

Actualidad en la educación médica con la inteligencia artificial generativa.

Current trends in medical education with generative artificial intelligence.

Canabal-Berlanga A.¹, Sanchez JA.², Abad B³.

¹ Hospital Universitario de la Princesa, Universidad Autónoma de Madrid, España, alfonso.canabal@salud.madrid.org, <https://orcid.org/0000-0001-7021-3456>

² Hospital Universitario de la Princesa, Universidad Autónoma de Madrid, España, jsgiralt@salud.madrid.org, <https://orcid.org/0009-0000-1622-2538>.

³ Hospital Universitario de la Princesa, España, beatriz.abad@salud.madrid.org, <https://orcid.org/0009-0005-1453-1720>

* Correspondencia: alfonso.canabal@salud.madrid.org

Recibido: 19/10/25; Aceptado: 24/11/25; Publicado: 25/11/25

Resumen:

Objetivo: Analizar los cambios actuales que están surgiendo en la educación médica tras la llegada de la Inteligencia Artificial (IA) y presentar algunas iniciativas publicadas de algunas Facultades de Medicina en este ámbito. **Metodología:** Revisión Breve de la literatura reciente, en forma de síntesis narrativa cualitativa, además de fuentes web de las Universidades (2020-2025) sobre la introducción de la inteligencia artificial generativa en la formación médica. **Resultados:** Exponemos una amplia variabilidad de iniciativas implementadas detectadas en universidades con dedicación a la educación médica. El recurso más utilizado es la formación estructurada en pre y postgrado, con incorporaciones de; asignaturas, másteres, títulos de experto, jornadas y formación específicas para docentes, también se ha potenciado la simulación con la IA como elemento formativo. Se pueden destacar también; la creación de grupos transversales multidisciplinares para abordar la transformación digital de la enseñanza, la elaboración de Guías y recomendaciones elaboradas por las universidades para utilización de los docentes y alumnos, la constitución de grupos de investigación entre otras implementaciones en la actualidad Universitaria. **Conclusiones:** La IA está transformando la educación médica, redefiniendo contenidos, metodologías y evaluaciones. Su integración impulsa modelos interdisciplinarios y experiencias formativas basadas en simulación, tutoría automatizada y entornos virtuales. Esta evolución exige garantizar competencias en IA clínica, preservar el juicio profesional, y fortalecer la formación ética, regulatoria y colaborativa para un uso responsable de la tecnología en la práctica médica.

Palabras clave: inteligencia artificial, educación médica universitaria, simulación, formación médica.

Abstract:

Objective: To analyse the current changes emerging in medical education following the advent of artificial intelligence (AI) and to present some initiatives published by medical schools in this field. **Methodology:** Brief review of recent literature, in the form of a qualitative narrative synthesis, as well as university web sources (2020-2025) on the introduction of generative artificial intelligence in medical training. **Results:** We present a wide range of initiatives implemented at universities dedicated to medical education. The most commonly used resource being structured training at undergraduate and postgraduate level, master's degrees, expert qualifications, conferences and specific training for teachers. Other notable initiatives include the creation of multidisciplinary cross-cutting groups to address the digital transformation of teaching, the development of guidelines and

recommendations developed by universities for use by teachers and students, the formation of research groups and the enhancement of simulation with artificial intelligence tools, among others.

Conclusions: AI is transforming medical education, redefining content, methodologies, and assessments. Its integration promotes interdisciplinary models and training experiences based on simulation, automated tutoring, and virtual environments. This evolution requires ensuring competencies in clinical AI, preserving professional judgement, and strengthening ethical, regulatory, and collaborative training for the responsible use of technology in medical practice.

Keywords: artificial intelligence, university medical education, simulation, medical training.

1. Introducción

La aparición de la IA, en particular los modelos generativos como los grandes modelos de lenguaje (LLM), ha supuesto una transformación significativa en la formación clínica y científica de los estudiantes de medicina (1). Algunas de las principales Universidades dedicadas a la educación médica son pioneras en la adopción de estas tecnologías, reorganizando los planes de estudio, los métodos de enseñanza y evaluación, y abordando de manera directa dilemas éticos y desafíos regulatorios.

La integración de la IA en la educación médica está impulsando cambios sustanciales en los planes de estudio (2). No es posible permanecer indiferente ante los avances tecnológicos y los cambios culturales en la sociedad; sin embargo, adaptar los métodos de enseñanza tradicionales, históricamente asociados con resultados valiosos y predecibles, presenta importantes desafíos. Si bien la incorporación de nuevas tecnologías ha formado parte de la medicina desde hace tiempo, la IA constituye un verdadero cambio de paradigma en el proceso de aprendizaje, especialmente en el ámbito médico, y genera impactos sociales de gran alcance. Por ello, resulta esencial comprender cómo integrar adecuadamente la IA en las metodologías educativas (3).

El objetivo de este trabajo es analizar los cambios actuales en la educación médica tras la incorporación de la IA y presentar algunas iniciativas publicadas por distintas Facultades de Medicina de nuestro entorno y en este ámbito.

2. Métodos

Este artículo es una revisión breve en forma de síntesis narrativa cualitativa de la literatura reciente (2020–2025) sobre el uso de la IA generativa en la formación médica. Además, se analizan las principales iniciativas publicadas y difundidas por algunas Universidades en este ámbito.

