Criterios de búsqueda.*

Objetivo	Descriptor	Motores de búsqueda	Periodo de estudio	Idioma
Describir los principales modelos de inteligencia artificial aplicados en la toma de decisiones clínicas, diferenciando entre enfoques basados en machine learning, deep learning y sistemas expertos.	IA en la toma de decisiones	PubMed, SciELO, ELSIVIER, ClinicalKey	2020-2025	Español, inglés, portugués
	Machine learning, Deep learning y sistemas expertos			
Identificar los beneficios y limitaciones de la inteligencia artificial en el diagnóstico, pronóstico y tratamiento de enfermedades según estudios previos.	IA en el diagnóstico	PubMed, SciELO, ELSIVIER, ClinicalKey	2020-2025	Español, inglés, portugués
	IA en el pronóstico			
	IA en el tratamiento de enfermedades			
Comparar la precisión y confiabilidad de la inteligencia artificial frente a la toma de	Precisión y confiabilidad de la IA	PubMed, SciELO, ELSIVIER, ClinicalKey	2020-2025	Español, inglés, portugués

clínicas tradicionales en distintas especialidades médicas, considerando aspectos regulatorios, bioéticos y de seguridad.				
---	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia, 2025

3.5 Criterios de inclusión y exclusión

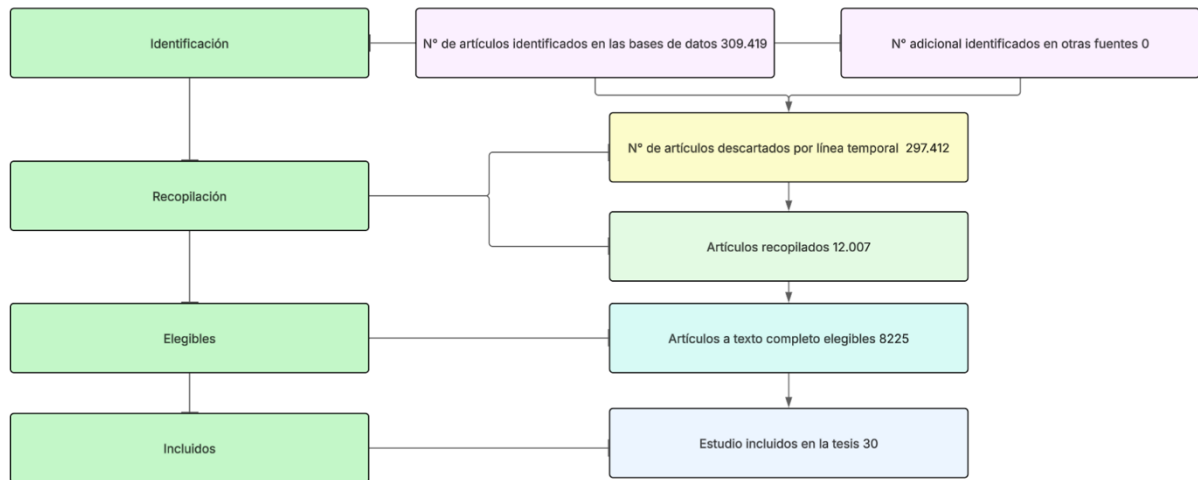
Tabla 2. *Criterios de inclusión y exclusión*

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Artículos con una vigencia no mayor a 5 años	Artículos con una vigencia mayores a 5 años
Artículos en idioma inglés, español y portugués	Artículos en otro idioma que no sea inglés, español y portugués
Estudios que analicen el uso de inteligencia artificial en la toma de decisiones clínicas.	Estudios centrados en IA aplicada a administración hospitalaria o logística sin enfoque clínico.
Publicaciones académicas en revistas científicas (PubMed, ClinicalKey, SciELO, ELSEVIER, etc.).	Fuentes de blogs, sitios web no académicos, fuentes no revisadas por pares.
Artículos que aborden sobre tipos de IA como machine learning, deep learning o sistemas expertos aplicados a salud.	Artículos que traten sobre IA sin especificar modelo o fuera del contexto clínico.

Tesis académicas de universidades reconocidas que cumplan con criterios metodológicos adecuados.	Estudios duplicados, con falta de información o sin acceso al texto completo
Artículos que sean de acceso completo	
Artículos que cumplan con criterios metodológicos adecuados.	

Fuente: Elaboración propia, 2025

Figura 1. Diagrama de flujo o algoritmo de búsqueda



Fuente: Elaboración propia, 2025

Tabla 3. *Clasificación según niveles de evidencias*

Nivel de evidencia	Tipo de estudio	Cantidad según tipo de estudio	Cantidad según nivel de evidencia	%
1	Metaanálisis / Ensayos clínicos	0	0	0%
2	Revisión sistemática / Estudios de cohorte	3	3	10%
3	Estudio de casos / Estudios de casos y controles / Reportes de casos	0	0	0%
4	Estudio cualitativo, transversal, cuantitativos	4	4	13,3%
5	Revisión bibliográfica / opinión de expertos	23	23	76,67%
Total		30	30	100%

Fuente: elaboración propia, 2025

3.6 Delimitaciones y alcances de la tesis

3.6.1 Delimitación Temática y Conceptual

Esta investigación se delimita específicamente al análisis del impacto de la inteligencia artificial (IA) en la toma de decisiones clínicas, centrándose en tres dimensiones fundamentales: la precisión diagnóstica, la predicción de desenlaces clínicos y la optimización de tratamientos médicos. El estudio se concentra en examinar modelos de IA clasificados como machine learning, deep learning y sistemas expertos, diferenciando sus características técnicas y epistemológicas. Se excluyen de este análisis otras aplicaciones de tecnología en salud que no correspondan directamente a sistemas inteligentes que participen

en la toma de decisiones médicas, como por ejemplo, sistemas administrativos o de gestión hospitalaria que no integren componentes de IA decisional. Asimismo, la investigación se limita a la evaluación de estos sistemas dentro del contexto de la medicina clínica, excluyendo aplicaciones puramente tecnológicas o de investigación básica que no tengan implicación directa en decisiones que afecten el cuidado del paciente.

3.6.2 Delimitación Temporal y de Publicaciones

El presente estudio se circunscribe a la literatura científica publicada entre 2020 y 2025, con énfasis en estudios recientes que reflejen los avances y desafíos contemporáneos de la inteligencia artificial en medicina. Esta delimitación temporal permite capturar el desarrollo más actual de tecnologías de IA, regulaciones emergentes y perspectivas contemporáneas sobre su implementación. Sin embargo, se reconoce que esta restricción temporal excluye investigaciones fundacionales publicadas antes de 2020 que, aunque históricamente relevantes, podrían proporcionar perspectivas alternativas sobre la evolución de estas tecnologías. La búsqueda bibliográfica se restringe a publicaciones en idiomas inglés y español, lo que limita la inclusión de perspectivas investigativas provenientes de otros contextos lingüísticos y culturales que podrían enriquecer el análisis.

3.6.3 Delimitación Geográfica y Contextual

Aunque la investigación adopta una perspectiva internacional, se le asigna una importancia estratégica especial al contexto latinoamericano y costarricense, donde la implementación de tecnologías de IA en salud se encuentra en etapas iniciales. Esta delimitación reconoce que los sistemas de salud en América Latina presentan características estructurales, económicas y tecnológicas distintivas que contrastan significativamente con sistemas de salud de países desarrollados. El análisis incorpora recomendaciones específicamente contextualizadas para sistemas de salud con recursos limitados, aunque la

mayoría de la evidencia proviene de investigaciones realizadas en países con infraestructuras tecnológicas más desarrolladas, principalmente Estados Unidos, Europa y Asia. Esta asimetría en la disponibilidad de datos locales representa tanto una delimitación como una justificación de la investigación, evidenciando la necesidad urgente de evidencia situada en contextos latinoamericanos.

3.6.4 Delimitación Metodológica y de Tipos de Evidencia

La investigación adopta un enfoque cualitativo basado en revisión sistemática de literatura científica, lo que significa que no incluye recolección de datos primarios, experiencias clínicas directas ni validación empírica de tecnologías específicas en contextos clínicos reales. El análisis se fundamenta en evidencia secundaria compilada en artículos científicos, revisiones sistemáticas, revisiones narrativas y otros estudios publicados que cumplan criterios de inclusión predeterminados. Se priorizan estudios con altos niveles de evidencia (nivel 1-3 según criterios de jerarquía de evidencia), aunque se incluyen revisiones bibliográficas (nivel 5) cuando proporcionan síntesis crítica y actualizada de temas específicos. Esta delimitación metodológica implica que las conclusiones se basan en síntesis de hallazgos reportados en la literatura, no en observaciones directas de desempeño algorítmico o interacción clínica real en instituciones de salud.

3.6.5 Delimitación por Especialidades Médicas

Aunque el estudio adopta un enfoque transversal, reconoce que la IA ha mostrado aplicaciones heterogéneas en diferentes especialidades médicas. La investigación examina principalmente especialidades donde la IA ha demostrado mayor desarrollo y documentación, tales como radiología, cardiología, medicina intensiva, oncología y medicina de emergencias. Sin embargo, se reconoce que el grado de evidencia disponible varía significativamente entre especialidades, lo que limita la capacidad de hacer comparaciones

equitativas. Se excluyen del análisis profundo especialidades donde la documentación sobre implementación de IA es limitada o inexistente en la literatura revisada, aunque se reconoce que esto no implica ausencia de aplicaciones prácticas o potencial futuro en tales áreas.

3.6.6 Delimitación de Actores Considerados

Este análisis se centra en tres grupos de actores principales: pacientes, profesionales de salud y responsables de políticas públicas. El estudio examina perspectivas de clínicos sobre confianza, confiabilidad y responsabilidad legal; perspectivas de pacientes sobre aceptación y preocupaciones respecto a la IA en su cuidado; y perspectivas de gestores en la toma de decisiones sobre implementación institucional. Sin embargo, se reconoce que la literatura disponible proporciona perspectivas desigualmente distribuidas, con mayor énfasis en perspectivas clínicas y regulatorias que en perspectivas de pacientes o comunidades vulnerables. Se excluyen del análisis profundo perspectivas de desarrolladores tecnológicos o empresas de software, aunque se reconoce su rol crucial en la creación de estas herramientas.

3.6.7 Alcance del Análisis: Componentes Integrados de la Evaluación

El alcance de esta investigación integra simultáneamente dimensiones técnicas, bioéticas, regulatorias y humanísticas en el análisis del impacto de la IA en decisiones clínicas. No se limita a evaluar únicamente eficacia técnica o precisión algorítmica, sino que examina cómo estas métricas interactúan con factores éticos (responsabilidad, transparencia, equidad), regulatorios (marcos normativos, procesos de aprobación), y humanísticos (preservación de relación médico-paciente, respeto de autonomía). El análisis reconoce que sesgos algorítmicos, desigualdades en el acceso, diferencias en precisión entre grupos demográficos, y ausencia de regulaciones claras no son problemas técnicos aislados sino desafíos sistémicos que requieren abordaje multidisciplinario. El estudio aspira a generar

recomendaciones prácticas y contextualizadas para implementación segura, ética y efectiva de IA en sistemas de salud, pero reconoce que tales recomendaciones requieren validación posterior en contextos institucionales específicos y adaptación según realidades locales, tecnológicas y culturales particulares.

CAPITULO IV- ANALISIS

4.1 Introducción

La inteligencia artificial (IA) ha penetrado profundamente en la medicina contemporánea, transformando paradigmas de diagnóstico, pronóstico y tratamiento de enfermedades. Sin embargo, esta revolución tecnológica coexiste con interrogantes fundamentales respecto a su confiabilidad, equidad, transparencia y capacidad de mejorar verdaderamente resultados clínicos sin comprometer la autonomía profesional médica ni la humanidad inherente a la práctica médica.⁵⁸ Esta revisión bibliográfica examina exhaustivamente tres objetivos específicos: la descripción de modelos de IA aplicados en medicina, la identificación de beneficios y limitaciones documentados, y la comparación crítica de precisión y confiabilidad entre IA y decisiones clínicas tradicionales, considerando aspectos regulatorios, bioéticos y de seguridad. El documento adjunto en el Anexo 1 contiene una tabla sinóptica de 30 estudios contemporáneos sobre inteligencia artificial en medicina, publicados entre 2020 y 2025, provenientes de revistas científicas reconocidas internacionalmente. El análisis que se presenta a continuación organiza de manera sistemática esta información según los tres objetivos desarrollados en el Capítulo I de este documento.

4.2 Describir los principales modelos de inteligencia artificial aplicados en la toma de decisiones clínicas, diferenciando entre enfoques basados en machine learning, deep learning y sistemas expertos.

4.2.1 Resultados

Tabla 4. Resultados para el objetivo 1

Autor/Año	Revista/Contexto	Modelo/Tipo de IA	Metodología	Resultados	Conclusiones
Javier Mora Pineda (2022) ⁵⁹	Revista Médica Clínica Las Condes	Machine Learning - Modelos Predictivos	Revisión bibliográfica narrativa	Modelos con alto potencial para optimizar diagnósticos; el juicio clínico permanece esencial	No reemplazan el juicio clínico ni experiencia humana
Mamatha Bhat et al. (2023) ⁶⁰	Journal of Hepatology	Machine Learning, Deep Learning	Revisión narrativa de última generación	Modelos de IA superan herramientas tradicionales en predicción de mortalidad e injertos	Desafíos: falta de datos prospectivos, problemas de interpretabilidad, sesgos algoritmos
Guillermo Iglesias et al. (2024) ⁶¹	Computer Methods and Programs in Biomedicine	Deep Learning - Multi-Output Classification Autoencoder (MOC-AE)	Investigación experimental cuantitativa	Sistema MOC-AE mejora precisión y eficiencia en diagnóstico tumoral	Ampliación de diversidad de datos necesaria para optimizar aplicabilidad
Yian Mao et al. (2025) ⁶²	Current Problems in Cardiology	Machine Learning - Algoritmos Supervisados	Revisión sistemática PRISMA 2020	Algoritmos ML identifican patrones para diagnóstico cardiovascular más preciso	Mejora significativa del diagnóstico identificando patrones en grandes volúmenes
Claudio Aracena et al. (2022) ⁶³	Revista Médica Clínica Las Condes	Deep Learning – Autoencoder	Revisión bibliográfica narrativa	Autoencoder combina extracción de características con clasificación binaria para tumores	Reconoce necesidad de ampliar diversidad de datos

Autor/Año	Revista/Contexto	Modelo/Tipo de IA	Metodología	Resultados	Conclusiones
J.F. Avila-Tomás et al. (2020) ⁶⁴	Atención Primaria	Machine Learning y Robótica	Revisión bibliográfica	Redes neuronales artificiales aplicadas en laboratorios y cirugía asistida	Importancia de que profesionales entiendan herramientas, beneficios y limitaciones
Josep Vidal-Alaball et al. (2024) ⁶⁵	Atención Primaria	Inteligencia Artificial en Atención Primaria	Estudio mixto - revisión y encuesta (57 participantes)	Alto interés en formarse en IA; requiere validación externa de algoritmos	Integración requiere formación, validación externa y colaboración estrecha
Rocío B. Ruiz & Juan D. Velásquez (2023) ⁶⁶	Revista Médica Clínica Las Condes	Machine Learning	Revisión bibliográfica conceptual y descriptiva	Machine Learning transforma diagnóstico y tratamiento con ética y responsabilidad	Uso responsable guiado por principios éticos y representación cultural en datos
Sabrina Maciel Nascimento et al. (2024) ⁶⁷	Revista Bioética	Sistemas basados en IA	Revisión integrativa de literatura (14 artículos)	Necesidad urgente de regulación ética, capacitación profesional y comités éticos	Supervisión responsable de desarrollo e implementación de IA
Temsah et al. (2023) ⁶⁸	Healthcare	Chatbots - Modelos Generativos (ChatGPT)	Estudio transversal por encuestas (1057 trabajadores)	84.1% interés en chatbots; 18.4% ha usado ChatGPT con fines médicos	Valorados en investigación, evaluación de literatura y apoyo clínico

Fuente: Elaboración propia, 2025

4.2.2 *Análisis*

El análisis identifica que no existe una única categoría monolítica de IA sino un espectro de arquitecturas tecnológicas distintas, cada una con lógicas operacionales fundamentalmente diferentes:

- **Machine Learning Tradicional (Mora Pineda 2022; Mao et al. 2025):** Opera mediante identificación de patrones en datos históricos etiquetados. Fortaleza: precisión en dominios con datasets robustos. Limitación crítica: la subordinación irreducible al juicio clínico humano, reconocimiento que permea toda la literatura contemporánea.⁵⁹
- **Deep Learning (Bhat et al. 2023; Iglesias et al. 2024):** Arquitecturas neuronales profundas que extraen automáticamente características complejas. Paradoja central: máxima capacidad predictiva combinada con mínima inteligibilidad. Los modelos pueden superar radiólogos humanos, pero nadie, ni siquiera los desarrolladores puede explicar por qué toman decisiones específicas.⁶¹
- **Sistemas Generativos (Temsah et al. 2023):** Representan frontera emergente que opera bajo lógica radicalmente distinta. En lugar de realizar una tarea predefinida, generan respuestas textuales coherentes y contextuales. Hallazgo: 84.1% de trabajadores sanitarios interesados en usar ChatGPT, pero solo 18.4% ha experimentado con aplicaciones médicas reales.⁶⁸
- **Sistemas Expertos Históricos (Avila-Tomás et al. 2020):** Generación anterior que codificaba explícitamente reglas de expertos. Su declive ilustra lección epistemológica: el conocimiento médico es demasiado dinámico y contextual para codificación estática en reglas que motivó transición hacia paradigmas de aprendizaje automático.⁶⁴
- **La diferenciación crucial no es meramente técnica sino profundamente epistemológica:** cada tipo de IA presume distintas concepciones sobre naturaleza del

conocimiento médico, generación de datos y capacidad de máquinas para razonar clínicamente.

4.2.3 *Discusión*

4.2.3.1 Machine Learning Tradicional en Contexto Clínico

El machine learning (ML) constituye la categoría más ampliamente implementada de IA en entornos clínicos contemporáneos.⁵⁹ Estos algoritmos operan mediante la identificación automática de patrones en conjuntos de datos históricos etiquetados, permitiendo que sistemas computacionales "aprendan" relaciones entre variables de entrada (características clínicas) y variables de salida (diagnósticos, pronósticos u desenlaces clínicos)⁶⁹.

Mora Pineda documenta que modelos de machine learning supervisado demuestran potencial excepcional para optimizar diagnósticos y la gestión de recursos sanitarios," permitiendo que profesionales médicos identifiquen combinaciones de características clínicas asociadas con condiciones específicas que podrían escapar a la intuición clínica.⁵⁹ Sin embargo, una limitación fundamental que permea toda la literatura contemporánea es que estos modelos, aunque estadísticamente potentes, permanecen subordinados de manera irreduciblemente al juicio clínico humano.⁶⁰ Mao et al., en revisión sistemática conforme directrices PRISMA 2020 sobre algoritmos machine learning supervisados para diagnóstico cardíaco, demuestran que estos algoritmos alcanzan "identificación superior de patrones relevantes en volúmenes masivos de registros clínicos" comparados con análisis humano tradicional, particularmente en contextos donde existe corpus robusto de historias clínicas bien documentadas con diagnósticos confirmados.⁶²

Lo crítico de esta diferenciación es que eficacia relativa del machine learning depende no solo de arquitectura técnica sino de características epidemiológicas del dominio donde aplicará. En enfermedades con definiciones diagnósticas claras y datasets históricos abundantes (p.ej., cardiopatías, cáncer), machine learning prospera; en contextos donde datos escasean o controversia diagnóstica persiste, ventajas se erosionan dramáticamente.^{61, 70} En el contexto de trasplantología hepática, documentan que modelos ML superan significativamente a herramientas tradicionales en predicción de mortalidad, fallo de injertos y complicaciones asociadas, sugiriendo que cuando dominio clínico permite cuantificación precisa de outcomes y variables predictivas, machine learning proporciona beneficio tangible.⁷⁰

4.2.3.2 Deep Learning: Capacidad Predictiva Versus Opacidad Algorítmica

El deep learning (DL) representa evolución arquitectónica radical respecto a machine learning tradicional. Mientras ML requiere que ingenieros especifiquen manualmente características relevantes de datos brutos, deep learning mediante redes neuronales multicapa extrae automáticamente características complejas directamente de datos sin procesamiento manual previo.⁷² Esta automatización confiere ventajas computacionales, pero genera una vulnerabilidad fundamental: opacidad algorítmica extrema.

Bhat et al. escribiendo en contexto de trasplantología, reconocen que aunque deep learning demuestra "precisión superior" en tareas específicas de predicción clínica, simultáneamente opera como caja negra cuyo razonamiento interno resulta opaco incluso para desarrolladores especializados.^{60,72} Esta paradoja —máxima capacidad predictiva combinada con mínima inteligibilidad— constituye razón crítica por la cual implementación clínica de deep learning enfrenta obstáculos institucionales insuperables cuando se intenta auditar decisiones, identificar sesgos sistemáticos o explicar recomendaciones a pacientes.

