INTELIGENCIA ARTIFICIAL en Educación Médica

Guía práctica de formación clínica, docencia universitaria y aprendizaje en medicina y enfermería



Ángel L. Martín de Francisco Hernández
Víctor Lorenzo Sellares
Juan Manuel López Gómez

Grupo NEF
Nefrología · Educación · Futuro

INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EDUCACIÓN MÉDICA

Guía práctica de formación clínica, docencia universitaria y aprendizaje en medicina y enfermería

Autores

Ángel L. Martín de Francisco Hernández

Víctor Lorenzo Sellares

Juan Manuel López Gómez

© 2026 — *Inteligencia Artificial y Transformación de la educación médica*

Autores: Ángel L Martín de Francisco, Juan M López Gómez, Víctor Lorenzo Sellares

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida o transmitida por ningún medio sin autorización del autor, salvo citas breves con fines académicos.

Publicado a través de Kindle Direct Publishing (Amazon).
ISBN: proporcionado por Amazon KDP.

Esta obra es un texto académico con fines educativos. El autor y colaboradores no se responsabilizan del uso clínico directo de los contenidos sin validación profesional independiente.

AGRADECIMIENTOS

En la elaboración de este trabajo se ha utilizado la herramienta de inteligencia artificial ChatGPT-5.2 (OpenAI), Gemini 3.0 (Google), para la generación de ideas y borradores, corrección gramatical, revisión de estilo, creación de tablas y apoyo en la redacción de apartados.

No obstante, los autores declaran que todas las decisiones intelectuales, la interpretación crítica de la información y la redacción final de esta obra han sido realizadas de manera independiente y son de su exclusiva responsabilidad. Asimismo, algunos fragmentos de texto generados con dichos sistemas fueron revisados, cotejados y validados por los autores antes de su inclusión definitiva.

AUTORES

Ángel L. Martín de Francisco Hernández es Catedrático de Medicina y especialista en Nefrología, con una destacada trayectoria clínica y docente en el Hospital Universitario Marqués de Valdecilla (Santander).

Reconocido a nivel nacional e internacional, ha sido Secretario Europeo de Educación de la European Renal Association y Presidente de la Sociedad Española de Nefrología.

Es autor de obras pioneras sobre la aplicación de la inteligencia artificial en medicina, dentro del proyecto Nefrología al Día, [https://nefrologiaaldia.org/] donde explora cómo la IA está transformando el diagnóstico, la docencia y la práctica clínica. Entre sus títulos destacan Inteligencia Artificial en Medicina: paso a paso; La Nueva Inteligencia Artificial y su Aplicación en Nefrología; Medicina Renal Inteligente; e Inteligencia Artificial en Medicina de Urgencias.

Juan Manuel López Gómez y Víctor Lorenzo Sellares fueron profesores asociados de Nefrología y son especialistas en Nefrología, con una amplia experiencia clínica, docente e investigadora en los hospitales universitarios Gregorio Marañón (Madrid) y Hospital Universitario de Canarias (Tenerife) respectivamente.

Son editores fundadores del proyecto Nefrología al Día, una de las plataformas de referencia en lengua española para la formación y actualización en nefrología y en los últimos años con especial énfasis en IA aplicada.

*El **Grupo NEF (Nefrología, Educación y Futuro)** es una iniciativa académica independiente creada por nefrólogos con amplia experiencia asistencial, docente, investigadora y editorial, comprometidos con la transformación de la educación*

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización y redacción del borrador original: Martín de Francisco A L.

Revisión y edición: Lorenzo Sellares V, López Gómez JM

Todos los autores han leído y aprobado la versión final del manuscrito.

ÍNDICE

Prólogo

Presentación

CAPÍTULO 1. Introducción a la IA en Educación Médica

1.1 Beneficios de la IA en la Educación Médica
1.2 Herramientas IA de información científica
1.3 Comparación entre educación médica tradicional y educación asistida por IA

CAPITULO 2: Fundamentos técnicos de la IA

2.1 Tipos relevantes de Inteligencia Artificial aplicables a la medicina
2.1.1 Machine learning (ML) o aprendizaje automático
2.1.2 Deep learning (DL) o aprendizaje profundo
2.1.3 Visión computacional
2.1.4 IA generativa (Gen-AI)
2.2 Proceso básico para integrar la IA en la clínica
2.3 Capacidades y limitaciones de la IA clínica
2.4 La IA en la educación médica
2.4.1 Aplicaciones de la Inteligencia Artificial en la Educación Médica
2.4.2 Herramientas más utilizadas de la Inteligencia Artificial en Educación médica
2.5 Comparación entre educación médica tradicional y educación asistida por IA
2.6 Competencias básicas que debe desarrollar un estudiante o profesor.

CAPÍTULO 3. IA para la búsqueda eficiente de evidencia científica y revisión bibliográfica

3.1 Herramientas Recomendadas para la búsqueda y análisis de literatura científica, Elicit, OpenEvidence, NotebookLM, Scite, GPT5, Gamma.AI Presentation.