La búsqueda bibliográfica se realizó en Scopus y PubMed, utilizando combinaciones de términos como "IA" y "educación médica universitaria", así como "IA generativa" y "formación médica". Inicialmente, se identificaron 126 artículos, de los cuales se seleccionaron 12 de acuerdo con los siguientes criterios: publicaciones de los últimos cinco años que analizaran aspectos generales de la integración de la IA en la educación médica, excluyendo proyectos anecdóticos, documentos no disponibles o aquellos sin evidencia de implementación. Se incluyeron artículos de revisión y revisiones sistemáticas con texto completo disponible, en inglés o español.

Adicionalmente, se examinaron otros artículos analíticos con un alto número de citas, así como los sitios web y publicaciones de las Universidades seleccionadas, con el fin de identificar cambios y desarrollos en sus programas relacionados con la incorporación de la IA en la educación médica.

3. Resultados

3.1. Existe una gran variabilidad entre Universidades en sus programas y estrategias diseñadas para la incorporación de la IA en la enseñanza médica.

Las actividades más comúnmente desarrolladas son formativas, pudiendo destacar los cursos de formación, donde se ofrecen programas en línea o presenciales, tanto de grado como de posgrado, incluyendo doctorado y microcredenciales. Sus objetivos combinan aspectos técnicos, éticos y de implementación y gobernanza, siendo especialmente evidentes en programas dirigidos a líderes sanitarios y cursos sobre estrategias de implementación (4). Existen también, aunque en menor cuantía, asignaturas específicas de Big Data e IA en Medicina, encontrando ejemplos como los de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Madrid, que incorporará en el curso 2025-2026 una asignatura transversal de IA en Biomedicina (5); la Universidad Complutense de Madrid, con una asignatura optativa de IA para estudiantes de Medicina, que comenzó en el segundo cuatrimestre del curso 2024-2025 para alumnos de primero y segundo año (6); la Universidad de Barcelona, que ofrece un Diploma de Experto en “Uso Avanzado de la IA en Docencia en Ciencias de la Salud”, en modalidad a distancia y adscrito a la Facultad de Medicina (7); la Facultad de Medicina de la Universidad de Zaragoza, que organizó un “Curso de IA Generativa para alumnos” dentro de la Cátedra ASISA, dirigido a estudiantes de Medicina (8).

Se puede destacar también la existencia de másteres, como los anunciados por las Universidades Autónoma y de Barcelona, Universidad Internacional de Andalucía, Universidad Complutense, Autónoma y Politécnica de Madrid (este incluyendo Big Data y Machine Learning), y la Universidad Carlos III; algunos en formato online, la mayoría presenciales, con oficialidad y 60 ECTS.

Otros programas formativos están elaborados como microcredenciales y cursos cortos orientados a profesionales sanitarios sobre fundamentos y aplicaciones de IA en salud, impulsados por fundaciones y centros vinculados a Universidades: Por ejemplo, la Fundación de la Universidad Autónoma de Madrid (FUAM) (9). Han tenido gran presencia e importancia formativa, la celebración de diferentes Jornadas formativas específicas para docentes: Al menos 10 jornadas han sido detectadas en Universidades españolas, destacando la importancia de capacitar a los educadores en didáctica, competencias técnicas y el uso de IA en la enseñanza, han servido también como foros de debate en cada centro.

Además de todos estos cursos y programas formativos, hemos encontrado también que se han elaborado Guías y recomendaciones para docentes y alumnos, elaboradas por Universidades como; la Autónoma de Madrid (10), Cádiz (11), Granada (12) y Málaga (13), así como por entidades de referencia como UNESCO (14) o la Red de Bibliotecas Universitarias (15). Son documentos clave en el momento actual para dar pasos seguros en compatibilidad con las recomendaciones de la UNESCO.

En el ámbito universitario, se han desarrollado nuevas estructuras multidisciplinares, denominadas “centros transversales especializados”, cuyo propósito es fomentar la investigación y la innovación en aplicaciones de la IA tanto en la enseñanza como en la práctica clínica. Estos centros buscan garantizar la aplicabilidad real de las herramientas, asegurando que sean seguras, justas, útiles y accesibles, al tiempo que promueven el intercambio de datos y la creación de una comunidad interdisciplinaria que integre medicina, ingeniería, ética y otras áreas afines. Entre los ejemplos existentes destacan:

- o Centro AIMI (Center for Artificial Intelligence in Medicine & Imaging) de Stanford Medicine.
- o Malone Center de Johns Hopkins University, con programas para preparar estudiantes y médicos en la interpretación e investigación de aplicaciones de IA clínica.

- o Temerty Centre for AI Research and Education in Medicine (T-CAIREM) de la Universidad de Toronto, que desarrolla programas interdisciplinarios (MSc/Master pathways) vinculando IA con medicina y colaborando con institutos de investigación y centros clínicos.
- o Centro de Inteligencia Artificial de la Universidad de Valladolid.

Se han creado también grupos de investigación en Big Data: Por ejemplo, el “Healthcare Data Science (EPSRC CDT)” de la Universidad de Oxford, que integra IA con investigación clínica y grandes cohortes, enfatizando estadística computacional y ética de datos. Ofrece programas de doctorado en estadística computacional, aprendizaje automático, ingeniería de datos y análisis de enfermedades infecciosas en un contexto de investigación en salud ética.

3.2. *Papel de la IA en simulación.*

Recogemos algunos ejemplos disponibles que muestran que se ya está utilizando la IA en simulación (Tabla 1), destacando el alcance de una mayor realidad de escenarios, incorporación de la realidad virtual, personalización y retroalimentación de las prácticas

3.3. *Validación de aplicaciones de IA en el ámbito sanitario, mediante proyectos colaborativos entre la industria, startups, Universidades y profesionales de la salud.*

Estos proyectos se centran en analizar programas que aplican IA a diagnósticos y dispositivos médicos, estableciendo una colaboración estrecha con servicios sanitarios y Universidades para garantizar una validación clínica rigurosa.

