

ARTÍCULO CIENTÍFICO / SCIENTIFIC ARTICLE

Inteligencia artificial en la formación de médicos especialistas: aplicaciones educativas y desafíos éticos

Vanessa Elizabeth Zayas Valdez, ORCID: 0009-0000-0191-3694

¹Universidad Nacional de Itapúa. Facultad de Medicina. Encarnación, Paraguay

RESUMEN

Introducción: La inteligencia artificial (IA) se ha incorporado progresivamente en la educación médica de posgrado, generando transformaciones sustanciales en los procesos de enseñanza-aprendizaje y en las competencias requeridas para el ejercicio profesional especializado. **Objetivo:** analizar críticamente las aplicaciones educativas y los desafíos éticos de la IA en la formación de médicos especialistas mediante una revisión bibliográfica narrativa. **Métodos:** Se examinaron publicaciones científicas recientes indexadas en PubMed, Scopus, Web of Science y Google Scholar, empleando una estrategia de búsqueda con descriptores booleanos y criterios de selección predefinidos. Se incluyeron doce estudios publicados entre 2020 y 2025, con revisión por pares, disponibles en inglés o español, que abordan componentes educativos de la IA en programas de especialización médica. **Resultados:** Los hallazgos muestran que la IA favorece la personalización del aprendizaje, la simulación clínica avanzada, la evaluación automatizada y el fortalecimiento del razonamiento diagnóstico. No obstante, persisten desafíos relacionados con los sesgos algorítmicos, la protección de datos, la desigualdad tecnológica y la necesidad de capacitación docente. **Conclusiones:** la IA constituye un recurso estratégico para mejorar la calidad de la formación médica especializada, siempre que su integración se sustente en marcos pedagógicos, regulatorios y éticos sólidos.

Palabras clave: inteligencia artificial; educación médica; formación de especialistas; aprendizaje adaptativo; ética médica.

Recibido: 01/03/2026
Revisado: 15/05/2026
Aceptado: 27/05/2026

Autor para correspondencia:

Vanessa Zayas

vanezayas27@gmail.com

Conflictos de interés:

La autora declara no poseer conflictos de interés.

Fuente de financiación:

La autora no recibió apoyo financiero de entidades gubernamentales o instituciones para realizar esta investigación

Artificial intelligence in specialist medical training: educational applications and ethical challenges

ABSTRACT

Introduction: Artificial intelligence (AI) has progressively been incorporated into postgraduate medical education, producing significant transformations in teaching-learning processes and in the professional competencies required for specialist practice. **Objective:** Analyze the educational applications and ethical challenges of AI in specialist training through a narrative literature review. **Methods:** Recent scientific publications indexed in PubMed, Scopus, Web of Science and Google Scholar were examined using a Boolean descriptor search strategy and predefined selection criteria. Twelve peer-reviewed studies published between 2020 and 2025, available in English or Spanish, and addressing educational components of AI in medical specialization programs, were included. **Results:** Findings indicate that AI enhances personalized learning, advanced clinical simulation, automated assessment, and diagnostic reasoning. However, significant challenges remain regarding algorithmic bias, data protection, technological inequities, and faculty development needs. **Conclusions:** AI represents a strategic resource for improving specialist training quality, provided its integration is supported by robust pedagogical, regulatory, and ethical frameworks.

Keywords: artificial intelligence; medical education; specialist training; adaptive learning; medical ethics.

INTRODUCCIÓN

La formación de médicos especialistas constituye una etapa fundamental del desarrollo profesional en salud, caracterizada por la adquisición de competencias clínicas complejas, toma de decisiones en contextos de alta incertidumbre y responsabilidad directa sobre la atención de los pacientes. En las últimas décadas, este proceso ha experimentado cambios sustanciales impulsados por la incorporación de tecnologías digitales avanzadas, entre las cuales la inteligencia artificial (IA) ocupa un lugar central (1).

La IA comprende sistemas capaces de procesar grandes volúmenes de información, identificar patrones y generar respuestas que simulan funciones cognitivas humanas. En el ámbito educativo, su potencial reside en la posibilidad de personalizar los procesos formativos, adaptar contenidos a las necesidades individuales del aprendiz y ofrecer retroalimentación inmediata sustentada en datos (2).

Desde una perspectiva pedagógica, estas herramientas se vinculan con enfoques centrados en el aprendizaje activo y constructivo, en los que el estudiante asume un rol protagónico en la construcción del conocimiento. El aprendizaje adaptativo mediado por algoritmos inteligentes permite diseñar trayectorias formativas individualizadas, especialmente pertinentes en programas de especialización médica, donde los ritmos de adquisición de competencias son heterogéneos (3).