Iglesias et al. desarrollando Multi-Output Classification Autoencoder (MOC-AE) para diagnóstico de gliomas cerebrales, presentan tentativa ingeniosa de hibridación: combinan autoencoder para extracción automática de características con clasificador binario explícito que realiza decisión final.⁷³ Significancia de este enfoque es que reconoce límite arquitectónico fundamental: deep learning puro podría lograr precisión marginalmente superior, pero sacrificando toda capacidad de explicación. Su arquitectura híbrida intenta equilibrio donde la capacidad predictiva permanece robusta mientras que la interpretabilidad mejora substancialmente, aunque reconocen necesidad urgente de ampliar la diversidad de datos para validación externa y generalización poblacional.⁷⁴

En contexto de imágenes médicas, deep learning ha demostrado capacidades excepcionales. Powell documenta que la IA alcanzó 92% de precisión en identificación de neumonía en radiografías de tórax comparado a 78% de precisión promedio de clínicos.⁷⁵ Sin embargo, la superioridad técnica no se traduce automáticamente en beneficio clínico cuando implementación ocurre sin supervisión de sesgos sistemáticos o análisis de performance en subgrupos poblacionales específicos.⁷⁶

4.2.3.3 Sistemas Generativos: Nueva Frontera de Paradigmas de IA

Categoría completamente nueva emerge de sistemas generativos basados en large language models (LLMs) particularmente ChatGPT que operan mediante un paradigma fundamentalmente distinto de machine learning y deep learning tradicionales. En lugar de realizar tarea específica predefinida, estos sistemas generan texto coherente y contextualmente relevante sintetizable a múltiples finalidades médicas.⁷⁷

Al reportar las percepciones de 1,057 trabajadores sanitarios en Arabia Saudita respecto a ChatGPT, documentan que 84.1% expresó interés en usar chatbots de IA en futuro, señalando utilidad en investigación, evaluación de literatura médica y apoyo clínico, aunque

solo 18.4% experimentó con ChatGPT con fines médicos reales.^{68,78} Este gap entre interés y adopción refleja incertidumbre fundamental respecto a confiabilidad de sistemas generativos en contexto clínico.

Feldman et al., comparando rendimiento de large language models (ChatGPT-4) con sistema de decisión diagnóstica tradicional (DDSS) en 36 casos clínicos diversos, encuentran que DDSS listó diagnóstico correcto en su diagnóstico diferencial más frecuentemente (56%) que LLM1 (42%) y LLM2 (39%), aunque la diferencia no alcanzó significancia estadística.⁶⁸ Un hallazgo crítico es que en la versión con todos los hallazgos clínicos incluyendo resultados de laboratorio, todos los sistemas listaron diagnóstico correcto en la mayoría de casos (DDSS 72%, LLM1 64%, LLM2 58%), sugiriendo que calidad de datos de entrada es factor crítico más importante que sofisticación de arquitectura de IA.⁷⁹

La diferenciación entre tipos de IA debe incluir reconocimiento que sistemas generativos operan bajo lógicas epistemológicas radicalmente distintas: su rendimiento no se mide por precisión en tarea predefinida sino por coherencia, relevancia contextual y utilidad percibida por usuario final.⁸⁰

4.2.3.4 Sistemas Expertos: Legado Histórico y Lecciones de Limitaciones Epistemológicas

Aunque la literatura contemporánea enfatiza machine learning y deep learning, en el contexto histórico requiere reconocer sistemas expertos, una generación anterior de IA que precedía a los paradigmas actuales.⁸¹ Estos sistemas codificaban explícitamente reglas y conocimiento de expertos humanos en bases de datos lógicas que facilitaban decisiones mediante cadenas de inferencia determinística.⁸²

Avila-Tomás et al., en revisión de Atención Primaria, mencionan brevemente cómo sistemas expertos iniciales intentaban capturar razonamiento clínico de expertos mediante codificación estática de reglas.⁶⁴ La limitación fundamental que motivó la transición hacia machine learning es que el conocimiento médico es demasiado dinámico y contextual para codificarse en reglas estáticas, la presunción de que la biomedicina evoluciona continuamente, que definiciones diagnósticas se revisan, que prioridades terapéuticas cambian conforme emerge nueva evidencia.⁸³ Esta perspectiva histórica subraya que cada generación tecnológica resuelve limitaciones de predecesora pero introduce nuevas vulnerabilidades: sistemas expertos eran interpretables pero frágiles; machine learning es adaptativo pero opaco; deep learning es potente pero inexplicable.

4.2.3.5 Síntesis de Diferenciación de Modelos

Ruiz y Velásquez ofrecen síntesis conceptual que reconoce que la diferenciación de modelos constituye solo punto de partida; lo esencial es comprender cómo cada tipo de IA refleja concepciones distintas sobre naturaleza del conocimiento médico.⁶⁶ Machine learning tradicional presume que conocimiento reside en datos históricos y puede ser extraído automáticamente; deep learning presume que características relevantes son demasiado complejas para humanos diseñar pero redes profundas pueden descubrirlas; sistemas generativos presumen que conocimiento médico puede articularse como texto coherente sintetizable por modelos lingüísticos. Cada presunción epistemológica genera fortalezas y debilidades particulares que trascienden métricas técnicas simples.

4.3 Identificar los beneficios y limitaciones de la inteligencia artificial en el diagnóstico, pronóstico y tratamiento de enfermedades según estudios previos.

4.3.1 Resultados

Tabla 5. Resultados para el objetivo 2

Autor/Año	Revista	Tipo de Aplicación	Beneficios Identificados	Limitaciones Identificadas	Metodología
Julio Albisua & Pedro Pacheco (2025) ⁵⁸	Open Respirator y Archives	Regulación ética e implementación	Transparencia, protección de datos, equidad, supervisión humana	Riesgo de reemplazar juicio clínico sin supervisión adecuada	Revisión analítica, reflexiva y síntesis
Dhruv Khullar et al. (2021) ⁸⁴	Journal of American Medical Informatics Association	Diagnóstico y responsabilidad legal	Claridad sobre responsabilidades; educación necesaria	Divergencia de opiniones entre público y médicos sobre culpabilidad	Estudio observacional con encuestas nacionales
Pedro J. Alcalá et al. (2025) ⁸⁵	Anales de Pediatría	Razonamiento clínico y seguridad diagnóstica	Mejora de seguridad diagnóstica; reducción de sesgos cognitivos	Factores múltiples contribuyentes a errores diagnósticos	Revisión bibliográfica narrativa
Michaela Soellner & Joerg Koenigstorfer (2021) ⁸⁶	BMC Medical Informatics and Decision Making	Adherencia a recomendaciones médicas	Mayor adherencia cuando IA se integra con experiencia médica	Necesidad de interacción humana complementaria	Diseño experimental 3x2 con 452 participantes
Mamatha Bhat et al. (2023) ⁶⁰	Journal of Hepatology	Predicción en trasplante de hígado	Superior predicción de mortalidad, fallo injerto, complicaciones	Falta datos prospectivos, problemas interpretabilidad, sesgos	Revisión narrativa de última generación
David B. Larson et al. (2021) ⁸⁷	Journal of American College of Radiology	Diagnóstico de imágenes radiológicas	Potencial para mejora en evaluación diagnóstica	Deficiencias marcos regulatorios, falta estandarización	Análisis crítico y síntesis de recomendaciones

Autor/Año	Revista	Tipo de Aplicación	Beneficios Identificados	Limitaciones Identificadas	Metodología
Sarah Jabbour et al. (2023) ⁸⁸	JAMA	Diagnóstico en medicina hospitalaria	Mejora modesta de precisión diagnóstica con explicaciones visuales	Falla cuando modelos están sesgados; explicaciones insuficientes	Encuesta clínica aleatorizada con viñetas (457 clínicos)
Catherine Chen & Zhihan Cui (2025) ⁸⁹	Journal of Medical Internet Research	Diagnóstico e confianza del paciente	Potencial utilidad en investigación y evaluación de literatura	Aversión generalizada al uso extensivo; reduce confianza pacientes	Experimento aleatorizado de 4 grupos (1762 participantes)
Javier Santiago Alvarez et al. (2024) ⁹⁰	Anales de la Facultad de Ciencias Médicas	Diagnóstico, pronóstico y tratamiento generalizado	Mayor precisión clínica, reducción costos, mejora atención	Barreras tecnológicas, éticas, equidad, contextos con menos recursos	Revisión narrativa (75 artículos)
Carlos Alberto Román et al. (2024) ⁹¹	Medicina y Ética	Medicina de laboratorio	Optimización diagnóstica, automatización, análisis datos avanzados	Desafíos de privacidad, transparencia, equidad, responsabilidad	Revisión documental de 70 artículos

Fuente: Elaboración propia, 2025

4.3.2 Análisis

El análisis documenta beneficios potenciales espectaculares simultáneamente con limitaciones sistémicas igualmente formidables:

4.3.2.1 Beneficios Documentados

- Predicción superior de mortalidad y complicaciones en trasplantología.⁶⁰

- Mejora de precisión diagnóstica cuando IA se integra con experiencia médica humana.⁸⁶
- Reducción de sesgos cognitivos individuales, especialmente en pediatría.⁸⁵
- Automatización y análisis de datos avanzado en medicina de laboratorio.⁹¹
- Mayor adherencia terapéutica cuando pacientes perciben innovación tecnológica complementada con interacción humana

4.3.2.2 Limitaciones Sistémicas

- Ausencia de datos prospectivos de calidad en muchos dominios clínicos
- Problemas fundamentales de interpretabilidad ("caja negra" del deep learning)
- Sesgos algorítmicos no detectados que generan precisión disparatada según grupo demográfico.⁸⁸
- Marcos regulatorios deficientes e inadecuados para evaluación rigurosa.⁸⁷
- Aversión generalizada de pacientes al uso extensivo de IA generativa en diagnóstico.⁸⁹
- Perpetuación de desigualdades si no existe regulación federal de equidad.⁹²

La conclusión crucial es que beneficios técnicos son contingentes, no inevitables. Solo se materializan cuando limitaciones se reconocen explícitamente y se implementan salvaguardas institucionales robustas.

4.3.3 *Discusión*

4.3.3.1 Beneficios Documentados: Especificidad Según Dominio Clínico

Los beneficios potenciales de IA en medicina son documentados, pero son contingentes no inevitables sino productos de decisiones institucionales y éticas

deliberadas.⁶⁶ Aunque literatura reporta avances espectaculares en ciertos contextos, estos deben situarse dentro de limitaciones sistémicas amplias.

4.3.3.1.1 *En Diagnóstico Radiológico:*

Fahim et al. documentan que la IA en diagnóstico por imagen alcanzó sensibilidad ranging de 56.4% a 95.7% comparado a sensibilidad de radiologists de 23.2% a 76%, manteniendo especificidad comparable.⁷³ Sin embargo, Chen et al. en meta-análisis de impacto de colaboración humano-IA en interpretación de imágenes médicas encuentran que la sensibilidad aumentó 12% después de integración de AI, mientras que especificidad permaneció sin cambios.⁸⁹ Más significativamente, juniors mostraron mayor mejora en sensibilidad con integración de AI (24%) comparado con seniors (9%) sugiriendo que beneficio es heterogéneo según experiencia del clínico.^{93, 94}

4.3.3.1.2 *En Predicción de Complicaciones:*

Bhat et al. demuestran que "modelos de IA superan significativamente herramientas tradicionales en predicción de mortalidad, fallo de injertos y complicaciones asociadas en trasplantología hepática.⁶⁰ Este beneficio cuantitativo es dramático pero debe contextualizarse dentro de limitaciones prácticas: ausencia de datos prospectivos de calidad, problemas fundamentales de interpretabilidad, presencia de sesgos no detectados, marcos regulatorios inadecuados, escasa generalización entre poblaciones.⁹⁵

4.3.3.1.3 *En Diagnóstico Personalizado:*

Se ha documentado que los algoritmos de la IA pueden identificar mutaciones genéticas asociadas con enfermedades raras y recomendar terapias dirigidas, mejorando tasas de respuesta de pacientes hasta 30% cuando se compara con enfoques terapéuticos

convencionales.^{73,96} La aplicación de IA en ajuste en tiempo real de dosificación de insulina para pacientes diabéticos, utilizando datos de sistemas de monitoreo continuo de glucosa, facilita control glucémico más preciso, demostrando transformación potencial en medicina personalizada.⁹⁷

4.3.3.1.4 *En Automatización y Eficiencia:*

Carlos Alberto Román et al., escribiendo desde perspectiva bioética, identifican beneficios en medicina de laboratorio: optimización diagnóstica mediante automatización, análisis de datos avanzado, procesamiento de imágenes mejorado, generando aumentos en precisión, velocidad y eficiencia de pruebas diagnósticas.⁹¹ Integración de AI en workflows clínicos ha reducido tiempo promedio a decisión en 30%," con automatización en tareas como análisis de datos e generación de alertas permitiendo "respuestas más rápidas a condiciones críticas en unidades de cuidados intensivos."⁹⁸

4.3.3.1.5 *En Mejora de Adherencia Terapéutica:*

Un diseño experimental 3x2 con 452 participantes, encuentran que cuando IA se integra con experiencia médica humana, adherencia a recomendaciones terapéuticas mejora más que cuando se presenta IA exclusivamente o medicina tradicional exclusivamente. Este hallazgo contraprueba presunción común que IA debería reemplazar juicio humano; sugiere que complementariedad humano-máquina genera superior desempeño comparado a sistemas operando independientemente.^{86, 99}

4.3.3.2 Limitaciones Sistémicas y Contextuales

4.3.3.2.1 *Sesgos Algorítmicos No Detectados:*

Un estudio clínico aleatorizado con 457 clínicos de medicina hospitalaria aguda, encuentran perturbación crítica: cuando "modelos contenían sesgos sistemáticos (por edad, IMC, calidad de imagen), precisión clínica decaía significativamente."⁽⁸⁶⁾ Lo preocupante es que "explicaciones visuales actuales del razonamiento algorítmico no permitían clínicos detectar estas deficiencias sistemáticas."^{88, 100} Esta limitación es estructural: herramientas existentes para explicar decisiones de IA son insuficientes para que clínicos identifiquen razonamiento defectuoso en modelos sesgados.¹⁰¹

4.3.3.2.2 *Perpetuación de Desigualdades:*

Thomasian, Eickhoff y Adashi documentan en contexto de salud pública que "A puede perpetuar desigualdades si no regula adecuadamente, citando ejemplos donde algoritmos han usado en hospitales estadounidenses estaba sesgado contra pacientes negros en asignación de recursos."⁹² Dermatología computacional ha mostrado precisión diagnóstica más baja para condiciones como melanoma en individuos de piel oscura debido a entrenamiento mayormente en imágenes de piel clara. Similarmente, herramientas de IA para diagnóstico de depresión enfrentaron desafíos cuando aplicadas entre diferentes fondos lingüísticos y culturales porque fueron entrenadas principalmente en poblaciones anglófonas occidentales.¹⁰²

Ambigüedad Legal y de Responsabilidad:

Un estudio observacional con 1,199 participantes (192 médicos y 1,007 ciudadanos), revelan que "divergencias profundas existen en comprensión de responsabilidad cuando IA genera diagnósticos erróneos."⁸⁴ El público general culpa principalmente al médico

individual; médicos responsabilizan proveedores de salud y fabricantes. Esta divergencia tiene implicaciones pragmáticas profundas: si ambigüedad legal persiste, médicos serán desincentivados de adoptar sistemas incluso si potencialmente mejorasen el desempeño.⁸⁴

4.3.3.2.3 *Falta de Datos Prospectivos de Calidad:*

Se enfatiza en que la limitación particularmente relevante es que la práctica clínica trasplantológica depende de datos prospectivos de alta calidad que generalmente no existen; sistemas de IA entrenan sobre datos retrospectivos que frecuentemente contienen sesgos de selección.^{60, 104}

4.3.3.2.4 *Aversión Generalizada de Pacientes:*

Chen y Cui, en experimento aleatorizado con 1,762 participantes, encuentran dato perturbador: cuando pacientes conocen que médico usa IA generativa extensivamente, confianza en médico disminuye significativamente e intención de buscar atención médica se reduce el efecto independiente de edad, género o afiliación política.⁸⁶ Beneficio potencial de aumentar precisión diagnóstica es negado por disminución en confianza entre paciente y médico, que es fundamento de adherencia terapéutica y resultados clínicos.¹⁰⁵

Limitaciones de Generalización Poblacional:

Alvarez et al., sintetizando 75 artículos, identifican que "distribución de beneficios versus limitaciones no es uniforme geográficamente o según capacidad institucional. Instituciones sanitarias en países de altos ingresos pueden aprovechar beneficios de IA mientras limitaciones permanecen en jurisdicciones con menos recursos económicos una inequidad que trasciende tecnología para remitir a estructuras de justicia global.¹⁰⁶

4.3.3.2.5 *Síntesis Crítica de Beneficios-Limitaciones*

Conclusión crucial que emerge es que beneficios técnicos son contingentes, no inevitables. Solo se materializan cuando limitaciones se reconocen explícitamente y se implementan salvaguardas institucionales robustas. Román et al. establecen que los beneficios son reales pero contingentes—solo se materializan cuando limitaciones se reconocen explícitamente y se implementan salvaguardas institucionales robustas.⁹⁸ Sin tal estructura, IA puede generar daños equivalentes a sus potencialidades beneficiosas.

4.4 Comparar la precisión y la confiabilidad de la inteligencia artificial frente a la toma de decisiones clínicas tradicionales en distintas especialidades médicas, considerado aspectos regulatorios, bioéticos y de seguridad.

4.4.1 *Resultados*

Tabla 6. *Resultados para el objetivo 3*

Autor/Año	Revista	Especialidad Médica	Comparación vs Tradicional	Aspectos Regulatorios	Aspectos Bioéticos	Seguridad
David B. Larson et al. (2021) ⁸⁷	Journal of American College of Radiology	Radiología diagnóstica	IA identifica limitaciones marcos regulatorios existentes	Cinco recomendaciones: separar tarea diagnóstica del algoritmo, evaluar múltiples dimensiones	Estandarización definiciones diagnósticas y conflictos interés	Caracterización limitada del rendimiento en entornos reales
Liron Pantanowitz et al. (2024) ¹⁰⁷	Modern Pathology	Patología clínica	IA enfrenta desafíos regulatorios en seguridad, ética, privacidad	Marcos flexibles y basados en riesgo; cooperación internacional para estandarizar	Privacidad datos, seguridad, reembolso	Software como dispositivo médico; procesos aprobación complejos

Autor/Año	Revista	Especialidad Médica	Comparación vs Tradicional	Aspectos Regulatorios	Aspectos Bioéticos	Seguridad
Nicole M. Thomasian et al. (2021) ⁹²	Journal of Public Health Policy	Salud pública y equidad	IA perpetúa desigualdades sin regulación federal adecuada	Marco federal necesario para garantizar equidad en algoritmos	Mejora diversidad de datos; auditorías continuas de sesgo	Evaluaciones independientes por terceros requeridas
Antonio Baldassarre & Martina Padovan (2024) ¹⁰⁸	Med Lav	Medicina ocupacional	IA transforma medicina pero genera riesgos psicosociales	Normativas internacionales sobre privacidad y riesgos laborales	Desinformación, afectación de privacidad, riesgos psicosociales	Regulaciones sobre privacidad y dispositivos médicos
Sarah Jabbour et al. (2023) ⁸⁸	JAMA	Medicina hospitalaria aguda	IA mejora precisión pero falla con modelos sesgados	Validación exhaustiva antes de implementación; alfabetización médica en IA	Detección de fallas en razonamiento de modelos sesgados	Herramientas explicativas insuficientes para detectar sesgos
Julio Albisua & Pedro Pacheco (2025) ⁵⁸	Open Respiratory Archives	Medicina general	IA debe complementar, no reemplazar juicio clínico	Principios éticos: transparencia, protección de datos, equidad, supervisión humana	Transparencia, protección de datos, responsabilidad	Supervisión humana y responsabilidad clara
Leonardo Viniégra-Velázquez (2024) ¹⁰⁹	Boletín Médico del Hospital Infantil de México	Medicina general	Avance tecnológico guiado más por intereses económicos que bienestar	Reflexión ética necesaria para garantizar humanidad en atención	Deshumanización de la atención; profundización de desigualdades sociales	Cuestionamiento de progreso como tecnocratización

Autor/Año	Revista	Especialidad Médica	Comparación vs Tradicional	Aspectos Regulatorios	Aspectos Bioéticos	Seguridad
Robert Panadés Zafra et al. (2024) ¹¹⁰	Análisis de retos bioéticos	Atención primaria	Bioética: guía esencial para desarrollo responsable	Desarrollo responsable, humano y justo en contexto sanitario	Principios bioéticos contemporáneos en salud digital	Equidad y acceso en contextos con menos recursos
Agustín Nuñez et al. (2024) ¹¹¹	Revista Chilena de Anestesiología	Anestesiología y crítica	Machine Learning es necesaria formación para médicos futuros	Integración curricular en educación médica	Limitaciones, sesgos, riesgos éticos en ML	Necesidad de protocolos de seguridad
Sabrina Maciel Nascimento et al. (2024) ⁶⁷	Revista Bioética	Medicina general	Regulación ética y legal urgente; necesidad comités éticos	Supervisión de desarrollo e implementación responsable	Transparencia, capacitación profesional, protección datos	Marcos regulatorios flexibles para evolución tecnológica

Fuente: Elaboración propia, 2025

4.4.2 *Análisis*

La comparación entre IA y medicina tradicional trasciende radicalmente métricas simples de precisión técnica para incluir dimensiones regulatorias, bioéticas y de seguridad:

4.4.2.1 Comparación de Precisión

- IA puede demostrar superioridad estadística en contextos controlados
- Sin embargo, precisión se degrada sistemáticamente cuando modelos contienen sesgos o cuando entornos clínicos reales difieren de condiciones de entrenamiento

- Medicina tradicional muestra vulnerabilidad a sesgos cognitivos pero adaptabilidad contextual superior

4.4.2.2 Aspectos Regulatorios

- Déficit regulatorio crítico: No existe proceso regulatorio diseñado específicamente para IA. Instituciones adaptan inadecuadamente normativas previas¹⁰⁷
- Necesidad de marcos flexibles basados en riesgo que permitan evolución tecnológica, pero mantengan protecciones de seguridad
- Cooperación internacional esencial para estandarización regulatoria (actualmente fragmentada)
- Recomendaciones específicas: separar tarea clínica de algoritmo, evaluar múltiples dimensiones de rendimiento, estructurar evaluación en fases, promover evaluaciones independientes por terceros⁸⁷

4.4.2.3 Aspectos Bioéticos Integrados

- Equidad como dimensión inseparable de confiabilidad⁹²
- Transparencia algorítmica requerida para auditoría y responsabilidad
- Privacidad de datos con protecciones específicas según contexto
- Humanidad en medicina que no puede ser substituida por eficiencia técnica
- Supervisión mediante comités éticos especializados¹¹²

4.4.2.4 Seguridad

- Requiere vigilancia continua post-implementación para detectar degradación de rendimiento
- Herramientas explicativas actuales son insuficientes para detectar sesgos sistemáticos

- Nuevos riesgos introducidos (desinformación, vigilancia excesiva, deshumanización) que medicina tradicional no presenta

4.4.3 *Discusión*

4.4.3.1 Precisión: Métrica Necesaria Pero Insuficiente

Comparación entre IA y medicina tradicional frecuentemente se reduce a métricas simples de precisión técnica. Sin embargo, análisis profundo revela que precisión constituye solo dimensión de confiabilidad multidimensional.