4. **Discusión**

4.1. *Contenidos y programas formativos.*

Actualmente, se considera fundamental incluir contenidos básicos sobre IA e informática médica en la formación de pregrado en medicina (16). Como vimos en los resultados, diversas Universidades han implementado iniciativas interdisciplinarias ya nombradas. Para fomentarlas cuentan con mecanismos de incentivación como son; premios, becas, cátedras, aunque subyace la propia inquietud de los docentes por adaptarse a la revolución tecnológica y adaptarla a la docencia sin perder el impacto educacional. Sirva como ejemplo la convocatoria de Cátedras “Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial” (ENIA), que incluye como objetivo: “promocionar la oferta formativa profesional y universitaria orientada al desarrollo de esta tecnología (IA)” y “reforzar las capacidades de investigación y de transferencia del conocimiento” en diferentes ámbitos, entre ellos las ciencias de la salud (17), no obstante no se concretan asignaturas obligatorias de IA en Medicina. El objetivo principal de estas iniciativas es preparar profesionales médicos capaces de identificar, formular y resolver problemas clínicos utilizando herramientas digitales. Se espera que, en un futuro próximo, los equipos multidisciplinares compuestos por médicos, matemáticos, ingenieros informáticos y estadísticos se conviertan en una práctica habitual.

Paralelamente, la sociedad experimenta un aumento en la adquisición de competencias digitales y conocimientos médicos básicos, transformando la dinámica tradicional médico-paciente y aumentando la necesidad de formación específica para los futuros profesionales sanitarios (18). Tras la revisión de la bibliografía, destacamos que en el momento actual, no existe una buena coordinación entre Universidades y Guías, tal como propone la ENIA (17). La mayor parte de las iniciativas son experiencias y proyectos muy meritorias de diferentes Universidades, pero con poca coordinación, que probablemente, surgirá de la experiencia y la puesta en común de los resultados obtenidos en comunidades o foros de debate. Detectamos un importante movimiento docente para su actualización en la incorporación de esta tecnología a la docencia, pero falta un gran debate, que quizá ahora no se puede hacer por la escasa experiencia acumulada, de si va a suponer una merma en el

aprendizaje de habilidades fundamentales, en este sentido hay opiniones diferentes. Hay quien pone de manifiesto que puede conducir a una merma significativa en las habilidades de comunicación y diagnóstico clínico (19) o que “existe un riesgo de que los estudiantes deleguen su proceso de pensamiento crítico en las máquinas, lo que atrofiaría el desarrollo de habilidades fundamentales como el juicio clínico y la toma de decisiones bajo incertidumbre” (20). Existen experiencias docentes comunicadas que, sin embargo, refieren que, “cuando la utilización de la IA es acompañada de tutoría crítica y protocolos éticos, puede convertirse en una herramienta valiosa para el desarrollo de competencias investigadoras” (21). Existen por ello dudas actuales sobre estos modelos de aprendizaje y falta trayectoria y experiencia para tener una pronunciación clara.

4.2. Cambios en los métodos de enseñanza y evaluación.

Uno de los cambios propuestos más evidentes en varias instituciones es la sustitución parcial de clases magistrales tradicionales por actividades prácticas potenciadas por IA. Esta transición se hace necesaria debido al acceso de los estudiantes a herramientas digitales que facilitan la adquisición de conocimientos y la toma de decisiones clínicas (22). A pesar de la creciente integración de IA en la formación médica, persiste la importancia de la enseñanza presencial y de la transferencia de conocimiento de docentes expertos. La transmisión de conocimiento con la modalidad presencial con posibilidad de transmitir la “experiencia”, crear diálogos y observaciones a raíz de comentarios y dudas en el aula, se intuye que es algo que no se debe perder (23). Es cierto que novedades como; la combinación de tutoría inteligente, simulación avanzada y aprendizaje personalizado ofrece un enfoque complementario, potenciando la educación médica sin sustituir los valores pedagógicos esenciales de la formación tradicional. Por ello se proponen modelos híbridos donde la IA se encarga de la transferencia de conocimiento factual, liberando tiempo de clase para el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y aplicación clínica (24).

Los asistentes conversacionales o chatbots como “ChatGPT”, “BingGPT” o “Bard”, (entre otros), entrenados con grandes cantidades de datos textuales, son capaces de generar materiales educativos, producir textos académicos, responder preguntas clínicas y resumir información bibliográfica (25-26). Otras aplicaciones basadas en grandes modelos lingüísticos (LLM) están diseñadas específicamente para la búsqueda de evidencia científica y la revisión bibliográfica, incluyendo herramientas como “Open Evidence”, “Consensus” y “Elicit”, entre otras. Estas aplicaciones se están convirtiendo en una herramienta de consulta rápida en la práctica de la medicina, pero también en la labor investigadora y de publicación científica. Otra vertiente muy importante para discutir es que la IA influye también en la forma de evaluar a los estudiantes y en el desarrollo de sus competencias clínicas. Aunque estas aplicaciones todavía requieren perfeccionamiento, han demostrado niveles significativos de precisión en evaluaciones y exámenes de conocimientos médicos (27). Herramientas como “ChatGPT” han generado inquietudes sobre la validez de los métodos tradicionales de evaluación (28). Su capacidad para generar respuestas coherentes en tareas escritas hace esencial diversificar las estrategias evaluativas, incluyendo exámenes orales, proyectos grupales y ejercicios prácticos que no puedan completarse únicamente con la ayuda de IA. Además, se requieren sistemas antiplagio y estándares claros para asegurar la integridad académica. Por todo lo anterior, parece que la educación médica requiere un replanteamiento de los métodos tradicionales de evaluación. La aparición de herramientas de IA generativa ha impulsado la diversificación de las estrategias evaluativas, incorporando exámenes orales, tareas colaborativas y evaluaciones presenciales asistidas por sistemas de verificación de que serán utilizadas en la evaluación, como el reconocimiento facial o de voz. No obstante, la evaluación mediante tests de opción múltiple no se ve necesariamente amenazada; el pensamiento lógico y la capacidad de seleccionar la respuesta más probable siguen siendo competencias esenciales que se aplican posteriormente en la práctica clínica.