3.2 Inteligencia Artificial en Proyectos de Investigación
3.2.1. Generación de ideas
3.2.2. Búsqueda bibliográfica: estrategias y herramientas
3.2.3. Redacción del manuscrito: del borrador al texto final
3.2.4. Análisis de datos y machine learning
3.2.5. Envío y publicación del manuscrito
3.2.6. Presentación de posters y comunicación científica
3.2.7. Trabajo colaborativo y gestión de proyectos
3.2.8. Automatización de procesos
3.3 Ejemplos Prácticos y Estrategias
3.3.1 Cómo formular preguntas PICO efectivas con ayuda de la IA
3.3.2. Sugerir términos MeSH, sinónimos y combinaciones booleanas (a verificar en PubMed/Embase)
3.3.3 Explicar métodos estadísticos o diseños complejos
3.3.4 Proponer subtemas y líneas de investigación relacionadas
3.3.5 Técnicas para resumir artículos complejos en puntos clave
3.3.6 Flujo de trabajo práctico recomendado con IA
3.3.7 Identificación de sesgos, limitaciones y controversias en estudios
3.4 Docencia Práctica de Medicina Basada en la Evidencia (MBE): Casos Clínicos, Herramientas de IA y Razonamiento Crítico
3.4.1 Caso 1. Hipertensión resistente en paciente con enfermedad renal crónica
3.4.2 Caso 2. Duración óptima de terapia anti-HER2 adyuvante
3.4.3 Caso 3 Fibrilación auricular subclínica y wearables
3.4.4 Caso 4. Implementar IA en la enseñanza de Medicina Basada en la Evidencia (MBE).

CAPÍTULO 4. Metodologías de enseñanza en Medicina y su evolución con IA

4.1 ABP (Aprendizaje Basado en Problemas) y la inteligencia Artificial
4.1.1 En qué consiste el ABP
4.1.2 ABP en España

4.1.3 Dificultades de implantación
4.1.4 Transformación del ABP con IA
4.1.5 Comparación entre ABP Tradicional y ABP potenciado por IA
4.1.6 Ideas Prácticas para Profesores
4.1.7 Ciclo del ABP Potenciado por IA
4.2 ABP Aprendizaje Basado en Proyectos y su evolución con IA
4.2.1 Transformación del ABPr con IA
4.2.2 Ideas Prácticas para Profesores
4.3 Aula invertida (Flipped Classroom) y su transformación con IA
4.3.1 Transformación del Aula invertida con IA
4.3.2 Ideas Prácticas para Profesores
4.4 Simulación Clínica de Alta Fidelidad y Pacientes Virtuales
4.4.1 Transformación de la Simulación Clínica de Alta Fidelidad con IA
4.4.2 El Rol de los Pacientes Virtuales Impulsados por IA
4.4.3 Herramientas Tecnológicas Clave
4.4.4 Beneficios y Desafíos
4.4.5 Ideas Prácticas para Profesores
4.5 Aprendizaje Adaptativo con Inteligencia Artificial
4.5.1 Funcionamiento del Proceso de Aprendizaje Adaptativo con IA
4.5.2 Transformación del Aprendizaje Adaptativo con IA
4.5.3 Herramientas Tecnológicas Clave para el Aprendizaje Adaptativo con IA
4.5.4 Ideas Prácticas para Profesores
4.6 Microlearning y Evaluación Continua
4.6.1 El Rol de la IA en el Microlearning
4.6.2 La IA en la Evaluación Continua
4.6.3. Herramientas Tecnológicas Clave
4.6.4 Ideas Prácticas para Profesores
4.7 Ejemplos Prácticos de Integración de LLM en Docencia
4.7.1 Aplicaciones Prácticas de LLM en la Educación Médica
4.7.1.1 Simulaciones Clínicas y Pacientes Virtuales Interactivos

4.7.1.2 Asistencia en el Razonamiento Clínico y el Diagnóstico
4.7.1.3 Generación Contenido Educativo y Evaluación
4.7.1.4 Apoyo al Aprendizaje personalizado y Adaptativo
4.7.1.5. Mejora de la Comunicación
4.7.2 Herramientas Comerciales de Aplicaciones Prácticas de LLM en Educación Médica
4.7.3 Ideas Prácticas para Profesores

CAPÍTULO 5. Generación automática de casos clínicos

5.1 Generación automática de casos clínicos
5.1.1 Aplicaciones y Beneficios
5.1.2 Ejemplos prácticos
5.2 Diseño de OSCE con IA
5.2.1 Aplicaciones y Beneficios
5.2.2 Ejemplos prácticos
5.3 Mini-CEX automatizados
5.3.1 Aplicaciones y Beneficios
5.3.2 Ejemplos prácticos
5.4 Evaluación formativa continua con IA
5.4.1 Aplicaciones y Beneficios
5.4.2 Ejemplos prácticos
5.5 Prevención del plagio y de la dependencia cognitiva
5.5.1 Prevención del Plagio Asistido por IA
5.5.2 Prevención de la Dependencia Cognitiva
5.6 Nuevas competencias que debe tener el estudiante
5.6.1 Alfabetización en IA
5.6.2 Habilidades de Interacción con IA
5.6.3 Pensamiento Crítico y Resolución de Problemas
5.6.4 Ética y Responsabilidad en IA
5.6.5 Adaptabilidad y Aprendizaje Continuo
5.6.6 Habilidades de Comunicación

CAPÍTULO 6. IA Aplicada a Habilidades Clínicas y Comunicación

6.1 Simuladores clínicos potenciados con IA
6.1.1 Modelos de Simuladores Clínicos Potenciados con Inteligencia Artificial
6.1.2 Ideas prácticas