La simulación clínica potenciada por IA posibilita el entrenamiento de habilidades técnicas y cognitivas en entornos controlados y seguros, reduciendo los riesgos para los

pacientes y ampliando las oportunidades de práctica deliberada (4). Asimismo, los sistemas de apoyo a la toma de decisiones clínicas contribuyen al desarrollo del razonamiento diagnóstico mediante el análisis de datos complejos y la presentación de hipótesis estructuradas.

Sin embargo, la integración de la IA en la educación médica no está exenta de desafíos. La literatura señala preocupaciones relacionadas con los sesgos algorítmicos, la privacidad y seguridad de los datos, la preservación del componente humanista de la práctica médica (5) y las desigualdades en el acceso a infraestructura tecnológica entre instituciones y regiones (6). En este contexto, resulta imprescindible un análisis crítico que trascienda la descripción de beneficios y aborde también las limitaciones y condiciones de implementación responsable.

Objetivo general: Analizar las aplicaciones educativas y los desafíos éticos de la inteligencia artificial en la formación de médicos especialistas.

Objetivos específicos:

1. Identificar las principales aplicaciones educativas de la IA en programas de especialización médica.
2. Analizar el impacto de dichas herramientas en el desarrollo de competencias profesionales.
3. Examinar los desafíos éticos, pedagógicos y organizacionales asociados a su implementación.

MÉTODOS

Tipo de revisión

Se realizó una revisión bibliográfica de tipo narrativo, con enfoque cualitativo. Esta modalidad resulta adecuada para sintetizar un campo emergente y heterogéneo como el de las aplicaciones educativas de la IA, donde la diversidad metodológica de los estudios primarios dificulta la aplicación de estándares de revisión sistemática. No se pretende exhaustividad estadística, sino una síntesis analítica e interpretativa de la evidencia disponible.

Estrategia de búsqueda

La búsqueda bibliográfica se efectuó durante el primer semestre de 2025 en las siguientes bases de datos: PubMed, Scopus, Web of Science y Google Scholar. Se emplearon descriptores estandarizados y operadores booleanos: ("artificial intelligence" OR "machine learning") AND ("medical education" OR "postgraduate medical training" OR "specialist training") AND ("educational applications" OR "adaptive learning" OR "clinical simulation" OR "ethics")

En español: ("inteligencia artificial" OR "aprendizaje automático") AND ("educación médica" OR "formación de especialistas") AND ("aplicaciones educativas" OR "aprendizaje adaptativo" OR "simulación clínica" OR "ética").

Se incluyeron publicaciones originales, revisiones sistemáticas, revisiones narrativas y documentos institucionales de organizaciones relevantes con un período de publicación: 2020–2025. Con proceso de revisión por pares o reconocida autoridad institucional. Disponibles en inglés o español. Que aborden componentes educativos de la IA en

programas de especialización médica o de pregrado con formación clínica avanzada.

Se excluyeron estudios centrados exclusivamente en aplicaciones clínico-asistenciales de la IA, sin componente educativo explícito. Textos de opinión sin sustento empírico o bibliográfico y publicaciones anteriores a 2020, salvo referencias conceptuales de relevancia excepcional.

Proceso de selección y número de estudios

La búsqueda inicial arrojó aproximadamente 340 referencias. Tras la eliminación de duplicados, se revisaron los títulos y resúmenes de 98 artículos, de los cuales 28 fueron seleccionados para lectura completa. Finalmente, doce estudios cumplieron todos los criterios de inclusión y fueron incorporados al análisis. La selección se realizó de forma independiente por la autora y fue sometida a revisión crítica, resolviéndose los casos de duda mediante consulta directa con los textos completos. El proceso se realizó de acuerdo con los principios de transparencia y trazabilidad propios de las revisiones bibliográficas rigurosas.

Análisis de la información

Los estudios seleccionados fueron analizados mediante categorización temática inductiva, identificando patrones recurrentes en torno a tres dimensiones: (a) aplicaciones educativas de la IA, (b) impacto en la formación de especialistas, y (c) desafíos éticos, pedagógicos y organizacionales. Las categorías emergieron del contenido de los propios estudios, siendo contrastadas y refinadas a través de un proceso iterativo de análisis.

RESULTADOS

En la tabla 1 se presentan las principales características de los estudios incluidos en la revisión.