Algunas Universidades han empezado a implementar sistemas de calificación automatizada, que permiten a los estudiantes identificar fortalezas y debilidades, y recibir recomendaciones para

mejorar su aprendizaje. Estas herramientas de análisis de desempeño pueden evaluar exámenes de opción múltiple o preguntas de respuesta corta casi en tiempo real, proporcionando retroalimentación inmediata. Esta innovación acelera el proceso de calificación y optimiza los recursos docentes, lo cual es especialmente útil en cursos con grandes cohortes de estudiantes (29). Su aplicación ha demostrado mayor rendimiento y fiabilidad cuando se parte de una rúbrica estructurada y concreta, aunque falta experiencia y uniformidad en los estudios sobre la repercusión de ésta y otras innovaciones (30).

4.3. Aplicación de la IA en la simulación clínica

La IA se integra cada vez más en simuladores y entornos de realidad virtual o aumentada que replican situaciones clínicas de manera realista (31). Estos entornos incluyen pacientes virtuales y simuladores sofisticados que proporcionan retroalimentación inmediata y objetiva. La IA puede detectar errores técnicos y ajustar dinámicamente el nivel de dificultad según el rendimiento del usuario. Se ha demostrado que los simuladores impulsados por IA contribuyen al desarrollo de habilidades clínicas y del razonamiento diagnóstico en un entorno seguro, reduciendo riesgos para pacientes reales. Los pacientes virtuales mejorados con IA permiten practicar habilidades de comunicación y toma de decisiones con retroalimentación en tiempo real, mientras que en la formación quirúrgica se han diseñado modelos específicos para la adquisición de técnicas quirúrgicas. La gamificación mediante juegos educativos adaptativos mantiene altos niveles de motivación y los objetos 3D inteligentes, junto con herramientas de realidad aumentada, mejoran la visualización anatómica y guían procedimientos clínicos (32). Diversas plataformas LLM y asistentes conversacionales, como "ChatGPT", "Gemini 2.5", "LLaMA 2", "Bard", "Aleph Alpha" y "Claude", se complementan con dispositivos como gafas inteligentes Android XR y altavoces integrados en maniqués de simulación ("SimVox"), optimizando la interacción educativa y la práctica clínica. La Tabla 1 presenta algunos de los productos de simulación basados en IA más reconocidos.

4.4. Estrategias de aprendizaje personalizadas

Se están explorando estrategias de enseñanza-aprendizaje más adaptativas y centradas en el estudiante, con un enfoque personalizado. Algoritmos analizan el progreso individual y ajustan contenido, ritmo y estilo de enseñanza según las necesidades específicas de cada estudiante. Esto permite proporcionar materiales personalizados, adaptados a las deficiencias o necesidades detectadas previamente, optimizando el proceso educativo y mejorando la adquisición de competencias clínicas y cognitivas. Actualmente, es una posibilidad prometedora pero con evidencia heterogénea (33), muestra utilidad para planes de estudio personalizados y apoyo al estudio autodirigido. Sin embargo su rendimiento depende de la utilización de fuentes, prompts y evaluación continua. Se han comunicado experiencias positivas cuando los modelos se basan en tareas bien definidas (ruta de aprendizaje estructurada, práctica deliberada con feedback inmediato, ejercicios adaptativos) pero con limitaciones para habilidades situacionales y no-cognitivas (empatía, razonamiento complejo en escenarios inéditos). Actualmente las soluciones más seguras combinan IA con revisión y supervisión humanas.

4.5. Tutoría inteligente y asistentes conversacionales

Otra funcionalidad en desarrollo son los sistemas de tutoría inteligente, también conocidos como tutorbots. Estas herramientas basadas en IA evalúan el rendimiento académico previo de los estudiantes, identifican lagunas de conocimiento y ofrecen recomendaciones específicas (p. ej., "ChatPDF" y "Bard" en modo tutor) (34). Los tutorbots pueden entrenarse utilizando el contenido curricular y los planes de estudio de cada asignatura, actuando como asistentes inteligentes con un profundo conocimiento del programa académico. Esto permite que la tutoría se centre con mayor eficacia en los temas más desafiantes del estudiante. Actualmente existe una evidencia prometedora, pero insuficiente sobre su aplicabilidad, requiere una utilización de LLMs que previamente se ha

tenido que diseñar y validar con diálogos e interacción pedagógica por humanos, solo así se puede evitar una interacción contraproducente (33). Además de esta supervisión previa, también la herramienta de tutorización inteligente tiene que incorporar una arquitectura de “Retrieval-Augmented Generation (RAG)” que consiste en la generación de texto combinada con una búsqueda en bases de conocimiento reales, así se consigue mejorar su base de conocimientos y proporcionar respuestas más precisas y contextualizadas (35). Este método resulta práctico en entornos académicos donde la precisión y el contexto son fundamentales, pero hay que interpretar los resultados de su uso con cautela.