6.2 Entrenamiento en anamnesis con pacientes virtuales
6.2.1 Ideas prácticas
6.3 IA como herramienta para feedback inmediato
6.3.1 Ideas prácticas
6.4 Visión computacional para exploración física
6.4.1 Ideas prácticas
6.5 Entrenamiento en comunicación clínica (malas noticias, adherencia)
6.5.1 Ideas prácticas
6.6 Entrenamiento en entrevista motivacional (EM) con IA
6.6.1 Ideas prácticas

CAPÍTULO 7. Casos clínicos y escenarios educativos guiados por IA

7.1 Cómo construir un Caso Docente con IA. Aplicación práctica para el profesor
7.1.1. Identificación de Objetivos de Aprendizaje (SMART)
7.1.2. Generación de Escenarios Clínicos Realistas
7.1.3. Integración de datos sintéticos clínicos objetivos simulados creíbles
7.1.4. Diseño de Interacciones y Puntos de Decisión
7.1.5. Generación de Preguntas de Reflexión y evaluación:
7.2 Caso 1 — Dolor Torácico en Urgencias: Un enfoque Multimodal con IA
7.3 Caso 2 — Fiebre Prolongada: Explorando el Razonamiento Diagnóstico Complejo
7.4 Pruebas Complementarias Innecesarias: Fomentando la Medicina de Valor
7.5 IA para Análisis de Guías Clínicas: Aprendizaje Basado en la Evidencia
7.6 Cómo Diseñar Materiales Docentes Completos con IA: Del Caso al Módulo Educativo.

CAPÍTULO 8. Escritura científica, revisiones y publicación con IA

8.1 Uso Responsable y Ético de la IA en la Redacción Académica
8.1.1. Normas de autoría y atribución en la era de la IA.
8.1.2. Declaración del uso de IA en manuscritos y tesis

8.1.3. Integridad académica y originalidad en trabajos asistidos por IA.

8.2 Asistencia de la IA en la Redacción de Manuscritos

8.2.1. Generación de borradores de introducción y discusión

8.2.2. Elaboración de materiales y métodos (descripción de protocolos, técnicas).

8.2.3. Formulación de resultados (transformación de datos en texto descriptivo

8.2.4. Refinamiento del lenguaje científico y técnico.

8.3 IA para la Preparación y Revisión de Revisiones Sistemáticas

8.3.1. Asistencia en la selección y cribado de artículos

8.3.2. Extracción de datos de estudios incluidos

8.3.3. Evaluación de riesgo de sesgo asistida por IA.

8.3.4. Herramientas para la síntesis cualitativa y cuantitativa (metaanálisis).

8.4 Herramientas de IA para Mejorar el Estilo y la Coherencia

8.4.1. Corrección gramatical y ortográfica avanzada.

8.4.2. Mejora de la claridad, fluidez y concisión del texto.

8.4.3. Adaptación del estilo de escritura a normas editoriales específicas

8.5 Estrategias de Publicación y Presentación Asistidas por IA

8.5.1. Identificación de revistas científicas adecuadas y con factor de impacto relevante

8.5.2. Preparación de cartas de presentación y respuestas a revisores

8.5.3. Diseño de pósteres científicos y presentaciones (diapositivas) con IA.

8.5.4. Resúmenes gráficos y visualizaciones de datos para la difusión.

8.6 Riesgos y Advertencias: Alucinaciones, Sesgos y la Figura del Autor

8.6.1. Alucinaciones de la IA y generación de información incorrecta

8.6.2. Citas falsas y referencias inexistentes

8.6.3. Sesgos inherentes en los modelos de lenguaje y su impacto en la narrativa científica.

8.6.4. Pérdida de la voz propia y de la originalidad del pensamiento.

8.6.5. La responsabilidad final del autor humano.

CAPÍTULO 9. Detección de plagio. Perspectivas regulatorias en la aplicación de la IA en la educación médica

9.1 Detección de Plagio/Originalidad
9.1.1 Desafíos para los Educadores
9.1.2 Estrategias para los Educadores y las Instituciones
9.1.3 Un enfoque multidimensional para preservar la integridad académica con IA en la educación médica
9.2 Perspectiva de reguladores internacionales
9.2.1 Desafíos Regulatorios Clave
9.2.2 Iniciativas y Marcos Existentes
9.3 La relación docente-estudiante en tiempos de IA
9.3.1. El rol evolutivo del docente
9.3.2 El Estudiante en la Era de la IA
9.3.3 Redefiniendo la Interacción Docente-Estudiante.

CAPÍTULO 10. ¿Cómo se enseñará medicina dentro de 25 años?

10.1 La universidad médica híbrida
10.2 El médico aumentado por IA
10.3 Diagnóstico asistido en tiempo real
10.4 Realidad aumentada (RA) y hologramas en docencia
10.5 Secuenciación automática del aprendizaje mediante IA
10.6 Evaluación formativa continua y personalizada
10.7 ¿Desaparecerán las clases magistrales?
10.8 Enseñanza de la medicina en 2050: del profesor transmisor al profesor mentor, una nueva docencia médica
10.9 Riesgos futuros y salvaguardas éticas

CAPÍTULO 11. Guía Práctica para el Profesor de Medicina

11.1 Checklist de uso seguro de IA en clase.
11.2 Cómo diseñar un ABP con IA paso a paso
11.3 Cómo crear flipped classroom con IA
11.4 Cómo usar LLM sin sustituir el razonamiento clínico
11.5 Cómo evaluar con IA de forma ética
11.6 Cómo enseñar a los estudiantes a usar (y no abusar) de la IA Plantillas de ABP.