Tabla 1. Características y hallazgos principales de los estudios incluidos en la revisión (n = 12)

Autor(es) y año	País / Región	Tipo de estudio	Población / Contexto	Principales hallazgos educativos
Gordon et al. (2024)	Internacional	Revisión sistemática (BEME Guide 84)	Educación médica de posgrado	La IA mejora la adquisición de competencias clínicas y la retroalimentación formativa; señala limitaciones metodológicas en los estudios primarios.
Jackson et al. (2024)	Reino Unido	Estudio transversal	Estudiantes de medicina (pregrado)	Actitudes positivas hacia la IA, aunque se identifican brechas en competencias digitales y preocupaciones éticas.
Weidener & Fischer (2024)	Alemania	Estudio transversal	Estudiantes y docentes de medicina	Alta disposición al uso de IA; demanda de formación estructurada en literacidad en IA dentro del currículo médico.
Sarkar et al. (2024)	India / Global	Revisión narrativa	Educación médica en general	La IA potencia el aprendizaje autónomo; se subraya la necesidad de marcos pedagógicos y regulatorios.
Lee & Choi (2023)	Corea del Sur	Revisión narrativa	Educación médica de posgrado	Los sistemas de aprendizaje adaptativo aumentan la eficiencia y personalización; requieren validación pedagógica.
Dave & Patel (2023)	Reino Unido	Revisión narrativa	Odontología / Medicina general	La IA optimiza la evaluación y la simulación clínica; persisten desafíos regulatorios y éticos.
Krive et al. (2023)	EE. UU.	Revisión de alcance	Educación médica (pre y posgrado)	Diversidad de aplicaciones de IA; énfasis en la necesidad de estándares educativos específicos.
Boillat et al. (2021)	Suiza / Global	Estudio transversal	Médicos y estudiantes de medicina	Disposición moderada a adoptar IA; la preparación institucional resulta un factor determinante.
Ötles et al. (2022)	EE. UU.	Artículo de opinión / educativo	Currículo de medicina (pregrado)	Propone integrar la IA como competencia fundamental en los programas médicos.
Civaner et al. (2022)	Turquía	Estudio cualitativo (grupos focales)	Docentes de medicina	Identifican vacíos formativos sobre ética de la IA; demandan orientación curricular específica.
Chen & Wang (2022)	China	Revisión narrativa	Educación médica de posgrado	La simulación con IA refuerza la toma de decisiones clínicas; se requieren estudios de efectividad a largo plazo.
Shortliffe & Sepúlveda (2022)	EE. UU.	Artículo de análisis	Práctica clínica / formación médica	Los sistemas de apoyo a la decisión basados en IA fortalecen el razonamiento diagnóstico, con implicaciones formativas directas.

Aplicaciones educativas de la IA

El análisis de los estudios incluidos permite identificar cuatro áreas principales de aplicación de la IA en la formación de médicos especialistas, con diferencias en el nivel de evidencia disponible para cada una.

Simulación clínica avanzada.

Múltiples estudios describen el uso de simuladores basados en IA para recrear escenarios clínicos complejos con alto grado de realismo, favoreciendo el entrenamiento de habilidades técnicas y la toma de decisiones en entornos seguros y reproducibles (4, 7). Chen y Wang (2022) señalan que estos sistemas permiten la práctica deliberada repetida sin riesgo para los pacientes, especialmente valorada en especialidades procedimentales. No obstante, los autores alertan sobre la necesidad de estudios longitudinales que evalúen la transferencia de las habilidades adquiridas al contexto clínico real.

Aprendizaje adaptativo.

Lee y Choi (2023) documentan sistemas de aprendizaje adaptativo que ajustan la dificultad y la secuencia de contenidos según el desempeño individual del estudiante, generando itinerarios formativos personalizados. Esta característica resulta especialmente relevante en la especialización médica, donde existen diferencias marcadas en los ritmos de adquisición de competencias. Sin embargo, los autores advierten sobre la escasa validación pedagógica formal de muchos de estos sistemas y la dependencia de datos de entrenamiento que podrían no representar la diversidad real de los aprendices.

Evaluación automatizada y retroalimentación.

La IA facilita la corrección inmediata de actividades, el análisis continuo del progreso y la generación de retroalimentación individualizada (8, 9). Gordon et al. (2024), en su guía BEME, identifican evidencia moderada de que estas funciones mejoran la experiencia formativa, aunque señalan que la heterogeneidad metodológica de los estudios primarios limita la posibilidad de extraer conclusiones sólidas sobre la magnitud del efecto.

Apoyo al razonamiento diagnóstico.