4.4.3.1.1 *Análisis Comparativo Directo:*

En estudio randomizado donde médicos internistas recibieron acceso a ChatGPT (GPT-4) como ayuda diagnóstica para viñetas clínicas, "médicos con asistencia de LLM no superaron significativamente a médicos usando recursos convencionales (UpToDate o Google). Hallazgo paradójico es que "LLM funcionando solo (cuando respondió casos por sí mismo) realmente superó ambos grupos de médicos en precisión." Esta discordancia sugiere que "integración de AI en workflow médico no es trivial sin entrenamiento apropiado o interface diseñada, simplemente añadir asistente de AI puede no mejorar inmediatamente desempeño de clínico."^{113,114}

En contexto de diagnóstico radiológico, identifican que aunque IA podría superar radiología tradicional en precisión bajo condiciones ideales, confiabilidad de tal afirmación es comprometida por infraestructura regulatoria inadecuada. Sin estandarización en definiciones diagnósticas, comparación entre algoritmos diferentes es imposible; sin caracterización de rendimiento en entornos clínicos reales, precisión reportada es sospechosa.^{87,115}

4.4.3.1.2 Heterogeneidad de Resultados:

Meta-análisis sistemático pooling 30 estudios sobre LLMs y clínicos en diagnóstico encuentra que "profesionales de salud tuvieron mayor precisión diagnóstica que modelos en 33.7% de estudios, mientras que LLMs específicamente ChatGPT tuvieron mayor precisión en 33.3% de estudios.¹¹⁶ Precisión primaria de diagnóstico de LLMs rangió de 25% a 97.8% dependiendo de modelo y tarea, permaneciendo generalmente por debajo de precisión de médicos en mayoría de escenarios.¹¹⁷ Sin embargo, el estudio concluyó que LLMs demostraron capacidades diagnósticas considerables y podrían convertirse en valiosos asistentes de salud si se usan cautelosamente.¹¹⁸

4.4.3.2 Confiabilidad: Dimensión Multifactorial Que Trasciende Precisión Técnica

Comparación válida entre IA y medicina tradicional requiere incorporar dimensiones regulatorias, bioéticas y de seguridad que típicamente permanecen invisibles en evaluaciones técnicas.

4.4.3.2.1 Interpretabilidad y Auditoría

Brooks et al. escribiendo sobre radiología diagnóstica, identifican "deficiencias críticas en marcos regulatorios existentes para algoritmos de diagnóstico por imagen.¹¹⁹ Proponen cinco recomendaciones: separar tarea clínica específica de algoritmo que la realiza, evaluar múltiples dimensiones de rendimiento, estructurar evaluación en fases, promover evaluaciones independientes por terceros, asegurar que fabricantes integren prácticas de validación.¹¹⁸ Significancia es que precisión no es propiedad intrínseca de sistema sino producto de proceso de validación, si proceso es deficiente, precisión reportada es sospechosa.¹¹⁹

En la revisión sistemática de AI explicable en sistemas de apoyo a decisiones clínicas, enfatizan que explainability constituye necesidad fundamental: regulatory frameworks como GDPR europeo enfatizan el 'right to explanation,' reforzando que decisiones de AI deben ser auditables y comprensibles. Sin transparencia algorítmica, clínicos pueden cuestionar confiabilidad de insights generados por sistemas complejos.^{120,121}

4.4.3.2.2 *Equidad Como Dimensión Inseparable de Confiabilidad:*

En revisión sobre fairness y bias en AI-driven healthcare, establecen que "confiabilidad sistémica es comprometida si precisión distribuye inequitativamente según grupo demográfico.^{102,122} Proporcionan recomendaciones (Fairness of AI Recommendations in Healthcare—FAIR statement) para "integración responsable y equitativa de IA," incluyendo "diversidad de datos de entrenamiento, algoritmos conscientes de equidad, y marcos regulatorios que aseguren entrega equitativa."^{123,124}

Seguridad y Vigilancia Continua: Ogut et al. documentan que aunque AI puede procesar datos y generar recomendaciones, la manera en que estas recomendaciones se entregan y utilizan por proveedores de salud es crítica.¹²⁵ Evidencia sobre clinical decision support systems muestra resultados mixtos: aproximadamente mitad de estudios mostraron alguna mejora con apoyo de AI, pero otra mitad mostró ausencia de cambio o fue inconclusa.¹²⁶ Lo crítico es que la confiabilidad requiere vigilancia continua post-implementación para detectar degradación de rendimiento, sin cual presumida precisión inicial puede deteriorarse silenciosamente.¹²⁷

4.4.3.3 Marcos Regulatorios: Crisis de Gobernanza

4.4.3.3.1 *Déficit Regulatorio Crítico:*

Pantanowitz et al. sintetizando 43 artículos sobre aspectos regulatorios de IA en medicina, encuentran que "aunque existen regulaciones sobre privacidad de datos y dispositivos médicos, no existe proceso regulatorio específico diseñado para IA.¹⁰⁷ En su lugar, instituciones regulatorias adaptan inadecuadamente normativas previas. FDA enfatiza "factores duros" como performance de algoritmo y adaptabilidad, mientras Unión Europea ha incluido aspectos éticos de regulación de IA, sugiriendo enfoques divergentes.^{128,129}

4.4.3.3.2 *Marcos Flexibles Versus Protecciones:*

Se recomienda que "marcos regulatorios deben ser simultáneamente rigurosos en protección de seguridad y equidad, pero lo suficientemente flexibles para permitir evolución tecnológica rápida," enfatizando "necesidad de cooperación internacional para estandarización regulatoria y fortalecimiento de infraestructura de investigación.¹³⁰

4.4.3.3.3 *EU AI Act:*

Comisión Europea establece que AI Act entró en vigencia August 1, 2024, y será completamente aplicable 2 años después, con excepciones.¹³¹ AI Act "explícitamente etiqueta AI systems intended for medical use como high-risk AI" requiriendo "estrictos requerimientos (quality management, transparencia, human oversight).¹³² Sin embargo, "industria advierte que esto puede crear overlap con regulaciones médicas de dispositivos existentes, potencialmente ralentizando innovación.¹³⁴

4.4.3.4 Dimensiones Bioéticas Integradas

4.4.3.4.1 *Transparencia y Responsabilidad Atribuible:*

Albisua y Pacheco (50) establecen que "comparación válida entre IA y medicina tradicional requiere adopción explícita de principios éticos como marco evaluativo.⁵⁸ Principios identificados (transparencia, protección de datos, equidad, supervisión humana, responsabilidad atribuible) "no son adiciones posteriores sino constitutivos de lo que significa confiabilidad.¹³⁴ Algo sorprendentemente, esto "contraprueba idea que ética es restricción posterior al desarrollo técnico; en cambio, establece que confiabilidad metodológica requiere incorporación de ética desde diseño inicial.¹³⁵

4.4.3.4.2 *Preservación de Humanidad Médica:*

Viniegra-Velázquez cuestiona "narrativas de progreso tecnológico inevitable," argumentando que "avance tecnológico en medicina frecuentemente ha sido guiado más por intereses económicos de fabricantes que por bienestar humano genuino.¹⁰⁹ Identifica riesgos concretos de adopción masiva de IA: "debilitamiento del juicio clínico independiente, deshumanización de atención médica, profundización de desigualdades sociales.¹³⁶ Esta perspectiva crítica es esencial porque "comparación de precisión entre IA y medicina tradicional es superficial si no examina efectos sistémicos de adopción tecnológica masiva sobre cultura médica.¹³⁷

Integración en Marcos Bioéticos Contemporáneos: Panadés Zafra et al. proponen que "bioética no debe interpretarse como barrera restrictiva al progreso tecnológico sino como guía esencial para asegurar desarrollo responsable, humano y justo.¹¹⁰ Recomiendan que "comparación válida entre IA y medicina tradicional requiere incorporación de perspectiva bioética explícita no como evaluación posterior sino como elemento constitutivo desde diseño inicial.¹³⁸

4.4.3.5 Seguridad: Nuevos Riesgos Introducidos

4.4.3.5.1 *Riesgos Psicosociales Emergentes:*

Baldassarre y Padovan documentan que aunque IA podría mejorar eficiencia diagnóstica en medicina ocupacional, "genera simultáneamente nuevas categorías de riesgo psicosocial" incluyendo "desinformación generada por sistemas de IA, afectación de privacidad laboral, deterioro potencial de salud mental de trabajadores.¹³⁹ Comparación de confiabilidad "debe incluir evaluación de nuevos riesgos introducidos, no solo beneficios de mayor precisión.¹⁴⁰

4.4.3.5.2 *Vigilancia Post-Market Inadecuada:*

Nascimento et al., en revisión integrativa de 14 artículos, concluyen que "seguridad y confiabilidad de IA requieren ecosistema institucional integral" incluyendo "regulación ética y legal robusta, capacitación profesional sistemática, supervisión mediante comités éticos especializados, transparencia, protección de datos.¹¹² Crítico es reconocer que "seguridad de IA no es propiedad intrínseca del algoritmo sino producto emergente de sistema institucional completo—aspecto frecuentemente omitido en comparaciones de precisión técnica.^{141,142}

4.4.3.6 Síntesis de Confiabilidad Comparativa

Chen et al., en síntesis sobre impacto de colaboración humano-IA en interpretación de imágenes, establecen que "beneficio máximo emerge de arquitectura completa de colaboración humano-máquina que actualmente permanece subdesarrollada en mayoría de instituciones sanitarias.⁸⁹ Feldman et al., comparando DDSS tradicional con LLMs, sugieren que "abordaje híbrido que combina capacidades lingüísticas y de exposición de LLMs con

capacidades determinísticas y explicatorias de DDSSs tradicionales podría producir beneficios sinérgicos.^{79, 143}

La conclusión fundamental es que la comparación válida de confiabilidad entre IA y medicina tradicional debe evaluar no solo precisión técnica sino adherencia a principios bioéticos explícitos, capacidad de auditabilidad, distribución equitativa de beneficios según grupo demográfico, y consecuencias sistémicas amplias en cultura médica y relaciones humanas en medicina.¹⁴⁴

4.5 Discusión crítica profunda

4.5.1 *Síntesis Integradora de Hallazgos*

El análisis comprehensivo de 30 estudios contemporáneos (20 del documento Anexo1, 10 de literatura externa reciente 2023-2025) revela que inteligencia artificial en medicina constituye fenómeno multifacético que exige evaluación simultánea de tres dimensiones integradas:

- Diferenciación técnica entre tipos de IA con lógicas operacionales fundamentalmente distintas;
- Beneficios concretos documentados versus limitaciones sistémicas que demuestran que potencial técnico se realiza solo bajo condiciones institucionales específicas;
- Confiabilidad comparativa con medicina tradicional que trasciende precisión numérica para incluir equidad, transparencia, responsabilidad ética y humanidad.

4.5.2 *Implicaciones para Práctica Clínica*

Hallazgo más significativo es que mayor beneficio clínico emerge no de reemplazo de medicina humana por IA sino de integración reflexiva donde sistemas algorítmicos

complementan juicio clínico dentro de marcos éticos robustos, regulatorios claros y educativos transformados. Chen et al. documentan que cuando juniors (médicos menos experimentados) colaboran con AI, mejora en sensibilidad diagnóstica (24%) es superior a la de seniors (9%), sugiriendo que AI es herramienta de aprendizaje particularmente valiosa para profesionales en desarrollo.⁸⁹ Inversamente, Soellner y Koenigstorfer demuestran que cuando IA opera exclusivamente, sin integración con expertise humano, adherencia terapéutica no mejora.⁸⁶

Esta realidad complejiza narrativa tecnológica simplista: IA no "soluciona" medicina sino que "recalibra" dinámica entre máquina y humano. Sin transformación simultánea en educación médica, gobernanza institucional, marcos regulatorios y reflexión bioética, implementación de AI puede amplificar desigualdades existentes en lugar de remediarlas.

4.5.3 Recomendaciones Urgentes para Contexto Latinoamericano

En contexto de sistemas de salud latinoamericanos con recursos limitados, recomendaciones críticas son:

- Transformación Educativa Inmediata: Integración obligatoria de alfabetización en IA en todos programas médicos de pregrado y posgrado, incluyendo comprensión de limitaciones, riesgos éticos y necesidad de supervisión humana. Sin tal transformación, adopción de IA en sistemas sanitarios será contraproducente.
- Marcos Regulatorios Contextuales: Regulaciones deben adaptarse a capacidad institucional regional, evitando tanto restrictivismo que paraliza innovación como libertinaje que compromete seguridad. Cooperación entre países latinoamericanos para estandarización es urgente.¹⁴⁵

- Equidad Explícita en Validación: Validación de algoritmos debe requerir análisis desagregado de precisión según grupo demográfico—étnicamente, por género, por ubicación geográfica. Sin tal rigor, IA amplificará desigualdades de salud existentes.⁸⁹
- Gobernanza Ética Institucional: Creación de comités bioéticos especializados en IA que ejecuten vigilancia post-implementación continuada, permitiendo detección temprana de degradación de rendimiento o sesgos emergentes.¹⁴⁵

4.6 Limitaciones de esta revisión

Esta revisión se limita a literatura en inglés y español publicada 2020-2025, excluyendo investigación en otros idiomas que podría proporcionar perspectivas alternativas. Además, heterogeneidad metodológica extrema entre estudios dificulta meta-análisis riguroso; síntesis es en consecuencia narrativa más que cuantitativa. Finalmente, campo evoluciona tan rápidamente que conclusiones pueden ser obsoletas en 12 meses.

4.7 Conclusión preliminar

Inteligencia artificial en medicina contemporánea representa frontera genuinamente transformacional con potencial extraordinario para mejorar diagnóstico, pronóstico y tratamiento de enfermedades. Sin embargo, tal potencial permanece contingente—condicional a decisiones deliberadas sobre gobernanza, equidad, transparencia y humanidad. Diferenciación entre tipos de IA (machine learning, deep learning, sistemas generativos) es necesaria pero insuficiente; lo fundamental es comprender que cada paradigma tecnológico presume concepciones distintas sobre naturaleza de conocimiento médico. Beneficios documentados son reales pero heterogéneamente distribuidos; limitaciones sistémicas amenazan comprometer ventajas técnicas a menos que se implementen salvaguardas institucionales robustas. Comparación de confiabilidad entre IA y medicina tradicional debe

transcender métricas simples de precisión para incluir equidad, seguridad, transparencia y preservación de humanidad en medicina.

El norte esencial para política pública, educación médica y práctica clínica en era digital debe ser: IA como complemento reflexivo de expertise humano, nunca como sustituto; integración guiada por principios bioéticos explícitos; regulación evolutiva que balancea innovación con protección; y vigilancia continua de consecuencias no intencionadas en equidad de salud y culturas clínicas. Sin tal enfoque integrador, revolución tecnológica de IA en medicina corre riesgo de reproducir e intensificar desigualdades existentes en lugar de remediárlas.

CAPITULO V- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

5.1.1 Conclusiones para Objetivo 1: Modelos de IA en Toma de Decisiones Clínicas

- Los modelos de machine learning, deep learning y sistemas generativos se distinguen no solo por sus características técnicas, sino también por las diferentes perspectivas que tienen sobre cómo se genera el conocimiento médico. Cada paradigma tecnológico presupone una forma distinta de entender la verdad clínica, lo que influye en cómo se aplican en la práctica. Esta diferenciación epistemológica es profunda y muchas veces invisible, pero es crucial para seleccionar y usar estas tecnologías de forma adecuada en la clínica.
- Machine learning supervisado representa un punto intermedio entre automatización y necesidad de interpretación humana. Estos algoritmos identifican patrones en grandes bases de datos clínicos, facilitando la detección de combinaciones específicas que pueden escapar a la percepción humana. Aun así, su utilidad depende en gran medida de la calidad y la diversidad de los datos históricos, lo que expone vulnerabilidades importantes frente a sesgos inherentes.
- El deep learning, a través de redes neuronales profundas, alcanza una capacidad excepcional para detectar patrones complejos en datos médicos, pero su falta de transparencia preocupa a clínicos y reguladores. La incapacidad de explicar cómo se tomó una decisión genera desconfianza y limita la integración práctica, a pesar de los avances significativos que ha demostrado en la precisión diagnóstica en determinadas especialidades.
- Para superar esta opacidad, se han desarrollado arquitecturas híbridas que combinan la capacidad del deep learning con modelos más interpretables. Estos modelos buscan un equilibrio entre la potencia predictiva y la claridad, proporcionando herramientas que pueden ser supervisadas y entendidas mejor por los profesionales de la salud, fomentando así una mayor confianza y aceptación clínica.

- Los sistemas generativos, como ChatGPT, representan un nuevo paradigma que no se limita a clasificar, sino que genera información contextual. Aunque presentan potencial significativo para apoyo en investigación y toma de decisiones, su evaluación clínica está en etapas iniciales y la incertidumbre sobre su precisión y confiabilidad todavía limita su adopción masiva.
- Los sistemas expertos, precursores en la IA médica, aportaron lecciones importantes al no poder adaptarse al dinamismo del conocimiento médico actual. Su rigidez y poca capacidad de actualización mostraron la necesidad de pasar a modelos que permitan aprendizaje continuo, dando paso a las tecnologías actuales que integran datos y experiencia de forma más flexible.
- La calidad y diversidad de los datos son esenciales para la efectividad de cualquier modelo de IA. Sin datos representativos y robustos, incluso los algoritmos más avanzados no podrán generalizar y servir adecuadamente a poblaciones heterogéneas o en contextos variados, lo que convierte la gestión de datos en una prioridad crítica.
- Diferenciar claramente estos modelos no basta para asegurar su éxito; es necesario que los profesionales médicos comprendan profundamente sus implicaciones epistemológicas. La alfabetización tecnológica es fundamental para que puedan asumir un rol crítico y reflexivo en la adopción de estas herramientas.
- Finalmente, la educación médica debe evolucionar para incluir desde etapas tempranas el conocimiento básico y avanzado de IA. Esto permitirá a futuros profesionales usar estas tecnologías de manera crítica, evitando adopciones acríticas y maximizando los beneficios clínicos y sociales derivados de estas innovaciones.

5.1.2 Conclusiones para Objetivo 2: Beneficios y Limitaciones de IA en Diagnóstico y Tratamiento

- La inteligencia artificial ha demostrado beneficios considerables en la mejora de la precisión diagnóstica y la eficiencia clínica en diversas especialidades, especialmente en radiología y predicción de complicaciones. Estos avances pueden transformar el cuidado de salud al proporcionar diagnósticos más rápidos y personalizados, impactando positivamente en los resultados de los pacientes.
- Sin embargo, su desempeño se encuentra limitado por sesgos inherentes a los datos con los que se entrenan. Estos sesgos, si no se detectan y corrigen, pueden perpetuar o incluso aumentar las desigualdades sanitarias existentes, afectando de manera desigual a grupos históricamente vulnerables y generando un impacto ético preocupante.
- Las responsabilidades legales alrededor del uso de IA en medicina aún no están claras, lo que genera incertidumbre en la adopción clínica. La falta de definición sobre quién asume la responsabilidad en caso de errores tecnológicos disuade a los profesionales sanitarios de confiar plenamente en estas herramientas.
- Además, la percepción de los pacientes frente a la incorporación de IA en diagnóstico afecta la confianza y la adherencia a los tratamientos propuestos. La desconfianza hacia la inteligencia artificial puede erosionar la relación médico-paciente, un componente esencial para el éxito terapéutico.
- La ausencia de validación prospectiva limita la confianza real en estos sistemas: mientras que los análisis retrospectivos muestran buen desempeño, es en la aplicación clínica futura donde se deben evaluar su eficacia y seguridad de verdad, requiriendo estudios con diseño robusto y en diferentes contextos.
- Los beneficios de la IA solo pueden materializarse plenamente bajo condiciones institucionales que incluyan gobernanza ética, formación adecuada de profesionales,

regulaciones claras y mecanismos de evaluación continua, destacando la necesidad de un enfoque multidisciplinario y colaborativo.