CAPÍTULO 12. Guía práctica para el estudiante de medicina

12.1 Cómo usar IA para aprender mejor
12.2 Cómo evitar dependencia y pérdida de pensamiento crítico
12.3 IA para preparar exámenes clínicos
12.4 Cómo verificar si una respuesta de IA es válida
12.5 Buenas prácticas: estudio activo con IA

CAPÍTULO 13. Guía práctica para el estudiante de medicina

EPILOGO

PRÓLOGO

He de confesar, que, al inicio de este libro sobre el futuro de la enseñanza médica, tuvimos dudas en comenzar con este proyecto. La opinión de muchos de nuestros colegas no era muy entusiasta. Algunos escépticos, no admitían que en su vida profesional fuera a cambiar mucho el estilo clásico profesor docente - alumno y no confiaban en modelos más actuales como "*flipped class room*" (aula invertida), ABP y otros que explicaremos. Algunos no veían interés alguno en escribir "libros que se escriben solos" infravalorando la importancia del razonamiento y capacidad crítica de los eventuales autores, profesionales y docentes, con larguísima trayectoria profesional. Y finalmente, los más entusiastas de la Inteligencia Artificial (IA) porque consideraban que, al terminar el libro, dada la velocidad de aparición de nuevas herramientas IA, el libro estaría obsoleto. No obstante, con la experiencia de libros anteriores [1-4], observamos que su aparición había impulsado mucho a nuestros colegas a avanzar por el camino de la ayuda de la IA a la racionalización de la medicina del futuro. Y aquí estamos

Y estamos porque la medicina está cambiando y la forma de enseñarla y aprenderla también debe cambiar. La IA ya participa en el diagnóstico y en muchas decisiones clínicas. Eso significa que los futuros médicos y enfermeros no solo necesitan saber anatomía, fisiología o interpretar una analítica…, también deben entender cómo funcionan las herramientas que ahora ayudan a potenciar el aprendizaje ("AI-enhanced adaptive practice") sin renunciar a la práctica reflexiva y a la autonomía profesional.

Durante años, la IA fue vista como algo lejano, casi tecnológico, ajeno a la realidad del paciente. Hoy sabemos que no: influye en su salud, en la rapidez con que se detecta una enfermedad y en cómo se planifica un tratamiento. Pero para que esa tecnología realmente sirva a las personas, debe usarse con criterio clínico, sin sesgos y con explicaciones comprensibles. Y ese "criterio humano" lo aporta el profesional. Por eso es tan importante que estos aprendan a trabajar con la IA, no a depender ciegamente de ella. En enfermería, la inteligencia artificial no sustituye el cuidado, sino que lo refuerza: aporta información y apoyo a la decisión, pero es la enfermera(o) quien transforma los

datos en acompañamiento, vigilancia clínica y atención cercana, manteniendo siempre a la persona -y no al algoritmo- en el centro del cuidado.

La enseñanza médica tradicional fue diseñada para un mundo donde el médico tomaba decisiones solo con lo que veía y sabía. Ahora tomará decisiones acompañado por algoritmos, por sistemas que aprenden, que se actualizan y que pueden acertar mucho… pero que también pueden fallar. Si no enseñamos a los estudiantes a comprender la IA, el paciente podría acabar recibiendo diagnósticos sin explicación, decisiones sin contexto o medicina sin humanidad. Eso no es innovación, eso es riesgo.

Además, la IA no debe convertir la medicina en un proceso impersonal. Al contrario, debe permitir que el profesional tenga más tiempo para escuchar, explicar y acompañar al paciente. Para lograrlo, las Facultades deben formar profesionales que sepan:

Interpretar resultados de IA y explicarlos en lenguaje humano.

Reconocer si un algoritmo es confiable y como fue entrenado.

Proteger la equidad para que todos los pacientes reciban un diagnóstico igual de seguro.

Usar la IA como apoyo, no como sustituto.

Mantener el centro de la medicina donde siempre debe estar: la persona enferma, no la tecnología.

Nuestro libro nace precisamente para responder a esta necesidad educativa. Queremos que no lo escriban solo ingenieros o gestores, sino profesionales sanitarios asistenciales y docentes que entienden la realidad del paciente y el valor de la relación humana en la atención sanitaria. Porque enseñar IA en las ciencias de la salud no es enseñar software: es enseñar a cuidar mejor en un mundo donde la tecnología ya forma parte del acto de curar.

Este libro trata de preparar a los profesores y estudiantes para usar la IA de manera ética, segura y humana. Es un puente entre la ciencia de datos y la práctica clínica, entre la innovación y la empatía, entre el algoritmo y la confianza del paciente. Será una guía para la enseñanza clínica del futuro, donde el objetivo no es que la IA forme profesionales de la salud, sino que aquellos formados en IA cuiden mejor a las personas. Vamos a ello.