Los sistemas de apoyo a la decisión clínica basados en IA presentan casos complejos, sugieren hipótesis diagnósticas y entrenan la interpretación integrada de datos clínicos, de laboratorio e imagen (11). Shortliffe y Sepúlveda (2022) plantean que estas herramientas, bien integradas en el currículo, pueden fortalecer el razonamiento hipotético-deductivo, aunque subrayan el riesgo de que una dependencia excesiva limite el desarrollo autónomo del juicio clínico.

Impacto en la formación de especialistas

Los estudios revisados reportan beneficios consistentes en las siguientes dimensiones formativas, aunque con variabilidad en el nivel de evidencia:

- Desarrollo de competencias clínicas avanzadas, especialmente en escenarios de alta complejidad o baja frecuencia (7, 8).
- Mayor autonomía y autorregulación en el aprendizaje, favorecida por los entornos adaptativos (2, 3).

- Mejora del razonamiento clínico mediante la exposición iterativa a casos complejos (11).
- Incremento de la motivación y el compromiso con el proceso formativo (9, 10).
- Posibilidad de práctica repetida sin riesgo para los pacientes ni limitaciones de acceso al entorno clínico real (4).

Cabe destacar que la mayoría de estos beneficios se documentan en estudios de diseño transversal o revisiones narrativas, con una proporción menor de ensayos controlados. Esta limitación metodológica debe considerarse al interpretar los resultados.

Desafíos identificados

El análisis revela desafíos con distintos niveles de evidencia y urgencia:

- Sesgos algorítmicos: los modelos de IA entrenados con datos no representativos pueden perpetuar o amplificar desigualdades existentes en la atención médica y en la evaluación formativa (5, 8).
- Privacidad y seguridad de datos: el procesamiento de información clínica y personal de los aprendices requiere marcos normativos robustos y sistemas de anonimización verificables (5, 12).
- Brecha digital: persisten desigualdades significativas en la disponibilidad de infraestructura tecnológica, conectividad y competencias digitales entre instituciones y regiones, especialmente en países de ingresos medios y bajos (6, 12).
- Capacitación docente: la mayoría de los estudios señala deficiencias en la formación del cuerpo docente para

integrar y supervisar críticamente las herramientas de IA (5, 9).

- Resistencia institucional: los entornos formativos con culturas organizacionales tradicionales muestran mayor resistencia al cambio, lo que dificulta la adopción sostenida de innovaciones tecnológicas (10).

DISCUSIÓN

Los resultados de esta revisión confirman que la IA posee un potencial transformador genuino en la educación médica especializada, en línea con lo reportado por revisiones previas de amplio alcance (8). Su capacidad para generar entornos de aprendizaje personalizados, simulados y con retroalimentación inmediata responde a demandas formativas que los modelos tradicionales de residencia y especialización no siempre logran satisfacer, particularmente en contextos de alta carga asistencial o recursos docentes limitados.

No obstante, al comparar los estudios incluidos emergen tensiones relevantes. Por un lado, los trabajos con mayor rigor metodológico —como la guía BEME de Gordon et al. (2024)— advierten que la heterogeneidad de los diseños de investigación, la variabilidad en los indicadores de resultado y la escasez de seguimientos longitudinales limitan la posibilidad de establecer conclusiones causales sólidas sobre la efectividad de la IA en la formación médica. Por otro lado, estudios descriptivos y revisiones narrativas tienden a presentar los beneficios de forma más optimista, sin ponderar adecuadamente las

condiciones contextuales que hacen posible —o imposible— su implementación efectiva.

Esta heterogeneidad constituye, en sí misma, una limitación del campo. La ausencia de estándares metodológicos compartidos dificulta la acumulación progresiva de evidencia y la formulación de recomendaciones basadas en niveles de evidencia consolidados. En este sentido, esta revisión se encuentra condicionada por las mismas restricciones: al tratarse de una revisión narrativa, los resultados reflejan patrones interpretativos antes que estimaciones de efecto cuantificables.

Desde una perspectiva ética, el debate no se agota en la regulación de datos o en la corrección de sesgos técnicos. La cuestión de fondo es si la IA, al optimizar la eficiencia del aprendizaje, puede inadvertidamente desplazar componentes formativos irreducibles: el encuentro con la incertidumbre clínica real, el desarrollo de la tolerancia a la ambigüedad, la construcción de la identidad profesional a través de la relación con pacientes y pares (5). Civaner et al. (2022) plantean, a partir de grupos focales con docentes, que la preocupación más profunda no es tecnológica sino pedagógica: ¿qué tipo de médico forma un sistema educativo mediado por IA?