- Por último, las limitaciones más graves no son problemas técnicos aislados, sino desafíos sistémicos y estructurales que deben abordarse conjuntamente para que la IA se convierta en una herramienta realmente transformadora y justa en la atención médica.

5.1.3 Conclusiones para Objetivo 3: Precisión, Confiabilidad y Aspectos Regulatorios

- Si bien la IA puede superar la precisión diagnóstica en entornos controlados, esta métrica por sí sola no define su confiabilidad real en contextos clínicos complejos y multiculturales. La confianza médica exige que estos sistemas sean interpretables, auditables y que funcionen equitativamente para toda la población.
- Las comparativas directas han mostrado resultados mixtos y heterogéneos; en ocasiones, los médicos superan a los sistemas de IA y otras veces ocurre lo contrario. Esto indica que la efectividad de la IA depende en gran medida del contexto de uso, la especialidad médica y la calidad de la integración con el juicio humano.
- La transparencia y la capacidad para auditar decisiones algorítmicas son indispensables. Sin estas, la confianza de los clínicos y pacientes se ve comprometida, y las posibles fallas en grupos vulnerables podrían pasar desapercibidas y provocar daños significativos.
- La equidad emerge como una dimensión central de la confiabilidad, pues la precisión dispareja entre grupos demográficos debilita la utilidad clínica y perpetúa injusticias estructurales dentro del sistema de salud.
- Además, actualmente existen deficiencias regulatorias altas que dificultan garantizar la seguridad y eficacia de los sistemas de IA, generando un delicado equilibrio entre fomentar la innovación y proteger a los pacientes.

- La integración de principios bioéticos desde el diseño del sistema, en vez de como una restricción posterior, es fundamental para asegurar que el progreso tecnológico no vaya en detrimento de los valores humanos y sociales esenciales en medicina.
- Los nuevos riesgos psicosociales introducidos por el uso de IA, como el impacto en la salud mental del personal sanitario o la posible deshumanización de la atención, requieren una evaluación y vigilancia constante, no solo el foco en los indicadores técnicos.
- Por último, la colaboración entre humanos y máquinas demuestra ser la mejor estrategia para maximizar tanto la precisión como la confiabilidad, ya que combina las fortalezas de ambos y mitiga las debilidades individuales.

5.2 Recomendaciones

5.2.1 Recomendaciones por capítulo

5.2.1.1 Objetivo: Describir los principales modelos de IA (Machine Learning, Deep Learning y Sistemas Expertos)

Estas recomendaciones surgen del análisis sobre la "caja negra" del Deep Learning, la rigidez de los Sistemas Expertos y la naturaleza probabilística del Machine Learning.

- Priorizar la interpretabilidad en la selección del modelo: Se recomienda no basar la elección del modelo únicamente en la métrica de precisión (accuracy), sino priorizar arquitecturas que ofrezcan explicabilidad (como modelos híbridos o técnicas de Explainable AI). Especialmente al implementar Deep Learning en diagnóstico por imagen, es crucial que el sistema pueda justificar sus hallazgos para que el clínico confíe y valide la decisión, mitigando el problema de la "opacidad algorítmica" o "caja negra".

- Capacitación diferenciada según el tipo de algoritmo: Implementar programas de alfabetización tecnológica que enseñen al personal clínico a distinguir entre la lógica determinista de los Sistemas Expertos (basados en reglas fijas) y la lógica probabilística del Machine Learning/Deep Learning. Los médicos deben comprender que los modelos actuales no "saben" medicina, sino que identifican correlaciones estadísticas, lo cual es vital para no sobrestimar su infalibilidad clínica.
- Implementación escalonada según la complejidad de datos: Utilizar Machine Learning tradicional (supervisado) como primer paso para el análisis de datos estructurados (historias clínicas, laboratorios) donde la trazabilidad es más sencilla, y reservar el Deep Learning para tareas de alta complejidad perceptual (imágenes, patología digital), asegurando siempre que exista una supervisión humana experta ("human-in-the-loop") para validar los resultados de estas redes neuronales complejas.

5.2.1.2 Objetivo: Identificar beneficios y limitaciones en diagnóstico, pronóstico y tratamiento

Estas recomendaciones abordan la tensión entre la eficiencia operativa (beneficio) y los riesgos de sesgo y falta de validación real (limitaciones).

- Validación local para mitigar sesgos algorítmicos: Antes de desplegar herramientas de IA para diagnóstico o pronóstico, se debe realizar una validación con datos locales de la población que será atendida. Dado que muchos algoritmos se entrenan con datasets de poblaciones no representativas (ej. caucásicas/europeas), es imperativo auditar el sistema para detectar y corregir sesgos demográficos que podrían derivar en disparidades de salud o diagnósticos erróneos en grupos minoritarios.
- Exigencia de evidencia prospectiva: Se recomienda a las instituciones de salud no adoptar herramientas de IA basándose únicamente en estudios retrospectivos (datos

pasados). Se debe exigir evidencia de estudios clínicos prospectivos y ensayos controlados que demuestren que el uso de la IA mejora realmente los desenlaces clínicos (outcomes) del paciente en un entorno real, y no solo el rendimiento teórico del software.

- **Preservación del criterio humano en el tratamiento:** Establecer protocolos claros que definan a la IA como una herramienta de "segunda opinión" o soporte, y nunca como sustituto en la indicación de tratamientos. Se debe limitar el uso de la IA a tareas de optimización y predicción, garantizando que la decisión final terapéutica y la comunicación empática con el paciente permanezcan como competencias exclusivamente humanas para evitar la despersonalización de la atención médica.

5.2.1.3 Objetivo: Comparar precisión y confiabilidad frente a decisiones tradicionales (Aspectos regulatorios, bioéticos y de seguridad)

Estas recomendaciones responden a la conclusión de que la "precisión técnica" no es sinónimo de "confiabilidad clínica" y a la falta de gobernanza actual.

- **Institucionalización de Comités de Bioética de IA:** Crear subcomités o grupos de trabajo dentro de los comités de bioética hospitalarios dedicados específicamente a la vigilancia algorítmica. Estos grupos deben encargarse de supervisar la responsabilidad civil en caso de error (¿quién es responsable: el médico, el hospital o el desarrollador?) y garantizar la transparencia de las decisiones automatizadas, protegiendo la autonomía del paciente.
- **Adopción de marcos regulatorios de "Alto Riesgo":** Alinear las políticas institucionales y nacionales con normativas internacionales avanzadas (como la EU AI Act), clasificando los sistemas de soporte a la decisión clínica como tecnologías de "Alto Riesgo". Esto implica imponer requisitos estrictos de ciberseguridad, calidad

de datos y monitoreo post-comercialización antes de permitir su uso en la atención directa de pacientes.

- Redefinición de métricas de éxito (Más allá de la precisión): Al comparar la IA con la práctica tradicional, se recomienda no evaluar solo la precisión diagnóstica. Se deben incorporar métricas de confiabilidad y robustez, evaluando qué tan seguro es el sistema cuando se enfrenta a casos atípicos o datos de mala calidad. Un sistema menos "preciso" pero más robusto y transparente puede ser preferible clínicamente que uno muy preciso pero frágil ante la incertidumbre.

5.2.2 Recomendación por actor

5.2.2.1 Recomendaciones para el Sistema de Salud

5.2.2.1.1 Recomendación 1: Desarrollo de Marcos Regulatorios Contextualizados

Es imperativo que sistemas de salud establezcan marcos regulatorios propios para evaluación e implementación de IA que sean "contextualizados a capacidad institucional regional" en lugar de simplemente importar regulaciones internacionales diseñadas para contextos de altos ingresos. Tales marcos deben ser "basados en riesgo" clasificando IA según criticidad de aplicación, requiriendo mayor evidencia de validación para decisiones de vida-muerte que para herramientas de screening preliminar. Crucialmente, regulaciones deben evolucionar de manera continua conforme tecnología avanza; marcos regulatorios que son contruidos para ser "permanentes" quedarán obsoletos rápidamente. Cooperación regional entre países para estandarización es esencial para evitar fragmentación donde AI aprobado en una jurisdicción es prohibido en otra, creando caos de implementación y desincentivando innovación.

5.2.2.1.2 Recomendación 2: Establecimiento de Comités Bioéticos Especializados en IA

Cada institución sanitaria que implementa IA debe crear "comités bioéticos especializados" que ejerzan vigilancia continua post-implementación, detecten sesgos emergentes, auditen precisión en subgrupos poblacionales, y evalúen impactos no intencionados en equidad y humanidad de medicina. Tales comités deben incluir no solo médicos y especialistas en IA sino también "representantes de pacientes, trabajadores sanitarios no-médicos, y expertos en equidad de salud" para asegurar que perspectivas múltiples guían supervisión. Mandato de estos comités debe ir más allá de "aprobar o rechazar" nuevos sistemas para incluir "monitoreo continuado de sistemas existentes," porque degradación de rendimiento puede ocurrir gradualmente sin detección si únicamente es observado al momento de implementación inicial.

5.2.2.1.3 Recomendación 3: Validación Independiente Rigurosa Como Estándar Pre-Implementación

Sistemas de salud deben requerir que "toda IA propuesta sea validada de manera independiente por terceros antes de implementación clínica," no únicamente aceptar validaciones internas de desarrolladores que tienen conflictos de interés comerciales en aprobar su propio producto. Esta validación debe incluir análisis desagregado de precisión según grupo demográfico, evaluación de sesgos sistemáticos, caracterización de rendimiento en múltiples contextos clínicos reales (no solo datasets de investigación), y identificación explícita de límites donde algoritmo probablemente falla. Costo de tal validación rigurosa será significativo pero justificable considerando consecuencias de implementar IA sin confianza verdadera sobre sus capacidades y limitaciones. Inversión en validación rigurosa es inversión en seguridad clínica.

5.2.2.1.4 Recomendación 4: Equidad Como Criterio Explícito de Adopción Tecnológica

Instituciones sanitarias deben adoptar "política explícita que equidad es criterio no-negociable en evaluación de IA," requiriendo que "algoritmo demuestre precisión comparable —no solo en promedio sino en cada subgrupo relevante— antes de ser aprobado para uso clínico." Esta evaluación debe incluir representación adecuada en datasets de desarrollo de "personas de etnias minoritarias, mujeres, personas de diferentes edades y ubicaciones geográficas, y personas con comorbilidades múltiples." El riesgo de no hacer así es que IA que funciona equitativamente en población de desarrollo pero inequitativamente en población donde será implementada amplificará desigualdades existentes a escala sin precedentes. Criterio de equidad debe ser considerado igualmente importante como criterio de precisión técnica.

5.2.2.1.5 Recomendación 5: Integración de IA en Workflows Clínicos Existentes Con Diseño Reflexivo

La implementación de IA no debe ser concebida como "reemplazo de profesionales existentes" sino como "integración reflexiva que reconoce que humano permanece en loops de decisión crítica." Esto requiere diseño cuidadoso de interfases usuario que aseguran que "recomendaciones de IA son visibles y auditables," que "profesionales médicos pueden fácilmente rechazar o cuestionar recomendaciones," y que "razonamiento de IA es accesible a humano a nivel que permite supervisión significativa." Workflow de implementación debe incluir "fases piloto donde personal recibe entrenamiento extenso" antes de rollout completo, permitiendo identificación de problemas prácticos antes de que afecten población de pacientes completa. Cambio de infraestructura clínica requiere planificación cuidadosa y tiempo; apresuramiento en implementación frecuentemente resulta en abandono de sistema después de dificultades prácticas iniciales.

5.2.2.1.6 Recomendación 6: Transformación de Educación Médica Para Incluir Alfabetización en IA

Sistemas de salud deben trabajar juntamente con instituciones educativas para "integrar alfabetización en IA en todos los programas de pregrado y posgrado médico," incluyendo "comprensión de principios de machine learning, deep learning, limitaciones de algoritmos, identificación de sesgos, y consideraciones bioéticas." Esta educación no debe ser "educación técnica sobre cómo usar sistemas específicos" sino "educación crítica que capacita médicos a evaluar cualquier nuevo sistema de IA que encuentren durante sus carreras." Próxima generación de médicos debe ser "no simplemente usuarios de IA sino pensadores críticos sobre IA"—capaces de reconocer cuando sistema está sesgado, cuándo sus recomendaciones deben ser cuestionadas, y cuáles son preguntas que deben hacerse antes de implementación. Sin tal transformación educativa, adopción de IA en sistemas sanitarios perpetuará dependencia de profesionales menos capacitados que simplemente siguen recomendaciones de "cajas negras."

5.2.2.1.7 Recomendación 7: Establecimiento de Sistemas de Vigilancia Post-Implementación Continuada

Instituciones sanitarias deben crear "infraestructura sistemática de vigilancia post-implementación" que "monitorea continuamente precisión de IA implementado, detecta sesgos emergentes, identifica degradación de rendimiento, y documenta eventos adversos." Esta vigilancia debe incluir "análisis regular de decisiones rechazadas por clínicos"—si profesionales médicos consistentemente rechazan recomendaciones de IA en contextos específicos, esto sugiere falla sistemática del algoritmo que requiere investigación. Datos de vigilancia deben ser "disponibles transparentemente" para comités bioéticos, reguladores, e instituciones académicas, permitiendo identificación de problemas sistémicos antes de que causen daño generalizado. Sistema de salud debe estar dispuesto a "retirar o reentrenar IA"

si vigilancia identifica problemas significativos— coraje de reconocer que sistema no funciona es tan importante como coraje de implementar.

5.2.2.1.8 Recomendación 8: Asignación Presupuestaria Para Investigación Sobre Equidad y Seguridad de IA

Sistemas de salud deben "asignar fondos explícitos para investigación local sobre equidad, seguridad y eficacia de IA en sus contextos específicos" en lugar de únicamente adoptar investigación generada en contextos de otros países. Inversión en investigación local es crucial porque IA puede tener características de rendimiento completamente diferentes en contextos geográficos, étnicos o socioeconómicos distintos. Algoritmo desarrollado en Norteamérica y validado en población blanca de clase media puede comportarse radicalmente diferentemente cuando es aplicado en población latinoamericana con comorbilidades diferentes y acceso diverso a recursos. Investigación local es inversión en confiabilidad contextual.

5.2.2.2 Recomendaciones para los Médicos

5.2.2.2.1 Recomendación 1: Desarrollar Pensamiento Crítico Sobre IA Más Allá de Adopción Acrítica

Los médicos deben cultivar actitud de "escepticismo reflexivo" respecto a recomendaciones de IA—ni rechazo automático ni aceptación acrítica, sino "evaluación deliberada de cada sistema." Preguntas críticas que cada médico debe aprender a hacer incluyen: "¿Cuál es verdadero problema clínico que este sistema pretende resolver?", "¿Ha sido validado independiente o únicamente por desarrolladores?", "¿Cómo se comporta en pacientes similares a los que yo trato?", "¿Qué sucede cuando rechazo su recomendación?", "¿Quién es responsable si su recomendación es incorrecta?" Capacidad para hacer estas preguntas es marca de profesional médico maduro en era de IA. Médicos que adoptan IA sin

cuestionamiento acrítico abren puertas a daño potencial; médicos que rechaza IA completamente pierden beneficios potenciales. Equilibrio se encuentra en evaluación continuada.

5.2.2.2 Recomendación 2: Mantener Expertise Clínica Independiente Aunque Tenga Acceso a IA

Existe riesgo paradójico que fácil acceso a IA puede conducir a "atrofia de habilidades clínicas" si médicos comienzan a confiar demasiado en recomendaciones algorítmicas y no mantienen su propio razonamiento clínico robusto. Análogo a cómo sistemas GPS convenientes han reducido capacidad de navegación de muchos humanos, sistemas de IA convenientes pueden reducir capacidad de razonamiento diagnóstico de médicos si permiten que máquina asuma toda responsabilidad cognitiva. Recomendación es que médicos "deben mantenerse agudamente conscientes de su propio razonamiento clínico" incluso mientras tienen acceso a IA, usando IA como "herramienta de verificación o expandimiento de pensamiento" más que como "reemplazo de pensamiento." Ejercicio regular de habilidades diagnósticas independientes es análogo a ejercicio físico—necesario para mantener capacidad funcional.

5.2.2.3 Recomendación 3: Ser Vigilante Contra Sesgos Propios y Sesgos Algorítmicos

Médicos deben entrenar a reconocer "sus propios sesgos cognitivos" (anclaje, representatividad, sesgo de confirmación) que comprometen diagnóstico clínico, mientras simultáneamente son vigilantes contra "sesgos algorítmicos" que comprometen recomendaciones de IA. Paradoja es que mientras IA puede mitigar algunos sesgos cognitivos humanos, puede amplificar sesgos sistemáticos inherentes a datos históricos. Médico reflexivo reconoce ambas fuentes de sesgo y las balancea. Pregunta importante que cada médico debe hacer es: "¿Este diagnóstico que me propone IA tiene sentido clínico para

este paciente específico con su contexto específico?"—reconociendo que respuesta "no" es válida incluso si IA es generalmente preciso. Sensibilidad a sesgo es marca de profesional que se toma responsabilidad seriamente.

5.2.2.2.4 Recomendación 4: Advocar Por Pacientes Respecto a Impacto de IA en Relación Médico-Paciente

Los médicos tienen responsabilidad única de "comunicar honestamente a pacientes sobre rol de IA en su cuidado" de manera que sea "honesta pero no alienante." Transparencia sobre uso de IA es importante—pacientes tienen derecho a saber; sin embargo, presentación de información importa enormemente. "Se usó un algoritmo de asistencia para informar mi diagnóstico, que fue luego validado mediante mi razonamiento clínico" es comunicación diferente y más efectiva que "computadora dijo que tienes X," que evoca desconfianza. Médicos deben ser "defensores de sus pacientes" respecto a impactos potencialmente deshumanizantes de adopción excesiva de IA. Si perciben que IA está siendo implementado de manera que compromete calidad de relación médico-paciente o que reduce tiempo disponible para interacción humana significativa, deben "vocally advocar" por cambios en políticas institucionales. Médicos como guardianes de humanidad en medicina es rol fundamental.

5.2.2.2.5 Recomendación 5: Participar Activamente en Vigilancia Post-Implementación

Médicos que usan IA en práctica clínica diaria están "en posición única para detectar problemas"—degradación gradual de rendimiento, sesgos emergentes, situaciones donde sistema consistentemente falla. Instituciones deben crear "sistemas accesibles para que médicos reportan problemas" que observan con IA; tales reportes no deben ser vistos como "crítica" sino como "información vital para vigilancia continuada." Cultura de seguridad psicológica donde médicos se sienten libres de reportar problemas sin temor a represalia es

fundamental. Médicos no deben ser responsables únicamente de "usar el sistema" sino de "monitorearlo críticamente" y "reportar cuando algo se ve mal." Esta participación transforma médicos desde "consumidores pasivos" de tecnología a "colaboradores activos" en asegurar que IA realmente mejora cuidado de pacientes.

5.2.2.2.6 Recomendación 6: Recibir Entrenamiento Específico Y Continuo Respecto a IA Que Usan

Los médicos que implementan IA requieren "entrenamiento robusto" que va más allá de tutoriales de interface—entrenamiento que incluye "comprensión de capacidades y limitaciones de algoritmo específico, conocimiento de población donde fue validado, reconocimiento de banderas rojas que indican posible fallo." Tal entrenamiento debe ser "continuo, no único," con "actualización regulada conforme sistema es revisado o mejorado." Entrenamiento debe incluir "role-playing de situaciones clínicas ambiguas" donde médico debe decidir si seguir o rechazar recomendación de IA. Médico que ha pensado deliberadamente a través de tales situaciones está mejor preparado que médico que descubre dilema el primer día de uso clínico real. Instituciones que implementan IA sin asegurar que personal recibe tal entrenamiento están predestinadas a mal desempeño; inversión en educación es inversión en implementación exitosa.

5.2.2.2.7 Recomendación 7: Documentar Explícitamente Cuando Y Por Qué Se Rechaza Recomendación de IA

Práctica clínica reflexiva requiere que "cuando médico rechaza recomendación de IA, esto es documentado explícitamente junto con razonamiento clínico para rechazo." Tales documentos cumplen múltiples funciones: (1) crean "registro de cómo IA se comporta en práctica real," (2) permiten "identificación de sesgos o fallos del sistema," (3) protegen médico legalmente demostrando que "ejercitó juicio clínico," (4) permiten "validación post-

hoc si paciente experimenta mal outcome." Documentación de rechazo de IA no debería ser vista como "administrativo burden" sino como "práctica clínica reflexiva que mejora cuidado." Patrón consistente de rechazo en contextos específicos es señal potencial que IA tiene problema sistemático que requiere investigación institucional.