Ángel L Martin de Francisco

Referencias

1. De Francisco ALM. Artificial. La Nueva Inteligencia y su Aplicación en Nefrología. En: Lorenzo V, López-Gómez JM (Eds). *Nefrología al Día*. ISBN 978-84-127624-1-9.

2. De Francisco ALM. Medicina Renal Inteligente. El futuro de la nefrología clínica con inteligencia artificial. En: Lorenzo V, López-Gómez JM (Eds). *Nefrología al Día*. ISBN 978-84-129769-3-9.

3. De Francisco ALM. Inteligencia Artificial en Medicina: Paso a Paso En: Lorenzo V, López-Gómez JM (Eds). *Nefrología al Día*. ISBN 978-84-129769-5-3

4. De Francisco ALM, Pérez Roji G, Alconero Camarero AR, Ostolaza Tazón I , Pérez Tejedor C. Inteligencia artificial en medicina de urgencias: de la intuición al algoritmo. En: Lorenzo V, López-Gómez JM (Eds). *Nefrología al Día*. ISBN 978-84-129769-6-0

PRESENTACIÓN

Tras la incorporación inicial de la inteligencia artificial (IA) a la práctica médica en el ámbito de la nefrología clínica (como herramienta aplicada a la medicina renal), reflejada en contribuciones previas de *Nefrología al Día* que exploraron sus fundamentos y su impacto clínico en la especialidad (1,2), se hizo evidente que la transformación tecnológica demandaba una reflexión de mayor alcance. ¿Estamos enseñando a los médicos de forma coherente con el futuro que la propia medicina está construyendo? ¿Estamos formando clínicos capaces de comprender, interpretar y cuestionar los resultados de los sistemas inteligentes? Y, sobre todo, ¿estamos educando profesionales preparados para pensar, resolver y decidir en un entorno de creciente complejidad?

En la actualidad la educación médica se encuentra inmersa en un escenario dinámico y complejo, marcado por avances científicos acelerados, sistemas de salud en transformación y la creciente necesidad de preparar profesionales capaces de adaptarse a entornos cambiantes. Los métodos de *enseñanza tradicionales*, aunque históricamente han sido efectivos, ahora se enfrentan a limitaciones significativas ante este nuevo panorama: sobrecarga de información, variabilidad en la calidad docente, dificultades para estandarizar competencias y retos para ofrecer experiencias de aprendizaje verdaderamente personalizadas (3).

En paralelo, *la práctica clínica* está experimentando un cambio profundo impulsado por la Inteligencia Artificial. Sistemas capaces de interpretar imágenes diagnósticas, analizar grandes volúmenes de datos o asistir en la redacción de documentos clínicos han pasado de ser una promesa futurista a herramientas cotidianas en hospitales y universidades (4,5). Sin embargo, la integración de estas tecnologías en la educación en ciencias de la salud progresa más lentamente, generando una brecha entre las competencias requeridas en la práctica clínica y la formación que reciben los estudiantes

La IA abarca subcampos como el aprendizaje automático, el aprendizaje profundo y la IA generativa (6). Estas tecnologías permiten personalizar contenidos, generar casos clínicos

adaptativos, facilitar retroalimentación inmediata y optimizar la adquisición de habilidades clínicas mediante simulaciones seguras (3,7). Su potencial para transformar la enseñanza es amplio, especialmente en contextos donde la actualización constante del conocimiento resulta indispensable.

No obstante, el uso de la IA en la formación en medicina no está exento de desafíos**.** La dependencia excesiva de sistemas automatizados, la amplificación de sesgos algorítmicos y la protección de datos sensibles representan preocupaciones relevantes que los futuros profesionales deben aprender a identificar y gestionar (8). Por ello, la educación clínica debe evolucionar no solo para enseñar a usar la IA, sino también para cuestionarla**,** validarla y dominar sus implicaciones éticas.

Este libro surge como respuesta a esa necesidad. Lejos de un enfoque puramente teórico, se concibe como un manual práctico que proporciona estrategias aplicables, ejemplos concretos y herramientas accesibles para estudiantes, docentes, administradores académicos y profesionales interesados en incorporar la IA en procesos formativos. Su propósito es acompañar la transición hacia un modelo educativo híbrido que combine tecnología, pensamiento crítico y humanismo.

Este volumen examina la dualidad entre las metodologías pedagógicas centradas en el estudiante y la irrupción de la Inteligencia Artificial (IA) en la educación médica. La IA, impulsada por Grandes Modelos de Lenguaje (LLMs), ofrece personalización y eficiencia, pero plantea desafíos éticos críticos, como las "alucinaciones" y el sesgo algorítmico. El objetivo es proporcionar un marco para integrar estas tecnologías de manera complementaria a los principios humanistas de la medicina.

A lo largo de estos capítulos, exploraremos cómo la IA puede:

Superar limitaciones pedagógicas tradicionales del profesorado.

Personalizar el aprendizaje según rendimiento, estilo y progreso.

Optimizar la evaluación y retroalimentación (feedback) en tiempo real

Preparar a los estudiantes y profesores para un entorno clínico cada vez más digitalizado

Generar ambientes de práctica seguros y reproducibles

Asimismo, se abordarán barreras de adopción, metodologías de integración curricular, aspectos regulatorios y marcos éticos necesarios para garantizar un uso responsable de la tecnología (9-11).