4.6 Prácticas docentes en entornos de atención clínica, competencias en IA.

Las prácticas docentes en los servicios de atención clínica comienzan a transformarse con la incorporación de herramientas basadas en IA. Los algoritmos de visión artificial, capaces de analizar imágenes radiológicas o ecocardiográficas, se utilizan cada vez más, especialmente en medicina predictiva, tratamiento personalizado y monitorización de afecciones complejas como los trastornos de salud mental (36-37). Estas tecnologías han alcanzado niveles de precisión diagnóstica comparables o superiores a los de especialistas en campos como radiología y dermatología (38). El alumnado, futuros médicos del Sistema sanitario, deben familiarizarse en las prácticas con dichas aplicaciones y usos.

Las Unidades de Cuidados Intensivos (UCI) son entornos donde la gestión de datos resulta fundamental para la seguridad del paciente (39). La implementación de sistemas de IA es particularmente intensa en estos entornos, haciendo indispensable el uso de modelos predictivos y plataformas de gestión de datos (40-41). Se ha comunicado aplicación de la IA en la desconexión de la ventilación mecánica en el paciente crítico (42). Este ámbito constituye un área de especial interés para la formación de estudiantes de ingeniería médica y biomédica, quienes deben familiarizarse con la integración de la IA en la práctica clínica.

La IA también puede disminuir la carga administrativa de los médicos y alumnos. Existen herramientas de transcripción automática que facilitan la entrada de datos y notas clínicas en los historiales clínicos electrónicos, liberando tiempo para la atención directa al paciente. Por ello se dice que estas tecnologías tienen el potencial de humanizar la atención médica, al permitir a los médicos centrarse en la interacción con los pacientes en lugar de tareas rutinarias frente a la pantalla. Sin embargo, algunos educadores advierten que un uso intensivo podría obstaculizar el desarrollo de habilidades esenciales, generar dependencia tecnológica y reducir la dimensión humana de la atención (43). Por lo anteriormente expuesto, existen argumentos a favor y en contra de la facilitación de la humanización de la asistencia, dependerá pues de forma de utilización.

4.7 Conocimiento de las limitaciones, riesgos, contenido ético y regulatorio.

Tras analizar las aplicaciones de la IA en la educación médica, resulta igualmente esencial que los futuros profesionales sanitarios reciban formación sobre las limitaciones actuales de la IA y los dilemas éticos asociados (44). Los médicos deben comprender estas cuestiones, ya que pueden afectar significativamente la salud y el bienestar de los pacientes. Entre los aspectos clave se incluyen la identificación de sesgos algorítmicos, los riesgos asociados a la privacidad de los datos, la responsabilidad derivada de decisiones clínicas asistidas por sistemas automatizados y la frecuente falta de transparencia en los procesos de IA, factores que podrían generar dependencia tecnológica y desigualdades en el acceso a la tecnología.

Respecto a la *dependencia tecnológica* entre los profesionales, existe el riesgo de que sea acentuada y que ello conlleve a un aumento en la solicitud de pruebas diagnósticas para condiciones multifactoriales, sin aplicar razonamiento probabilístico ni confiar en el juicio clínico desarrollado con la experiencia. Este juicio permite al clínico identificar las explicaciones más comunes y plausibles

para un conjunto de síntomas y signos. La IA puede potenciar el aprendizaje, pero no reemplazar el proceso formativo esencial para desarrollar juicio clínico. El riesgo es que, si se usa sin estrategia pedagógica adecuada, los futuros médicos desarrollen "dependencia cognitiva y tecnológica" y reduzcan su capacidad crítica. Por ello es muy importante que reciban una formación en razonamiento clínico y competencias (alfabetización) para supervisar la IA, incluso en los primeros años de formación académica (45-46). En entornos clínicos reales exige que los estudiantes de medicina desarrollen una doble competencia: dominar herramientas tecnológicas y preservar un razonamiento clínico independiente, evitando la dependencia excesiva de la automatización.

Es fundamental también considerar la ética en la generación de textos y publicaciones académicas, los conflictos derivados de patentes y propiedad intelectual en investigación y ensayos clínicos, así como la brecha digital, que puede impactar tanto a nivel individual como organizativo. La integración de estos contenidos en la formación académica permite a los estudiantes anticipar y gestionar los posibles riesgos de la tecnología, promoviendo una práctica médica segura y equitativa.

Comprender el marco regulatorio constituye otro componente crítico de la formación, proporcionando seguridad jurídica a profesionales y ciudadanos. Incluir contenidos de regulación y gobernanza de IA en los programas de pregrado y posgrado asegura que los estudiantes desarrollen competencias éticas y profesionales sólidas, necesarias para ejercer de manera informada, responsable y crítica en un entorno clínico cada vez más digitalizado (47).

En conjunto, la educación médica en la era de la IA debe combinar competencias técnicas, clínicas y éticas, garantizando que los futuros médicos no solo manejen herramientas tecnológicas, sino que también conserven juicio clínico independiente, capacidad de análisis crítico y sensibilidad hacia los aspectos humanos y sociales de la práctica clínica.

La principal limitación de esta revisión es que, para su análisis, actualmente encontramos mayoritariamente estudios piloto, revisiones sistemáticas y trabajos de benchmarking marcados por la heterogeneidad y comunicación de experiencias aisladas, pero faltan ensayos multicéntricos a gran escala con impacto a largo plazo sobre el aprendizaje, la conducta docente y los resultados formativos. Es difícil ver el impacto que tendrá en la formación de los futuros médicos hasta que no exista más trayectoria de estas innovaciones.