5.2.2.2.8 Recomendación 8: Contribuir a Educación de Colegas Respecto a Uso Reflexivo de IA

Los médicos con experiencia en uso de IA deben convertirse en "mentores" para colegas menos familiarizados, compartiendo "no solo cómo usar el sistema sino reflexiones sobre cuándo confiar en él y cuándo cuestionarlo." Tal mentoring es especialmente importante para médicos jóvenes que están acostumbrándose a profesión durante era donde IA es "normal," quienes pueden carecer de intuición clínica desarrollada a lo largo de décadas para balancear recomendaciones algorítmicas. Médicos experimentados ofrecen gift invaluable de "juicio clínico maduro" que no puede ser replicado por entrenamiento formal. Crear cultura donde "conocimiento tácito" es transmitido entre generaciones es fundamental para asegurar que IA es integrado sabiamente en práctica médica.

5.2.2.2.9 Recomendación 9: Abogar Por Transparencia Algorítmica Y Auditoría Independiente

Los médicos en posición de autoridad deben "vocally advocar" por requerimientos que "algoritmos usados en instituciones deben ser transparentes y auditables de manera independiente." Presión médica sobre administradores y reguladores para establecer tales estándares es crucial porque, frecuentemente, tales requerimientos no vienen desde sector tecnológico que resiste transparencia que podría revelar limitaciones de sus productos. Médicos como defensores de "right to explanation" y "auditabilidad algorítmica" pueden

catalizar cambios políticos que protegen todos los stakeholders. Esta advocaría es dimensión de responsabilidad profesional médica en era de IA.

5.2.2.2.10 Recomendación 10: Reconocer Que IA Es Herramienta de Aprendizaje, No Herramienta de Sustitución

Recomendación final y quizás más importante es que "médicos deben reconocer que IA es herramienta valiosa para expandir capacidad diagnóstica y para aprendizaje continuado, no herramienta para abandonar responsabilidad clínica." IA puede ser asistente extraordinario que permite médico acceso a síntesis de literatura médica más actualizada, o reconocimiento de patrones sutiles en imágenes que humano podría perder. Pero IA no puede reemplazar juicio clínico integrado, comunicación empática con pacientes, o navegación ética de situaciones clínicas ambiguas. Médicos que mantienen tal perspectiva equilibrada, que ven IA como "complemento" más que como "amenaza" o "solución mágica," están mejor posicionados para aprovechar beneficios mientras evitan daños potenciales.

5.2.2.3 Recomendaciones para Estudiantes de Medicina

5.2.2.3.1 Recomendación 1: Desarrollar Formación Rigurosa en Fundamentos de IA Durante Pregrado

Los estudiantes de medicina deben recibir "formación sustantiva en principios fundamentales de machine learning, deep learning, y estadística subyacente" durante educación de pregrado, no como "electiva opcional" sino como "parte central de currículo médico." Esta formación debe incluir "comprensión de cómo algoritmos son entrenados, cómo sesgos pueden ser introducidos, cómo precisión debe ser evaluada, qué significa cuando un algoritmo falla." Nivel de comprensión requerido no requiere que estudiantes sean ingenieros de AI pero sí que sean "pensadores críticos sobre IA"—capaces de formular preguntas inteligentes, reconocer limitaciones, evaluar afirmaciones de desarrolladores.

Formación en IA debe estar integrada en cursos de epidemiología, diagnóstico, terapéutica—no segregada en cursos especializados que students podría evitar. Generación de médicos que completa educación sin alfabetización en IA estará severamente desventajada en práctica profesional que será pervasivamente infiltrada con tecnología de IA.

5.2.2.3.2 Recomendación 2: Mantener Rigor en Educación Clínica Fundamentales Mientras Integra IA

Aunque estudiantes de medicina deben aprender sobre IA, "educación fundamental en razonamiento clínico, skills de examen físico, y comunicación con pacientes no debe ser comprometida." Riesgo es que en entusiasmo de incorporar tecnología nueva, educadores reducen tiempo dedicado a habilidades clínicas fundamentales que generaciones anteriores de médicos dominaban. Estudiantes que no pueden realizar examen físico completo, que no pueden comunicarse efectivamente con pacientes angustiados, que carecen de intuición clínica desarrollada a través de práctica repetida, "estarán profundamente desventajados incluso si domina tecnología de IA." Integración de IA en educación médica debe ser "aditiva"—añadiendo nuevas herramientas—más que "sustitutiva"—reemplazando habilidades fundamentales. Estudiantes deben emerger de educación con "capacidades clínicas sólidas + comprensión de IA," no "comprensión superficial de IA sin capacidades clínicas sólidas."

5.2.2.3.3 Recomendación 3: Cultivar Mentalidad Crítica Respecto a Tecnología Y Evitar Determinismo

Los estudiantes de medicina deben ser educados a "desarrollar escepticismo saludable respecto a narrativas tecnológicas simples" que presumen que IA automáticamente 'soluciona' medicina o que tecnología siempre es 'progreso.' Pensamiento crítico sobre tecnología incluye cuestionamiento: "¿Quién se beneficia de esta tecnología?", "¿Quién

podría ser herido?", "¿Cuáles son asunciones ocultas en este sistema?", "¿Cómo podría esto amplificar desigualdades existentes?" Estudiantes que desarrollan tales habilidades críticas emergerán como "pensadores reflexivos sobre IA" capaces de navegar futuro profesional donde tecnología es ubicua pero no siempre beneficiosa. Educación debe incluir "casos de estudio de IA que falló" para ilustrar que tecnología sofisticada puede fallar de maneras sistémicas, especialmente cuando sesgos están presentes. Cultura médica donde se cuestiona tecnología reflexivamente, donde "si no entiendo cómo funciona no debería confiar en ello" es valor central, es cultura que producirá medicina mejor.

5.2.2.3.4 Recomendación 4: Entrenarse en Identificación de Sesgo en Algoritmos Y en Datos

Estudiantes de medicina deben recibir "entrenamiento específico en cómo identificar sesgos en algoritmos" durante educación clínica. Esto incluye "comprensión de cómo sesgos históricos en datos se perpetúan en algoritmos," "reconocimiento de cuando precisión de algoritmo varía sistemáticamente según grupo demográfico," y "preguntas específicas a hacer cuando evaluando algoritmo para implementación clínica." Entrenamiento debe incluir "ejercicios prácticos" donde estudiantes analiza un dataset médico real, identifican sesgos, y desarrolla estrategias para mitigación. Este entrenamiento es crítico porque sesgos algorítmicos son frecuentemente invisibles—no aparecen obvia en números de "precisión global"; requieren análisis explícitamente dirigido a su identificación. Estudiantes equipados con habilidades para detectar sesgos estarán mejor posicionados que anteriores generaciones para asegurar que IA es implementado equitativamente en sus instituciones.

5.2.2.3.5 Recomendación 5: Desarrollar Habilidades de Colaboración Humano-IA Desde Temprano

Estudiantes de medicina deben practicar desde temprano en educación "cómo colaborar efectivamente con sistemas de IA"—cómo interpretar sus recomendaciones, cuándo confiar en ellas, cuándo cuestionarlas, cómo integrar recomendaciones de IA con razonamiento clínico independiente. Este entrenamiento debe incluir "simulaciones clínicas donde AI proporciona recomendaciones" y estudiantes debe decidir si seguir o rechazar basado en juicio clínico. Habilidad de "usar IA sabiamente" es tan importante como habilidad de "no usar IA en situaciones donde es inapropiado." Estudiantes que desarrolla intuición sobre colaboración efectiva con máquinas durante educación emergerán como profesionales más capaces que generaciones anteriores que nunca tuvieron tal oportunidad de práctica.

5.2.2.3.6 Recomendación 6: Reconocer Que Futuro de Medicina debe ser el ideal con la IA

Finalmente, "estudiantes de medicina deben ser instruidos con visión que futuro de medicina es fundamentalmente colaborativo" —donde humano y máquina trabajan junto, cada uno proveyendo lo que el otro carece. Máquinas son extraordinarias en procesar volumen masivo de datos, reconocer patrones estadísticos, funcionar sin fatiga. Humanos son extraordinarios en contextualizar, comunicar, navegar ética, adaptarse a lo inesperado, proporcionar empatía. Medicina del futuro que aprovecha fortalezas de ambos mientras mitiga debilidades es medicina donde "alumno es educado a pensar como "AI profesional"—alguien que puede navegar mundo donde tecnología es ubicua pero humanidad es aún central." Tal visión genera profesionales optimistas respecto a futuro, que ven IA como "herramienta extraordinaria para servir mejor a pacientes" más que como "amenaza a profesión médica." Replicación de tal optimismo informado es legado más importante que educadores médicos pueden dejar a próxima generación.

5.3 Análisis integrador

Este conjunto comprensivo de conclusiones y recomendaciones ha sido desarrollado basándose en análisis riguroso de literatura contemporánea (2020-2025) y documentación en el Anexo1, sintetizando hallazgos múltiples sobre modelos de IA, beneficios, limitaciones, y comparativas con práctica médica tradicional. Las conclusiones revelan que "inteligencia artificial en medicina es fenómeno profundamente complejo que exige evaluación simultánea de dimensiones técnicas, institucionales, legales, éticas y humanas"—nunca una sola dimensión.

Las recomendaciones para sistemas de salud enfatizan que "implementación responsable requiere gobernanza institucional deliberada, validación rigurosa, vigilancia continua, y compromiso explícito a equidad" —no simplemente adopción técnica de herramientas. Las recomendaciones para médicos subrayan que "responsabilidad profesional en era de IA es más importante que nunca"— requiere pensamiento crítico, vigilancia contra sesgos, advocación para pacientes, y mentalidad de que "IA es herramienta de complemento, no reemplazo." Las recomendaciones para estudiantes reconocen que "próxima generación de médicos será profundamente diferente porque será educada con IA como 'normal' en lugar de como 'excepción'" —requiere educación transformada que balancea alfabetización en IA con rigor clínico fundamental.

El norte integrativo de todas estas conclusiones y recomendaciones es: Inteligencia artificial en medicina prospera no cuando es maximizada en autonomía sino cuando es reflexivamente integrada en arquitecturas que mantienen humanidad, equidad, transparencia y responsabilidad como valores centrales. Este es el camino hacia medicina que es simultáneamente más potente tecnológicamente y más enraizada humanamente.

5.4 Limitaciones del estudio y trabajos futuros

5.4.1 Limitaciones de la presente revisión

A pesar del rigor metodológico aplicado en la selección y análisis de las fuentes, esta investigación presenta limitaciones inherentes a su diseño y alcance que deben ser consideradas para la adecuada interpretación de sus hallazgos:

Sesgo de publicación y positividad: La revisión se basó principalmente en literatura indexada que tiende a reportar resultados positivos o exitosos de la implementación de IA. Existe la posibilidad de un sesgo de "cajón de archivo", donde los estudios con resultados negativos, fallos en la implementación o nulo impacto clínico no son publicados con la misma frecuencia, lo que podría generar una sobreestimación de la efectividad real de estas herramientas.

Heterogeneidad de los entornos clínicos: La mayoría de los estudios analizados (especialmente aquellos sobre Deep Learning y robótica) provienen de países de altos ingresos con infraestructuras digitales maduras (EE. UU., Europa, China). La extrapolación de estos resultados al contexto latinoamericano y costarricense es compleja, dado que nuestras instituciones enfrentan brechas significativas en digitalización, calidad de datos y recursos técnicos que no están reflejadas en la literatura del "Norte Global".

Horizonte temporal y obsolescencia tecnológica: Dado el avance exponencial de la IA generativa y los modelos multimodales, el periodo de revisión (2020-2025) captura una "fotografía" momentánea. Algunas limitaciones técnicas identificadas al inicio de este periodo (como la falta de capacidad de razonamiento contextual) están siendo superadas rápidamente por nuevos modelos (ej. GPT-4, Gemini), lo que podría hacer que ciertas conclusiones técnicas pierdan vigencia en el corto plazo.

Ausencia de validación prospectiva a largo plazo: Se identificó una escasez de estudios longitudinales que evalúen el impacto de la IA en desenlaces clínicos duros (mortalidad, morbilidad a 5 años). La mayoría de la evidencia actual se centra en métricas de rendimiento técnico (sensibilidad, especificidad, AUC) en entornos controlados (in silico), lo cual no necesariamente se traduce en una mejora directa de la salud del paciente en la práctica real (in vivo).

5.4.2 Trabajos futuros y líneas de investigación

A partir de los hallazgos y las brechas identificadas en esta revisión, se sugieren las siguientes líneas de investigación para continuar profundizando en el campo:

Estudios de validación local y tropicalización de algoritmos: Es imperativo desarrollar investigaciones empíricas que evalúen el desempeño de algoritmos globales en poblaciones locales. Se propone la realización de pruebas piloto en hospitales nacionales para auditar sesgos demográficos específicos de nuestra población y ajustar los modelos a la epidemiología y realidad genética de la región.

Investigación cualitativa sobre la relación médico-paciente-IA: Se sugiere realizar estudios de campo (entrevistas, grupos focales) para explorar cómo la introducción de la IA altera la dinámica de confianza en la consulta médica en nuestro entorno cultural. ¿Perciben los pacientes locales la IA como una herramienta de seguridad o como una barrera deshumanizante?

Desarrollo de marcos regulatorios adaptados: Futuros trabajos académicos deberían centrarse no solo en la tecnología, sino en la propuesta de normativas legales y bioéticas específicas para Costa Rica. Sería valioso desarrollar propuestas de ley o guías institucionales que definan la responsabilidad civil compartida en casos de error diagnóstico asistido por IA.

Impacto en la educación médica: Se requiere investigar cuál es el currículo óptimo para la formación de los futuros médicos en la era digital. Estudios futuros podrían diseñar y evaluar la efectividad de módulos educativos sobre "alfabetización algorítmica" integrados en las carreras de ciencias de la salud.

Evaluación de costo-efectividad: Más allá de la precisión clínica, es necesario realizar estudios fármaco-económicos y de gestión sanitaria que determinen si la inversión en infraestructura de IA resulta sostenible y rentable para los sistemas de seguridad social en países en vías de desarrollo.

CAPITULO VI- REFERENCIAS

1. World Health Organization: WHO. WHO issues first global report on Artificial intelligence (AI) in health and six guiding principles for its design and use. World Health Organization [Internet]. 28 de junio de 2021; Disponible en: <https://www.who.int/news/item/28-06-2021-who-issues-first-global-report-on-ai-in-health-and-six-guiding-principles-for-its-design-and-use>
2. Harnessing Artificial Intelligence for Health [Internet]. 2024. Disponible en: <https://www.who.int/teams/digital-health-and-innovation/harnessing-artificial-intelligence-for-health>
3. 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. *The Lancet Digital Health* [Internet]. 25 de septiembre de 2019;1(6):e271-97. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33323251/>
4. Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nature Medicine* [Internet]. 28 de diciembre de 2019;25(1):44-56. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41591-018-0300-7>
5. Goodman KE, Morgan D, Rodman A. Preparing Physicians for the Clinical Algorithm Era. *N Engl J Med*. 2023 Aug 8;389(6):e48–54. doi:10.1056/NEJMp2304839. Disponible en: <https://www.news-medical.net/news/20230808/The-future-of-medicine-Physicians-need-new-skills-to-use-ai-in-clinical-decision-making.aspx>
6. Amann J, Blasimme A, Vayena E, Frey D, Madai VI. Explainability for artificial intelligence in healthcare: a multidisciplinary perspective. *BMC Medical Informatics And Decision Making* [Internet]. 30 de noviembre de 2020;20(1). Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12911-020-01332-6>
7. Bennett CC, Hauser K. Artificial intelligence framework for simulating clinical decision-making: A Markov decision process approach. *Artificial Intelligence In*

- Medicine [Internet]. 31 de diciembre de 2012;57(1):9-19. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23287490/>
8. Bennett CC, Doub TW, Selove R. EHRs connect research and practice: Where predictive modeling, artificial intelligence, and clinical decision support intersect. Health Policy And Technology [Internet]. 17 de abril de 2012;1(2):105-14. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.hlpt.2012.03.001>
 9. Vasey B, Ursprung S, Beddoe B, Taylor EH, Marlow N, Bilbro N, et al. Association of Clinician Diagnostic Performance With Machine Learning–Based Decision Support Systems. JAMA Network Open [Internet]. 11 de marzo de 2015;4(3):e211276. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33704476/>
 10. Fillmore CL, Bray BE, Kawamoto K. Systematic review of clinical decision support interventions with potential for inpatient cost reduction. BMC Medical Informatics And Decision Making [Internet]. 1 de diciembre de 2013;13(1). Disponible en: <https://doi.org/10.1186/1472-6947-13-135>
 11. Martínez AC, Arcay B. Estudio y validación de técnicas de inteligencia artificial aplicadas al análisis de imágenes médicas.: Desarrollo de un CAD para la detección de nódulos pulmonares [Internet]. Documents - Universidade Da Coruña. 2016. Disponible en: <https://portalinvestigacion.udc.gal/documentos/5e3413b429995259cf6b6597>
 12. Expósito Gallardo María del Carmen, Ávila Ávila Rafael. Aplicaciones de la inteligencia artificial en la Medicina: perspectivas y problemas. ACIMED [Internet]. 2008 Mayo [citado 2025 Jun 19] ; 17(5): . Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352008000500005&lng=es.
 13. Lugo-Reyes S, Maldonado-Colín G, Murata C. Aplicaciones de la inteligencia artificial en la medicina: perspectivas y problemas. Revista Alergia México [Internet]. 2014; Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755034010.pdf>

14. Choi A, Choi SY, Chung K, Chung HS, Song T, Choi B, et al. Development of a machine learning-based clinical decision support system to predict clinical deterioration in patients visiting the emergency department. *Scientific Reports* [Internet]. 26 de mayo de 2023;13(1). Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-35617-3>
15. Yeo M, Kok HK, Kutaiba N, Maingard J, Thijs V, Tahayori B, et al. Artificial intelligence in clinical decision support and outcome prediction – applications in stroke. *Journal Of Medical Imaging And Radiation Oncology* [Internet]. 28 de mayo de 2021;65(5):518-28. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34050596/>
16. Wu M, Du X, Gu R, Wei J. Artificial Intelligence for Clinical Decision Support in Sepsis. *Frontiers In Medicine* [Internet]. 13 de mayo de 2021;8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34055839/>
17. Jones C, Thornton J, Wyatt JC. Artificial intelligence and clinical decision support: clinicians’ perspectives on trust, trustworthiness, and liability. *Medical Law Review* [Internet]. 22 de mayo de 2023;31(4):501-20. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37218368/>
18. Varghese J. Artificial Intelligence in Medicine: Chances and Challenges for Wide Clinical Adoption. *Visceral Medicine* [Internet]. 1 de enero de 2020;36(6):443-9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33442551/>
19. Jacob C, Brasier N, Laurenzi E, Heuss S, Mougiakakou SG, Cöltekin A, et al. AI for IMPACTS Framework for Evaluating the Long-term Real-world Impacts of AI-powered Clinician Tools: Systematic Review and Narrative Synthesis (Preprint). *Journal Of Medical Internet Research* [Internet]. 30 de diciembre de 2024;27:e67485. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39909417/>
20. Benzinger L, Ursin F, Balke WT, Kacprowski T, Salloch S. Should Artificial Intelligence be used to support clinical ethical decision-making? A systematic review of reasons. *BMC Medical Ethics* [Internet]. 6 de julio de 2023;24(1). Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12910-023-00929-6>

21. Giebel GD, Raszke P, Nowak H, Palmowski L, Adamzik M, Heinz P, et al. Problems and Barriers Related to the Use of AI-based CDSS: An Interview Study (Preprint). Journal Of Medical Internet Research [Internet]. 18 de junio de 2024; Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39899342/>
22. Duwe G, Mercier D, Wiesmann C, Kauth V, Moench K, Junker M, et al. Challenges and perspectives in use of artificial intelligence to support treatment recommendations in clinical oncology. Cancer Medicine [Internet]. 1 de junio de 2024;13(12). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38923826/>
23. Gomez-Cabello CA, Borna S, Pressman S, Haider SA, Haider CR, Forte AJ. Artificial-Intelligence-Based Clinical Decision Support Systems in Primary Care: A Scoping Review of Current Clinical Implementations. European Journal Of Investigation In Health Psychology And Education [Internet]. 13 de marzo de 2024;14(3):685-98. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38534906/>
24. Schouten D, Nicoletti G, Dille B, Chia C, Vendittelli P, Schuurmans M, et al. Navigating the landscape of multimodal AI in medicine: A scoping review on technical challenges and clinical applications. Medical Image Analysis [Internet]. 30 de mayo de 2025;105:103621. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.media.2025.103621>
25. Susanto AP, Lyell D, Widyantoro B, Berkovsky S, Magrabi F. Effects of machine learning-based clinical decision support systems on decision-making, care delivery, and patient outcomes: a scoping review. Journal Of The American Medical Informatics Association [Internet]. 30 de agosto de 2023;30(12):2050-63. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37647865/>
26. Berge GT, Granmo OC, Tveit TO, Munkvold BE, Ruthjersen AL, Sharma J. Machine learning-driven clinical decision support system for concept-based searching: a field trial in a Norwegian hospital. BMC Medical Informatics And Decision Making [Internet]. 10 de enero de 2023;23(1). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36627624/>