La medicina del futuro exigirá profesionales sanitarios capaces de aplicar herramientas de IA sin perder la capacidad de razonar, empatizar y tomar decisiones con sentido humano. Cuando su integración sea habitual —un escenario cada vez más cercano— aquellos formados con pensamiento crítico y competencia digital estarán mejor preparados para ofrecer una atención más segura, eficiente y centrada en el paciente.

Este libro busca facilitar ese camino: que **la IA sea una ayuda al razonamiento y que no lo sustituya**

Referencias

1. De Francisco ALM. Artificial. La Nueva Inteligencia y su Aplicación en Nefrología. En: Lorenzo V, López-Gómez JM (Eds). *Nefrología al Día*. ISBN 978-84-127624-1-9.
2. De Francisco ALM. Medicina Renal Inteligente. El futuro de la nefrología clínica con inteligencia artificial. En: Lorenzo V, López-Gómez JM (Eds). *Nefrología al Día*. ISBN 978-84-129769-3-9.
3. Sriram A, Ramachandran K, Krishnamoorthy S. Artificial Intelligence in Medical Education: Transforming Learning and Practice. J Med Educ Curric Dev. 2025;12. PMID: 39987428.
4. Davenport T, Kalakota R. The potential for artificial intelligence in healthcare. Future Healthc J. 2019 Jun;6(2):94-8. PMID: 31363513.
5. Walker L. Artificial intelligence in medical education: Potential and pitfalls. BMJ Leader. 2025. PMID: 40014458.
6. De Francisco ALM. Artificial. Inteligencia Artificial en Medicina Paso a Paso. Conceptos claros y prácticos para comenzar En: Lorenzo V, López-Gómez JM (Eds). *Nefrología al Día*. ISBN 978-84-129769-5-3
7. Wartman SA, Combs CD. Medical education must move from the information age to the age of artificial intelligence. Acad Med. 2018 Aug;93(8):1107-1109. PMID: 29697425.
8. Joseph G, Bhatti N, Mittal R, et al. Current Application and Future Prospects of Artificial Intelligence in Healthcare and

Medical Education: A Review of Literature. Cureus. 2025;17:e77313. PMID: 39980533.

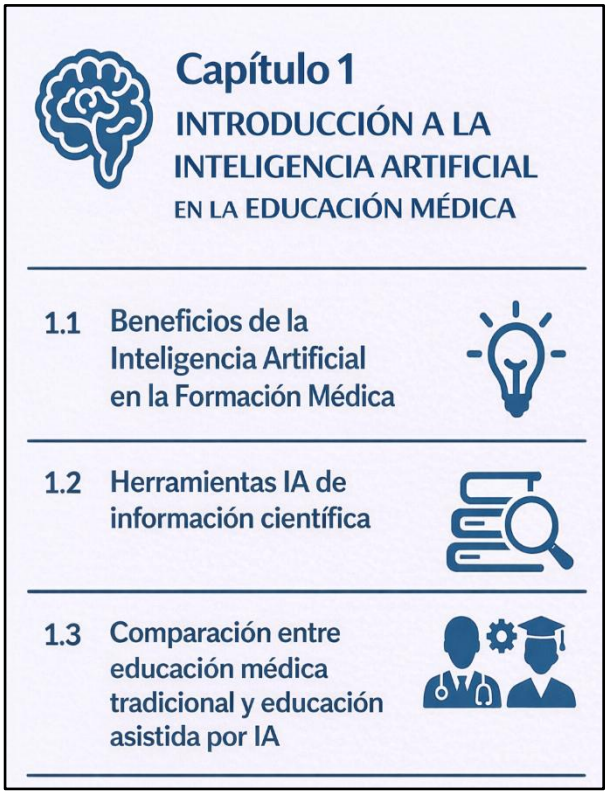
9. Khakpaki A. Advancements in artificial intelligence transforming medical education: a comprehensive overview. Med Educ Online. 2025;30. PMID: 39950913.

10. Obermeyer Z, Powers B, Vogeli C, Mullainathan S. Dissecting racial bias in an algorithm used to manage the health of populations. Science. 2019 Oct;366(6464):447-453. PMID: 31649194.

11. Blanco MA, Nelson SW, Ramesh S, et al. Integrating artificial intelligence into medical education: a roadmap informed by a survey of faculty and students. Med Educ Online. 2025;30. PMID: 39950900.

1

INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA EDUCACIÓN MÉDICA



La educación médica contemporánea se encuentra inmersa en un proceso de transformación constante, impulsado por la rápida expansión del conocimiento biomédico y la creciente complejidad de los sistemas sanitarios. Este panorama plantea importantes desafíos para estudiantes, docentes e instituciones, quienes deben actualizar sus métodos de enseñanza para responder a un entorno profesional cada vez más tecnológico y exigente. Entre las

limitaciones identificadas en los enfoques tradicionales destacan la sobrecarga de información, la variabilidad en la calidad de la enseñanza clínica y las dificultades para personalizar el aprendizaje según las necesidades de cada estudiante. En este contexto, la Inteligencia Artificial emerge como una herramienta capaz de complementar dichas limitaciones y optimizar la formación médica (1).