5. Conclusiones

- La IA está redefiniendo tanto los contenidos como las metodologías de la educación médica, incorporando progresivamente programas formativos sobre aprendizaje automático, informática médica y gestión de datos a nivel de pregrado y postgrado.
- Existe un debate abierto sobre la vigencia de las clases magistrales tradicionales proponiéndose ser reemplazadas por experiencias formativas potenciadas por IA — simuladores, tutorías automatizadas y autoevaluaciones —, aunque persiste la preocupación por la pérdida del valor pedagógico del contacto directo con docentes expertos. Existe una evidencia limitada sobre la eficacia de dichas herramientas en el valor pedagógico y necesita experiencia para poder sacar conclusiones.
- Esta transformación impulsa la creación de estructuras universitarias interdisciplinarias que integren educadores, clínicos, ingenieros y expertos en tecnología educativa, favoreciendo una formación médica colaborativa y adaptada a las nuevas demandas digitales.
- La IA optimiza y enriquece la simulación clínica y el aprendizaje de habilidades diagnósticas y procedimentales mediante pacientes virtuales, simuladores quirúrgicos y herramientas inmersivas de realidad aumentada que reproducen entornos clínicos realistas y seguros.
- La introducción de la IA generativa exige revisar los métodos de evaluación, promoviendo formatos diversificados e híbridos como exámenes orales, tareas colaborativas y evaluaciones

presenciales.

- La exposición temprana a herramientas de IA en entornos clínicos demanda una doble competencia: manejar tecnologías predictivas y de diagnóstico automatizado sin comprometer el razonamiento clínico independiente ni la autonomía profesional.
- La incorporación de la IA plantea desafíos éticos y legales que exigen formación específica. La alfabetización ética y regulatoria es esencial para una práctica médica crítica y responsable.
- Se requiere una coordinación nacional que garantice competencias mínimas en IA clínica, alineando los planes de estudio con marcos estratégicos como la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial y promoviendo prácticas clínicas con herramientas validadas y recursos compartidos entre Universidades.

Financiación: No ha habido financiación.

Declaración de conflicto de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Contribuciones de los autores: Los tres autores Canabal-Berlanga A, Sanchez JA, Abad B. son responsables de la búsqueda bibliográfica, puesta en común, organización del texto y redacción del manuscrito; la version final está validada por el primer autor.

6. Referencias.

1. Duan S, Liu C, Rong T, Zhao Y, Liu B. Integration of AI in medical education: a comprehensive study of medical students' attitudes, concerns, and behavioral intentions. *BMC Med Educ.* **2025**, 25(1), 599. <https://doi.org/10.1186/s12909-025-07177-9>
2. Han ER, Yeo S, Kim MJ, et al. Trends in medical training for future physicians in the era of advanced technology and artificial intelligence: a comprehensive review. *BMC Med Educ.* **2019**, 19, 460. <https://doi.org/10.1186/s12909-019-1891-5>
3. Holmes W, Miao F. Guidance for Generative AI in Education and Research. *UNESCO Publications*; **2023**. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000389227>
4. Gehrman E. How Generative AI Is Transforming Medical Education. *Harvard Medicine Magazine.* **2024**, Oct (cited 2025 Jul). <https://magazine.hms.harvard.edu/articles/how-generative-ai-transforming-medical-education>
5. Universidad Autónoma de Madrid. Facultad de Medicina. Introducción a la Inteligencia Artificial en Biomedicina (Internet). Madrid: UAM; **2025**, (citado 2025 oct 17). <https://www.uam.es/medicina/facultad/noticias/introduccion-inteligencia-artificial>
6. Universidad Complutense de Madrid. La IA logra su hueco definitivo en Medicina con asignatura propia en 2025 (Internet). *Redacción Médica*; **2024**, nov 21, (citado 2025 oct 17). <https://www.redaccionmedica.com/secciones/estudiantes/la-ia-logra-su-hueco-definitivo-en-medicina-con-asignatura-propia-en-2025-4707>
7. Universidad de Barcelona. Diploma de experto en Uso Avanzado de la Inteligencia Artificial en Docencia en Ciencias de la Salud (Internet). Barcelona: Universitat de Barcelona; **2024**, (citado 2025 oct 17). <https://web.ub.edu/es/web/estudis/w/masterpropio-20241143>
8. Universidad de Zaragoza. Facultad de Medicina. Curso de IA Generativa para alumnos (Internet). Zaragoza: Universidad de Zaragoza; **2024**, (citado 2025 oct 17). <https://medicina.unizar.es/noticia/curso-ia-generativa-para-alumnos>
9. Universidad Autónoma de Madrid / FUAM. Microcredencial: Fundamentos de Inteligencia Artificial para el mundo sanitario (Ed. 1) (Internet). Madrid: FUAM / UAM; **2025**, (citado 2025 oct). <https://fuam.es/curso-corto/microcredencial-fundamentos-de-inteligencia-artificial-para-el-mundo-sanitario-ed-1/>
10. Universidad Autónoma de Madrid. Guía básica sobre el uso de la Inteligencia Artificial para docentes y estudiantes. Madrid: UAM; **2023**, (citado 2025 oct). <https://www.uam.es/uam/media/doc/1606941290988/guia-visual-iagen.pdf>
11. Universidad de Cádiz. Recomendaciones uso IA para el Alumnado. Cádiz: UCA; **2025**, (citado 2025 oct). <https://transformaciondigital.uca.es/wp-content/uploads/2025/04/Recomendaciones-uso-IA-para-el-Alumnado.pdf>