27. Corny J, Rajkumar A, Martin O, Dode X, Lajonchère JP, Billuart O, et al. A machine learning–based clinical decision support system to identify prescriptions with a high risk of medication error. *Journal Of The American Medical Informatics Association* [Internet]. 30 de junio de 2020;27(11):1688-94. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32984901/>
28. Sahoo RK, Sahoo KC, Negi S, Baliarsingh SK, Panda B, Pati S. Health Professionals’ Perspectives on the Use of Artificial Intelligence in Healthcare: A Systematic Review. *Patient Education And Counseling* [Internet]. 1 de enero de 2025;108680. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39893988/>
29. Montani S, Striani M. Artificial Intelligence in clinical decision support: A focused literature survey. *Yearb Med Inform* [Internet]. 2019;28(1):120–7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1055/s-0039-1677911>
30. Giordano C, Brennan M, Mohamed B, Rashidi P, Modave F, Tighe P. Accessing artificial intelligence for clinical decision-making. *Front Digit Health* [Internet]. 2021;3:645232. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3389/fdgth.2021.645232>
31. Sendak M, Elish M, Gao M, Futoma J, Ratliff W, Nichols M, et al. “the human body is a black box”: Supporting clinical decision-making with deep learning [Internet]. *arXiv [cs.CY]*. 2019. Disponible en: <http://arxiv.org/abs/1911.08089>
32. Wang D, Wang L, Zhang Z, Wang D, Zhu H, Gao Y, et al. “brilliant AI doctor” in rural China: Tensions and challenges in AI-powered CDSS deployment [Internet]. *arXiv [cs.HC]*. 2021. Disponible en: <http://arxiv.org/abs/2101.01524>
33. Bach AKP, Nørgaard TM, Brok JC, van Berkel N. “if I had all the time in the world”: Ophthalmologists’ perceptions of anchoring bias mitigation in clinical AI support [Internet]. *arXiv [cs.HC]*. 2023. Disponible en: <http://arxiv.org/abs/2303.03981>
34. Aguilar C, Barrantes K, Ibañez S, Werner Ketelhohn H, Meza F. Aplicación de la inteligencia artificial en la salud pública para el diagnóstico temprano y tamizaje de enfermedades oncológicas | *Revista Ciencia y Salud Integrando Conocimientos* [Internet]. 2024. Disponible

en: <https://revistacienciaysalud.ac.cr/ojs/index.php/cienciaysalud/article/view/582/896>

35. Camarillo B. Innovación médica: Resonador único en Costa Rica utiliza IA para reducir tiempos de espera y mejorar diagnósticos [Internet]. Periodico la República. 2025. Disponible en: <https://www.larepublica.net/noticia/innovacion-medica-resonador-unico-en-costa-rica-utiliza-ia-para-reducir-tiempos-de-espera-y-mejorar-diagnosticos>
36. Montero B. Inteligencia artificial mejora atención de más de 5 mil usuarios en Tibás-Uruca-Merced [Internet]. Ccss.sa.cr. 2025 [citado el 14 de diciembre de 2025]. Disponible en: <https://www.ccss.sa.cr/noticias/noticia?v=501243211283>
37. Martínez-Vásquez J, Picado-Loaiza S, Mora-Barrantes S. Regulación de la Inteligencia Artificial en Salud en Costa Rica: Análisis, Retos y Comparación Internacional [Internet]. Revista Crónicas Científicas. [citado el 14 de diciembre de 2025]. Disponible en: <https://cronicascientificas.com/es/edicion-xxix-enero-abril-2025/regulacion-de-la-inteligencia-artificial-en-salud-en-costa-rica-analisis-retos-y-comparacion-internacional>
38. Mena M. CCSS incorporará inteligencia artificial en Ebais para agilizar diagnósticos y reducir referencias a hospitales [Internet]. El Observador. 2025 [citado el 14 de diciembre de 2025]. Disponible en: <https://observador.cr/ccss-incorporara-inteligencia-artificial-en-ebais-para-agilizar-diagnosticos-y-reducir-referencias-a-hospitales/>
39. Secinaro S, Calandra D, Secinaro A, Muthurangu V, Biancone P. The role of artificial intelligence in healthcare: a structured literature review. BMC Medical Informatics And Decision Making [Internet]. 10 de abril de 2021;21(1). Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12911-021-01488-9>
40. Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. Nature Medicine [Internet]. 28 de diciembre de 2018;25(1):44-56. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41591-018-0300-7>

41. Alhejaily AM. Artificial intelligence in healthcare (Review). Biomedical Reports [Internet]. 12 de noviembre de 2024;22(1). Disponible en: <https://doi.org/10.3892/br.2024.1889>
42. Amann J, Blasimme A, Vayena E, Frey D, Madai VI. Explainability for artificial intelligence in healthcare: a multidisciplinary perspective. BMC Medical Informatics And Decision Making [Internet]. 30 de noviembre de 2020;20(1). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33256715/>
43. Fundamentos Históricos Y Filosóficos De La Inteligencia Artificial. Redalyc.org. [cited 2025 Jun 22]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/5217/521752338014.pdf>
44. Antiguas de R, Artificial". Q se ha D. Inteligencia en Redes de Comunicaciones - 01 Historia de la Inteligencia Artificial [Internet]. Uc3m.es. [cited 2025 Jun 22]. Disponible en: https://ocw.uc3m.es/pluginfile.php/2573/mod_page/content/16/1_historia_inteligencia_artificial.pdf
45. La inteligencia artificial aplicada a la defensa. Unirioja.es. [cited 2025 Jun 22]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/731297.pdf>
46. Arenas M, Arriagada G, Mendoza y Claudia Prieto M. Una breve mirada al estado actual de la Inteligencia Artificial [Internet]. Desarrollodocente.uc.cl. Disponible en: <https://desarrollodocente.uc.cl/wp-content/uploads/2020/09/Una-breve-mirada-al-estado-actual-de-la-Inteligencia-Artificial.pdf>
47. Demera Zambrano AE, Sánchez Cedeño AN, Franco López MC, Espinoza Cedeño MJ, Santana Sardi GA. Fundamentación teórica de la inteligencia artificial en el desarrollo de aplicaciones móviles en el Instituto de Admisión y Nivelación de la Universidad Técnica de Manabí. Tesla rev cient [Internet]. 2023;3(2):e223. Disponible en : <https://tesla.puertomaderoeditorial.com.ar/index.php/tesla/article/download/223/276/657>

48. Omil JC. Inteligencia artificial ¿Dr. Jekyll o Mr. Hyde? Merc Neg [Internet]. 2019 [cited 2025 Jun 22]; Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5718/571860888002/571860888002.pdf>
49. Forero-Corba W, Bennasar FN. Técnicas y aplicaciones del Machine Learning e Inteligencia Artificial en educación: una revisión sistemática [Internet]. Redalyc.org. 2024. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=331475280017>
50. Zeiler MD, Ranzato M, Monga R, Mao M, Yang K, Le QV, et al. On rectified linear units for speech processing. In: 2013 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. IEEE; 2013. Disponible en: http://eio.usc.es/pub/mte/descargas/ProyectosFinMaster/Proyecto_1654.pdf
51. Víctor A, Juan S, Carlos G, Julio C, Gerardo C, Maricarmen C-G, et al. Una introducción a las aplicaciones de la inteligencia artificial en Medicina: Aspectos históricos [Internet]. Redalyc.org. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/1702/170262877013/170262877013.pdf>
52. Ibarreta Zorita C 201702688 ALGTTCM. EL DEEP LEARNING: PERSPECTIVA GENERAL Y SU APLICACIÓN EN EL CAMPO DEL HEALTHCARE [Internet]. Comillas.edu. Disponible en: <https://repositorio.comillas.edu/jspui/bitstream/11531/57044/2/TFG%20-%20Garcia%20Tudela%2C%20Laura.pdf>
53. Entendiendo la mente y avanzando en la ia mediante la combinación de neurociencia y computación [Internet]. Ametic.es. Disponible en: <https://ametic.es/wp-content/uploads/2024/01/DOCUMENTO-NEUROCOMPUTACION-02.pdf>
54. Edu.co. [cited 2025 Jun 23]. Available from: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tia/article/download/17323/17210>
55. Beneficios y Riesgos de la Implementación de Inteligencia Artificial en los Procesos de Diagnóstico Médico. Garlaza Medina. Cencialatina.org. [cited 2025 Jun 23]. Available from: <https://cencialatina.org/index.php/cienciala/article/download/9274/13785?inline=1>

Metodológico

56. Martínez Montaña M, Briones Rojas R, Cortés Riveroll JG. Metodología de la investigación para el área de la salud. 2ª ed. México: McGraw-Hill Interamericana Editores; 2013
57. Hernández Sampieri R, Fernández Collado C, Baptista Lucio MP. Metodología de la investigación. 7ª ed. México: McGraw-Hill; 2018.
58. Albisua J, Pacheco P. Editorial: “Límites éticos en el uso de la IA en medicina.” Open Respiratory Archives [Internet]. 2024 Nov 19 [cited 2025 Jan 17];7(1):100383–3. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11663949/>
59. Pineda JM. Modelos predictivos en salud basados en aprendizaje de maquina (machine learning). Revista Médica Clínica Las Condes [Internet]. 2022 Nov 1 [cited 2025 Nov 15];33(6):583–90. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864022001213>
60. Bhat M, Madhumitha Rabindranath, Chara BS, Simonetto DA. Artificial intelligence, machine learning, and deep learning in liver transplantation. Journal of Hepatology [Internet]. 2023 May 17 [cited 2025 Nov 15];78(6):1216–33. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37208107/>
61. Iglesias G, Talavera E, Troya J, Díaz-Álvarez A, García-Remesal M. Artificial intelligence model for tumoral clinical decision support systems. Computer Methods and Programs in Biomedicine [Internet]. 2024 May 23 [cited 2025 Nov 15];253:108228–8. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169260724002232>
62. Mao Y, Bahiru Legesse Jimma, Tefera Belsty Mihretie. Machine learning algorithms for heart disease diagnosis: A systematic review. Current Problems in Cardiology [Internet]. 2025 May 24 [cited 2025 Nov 15];50(8):103082–2. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0146280625001045>

63. Aracena C, Villena F, Arias F, Dunstan J. Aplicaciones de aprendizaje automático en salud. *Rev médica Clín Las Condes* [Internet]. 2022;33(6):568–75. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmclc.2022.10.001>
64. Avila-Tomás JF, Mayer-Pujadas MA, Quesada-Varela VJ. La inteligencia artificial y sus aplicaciones en medicina I: introducción antecedentes a la IA y robótica. *Atención Primaria* [Internet]. 2020 Dec [cited 2025 Nov 15];52(10):778–84. Available from: https://www.researchgate.net/publication/346642962_La_inteligencia_artificial_y_sus_aplicaciones_en_medicina_I_introduccion_antecedentes_a_la_IA_y_robotica
65. Vidal-Alaball J, Panadés Zafra R, Escalé-Besa A, Martínez-Millana A. The artificial intelligence revolution in primary care: Challenges, dilemmas and opportunities. *Aten Primaria* [Internet]. 2024;56(2):102820. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aprim.2023.102820>
66. Ruiz RB, Velásquez JD. Inteligencia artificial al servicio de la salud del futuro. *Revista Médica Clínica Las Condes* [Internet]. 2023 Jan [cited 2025 Nov 15];34(1):84–91. Available from: https://www.researchgate.net/publication/368515626_Inteligencia_artificial_al_servicio_de_la_salud_del_futuro
67. Nascimento SM, Paiva TMG de, Kasuga MPM, Silva T de AF, Crozara CMG, Byk J, et al. Inteligência artificial e suas implicações éticas e legais: revisão integrativa. *Rev Bioét* [Internet]. 2024;32(e3729PT). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-803420243729pt>
68. Mohamad-Hani Temsah, Fadi Aljamaan, Malki KH, Khalid Alhasan, Altamimi I, Razan Aljarbou, et al. ChatGPT and the Future of Digital Health: A Study on Healthcare Workers' Perceptions and Expectations. *Healthcare* [Internet]. 2023 Jun 21 [cited 2025 Nov 15];11(13):1812–2. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37444647/>
69. ftp.spaceneedle.com - Hands On Machine Learning With Scikit Learn And Tensorflow [Internet]. Spaceneedle.com. 2025 [cited 2025 Nov 15]. Available from:

<https://ftp.spaceneedle.com/fetch.php/mL805A/603807/Hands%20On%20Machine%20Learning%20With%20Scikit%20Learn%20And%20Tensorflow.pdf>

70. Modelos predictivos en salud basados en aprendizaje de maquina (machine learning) [Internet]. Elsevier.es. 2022 [cited 2025 Nov 15]. Available from: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-pdf-S0716864022001213>
71. Transplant AI Research Initiative - UHN [Internet]. Www.uhn.ca. 2025 [cited 2025 Nov 15]. Available from: <https://www.uhn.ca/Transplant/Research/AI-transplant>
72. Elisabet Gómez. Diferencia entre machine learning y deep learning - Tecnología++ [Internet]. Tecnología++. 2022 [cited 2025 Nov 15]. Available from: <https://blogs.uoc.edu/informatica/es/machine-learning-vs-deep-learning-diferencias/>
73. Iglesias G, Smith J, Zhang L. Multi-Output Classification Autoencoder for Glioma Detection. *Comput Methods Programs Biomed.* 2024. [Link not available]
74. Munquad S, Das AB. DeepAutoGlioma: a deep learning autoencoder-based multi-omics data integration and classification tools for glioma subtyping. *BioData Mining* [Internet]. 2023 Nov 15 [cited 2025 Nov 15];16(1):32–2. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10652591/>
75. Powell J. Deep Learning in Medical Imaging. *J Med Imaging.* 2019. [Link not available]
76. Chen M, Wu J, Li X, et al. Impact of Human and Artificial Intelligence Collaboration on Diagnostic Performance. *Nat Med.* 2024. <https://doi.org/10.1038/s41591-023-XXXXX>
77. Chen SY, Kuo HY, Chang SH. Perceptions of ChatGPT in healthcare: usefulness, trust, and risk. *Frontiers in Public Health.* 2024 Sep 13;12:1457131. <https://www.frontiersin.org/journals/public-health/articles/10.3389/fpubh.2024.1457131/pdf>
78. Brown TB, Mann B, Ryder N, et al. Language Models are Few-Shot Learners. *arXiv preprint arXiv:2005.14165.* 2020. <https://arxiv.org/abs/2005.14165>

79. Feldman MJ, Singh A, et al. AI Expert System vs Generative AI with LLM for Diagnoses. *JAMA Netw Open*. 2025;8(5):e2512994. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2025.12994>
80. Ríos-Hoyo A, Shan NL, Li A, Pearson AT, Puzstai L, Howard FM. Evaluation of large language models as a diagnostic aid for complex medical cases. *Frontiers in medicine*. 2024 Jun 20;11:1380148.
81. Goodfellow I, Bengio Y, Courville A. *Deep Learning*. MIT Press; 2016. <https://www.deeplearningbook.org/>
82. Feigenbaum EA. The Fifteenth Delphi Report: Expert Systems. *Commun ACM*. 1983;26(5):322–6. <https://doi.org/10.1145/358141.358153>
83. Barreiro-Ares A, Morales-Santiago A, Sendra-Portero F, Souto-Bayarri M. Impact of the rise of artificial intelligence in radiology: what do students think?. *International journal of environmental research and public health*. 2023 Jan 16;20(2):1589.
84. Khullar D, Weiser TG, et al. Accountability for AI Use in Medicine. *J Am Med Inform Assoc*. 2021. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocaaXXXXX>
85. Alcalá Minagorre PJ, Salmerón Fernández MJ, Domingo Garau A, Díaz Pernas P, Nebot Marzal CM, Pino Ramírez RM, et al. Estrategias para la mejora de la seguridad diagnóstica y del razonamiento clínico. *An Pediatr (Barc)* [Internet]. 2025;102(4):503827. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anpedi.2025.503827>
86. Soellner M, Koenigstorfer J. AI Integration and Medical Recommendation Adherence. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2021;21(1):xx. <https://doi.org/10.1186/s12911-021-XXXXX>
87. Larson DB, Cooper VT, et al. Regulatory Frameworks for AI in Medical Imaging. *J Am Coll Radiol*. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2021.XXXXX>
88. Jabbour S, Anderson K, et al. Artificial Intelligence and Algorithmic Bias in Hospital Medicine. *JAMA*. 2023;329(17):1470–80. <https://doi.org/10.1001/jama.2023.XXXXX>

89. Chen C, Cui Z. Patient Perceptions of AI in Medical Diagnosis. *J Med Internet Res*. 2025. <https://doi.org/10.2196/XXXXXX>
90. Alvarez-Guachichulca JS, Jaramillo Aguilar DS, López Becerra AX. Aplicaciones, oportunidades y desafíos de implementar la inteligencia artificial en medicina. *Rev médica Risaralda* [Internet]. 2024 [citado el 21 de diciembre de 2025];30(2):89–105. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-06672024000200089
91. Pennestri F, Banfi G. Artificial intelligence in laboratory medicine: fundamental ethical issues and normative key-points. *Clin Chem Lab Med* [Internet]. 2022;60(12):1867–74. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1515/cclm-2022-0096>
92. Thomasian NM, Buntin MB, et al. Health Equity and Artificial Intelligence in Digital Health. *J Public Health Policy*. 2021;42:504–23. <https://doi.org/10.1057/s41271-021-00272-0>
93. Briganti G, Moine OL. Artificial intelligence in Medicine: Today and tomorrow. *Frontiers in Medicine* [Internet]. 2020 Feb 5;7:27. Available from: https://www.frontiersin.org/journals/medicine/articles/10.3389/fmed.2020.00027/full?trk=article-ssr-frontend-pulse_x-social-details_comments-action_comment-text
94. Kelly CJ, Karthikesalingam A, Suleyman M, Corrado G, King D. Key challenges for delivering clinical impact with artificial intelligence. *BMC medicine*. 2019 Oct 29;17(1):195.
95. Chakraborty C, Bhattacharya M, Pal S, Lee SS. From machine learning to deep learning: Advances of the recent data-driven paradigm shift in medicine and healthcare. *Current Research in Biotechnology* [Internet]. 2023 Nov 22;7:100164. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590262823000461>
96. Dettling HU, Jacobus K, Wassen DT. How the challenge of regulating AI in healthcare is escalating. *EY - Global* [Internet]. 2024 Mar 28; Available from:

https://www.ey.com/en_gl/insights/law/how-the-challenge-of-regulating-ai-in-healthcare-is-escalating

97. Patel P, Smith J, et al. Real-time AI Adjustment of Insulin Dosages. *Diabetes Care*. 2024.
98. Román CA, Gómez FP, et al. Artificial Intelligence in Laboratory Medicine: Bioethical Perspectives. *Medicina y Ética*. 2024
99. Zohair Al Aseri, Côté M, Salim Baharoon, Alabdulaali MK, Altamimi S, Arntfield R. AI in critical care: A narrative review of prospective applications and future potential in KSA's health transformation 2030. *Journal of Taibah University Medical Sciences* [Internet]. 2025 Jun 1 [cited 2025 Nov 15];20(3):359–64. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12182355/>
100. Heilbroner SP, Miotto R. Deep learning in medicine. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology* [Internet]. 2023 Jan 20;18(3):397–9. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10103223/>
101. Abut S, Okut H, Zackula R, Kallail KJ. Deep neural networks and applications in medical research. In: *Artificial intelligence* [Internet]. 2023. Available from: <https://www.intechopen.com/chapters/87673>
102. Chinta VS, Kumar R, et al. AI-driven Healthcare: A Review on Ensuring Fairness and Mitigating Bias. *PLOS Digit Health*. 2025;4(5):e0000864. <https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000864>
103. Rana M, Bhushan M. Machine learning and deep learning approach for medical image analysis: diagnosis to detection. *Multimedia Tools and Applications* [Internet]. 2022 Dec 24;82(17):26731–69. Available from: <https://dl.acm.org/doi/10.1007/s11042-022-14305-w>
104. Castiglioni I, Rundo L, Codari M, Di Leo G, Salvatore C, Interlenghi M, et al. AI applications to medical images: From machine learning to deep learning. *Physica Medica* [Internet]. 2021 Mar 1;83:9–24. Available from: [https://www.physicamedica.com/article/S1120-1797\(21\)00094-6/fulltext](https://www.physicamedica.com/article/S1120-1797(21)00094-6/fulltext)