La IA puede definirse como la capacidad de sistemas informáticos para realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana, tales como el reconocimiento de patrones, el análisis de datos complejos, el razonamiento clínico asistido y la resolución de problemas (2). Dentro de sus ramas más utilizadas en medicina destacan el aprendizaje automático, el aprendizaje profundo y la inteligencia artificial generativa, tecnologías que permiten la gestión de grandes volúmenes de información, la extracción de patrones clínicos relevantes y la creación de simulaciones avanzadas de casos (3). En la educación médica, estas herramientas pueden analizar el progreso académico, ofrecer recomendaciones personalizadas y proporcionar estructuras de apoyo para la toma de decisiones éticas y diagnósticas (1,4).

Históricamente, las primeras aplicaciones de IA relacionadas con la medicina surgieron en la década de 1950, aunque su incorporación práctica fue limitada debido a la escasa capacidad de procesamiento disponible en aquella época. A partir de los años 80, los sistemas expertos empezaron a asistir en diagnósticos e interpretación de imágenes médicas (2). Sin embargo, no fue hasta el desarrollo de algoritmos modernos y la disponibilidad de grandes conjuntos de datos clínicos que la IA encontró un terreno fértil para expandirse en investigación biomédica, práctica clínica y educación (4).

Su relevancia actual radica en la capacidad de abordar desafíos estructurales de la formación médica, como la estandarización de competencias, la calidad heterogénea de la enseñanza y la demanda de entrenamiento clínico más seguro. Además, la IA permite simular escenarios de práctica complejos sin riesgo para el paciente, lo cual resulta especialmente valioso en especialidades de alta precisión como la cirugía, la radiología o la medicina de emergencias (1,5).

1.1 Beneficios de la Inteligencia Artificial en la Formación Médica

La utilización de la IA puede beneficiar a todos estos retos que afronta la formación médica: variabilidad en competencias, seguridad del entrenamiento clínico, sobrecarga de evidencia científica y la necesidad de feedback rápido y objetivo. En este contexto, la Inteligencia Artificial (IA) emerge como un facilitador clave para estandarizar el aprendizaje, simular escenarios clínicos sin riesgo, filtrar y sintetizar literatura científica, detectar sesgos metodológicos y ofrecer retroalimentación inmediata e imparcial. La siguiente **Tabla 1** resume las principales necesidades formativas, la contribución específica de la IA y ejemplos de áreas donde ya se aplica con impacto educativo tangible.

1.2 Herramientas IA de información científica

La IA también está transformando el proceso de búsqueda de información científica mediante asistentes que identifican artículos relevantes, resumen evidencia, generan matrices de comparación y detectan sesgos metodológicos. Aunque más adelante lo desarrollaremos con más detalle, en la **Tabla 2** se incluyen algunas herramientas comerciales (nunca estarán todas por su crecimiento exponencial) para la información científica. Esto facilita el aprendizaje autónomo y mejora la alfabetización digital del futuro profesional sanitario (6). Paralelamente, las tecnologías de evaluación automatizada permiten proporcionar observaciones formativas y retroalimentación inmediata, optimizando el tiempo del profesorado y reforzando el aprendizaje basado en competencias (4,6).

No obstante, su aplicación no está exenta de desafíos. La dependencia excesiva de algoritmos puede desincentivar el razonamiento clínico profundo, mientras que los sesgos presentes en los datos de entrenamiento pueden generar inequidades asistenciales, especialmente en poblaciones subrepresentadas (7). Asimismo, la seguridad de los datos de pacientes, el consentimiento informado digital y la transparencia de los procesos algorítmicos son temas de enorme impacto ético. Por ello, se hace imprescindible que los estudiantes adquieran competencias en pensamiento crítico digital, interpretación de sistemas inteligentes y vigilancia ética (5).

Tabla 1. Beneficios de la Inteligencia Artificial en la Formación Médica

Desafío en la formación médica	Contribución de la IA	Ejemplos / Áreas aplicadas
Estándar de competencias variable	Apoya la estandarización y homogenización del aprendizaje	Plataformas adaptativas, rúbricas automáticas
Calidad heterogénea de la enseñanza	Ofrece apoyo formativo consistente e imparcial	Sistemas tutores inteligentes
Entrenamiento clínico seguro	Simula escenarios sin riesgo para pacientes	Cirugía, radiología, emergencias
Complejidad de la práctica real	Genera simulaciones avanzadas de casos clínicos	Casos progresivos, emergencias virtuales
Sobrecarga de información científica	Asistentes identifican y filtran literatura relevante	Motores de búsqueda inteligente
Dificultad para sintetizar evidencia	Resume información y genera matrices comparativas	Análisis automatizados de estudios
Sesgos metodológicos difíciles de detectar	Identifica riesgos y variables críticas	Detección automática de sesgos en publicaciones
Necesidad de alfabetización digital	Favorece aprendizaje basado en datos	Plataformas de autoestudio
Evaluación docente limitada en tiempo	Automatiza observaciones formativas	Sistemas de evaluación continua
Retroalimentación lenta o variable	Proporciona retroalimentación inmediata	Dashboards de desempeño