12. Universidad de Granada. Recomendaciones para usar la IA en la UGR. Granada, (citado 2025 oct). <https://ceprud.ugr.es/formacion-tic/inteligencia-artificial/recomendaciones-ia>
13. Universidad de Málaga. Guía de uso de IA (Servicio Central de Informática) (Internet). Málaga: UMA; (sin fecha) (citado 2025 oct). <https://www.uma.es/micrositios/servicio-central-de-informatica/info/151689/guia-uso-ia/>
14. Miao F, Holmes W. Guía para el uso de IA generativa en educación e investigación [Internet]. París: UNESCO; 2023. <https://unesdoc.unesco.org/>
15. Red de Bibliotecas Universitarias (REBIUN). Guías de inteligencia artificial generativa para estudiantes y docentes. REBIUN(citado 2025 oct). <https://www.rebiun.org/observatorio-de-inteligencia-artificial/recursos/guias>
16. Civaner MM, Uncu Y, Bulut F, et al. Artificial intelligence in medical education: a cross-sectional needs assessment. *BMC Med Educ*. 2022, 22, 772. <https://doi.org/10.1186/s12909-022-03852-3>
17. Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia: Estrategia de Inteligencia Artificial. Madrid: Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital; 2024. <https://planderecuperacion.gob.es>
18. Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med*. 2019, Jan 25(1), 44–56. <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0300-7>
19. Luque Suárez, J. C. Innovación y transformación en la educación de las ciencias de la salud: retos, oportunidades y compromiso ético. *Revista Med*. 2024, 32(2), 7–9. <https://doi.org/10.18359/rmed.7591>
20. Pearson H. Universities are embracing AI: will students get smarter or stop thinking?. *Nature*, 2025, 646(8086), 788–791. <https://doi.org/10.1038/d41586-025-03340-w>
21. Piñel Pérez CS. Integración tutelada de inteligencia artificial generativa en el Trabajo de Fin de Grado: una experiencia formativa y ética en el Grado de Medicina. *Rev Esp Educ Med*. 2025, 6(6). <https://doi.org/10.6018/edumed.679941>
22. Montague E, Stead WW. Generative AI in medical education: applications, challenges, and the future. *Acad Med*. 2023, Oct, 98(10), 1132–7. <https://doi.org/10.1097/ACM.0000000000000528>
23. López-Villanueva, D., Santiago, R., & Palau, R. Flipped Learning and Artificial Intelligence. *Electronics*, 2024, 13(17), 3424. <https://doi.org/10.3390/electronics13173424>
24. Sanchez-Gonzalez M, Terrell M. Flipped Classroom With Artificial Intelligence: Educational Effectiveness of Combining Voice-Over Presentations and AI. *Cureus*. 2023, Nov 6, 15(11), e48354. <https://doi.org/10.7759/cureus.48354>
25. Vega Jiménez J, Borja Gómez E, Ramírez Álvarez PJ. ChatGPT and artificial intelligence: obstacle or advantage for higher medical education? *Educ Med Super*. 2023, 37(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21412023000200013&lng=es&tlng=es
26. Preiksaitis C, Rose C. Opportunities, challenges, and future directions of generative AI in medical education: a scoping review. *JMIR Med Educ*. 2023, 9, e48785. <https://doi.org/10.2196/48785>
27. Aljindan FK, Al Qurashi AA, Albalawi IAS, et al. ChatGPT dominates the Saudi Medical Licensing Exam: exploring AI accuracy in medical knowledge assessment and implications for modern medical education. *Cureus*. 2023, Sep 11, 15(9), e45043. <https://doi.org/10.7759/cureus.45043>
28. Domínguez CDR, Somoza GA, Guzmán NEO, Trinidad MMC, Reyes AGS. Advances in the use of artificial intelligence in Latin American medical education. *Alerta, Rev Científica Inst Nac Salud*. 2025, 8(1), 88–95 (cited 2025 Jul). Available from: <https://camjol.info/index.php/alerta/article/view/19194>.
29. Grévisse, C. LLM-based automatic short answer grading in undergraduate medical education. *BMC Med Educ*. 2024, 24, 1060. <https://doi.org/10.1186/s12909-024-06026-5>
30. Hamilton A. Artificial intelligence and healthcare simulation: the changing landscape of medical education. *Cureus*. 2024, 16(5), e59747. <https://doi.org/10.7759/cureus.59747>
31. Carn Bennett E. Artificial Intelligence in Healthcare Simulation. 2025. <https://www.healthysimulation.com/es/artificial-intelligence-healthcare-simulation>
32. Feigerlova, E., Hani, H. & Hothersall-Davies, E. A systematic review of the impact of artificial intelligence on educational outcomes in health professions education. *BMC Med Educ*. 2025, 129(25). <https://doi.org/10.1186/s12909-025-06719-5>
33. Mayol J. Generative artificial intelligence and medical education. *Educ Med*. 2023, 24(4), 100851. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2023.100851>