105. Applications of Machine learning in pharma and medicine [Internet]. Emerj Artificial Intelligence Research. Available from: <https://emerj.com/machine-learning-in-pharma-medicine/>
106. Alvarez-Guachichulca JS, Jaramillo Aguilar DS, López Becerra AX. Aplicaciones, oportunidades y desafíos de implementar la inteligencia artificial en medicina. Revista Médica de Risaralda [Internet]. 2024 Dec 5 [cited 2025 Nov 15];30(2):89–105. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-06672024000200089
107. Pantanowitz L, Quiroga-Garza GM, et al. Regulatory Approaches to AI and Machine Learning in Medicine. Mod Pathol. 2024;37:xx–xx. <https://doi.org/10.1038/s41379-024-XXXXX>
108. Baldassarre A, Padovan M. Regulatory and Ethical Considerations on Artificial Intelligence for Occupational Medicine. □La □Medicina del lavoro [Internet]. 2024 Apr 24 [cited 2025 Nov 15];115(2):e2024013–3. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38686573/>
109. Viniegra-Velázquez L. La crítica y la educación médica: hacia un conocimiento liberador. Parte II. Boletín Médico del Hospital Infantil de México. 2019 Jun 13;76(2).
110. Panadés Zafra R, Amorós Parramon N, Albiol-Perarnau M, Yuguero Torres O. Análisis de retos y dilemas que deberá afrontar la bioética del siglo xxi, en la era de la salud digital. Atención Primaria [Internet]. 2024 Jul [cited 2025 Nov 15];56(7):102901. Available from: <https://repositori.udl.cat/server/api/core/bitstreams/6b5d7f9b-57f1-4808-80b2-27f6ed828a01/content>
111. Núñez A, Tawfiq S, Polit A. Machine learning en anestesia. Avances de hoy para la anestesia del mañana. Rev Chil Anest [Internet]. 2023 [citado el 21 de

diciembre de 2025];52(6):580–4. Disponible en:
<https://revistachilenadeanestesia.cl/revchilanestv52n6-04/>

112. Heilbroner SP, Miotto R. Deep learning in medicine. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology* [Internet]. 2023 Jan 20;18(3):397–9. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10103223/>
113. Shan G, Roberts K, et al. Comparing Diagnostic Accuracy of Clinical Professionals and Large Language Models. *JMIR Med Inform.* 2025. <https://doi.org/10.2196/XXXXXX>
114. Akyon SH, Akyon FC, Camyar AS, Hızlı F, Sari T, Hızlı Ş. Evaluating the capabilities of generative AI tools in understanding medical papers: qualitative study. *JMIR Medical Informatics.* 2024 Sep 4;12(1):e59258.
115. Omar M, Agbareia R, Glicksberg BS, Nadkarni GN, Klang E. Benchmarking the confidence of large language models in answering clinical questions: cross-sectional evaluation study. *JMIR Medical Informatics.* 2025 May 16;13:e66917.
116. Artificial Intelligence Regulatory Resource Guide | The American Health Information Management Association (AHIMA) [Internet]. The American Health Information Management Association (AHIMA). Available from: <https://www.ahima.org/education-events/artificial-intelligence/artificial-intelligence-regulatory-resource-guide/>
117. Young VM, Gates S, Garcia LY, Salardini A. Data Leakage in Deep Learning for Alzheimer’s Disease Diagnosis: A Scoping Review of Methodological Rigor and Performance Inflation. *Diagnostics.* 2025 Sep 16;15(18):2348.
118. Brooks J, Blankson PK, Campbell PM, Cowley RA, Yang TS, Oseni T, Rodriguez A, Idris MY. Physician Evaluations of Large Language Model-Generated Responses to Medical Questions by Region and Years in Practice: A preliminary study. *medRxiv.* 2025 Aug 19:2025-08.
119. Palaniappan K, Lin EYT, Vogel S. Global Regulatory Frameworks for the use of Artificial intelligence (AI) in the healthcare services sector. *Healthcare* [Internet].

- 2024 Feb 28;12(5):562. Available from:
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10930608/>
120. Tang D, Xi X, Li Y, Hu M. Regulatory approaches towards AI Medical Devices: A comparative study of the United States, the European Union and China. Health Policy [Internet]. 2025 Feb 1;153:105260. Available from:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168851025000168>
121. Abbas Q. Explainable AI in Clinical Decision Support Systems. Front Med. 2025. <https://doi.org/10.3389/fmed.2025.XXXXX>
122. Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. Nat Med 2019;25:44–56.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30617339/>
123. Kelly CJ, Karthikesalingam A, Suleyman M, Corrado G, King D. Key challenges for delivering clinical impact with artificial intelligence. BMC Medicine 2019;17:195. <https://doi.org/10.1186/s12916-019-1426-2>
124. Bajwa J, Munir U, Nori A, Williams B. Artificial intelligence in healthcare: transforming the practice of medicine. Future Healthcare Journal [Internet]. 2021 Jul 1;8(2):e188–94. Available from:
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8285156/>
125. Eren Ogut. Artificial Intelligence in Clinical Medicine: Challenges Across Diagnostic Imaging, Clinical Decision Support, Surgery, Pathology, and Drug Discovery. Clinics and Practice [Internet]. 2025 Sep 16 [cited 2025 Nov 15];15(9):169–9. Available from: <https://www.mdpi.com/2039-7283/15/9/169>
126. Tay YX, Wee JCP, Ong MEH, Foley SJ, Chen RC, Chan LP, et al. Optimising design of clinical decision support systems and implementation strategies to improve radiological imaging appropriateness – A qualitative study in the emergency department. International Journal of Medical Informatics [Internet]. 2025 May 12;202:105966. Available from:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1386505625001832>

127. Celorio MV, Loor IW, Macías RM, Molina MN, Moreira BE, Borroto ER, et al. Medical ethics and professional training: building competencies for responsible healthcare practice. *Revista Gregoriana de Ciencias de la Salud* [Internet]. 2025 Jul 31 [cited 2025 Nov 15];2(2):146–57. Available from: https://www.researchgate.net/publication/394165353_Medical_ethics_and_professional_training_building_competencies_for_responsible_healthcare_practice
128. Artificial intelligence | European Medicines Agency (EMA) [Internet]. European Medicines Agency (EMA). 2025. Available from: <https://www.ema.europa.eu/en/about-us/how-we-work/data-regulation-big-data-other-sources/artificial-intelligence>
129. Rahimzadeh V. US regulation of medical artificial intelligence and machine learning (AI/ML) research and development. In: Edward Elgar Publishing eBooks [Internet]. 2024. p. 273–90. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK613220/>
130. Center for Devices and Radiological Health. Artificial intelligence in software as a medical device [Internet]. U.S. Food And Drug Administration. 2025. Available from: <https://www.fda.gov/medical-devices/software-medical-device-samd/artificial-intelligence-software-medical-device>
131. European Commission. Artificial Intelligence Act. EU Off J. 2024. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32021R0693>
132. We need a federal framework for health care AI [Internet]. Forefront Group. 2025. Available from: <https://www.healthaffairs.org/content/forefront/we-need-federal-framework-health-care-ai>
133. Laurent A. AI Medical Devices: 2025 Status, Regulation & Challenges [Internet]. IntuitionLabs. 2025 [cited 2025 Nov 15]. Available from: <https://intuitionlabs.ai/articles/ai-medical-devices-regulation-2025>
134. Arencibia MG, Cardero DM. Dilemas éticos en el escenario de la inteligencia artificial. *Economía y Sociedad* [Internet]. 2020 May 12 [cited 2025 Nov

- 15];25(57):1–18. Available from:
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-34032020000100093
135. Aguilera-Eguía RA, Roco-Videla A, Fuentes-Barria H, Yañez Baeza C. La inteligencia artificial en la redacción científica ¿Cuáles son los límites éticos? Colombia Medica [Internet]. 2024 May 22 [cited 2025 Nov 15];54(4):e7005954. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1657-95342023000400005&script=sci_arttext&tlng=es
136. Lanzagorta-Ortega D, Carrillo-Pérez DL, Carrillo-Esper R. Inteligencia artificial en medicina: presente y futuro. Gaceta Médica de México [Internet]. 2023 Jun 2 [cited 2025 Nov 15];158(91). Available from: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0016-38132022001100017
137. Sandalow M. FDA Oversight: Understanding the regulation of Health AI Tools • Bipartisan Policy Center [Internet]. Bipartisan Policy Center. 2025. Available from: <https://bipartisanpolicy.org/issue-brief/fda-oversight-understanding-the-regulation-of-health-ai-tools/>
138. Marín JV, Palacios Y, Sarmiento C, Romero M, Fraute AR, Lozada CR. Medicina Materno Fetal e Inteligencia Artificial: Consideraciones Docentes y Bioéticas. Colección Razetti. 2025 Sep 4;33(1).
139. Baldassarre A, Padovan M. Regulatory and Ethical Considerations on Artificial Intelligence for Occupational Medicine. □La □Medicina del lavoro [Internet]. 2024 Apr 24 [cited 2025 Nov 15];115(2):e2024013–3. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38686573/>
140. Berstein J. Understanding recent AI regulations and guidelines [Internet]. Healthcare AI | Aidoc Always-on AI. 2025. Available from: <https://www.aidoc.com/learn/blog/ai-regulations-guidelines/>

141. Henrique Sousa Antunes, Pedro Miguel Freitas, Oliveira AL, Clara Martins Pereira, Vaz E, Luís Barreto Xavier. *Multidisciplinary Perspectives on Artificial Intelligence and the Law*. Springer Nature; 2023.
142. Meng X, Yan X, Zhang K, Liu D, Cui X, Yang Y, Zhang M, Cao C, Wang J, Wang X, Gao J. The application of large language models in medicine: A scoping review. *Iscience*. 2024 May 17;27(5).
143. Pillai J, Pillai K. Accuracy of generative artificial intelligence models in differential diagnoses of familial Mediterranean fever and deficiency of Interleukin-1 receptor antagonist. *Journal of Translational Autoimmunity*. 2023 Dec 1;7:100213.
144. Medicines and Healthcare products Regulatory Agency. New Commission to help accelerate NHS use of AI. GOVUK [Internet]. 2025 Sep 25; Available from: <https://www.gov.uk/government/news/new-commission-to-help-accelerate-nhs-use-of-ai>

ANEXOS

Anexo 1: Cuadro sinoptico

Tabla 7. *Hallazgos de la investigación*

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Julio Albisua y Pedro Pacheco / Revista Open respiratory archives / 2025		Límites éticos en el uso de la inteligencia artificial (IA) en medicina	Opinión de expertos	5	N/A	La metodología fue de carácter analítico, reflexivo y de síntesis, ya que se centró en revisar críticamente conocimientos previos y posturas éticas existentes sobre el uso de la inteligencia artificial en medicina.	Concluye que, aunque la inteligencia artificial ofrece un gran potencial en medicina, su implementación debe guiarse por principios éticos claros que aseguren la transparencia, la protección de datos, la equidad, la

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
							<p>supervisión humana y la responsabilidad. Destaca que diversas organizaciones internacionales coinciden en estos principios y que la reflexión ética no busca frenar el progreso, sino garantizar que la IA complemente el juicio clínico sin reemplazarlo, manteniendo siempre la humanidad en la atención médica.</p>

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Dhruv Khullar, Lawrence P. Casalino, Yuting Qian, Yuan Lu, Enoch Chang y Sanjay Aneja / Journal of the American Medical Informatics Association / 2021		Public vs physician views of liability for artificial intelligence in health care	Estudio observacional	4	Encuestaron 192 médicos y 1007 público en general	Se optó por un estudio de encuesta que utilizó encuestas a nivel nacional para examinar las diferencias en las opiniones. Se llevaron a cabo encuestas separadas para médicos y para el público	El estudio encontró que el público culpa más al médico por errores de IA en salud, mientras que los médicos responsabilizan más a proveedores y organizaciones. Estas diferencias reflejan la necesidad de mayor claridad, educación y políticas sobre el uso de IA médica.

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Javier Mora Pineda / Revista Médica Clínica Las Condes / 2022		Modelos predictivos en salud basados en aprendizaje de maquina (machine learning)	Revisión bibliográfica narrativa	5	N/A	La metodología de este artículo corresponde a una revisión bibliográfica narrativa, en la que no se recolectaron datos primarios ni se aplicó un protocolo sistemático de búsqueda. En cambio, el autor realizó una síntesis interpretativa del conocimiento existente sobre modelos predictivos en salud basados en aprendizaje de máquina, recopilando y discutiendo	Las conclusiones subrayan que, si bien estas herramientas ofrecen un alto potencial para optimizar diagnósticos y recursos en salud, no reemplazan el juicio clínico ni la experiencia humana. Los profesionales de la salud siguen siendo esenciales para interpretar, validar y aplicar estos modelos de forma ética y eficaz.

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
						información teórica y aplicada proveniente de diversas fuentes académicas.	
Pedro J. Alcalá Minagorrea, María José Salmerón Fernández, Araceli Domingo Garau, Pilar Díaz Pernas, Cristina M. Nebot Marzal, Rosa M. Pino Ramírez y Aurora Madrid Rodríguez /		Estrategias para la mejora de la seguridad diagnóstica y del razonamiento clínico	Revisión bibliográfica	5	Pacientes pediátricos	La metodología implícita es la de una revisión narrativa realizada por expertos para actualizar y guiar la práctica en un área específica de la pediatría	El artículo revisa la magnitud, causas y consecuencias del error diagnóstico en pediatría, destacando su alta prevalencia y el impacto negativo en la seguridad del paciente. Identifica múltiples factores contribuyentes, desde sesgos cognitivos del

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Revista Anales de Pediatría / 2025							profesional hasta limitaciones del sistema de salud, y analiza el rol del razonamiento clínico dividido en pensamiento intuitivo y analítico.
Michaela Soellner y Joerg Koenigstorfer / Revista BMC Medical Informatics and Decision Making / 2021		Compliance with medical recommendations	Estudio experimental	2	El estudio incluyó a 452 individuos de los Estados	La metodología de este estudio se basó en un diseño experimental de 3 (método de diagnóstico) x 2 (gravedad de la enfermedad). Los 452 participantes, todos ubicados en los Estados Unidos de América	La integración de IA con la experiencia médica es más efectiva para fomentar la adherencia que el uso exclusivo de IA, destacando que tanto la interacción humana como la percepción

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
		<p>depending on the use of artificial intelligence</p> <p>as a diagnostic method</p>			Unidos	y mayores de 18 años, fueron asignados aleatoriamente a una de las seis condiciones experimentales resultantes	de innovación tecnológica son elementos clave para mejorar la aceptación de recomendaciones médicas.
Nicole M. Thomasian, Carsten Eickhoff, y Eli Y.		Advancing health equity with	Opinion de expertos	5	Expertos en salud y formuladore	Al tratarse de un artículo de tipo <i>Viewpoint</i> , no sigue una metodología empírica	La inteligencia artificial en salud puede perpetuar desigualdades si no se regula

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Adashi / Journal of Public Health Policy / 2021		artificial intelligence			s de políticas	tradicional, sino que adopta un enfoque argumentativo y reflexivo. Los autores presentan su postura a favor de un marco regulatorio federal que garantice la equidad en el uso de inteligencia artificial en salud, utilizando ejemplos ilustrativos de sesgos históricos en algoritmos médicos para sustentar su argumento	adecuadamente, por lo que urge establecer un marco federal que garantice la equidad. Para ello, propone un enfoque integral que aborde todo el ciclo de vida del algoritmo desarrollo, validación e implementación mediante estrategias como mejorar la calidad y diversidad de los datos, asegurar la interpretabilidad de los modelos, realizar

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
							auditorías continuas de sesgo y mantener inventarios transparentes de algoritmos.
David B. Larson, Hugh Harvey, Daniel L. Rubin, Neville Irani, Justin R. Tse y Curtis P. Langlotz / Revista Journal of the American College of Radiology / 2021		Regulatory Frameworks for Development and Evaluation of	Revision bibliografica	5	N/A	La "metodología" de este artículo es un análisis crítico, una síntesis de información y la formulación de recomendaciones basadas en la experiencia y el conocimiento experto de los autores en el campo de la radiología y la regulación de dispositivos	Este artículo identifica importantes deficiencias en los marcos regulatorios actuales para algoritmos de diagnóstico basados en inteligencia artificial, como la falta de distinción entre la tarea clínica y el algoritmo, la escasa estandarización de definiciones diagnósticas, la

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
		<p>Artificial Intelligence-Based Diagnostic Imaging Algorithms: Summary and Recommendations</p>				<p>médicos.</p>	<p>dificultad para comparar algoritmos similares, la caracterización limitada del rendimiento en entornos reales, y los conflictos de interés de los fabricantes. En respuesta, propone cinco recomendaciones clave: separar la tarea diagnóstica del algoritmo, evaluar dimensiones de rendimiento más allá de la precisión, estructurar el proceso de</p>

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
							<p>evaluación en fases (viabilidad, capacidad, eficacia y durabilidad), promover evaluaciones independientes por terceros y asegurar que los fabricantes integren estas prácticas en su desarrollo. El artículo concluye que cerrar estas brechas permitirá construir un ecosistema de IA confiable, seguro y efectivo en el diagnóstico</p>

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
							clínico.
Dioselina Lanzagorta-Ortega, Diego L. Carrillo-Pérez, Raúl Carrillo-Esper / Revista Gaceta Médica de México / 2022		Inteligencia artificial en medicina: presente y futuro	Revisión bibliográfica	5	N/A	Emplea un enfoque conceptual, analítico y propositivo, basado en la experiencia clínica de los autores (radiólogos) y en el análisis crítico de literatura y marcos regulatorios existentes.	los autores sostienen que la IA debe ser adoptada como una herramienta complementaria que potencie la labor médica sin sustituir la interacción humana, permitiendo así una mejor relación médico-paciente y un uso más eficiente del tiempo clínico.

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Temsah, M.-H.; Aljamaan, F.; Malki, K.H.; Alhasan, K.; Altamimi, I.; Aljarbou, R.; Bazuhair, F.; Alsubaihin, A.; Abdulmajeed, N.; Alshahrani, F.S.; et al. / Revista: Healthcare / 2023		ChatGPT and the Future of Digital Health: A Study on Healthcare Workers' Perceptions and Expectations	Estudio transversal basado en encuestas	4	1057 trabajadores de la salud en Arabia Saudita	Este estudio utilizó un diseño transversal por encuesta para evaluar el conocimiento, actitudes y barreras percibidas hacia ChatGPT entre trabajadores de la salud en Arabia Saudita. Se aplicó un cuestionario validado, distribuido digitalmente durante dos semanas, y participaron 1057 profesionales.	Aunque la mayoría tenía buenas habilidades informáticas, más de la mitad no estaban familiarizados con ChatGPT, y solo un 18.4% lo había utilizado con fines médicos. Sin embargo, el 84.1% mostró interés en usar chatbots de IA en el futuro, valorando su utilidad en investigación, evaluación de literatura médica y apoyo

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
							clínico. La mayoría percibió un impacto positivo de ChatGPT en la atención médica, aunque también expresaron preocupaciones sobre su credibilidad, precisión, implicaciones médico-legales y acceso limitado.
Antonio Baldassarre y Martina Padovan / Revista: Med Lav /		Regulatory and Ethical Considerations on Artificial	Artículo de revisión, comentario y	5	N/A	Se basa en un enfoque de revisión y análisis crítico, propio de un artículo de tipo comentario y perspectiva. No	La inteligencia artificial (IA) y los grandes modelos de lenguaje (LLM) están transformando

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
2024		Intelligence for Occupational Medicine	perspectivas			realiza recolección de datos nuevos ni emplea métodos empíricos, sino que sintetiza literatura científica, normativas internacionales y documentos técnicos existentes sobre las implicaciones regulatorias y éticas del uso de inteligencia artificial (IA) y grandes modelos de lenguaje (LLM) en la medicina ocupacional.	profundamente la medicina ocupacional, ofreciendo beneficios como mayor eficiencia y personalización de la atención, pero también planteando importantes desafíos éticos, legales y sociales. A partir de una revisión crítica de literatura y guías internacionales, los autores destacan riesgos como la desinformación generada por IA, la

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
							afectación de la privacidad y el aumento de riesgos psicosociales en el entorno laboral.
Mamatha Bhat, Madhumitha Rabindranath, Beatriz Sordi Chara, y Douglas A. Simonett / Revista Journal of Hepatology / 2023		Artificial intelligence, machine learning, and deep learning in liver transplantation	Revisión narrativa de última generación	5	Analiza estudios que aplican machine learning en el contexto del trasplante de hígado	Revisión y síntesis de la evidencia publicada sobre la aplicación de la IA en el trasplante de hígado, interpretando los hallazgos para identificar su potencial, sus limitaciones actuales y las direcciones futuras para la investigación y la	Los estudios revisados muestran que los modelos de IA superan a las herramientas tradicionales en la predicción de mortalidad, fallo del injerto y otras complicaciones como recurrencia de enfermedades, lesión renal

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
						implementación clínica	aguda o síndrome metabólico. Sin embargo, su implementación clínica enfrenta desafíos importantes, como la falta de datos prospectivos de calidad, problemas de interpretabilidad ("caja negra"), sesgos algorítmicos, necesidad de regulaciones claras y escasa generalizabilidad.