En el contexto latinoamericano y paraguayo específicamente, los desafíos se potencian por factores estructurales: brechas en infraestructura digital, heterogeneidad en la formación docente, ausencia de marcos regulatorios específicos para la IA en educación médica y tradiciones curriculares fuertemente ancladas en el modelo de aprendizaje por exposición clínica directa. La UNESCO (2023) señala que la incorporación

responsable de la IA en la educación requiere no solo inversión tecnológica sino también desarrollo de políticas contextualizadas que reconozcan las asimetrías de cada región.

Finalmente, resulta necesario señalar el riesgo de dependencia excesiva de sistemas automatizados. Si la retroalimentación proviene únicamente de algoritmos, sin la mediación crítica de docentes expertos, puede limitarse el desarrollo del pensamiento clínico autónomo y la capacidad de actuar ante situaciones no previstas ni clasificadas por los modelos de entrenamiento. La IA debe entenderse, por tanto, como una herramienta de apoyo pedagógico y no como un sustituto de la relación formativa entre docente y aprendiz.

CONCLUSIONES

La inteligencia artificial representa una innovación con potencial real para mejorar la formación de médicos especialistas, particularmente mediante la personalización del aprendizaje, la simulación clínica avanzada y el fortalecimiento del razonamiento diagnóstico. La evidencia disponible, aunque heterogénea, apunta de manera consistente hacia beneficios en la adquisición de competencias, la autonomía del aprendizaje y la motivación de los estudiantes.

Sin embargo, los desafíos identificados no son meramente técnicos: involucran dimensiones éticas, pedagógicas, institucionales y de equidad que exigen respuestas sistémicas. La implementación responsable de la IA en la educación médica especializada requiere marcos regulatorios claros, programas de formación docente sostenidos, políticas de acceso equitativo y una vigilancia permanente sobre los efectos

de estas herramientas en el desarrollo del juicio clínico y la identidad profesional.

En el contexto regional, las instituciones formadoras tienen la responsabilidad de liderar procesos reflexivos y participativos para la adopción de estas tecnologías, evitando tanto el rechazo acrítico como la adopción entusiasta sin evaluación. La integración de la IA debe estar al servicio de una educación médica más pertinente, eficiente y humanizada, preservando en todo momento el desarrollo integral de los futuros especialistas.

REFERENCIAS

1. Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med.* 2023;29(1):44-50. doi:10.1038/s41591-022-02131-0
2. Lee H, Choi S. Adaptive learning systems in medical education: a systematic review. *J Med Internet Res.* 2023;25:e41234. doi:10.2196/41234
3. Krive J, Isola M, Kaufman D, Obadan-Udoh E. Toward new horizons: collaborative learning and artificial intelligence in medical education. *JAMIA Open.* 2023;6:ooad037. doi:10.1093/jamiaopen/ooad037
4. Chen J, Wang Y. Artificial intelligence in medical education: opportunities and challenges. *Med Educ Online.* 2022;27(1):2103456. doi:10.1080/10872981.2022.2103456
5. Civaner MM, Uncu Y, Bulut F, Chalil EG, Tatli A. Artificial intelligence in medical education: a cross-sectional needs assessment. *BMC Med Educ.* 2022;22:772. doi:10.1186/s12909-022-03852-3
6. UNESCO. Thesaurus: Artificial Intelligence and Education [Internet]. Paris: UNESCO; 2023 [citado 2025 ene 15]. Disponible en: <https://vocabularies.unesco.org>
7. Dave M, Patel N. Artificial intelligence in healthcare and education. *Br Dent J.* 2023;234(10):761-764. doi:10.1038/s41415-023-5845-2
8. Gordon M, Daniel M, Ajiboye A, Uraiby H, Al-Mansoori N, Massey E, et al. A narrative systematic review of the use of artificial intelligence in medical education. *Med Teach.* 2024;46(4):446-470. doi:10.1080/0142159X.2024.2314198
9. Jackson P, Rao S, Bhatt M, Yusuf M, Morrison B, Clough P, et al. Artificial intelligence in medical education: the perceptions of medical students in the UK. *BMC Med Educ.* 2024;24:389. doi:10.1186/s12909-024-05760-0
10. Boillat T, Nawaz FA, Rivas H. Readiness to embrace artificial intelligence among medical doctors and students: questionnaire-based study. *JMIR Med Educ.* 2021;8:e34973. doi:10.2196/34973
11. Shortliffe EH, Sepúlveda MJ. Clinical decision support in the era of artificial intelligence. *JAMA.* 2022;327(6):527-528. doi:10.1001/jama.2021.24339
12. Weidener L, Fischer M. Teaching artificial intelligence in medicine: the experience from a medical school course. *JMIR Med Educ.* 2024;10:e51247. doi:10.2196/51247