34. Liu Z, Agrawal P, Singhal S, Madaan V, Kumar M, Verma PK. LPITutor: an LLM based personalized intelligent tutoring system using RAG and prompt engineering. *PeerJ Comput Sci.* **2025**, Aug 8, 11, e2991. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.2991>
35. Modran H, Bogdan IC, Ursuțiu D, Samoila C, Modran PL. LLM intelligent agent tutoring in higher education courses using a rag approach. *Preprints.* **2024**, 1281, 589–599. https://doi.org/10.1007/978-3-031-83520-9_54
36. Ahmed Z, Mohamed K, Zeeshan S, Dong X. Development of a multifunctional machine learning AI platform for improved healthcare and precision medicine. *Database (Oxford).* **2020**, baaa010. <https://doi.org/10.1093/database/baaa010>
37. Canabal A, Delgado EAK, González MA. Artificial intelligence in mental health: opportunities, challenges, and considerations. *INTELETICA Rev Intell Artif Ethics Soc.* **2024**, 1(2), 16–26 (cited 2025 Jul). Available from: <https://inteletica.iberamia.org/index.php/journal/article/view/12>
38. Salinas MP, Sepúlveda J, Hidalgo L, et al. A systematic review and meta-analysis of artificial intelligence versus physicians for skin cancer diagnosis. *NPJ Digit Med.* **2024**, May 14, 7(1), 125. <https://doi.org/10.1038/s41746-024-01103-x> Erratum: *NPJ Digit Med.* **2024**, May 24;7(1):141. <https://doi.org/10.1038/s41746-024-01138-0>
39. Barea Mendoza JA, Valiente Fernández M, Pardo Fernández A, Gómez Álvarez J. Current perspectives on artificial intelligence in critical care patient safety. *Med Intensiva.* **2025**, 49(3), 154–64. <https://doi.org/10.1016/j.medine.2024.04.002>
40. Beunza JJ, Lafuente JL, González S, Gómez-Tello V. Artificial intelligence and medical Internet of Things in ICU: implementation timeline. *Med Intensiva.* **2024**, 48(1), 56–58. <https://doi.org/10.1016/j.medine.2023.10.012>
41. Greco M, Caruso PF, Cecconi M. Artificial intelligence in the intensive care unit. *Semin Respir Crit Care Med.* **2021**, 42(1):2–9. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1719037>
42. Canabal A, Sánchez JA, Alvargonzález C, González MB, Suárez F. Artificial intelligence in prediction of weaning from mechanical ventilation in patients with respiratory failure. *J Artif Intell Robot.* **2024**, 1(1), 1001 (cited 2025 Jul). Available from: <https://joaiar.org/articles/AIR-1001.pdf>
43. Verghese A, Shah NH, Harrington RA. What this computer needs is a doctor: humanism and artificial intelligence. *JAMA.* **2018**, 319(1), 19–20. <https://doi.org/10.1001/jama.2017.19198>
44. Coeckelbergh M. *Ethics of Artificial Intelligence*. Commercial Grupo ANAYA, SA; **2021**.
45. Funer, F., Tinnemeyer, S., Liedtke, W. et al. Clinicians' roles and necessary levels of understanding in the use of artificial intelligence: A qualitative interview study with German medical students. *BMC Med Ethics* **2024**, 107 (25). <https://doi.org/10.1186/s12910-024-01109-w>
46. Levingston, H., Anderson, M. C., & Roni, M. A. From Theory to Practice: Artificial Intelligence (AI) Literacy Course for First-Year Medical Students. *Cureus*, **2024**, 16(10), e70706. <https://doi.org/10.7759/cureus.70706>
47. Wartman SA, Combs CD. Reimagining medical education in the age of AI. *AMA J Ethics.* **2019**, Feb 1, 21(2), E146–52. <https://doi.org/10.1001/amajethics.2019.146>



© 2025 Universidad de Murcia. Enviado para publicación de acceso abierto bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 España (CC BY-NC-ND). (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Tabla 1. Aplicaciones de IA en entornos de simulación como herramienta formativa.

Compañía	Productos habilitados para IA	Aplicación de IA	Tecnología avanzada
CAE Salud (Canadá)	CAE Ares, Lucina, Vimedix	- Escenarios adaptativos - Informe inteligente	- Detección de patrones de respuesta, análisis de decisiones clínicas y adaptación automática de la complejidad del escenario. - Evolución autónoma del caso clínico.
Laerdal Medical (Noruega)	SimMan 3G PLUS, SimCapture, vrClinicals para enfermería	- Retroalimentación automatizada. - Análisis de sesiones mediante IA.	- Permite la evaluación automática de habilidades clínicas y técnicas, proporcionando retroalimentación inmediata basada en algoritmos inteligentes. - SimCapture se utiliza para grabar, evaluar y analizar sesiones de simulación. - Asociación con B-Line Medical para incorporar análisis de vídeo automatizado. - Integración de IA en simuladores de neonatología en colaboración con SIMCharacters para predecir complicaciones y reacciones.
Sistemas 3D (EE.UU)	Mentor de RobotiX, Mentor de GI*, Mentor de ANGIO	- Evaluación quirúrgica en tiempo real con IA	- Retroalimentación en tiempo real durante procedimientos quirúrgicos simulados. - Analiza patrones de movimiento, fuerza aplicada y precisión de los gestos quirúrgicos. - Simulación basada en datos de casos reales y aprendizaje automático para adaptar escenarios. - Utiliza redes neuronales entrenadas en miles de procedimientos quirúrgicos registrados.
VirtaMed (Suiza)	ArthroS, GynoS, UroS™, LaparoS	- Simulación personalizada - Análisis de la curva de aprendizaje	- Utiliza algoritmos de IA para adaptar la dificultad de los procedimientos (por ejemplo, artroscopias, laparoscopias, ginecología). - Analiza la curva de aprendizaje del usuario para sugerir entrenamiento personalizado. - Simuladores físicos híbridos y RV ⁺ con IA que evalúa precisión, velocidad, trayectoria y presión aplicada.

*, GI Gastrointestinal, *RV Realidad Virtual