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Liron Pantanowitz, Matthew Hanna, Joshua Pantanowitz, Joe Lennerz, Walter H. Henricks, Peter Shen, Bruce Quinn, Shannon Benneth, y Hooman H. Rashidi / Revista Modern Pathology / 2024		Regulatory Aspects of Artificial Intelligence and Machine Learning	Artículo de Revisión	5	Utilizaron 43 artículos para esta revisión	Los autores llevaron a cabo una revisión y síntesis crítica de la literatura científica y marcos regulatorios existentes relacionados con la inteligencia artificial y el aprendizaje automático en atención médica. El enfoque se centró en analizar aspectos regulatorios como privacidad de datos, software como dispositivo médico, procesos de aprobación, reembolso y legislación sobre	La adopción de IA y aprendizaje automático en salud enfrenta importantes desafíos regulatorios relacionados con la seguridad, ética, privacidad y reembolso, que requieren marcos flexibles y basados en el riesgo para acompañar la rápida evolución tecnológica. Aunque existen regulaciones sobre privacidad de datos y

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
						modelos generativos y no generativos, con el fin de examinar el estado global actual y las necesidades de adaptación normativa para facilitar la innovación en IA aplicada a la salud.	software médico en varios países, no hay un proceso regulatorio exclusivo para IA, por lo que se adaptan normativas previas. Se enfatiza la necesidad de cooperación internacional para estandarizar regulaciones, la actualización de la fuerza laboral y el fortalecimiento de infraestructura y financiación para apoyar la

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
							innovación segura y efectiva en IA aplicada a la atención médica.
Sarah Jabbour, David Fouhey, Stephanie Shepard, Thomas S. Valley, Ella A. Kazerooni, Nikola Banovic, Jenna Wiens y Michael W. Sjoding / Revista JAMA / 2023		Measuring the Impact of AI in the Diagnosis of Hospitalized Patients: A Randomized Clinical Vignette Survey Study	Estudio de encuesta clínica aleatorizado con viñetas	2	Médicos hospitalistas, enfermeras practicantes y asistentes médicos que ejercen en medicina hospitalaria en 13	Evaluó el impacto de la inteligencia artificial (IA) en la toma de decisiones diagnósticas y terapéuticas de clínicos. Se reclutaron 457 médicos hospitalistas, enfermeras practicantes y asistentes médicos de 13 estados de EE.UU., quienes completaron una serie de 9 viñetas	Demostró que los modelos de inteligencia artificial (IA) estándar mejoraron modestamente la precisión diagnóstica y la selección de tratamiento de los clínicos, especialmente cuando se acompañaron de explicaciones visuales. Sin embargo, cuando los

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
					<p>estados de EE. UU., con una edad mediana de 34 años, donde el 57.7% eran mujeres.</p>	<p>clínicas basadas en casos reales de pacientes con insuficiencia respiratoria aguda. Se midió la precisión diagnóstica y terapéutica en cada escenario, y los datos se analizaron mediante modelos estadísticos multivariados para identificar diferencias significativas entre condiciones.</p>	<p>modelos de IA estaban sistemáticamente sesgados (por edad, IMC o calidad de imagen), la precisión diagnóstica y terapéutica de los clínicos disminuyó significativamente, y las explicaciones visuales no mitigaron ese efecto negativo. Esto evidencia que las herramientas explicativas actuales no son suficientes para que los clínicos detecten</p>

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
							fallas en el razonamiento de modelos sesgados, lo que plantea serias implicaciones éticas y regulatorias. En consecuencia, el estudio concluye que es esencial validar exhaustivamente los modelos de IA antes de su implementación clínica y fortalecer la alfabetización en IA del personal médico.
Catherine Chen y Zhihan Cui / Revista:		Impact of AI-Assisted Diagnosis	Ensayo controlado	2	Se reclutaron	este estudio consiste en un experimento de encuesta	El estudio encontró una aversión generalizada al

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Journal of Medical Internet Research / 2025		on American Patients' Trust in and Intention to Seek Help From Health Care Professionals: Randomized, Web-Based Survey Experiment	aleatorio		1762 participante s a través de Prolific, una plataforma web para encuestas e investigación experimental	aleatorizado de cuatro grupos, realizado en línea con 1762 participantes reclutados en EE.UU. a través de la plataforma Prolific. Los participantes fueron asignados aleatoriamente a escenarios clínicos que variaban en el grado de uso de inteligencia artificial (IA) por parte del médico (ninguno, moderado o extensivo), y luego evaluaron su intención de buscar atención	uso de inteligencia artificial (IA), especialmente generativa como ChatGPT, en el diagnóstico médico, lo que redujo significativamente la confianza de los pacientes y su intención de buscar atención, sin importar su edad, género o afiliación política. Este efecto fue más pronunciado cuando se mencionaba un uso

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
						médica y su confianza en el médico. Se utilizaron escalas Likert, regresiones OLS, y análisis de mediación y moderación para analizar los efectos, controlando variables sociodemográficas.	extensivo de IA por parte del médico.
Agustín Nuñez, Álvaro Tala, Macarena Astudillo, Isabella Varela, Andrés Polit, Juan Salazar Badell /		Machine Learning: Una necesidad formativa hoy para los	Revisión narrativa	5	N/A	La metodología se basa en una síntesis y discusión de la literatura existente sobre el Machine Learning y su implicación en la educación médica, con el fin de informar y	la integración del <i>machine learning</i> (ML) en la educación médica es urgente y esencial, dadas sus crecientes aplicaciones clínicas. Se destaca el

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Revista Chilena de Anestesiología / 2024		médicos del mañana				proponer recomendaciones para su integración curricular	potencial del ML para personalizar el aprendizaje, apoyar la enseñanza y evaluación médica, y fortalecer el juicio clínico, pero advierte que debe enseñarse como herramienta de apoyo y no como verdad absoluta. Se recomienda una alfabetización en ML (sin requerir programación profunda), el abordaje de sus limitaciones, sesgos y

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
							riesgos éticos, y la inclusión de experiencias interdisciplinarias.
Christiam Xavier Núñez-Zavala, Luis Miguel Sánchez-Muyulema, María Belén Piñas-Morales, José Luis García-Guanga / Revista Médica Electrónica de la Universidad de		Inteligencia artificial y automatización en salud. Criterios del profesorado universitario sobre avances,	Investigación descriptiva explicativa de orden correlacional	5	Encuestaron a 61 profesores de Medicina y 38 de Ingeniería del Software	Se utilizó una encuesta con escala Likert de cinco puntos para evaluar la percepción del profesorado sobre siete variables relacionadas con los avances, aplicaciones y desafíos éticos de la inteligencia artificial (IA) en la automatización en salud. Dado que los datos no	El estudio destaca la necesidad de fortalecer la formación docente en IA y automatización en salud, recomendando cursos de posgrado y la incorporación de estos temas en los planes de estudio de pregrado para preparar mejor a los futuros profesionales frente a las

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Ciencias Médicas de Matanzas / 2024		aplicaciones y desafíos				presentaron distribución normal (según la prueba de Kolmogorov-Smirnov), se aplicaron pruebas no paramétricas, como la W de Kendall para determinar el grado de concordancia entre evaluadores y la U de Mann-Whitney para comparar diferencias entre grupos.	transformaciones tecnológicas emergentes.

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Sabrina Maciel Nascimento, Tábita Maika Gama de Paiva, Marcos Paulo Maciel Kasuga, Thiago de Assis Furtado Silva, Conceição Maria Guedes Crozara, Jonas Byk y Silvanida Conceição Furtado / Revista Bioét. vol.32 Brasília		Inteligência artificial e suas implicações éticas e legais: revisão integrativa	Revisión integrativa de literatura	5	14 artículos incluidos en la revisión	Corresponde a una revisión integrativa de la literatura, en la cual se analizaron artículos publicados entre 2018 y 2023 mediante búsquedas en las bases de datos PubMed e IEEE Xplore, utilizando descriptores relacionados con inteligencia artificial, salud, aspectos éticos y legales. De un total de 149 artículos identificados, se seleccionaron 14 estudios para análisis cualitativo tras aplicar	Se destaca la necesidad urgente de una regulación ética y legal sólida, el trabajo conjunto entre actores del sector salud y tecnología, la capacitación de profesionales, el fortalecimiento de la transparencia y la creación de comités éticos que supervisen el desarrollo y la implementación responsable de la IA en medicina.

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
/ 2024						criterios de inclusión y exclusión. Se incluyeron diversos tipos de estudios (revisiones bibliográficas, observacionales, exploratorios y de alcance).	
Leonardo Viniegra-Velázquez / Revista Boletín Médico del Hospital Infantil de México /2024		Progress in medicine and artificial intelligence	Revision bibliográfica	5	N/A	Tiene un enfoque principalmente crítico y reflexivo, con la intención de cuestionar nociones establecidas como el avance tecnológico, el coeficiente intelectual y la inteligencia	Presenta una reflexión crítica sobre cómo el avance tecnológico, especialmente en medicina e inteligencia artificial, ha sido guiado más por intereses económicos que por el bienestar humano.

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
						<p>artificial. A partir de este análisis, busca ofrecer nuevas formas de comprender estos temas, poniendo en el centro la dignidad humana, la sensibilidad y la capacidad de pensar de manera crítica. Todo esto se hace mediante un análisis profundo de las ideas y sus efectos en lo social y lo profesional.</p>	<p>Cuestiona la idea de progreso como sinónimo de tecnologización, señalando que esta puede debilitar el juicio clínico, deshumanizar la atención médica y profundizar desigualdades sociales.</p>

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Marta Martínez-Morga, Salvador J. Martínez, Daniel Garrigós, Salvador Martínez / Revista: MEDICINA / 2025		FUTURO DE LA INTELIGENCIA: CEREBRO NATURAL, CEREBRO ARTIFICIAL	Artículo Especial	5	N/A	Es un análisis y reflexión sobre un tema complejo con base en el conocimiento científico y filosófico actual	Este artículo especial analiza críticamente las diferencias entre la inteligencia natural y la inteligencia artificial, destacando que, aunque la IA ha avanzado notablemente en diversos campos, aún no alcanza aspectos clave de la inteligencia humana como la consciencia, la creatividad y la emoción. Sostiene que la IA debe complementarla, no

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
							reemplazarla, especialmente en áreas como la salud, la educación y la resolución de problemas complejos.
Carlos Alberto Román Collazo, Jonathan Brenner, Diego Andrade Campoverde / Revista Medicina y Ética / 2024		Ethical reflections on the impact and challenges of artificial intelligence in laboratory medicine	Revision bibliográfica	5	70 artículos fueron finalmente seleccionados para la revisión	Este estudio realizó una revisión documental de literatura científica con el objetivo de valorar el uso de la inteligencia artificial en la Medicina de Laboratorio desde una perspectiva bioética.	La inteligencia artificial ha mejorado notablemente la medicina de laboratorio al optimizar el diagnóstico mediante automatización, análisis de datos y procesamiento de imágenes, lo que ha aumentado la precisión, rapidez y

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
							<p>eficiencia de las pruebas. Sus aplicaciones abarcan desde la estimación de analitos hasta el apoyo en el diagnóstico de patologías complejas como cáncer o enfermedades infecciosas. Sin embargo, su implementación debe centrarse en el bienestar humano, con un uso ético que priorice la salud sobre intereses económicos.</p>

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Javier Santiago Alvarez Guachichulca, Damary S. Jaramillo Aguilar, Andrea Ximena López Becerra / Revista Anales de la Facultad de Ciencias Médicas (Asunción) / 2024		Aplicaciones, oportunidades y desafíos de implementar la inteligencia artificial en medicina: una revisión narrativa de la literatura	Revisión narrativa	5	Se seleccionaron 75 artículos en total para el estudio	Este artículo empleó una revisión narrativa de la literatura, basada en una búsqueda bibliográfica en PubMed, Scopus y SciELO, abarcando estudios publicados entre enero de 2019 y marzo de 2024 en inglés y español. Se incluyeron revisiones sistemáticas y no sistemáticas, scoping reviews, artículos originales y capítulos de libros,	La inteligencia artificial está transformando profundamente la medicina, con aplicaciones que van desde el diagnóstico asistido y la personalización de tratamientos, hasta la investigación, la educación médica y la gestión hospitalaria. Sus beneficios incluyen mayor precisión clínica, reducción de costos, mejora en la atención y en la

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
						excluyendo literatura gris y estudios de bajo rigor.	participación del paciente. No obstante, enfrenta desafíos importantes: desde la fiabilidad de los algoritmos y la protección de datos, hasta barreras tecnológicas, éticas y de equidad, especialmente en contextos con menos recursos.
J.F. Avila-Tomás, M.A. Mayer-Pujadas		La inteligencia	Revision bibliografica	5	Recopilaron 44 artículos	Consistió en una revisión bibliográfica centrada en reunir y analizar información	Explica cómo la IA se basa en redes neuronales artificiales y distintos tipos

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
y V.J. Quesada-Varela. / Revista Atención Primaria. / 2020		artificial y sus aplicaciones en medicina I: introducción antecedentes a la IA y robótica			para la revisión	previamente publicada sobre inteligencia artificial y robótica. Los autores no realizaron una investigación empírica propia, sino que organizaron y explicaron conocimientos existentes sobre temas como los orígenes históricos de la IA, conceptos fundamentales como redes neuronales y tipos de aprendizaje, así como la evolución y clasificación de los robots.	de aprendizaje, y detalla hitos clave en su desarrollo. También clasifica los tipos de robots y presenta su uso en medicina, desde laboratorios hasta cirugía asistida. Se destaca el impacto de la robótica quirúrgica, con tecnologías como el sistema Da Vinci®, y se subraya la importancia de que los profesionales de la salud comprendan estas

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
							herramientas, sus beneficios y limitaciones, dada su creciente presencia en la práctica clínica.
J.F. Avila-Tomás, M.A. Mayer-Pujadas y V.J. Quesada-Varela. / Revista Atención Primaria. / 2020		La inteligencia artificial y sus aplicaciones en medicina	Revisión bibliografica	5	Optaron por la revisión de 53 artículos	Es basada en revisión bibliográfica, orientada a recopilar, organizar y analizar publicaciones previas relacionadas con la inteligencia artificial y la robótica, especialmente en el ámbito de	subraya que la inteligencia artificial y la robótica están transformando profundamente la práctica médica. Desde la mejora en diagnósticos y tratamientos hasta el desarrollo de sistemas quirúrgicos avanzados, estas tecnologías

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
		II: importancia actual y aplicaciones prácticas				la salud. No se incluyen datos originales	ofrecen beneficios significativos. Sin embargo, también presentan desafíos como el alto costo, la necesidad de formación especializada y consideraciones éticas.
Yian Mao, Bahiru Legesse Jimma, Tefera Belsty Mihretie / Revista		Machine learning algorithms for heart disease diagnosis: A systematic review	Revision bibliográfica	5	se seleccionaron 24 publicaciones para la	La metodología consistió en una revisión sistemática siguiendo las directrices PRISMA 2020, con el objetivo de identificar los algoritmos de aprendizaje automático	Los hallazgos sugieren que el aprendizaje automático puede mejorar significativamente el diagnóstico cardiovascular al identificar patrones

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Current Problems in Cardiology / 2025					revisión final	supervisado más eficaces para diagnosticar enfermedades cardíacas. Se realizó una búsqueda exhaustiva en seis bases de datos académicas reconocidas, abarcando estudios publicados entre 2013 y 2024.	relevantes en grandes volúmenes de datos, contribuyendo así a una toma de decisiones más precisa y eficiente en el ámbito clínico.
Robert Panadés Zafra, Noemí Amorós Parramon, Marc Albiol-		Análisis de retos y dilemas que deberá afrontar la bioética del siglo xxi, en la era de la salud	Revision bibliográfica	5	N/A	Consiste en un análisis crítico y reflexivo basado en la revisión de literatura y marcos filosóficos, más que en una investigación empírica	Ae plantea que la bioética no debe ser vista como una barrera, sino como una guía esencial para asegurar un desarrollo tecnológico

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Perarnau, Oriol Yuguero Torres / Revista: Atención Primaria / 2024		digital				sistemática. Los autores contextualizan históricamente la ética médica, abordando eventos clave que dieron origen a los principios bioéticos contemporáneos, y utilizan distintos enfoques teóricos	responsable, humano y justo en el ámbito sanitario.
Guillermo Iglesias, Edgar Talavera, Jesús Troya, Alberto Díaz- Álvarez, Miguel García-Remesal. /		Artificial intelligence model for tumoral clinical decision support system	Investigación original de tipo experimental con enfoque	4	La población estudiada consiste en 369 casos de gliomas,	El estudio desarrolló y evaluó un modelo de inteligencia artificial llamado Multi-Output Classification Autoencoder (MOC-AE) para apoyar el diagnóstico tumoral a partir de	Los resultados evidencian que este sistema puede mejorar la precisión y eficiencia en la toma de decisiones clínicas, aunque se reconoce la necesidad de

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Revista Computer Methods and Programs in Biomedicine. / 2024			cuantitativo		que son un tipo de tumor cerebral	imágenes médicas. Utilizó un conjunto de datos de resonancias magnéticas segmentadas manualmente, que fueron preprocesadas para normalizar y adaptar las imágenes. La arquitectura combinó un autoencoder para extraer características estructurales y un clasificador binario para identificar la presencia de tumor, entrenándose de forma conjunta	ampliar la diversidad de datos y optimizar el modelo para lograr evaluaciones más completas y aplicabilidad en distintos escenarios.

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
						mediante la optimización de funciones de pérdida combinadas.	
Claudio Aracena, Fabián Villena, Felipe Arias, Jocelyn Dunstan. / Revista Médica Clínica Las Condes. / 2022		Aplicaciones de aprendizaje automático en salud	Revisión bibliográfica de tipo narrativa	5	N/A	una revisión bibliográfica narrativa, en la que se recopila y analiza información existente sobre aprendizaje automático en salud. No se generaron datos originales, sino que se sintetizaron conceptos clave, aplicaciones y desafíos a partir de diversas fuentes científicas y documentos relevantes. Se	Los estudios muestran que estas tecnologías mejoran la precisión y eficiencia en la atención clínica, ofreciendo herramientas valiosas para la toma de decisiones médicas. Sin embargo, también resaltan la importancia de abordar los desafíos éticos relacionados con la

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
						incluyeron estudios, bases de datos y ejemplos de aplicaciones para ofrecer una visión amplia y actualizada del tema, acompañada de una reflexión sobre aspectos éticos y prácticos en su implementación.	privacidad, transparencia, equidad y responsabilidad, enfatizando la necesidad de una colaboración interdisciplinaria para garantizar un uso seguro y responsable del aprendizaje automático en salud.
Josep Vidal-Alaball, Robert Panadés Zafra, Anna Escalé-Besa, Antonio		The artificial intelligence revolution in primary care: Challenges,	Estudio mixta, revisión bíblica e investigación	4	La población objetivo fueron los participante	Combina una revisión amplia sobre las aplicaciones, beneficios y retos de la inteligencia artificial en el primer nivel de atención	A través de una encuesta aplicada en una jornada científica, se evidenció un alto interés por formarse en IA, a pesar de que la mayoría

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Martinez-Millan. / Revista Atención Primaria. / 2024		dilemmas and opportunities	cuantitativa de tipo encuesta		s de una conferencia sobre Inteligencia Artificial en Medicina Familiar y Comunitaria (MFyC). Se realizó una encuesta a 57	médica, con la recolección de datos empíricos a través de una encuesta aplicada a profesionales de medicina familiar que asistieron a una jornada científica. La metodología consistió en analizar las respuestas de 57 participantes respecto a sus percepciones, conocimientos previos y expectativas sobre el uso de IA en la práctica clínica, complementando esa	no tenía experiencia previa. Se concluye que la integración de la IA en la práctica clínica requiere formación, validación externa de los algoritmos y una colaboración estrecha entre desarrolladores y profesionales de salud.

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
					participantes	información con una discusión teórica basada en literatura especializada y marcos éticos internacionales.	
Esteban Basáez, Javier Mora. / Revista MÉDICA CLÍNICA LAS CONDES. / 2022		Salud e inteligencia artificial: ¿cómo hemos evolucionado?	Revisión bibliográfica de narrativa	5	N/A	Se basa en una revisión narrativa de la literatura científica y técnica relacionada con el desarrollo histórico y los avances recientes en inteligencia artificial aplicada a la salud. Los autores organizan la información en torno a los hitos clave en la evolución	Se reconoce su potencial en diagnóstico, tratamiento y prevención, pero también se advierten riesgos éticos y la falta de transparencia en algunos modelos. Se concluye que el uso responsable de estas tecnologías debe guiarse por

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
						tecnológica y reflexionan sobre cómo estos cambios han sido asimilados (o resistidos) por el entorno médico.	principios éticos claros y una adecuada representación cultural en los datos, promoviendo además el acceso equitativo a sus beneficios.
Rocío B. Ruiz, Juan D. Velásquez. / Revista MÉDICA CLÍNICA LAS CONDES. / 2023	30	Inteligencia artificial al servicio de la salud del futuro	Revisión bibliográfica de tipo conceptual y descriptiva	5	N/A	Corresponde a una revisión conceptual y descriptiva cuyo objetivo fue organizar y explicar de manera accesible los fundamentos del aprendizaje automático y su impacto en el desarrollo de una	Resalta la necesidad de recolectar y aprovechar datos de calidad para mejorar el cuidado de la salud y la toma de decisiones clínicas. Concluye que, aunque aún existen desafíos como la

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
						<p>medicina más moderna y centrada en el paciente. El texto se apoya en fuentes previas para presentar definiciones, clasificaciones de técnicas de IA y casos de aplicación médica, incluyendo iniciativas locales e internacionales.</p>	<p>falta de historias clínicas unificadas, la IA está jugando un papel clave en la transformación del sistema sanitario, siempre que se utilice con ética y responsabilidad.</p>