Tabla 2. Algunas herramientas de información científica

Herramienta	Funcionalidades principales	Aplicación en revisión científica	Notas
Elicit	Búsqueda y extracción de literatura, resúmenes, Tablas comparativas	Identifica artículos relevantes y sintetiza evidencia	IA para revisión de literatura académica con búsqueda semántica elicit.com
Sci Summary	Resúmenes automáticos de artículos científicos	Sintetiza evidencia de estudios	Especializado en simplificar artículos scisummary. com
Scholarcy	Resumen y organización de publicaciones	Organiza hallazgos clave y resúmenes	Extrae conclusiones y estructura contenido scholarcy.com
Semantic Scholar	Motor de búsqueda de literatura con IA	Descubre y filtra estudios relevantes	Resúmenes automáticos. Ayuda Wikipedia
SciSpace	Búsqueda y análisis interactivo de artículos	Resumen y compara literatura	Permite "chatear" con PDFs y generar resúmenes Wikipedia
Consensus	IA para búsqueda y síntesis de evidencia	Resume evidencia con citas enlazadas	Automatiza análisis literatura científica consensus.app
Research Rabbit	Mapeo de redes de citación y seguimiento	Explora relaciones entre artículos	Visualiza conexiones y tendencias Wikipedia
Sourcely	Búsqueda académica y filtros avanzados	Resume artículos, exporta citas	Búsqueda académica con IA sourcely.net

1.3 Comparación entre educación médica tradicional y educación asistida por IA

La integración curricular de la IA exige un enfoque equilibrado que no se limite a talleres aislados, sino que incorpore módulos distribuidos a lo largo del itinerario formativo, con actividades prácticas, proyectos interdisciplinarios y experiencias basadas en simulación inteligente (1,4). En paralelo, los docentes deben recibir capacitación para comprender las limitaciones de estas

herramientas y utilizarlas sin perder de vista el componente humano de la relación médico-paciente.

La **Tabla** 3 muestra cómo la educación médica asistida por IA supera limitaciones del modelo tradicional. Facilita acceso personalizado a la información, evaluaciones continuas, simulaciones clínicas escalables y retroalimentación inmediata basada en datos. Además, apoya la toma de decisiones mediante algoritmos, optimizando el aprendizaje y la práctica clínica de manera más eficiente.

Tabla 3. Comparación entre educación médica tradicional y educación asistida por IA

Aspecto	Tradicional	Con IA
Acceso a información	Dependiente de clases y bibliografía	Adaptativa y personalizada
Evaluación	Puntual y manual	Automática, continua y formativa
Simulaciones clínicas	Limitadas por recursos	Iterables, seguras y escalables
Retroalimentación	Retrasada y variable	Inmediata y basada en datos
Toma de decisiones	Tutor-dependiente	Asistida por algoritmos

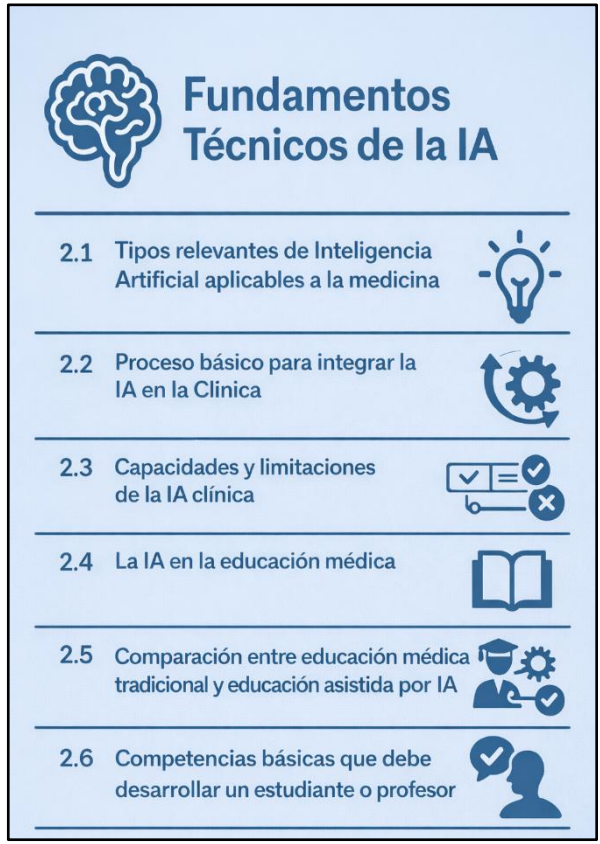
En síntesis, la IA no pretende reemplazar al educador, sino ampliar sus capacidades y ofrecer herramientas que permitan mejorar la calidad de la enseñanza. Su adopción responsable puede potenciar la eficiencia, reducir cargas administrativas y fortalecer la toma de decisiones clínicas, siempre y cuando se mantenga la supervisión humana y una sólida fundamentación ética (5-7). Formar médicos capaces de dialogar críticamente con tecnologías inteligentes será esencial para garantizar una atención sanitaria segura, equitativa y centrada en el paciente.

Referencias

1. Sriram A, Ramachandran K, Krishnamoorthy S. Artificial Intelligence in Medical Education: Transforming Learning and Practice. J Med Educ Curric Dev. 2025;12:1-10.
2. Davenport T, Kalakota R. The potential for artificial intelligence in healthcare. Future Healthc J. 2019 Jun;6(2):94-98.
3. De Francisco ALM. Inteligencia Artificial en Medicina Paso a Paso. Conceptos claros y prácticos para comenzar En: Lorenzo V, López-Gómez JM (Eds). *Nefrología al Día*. ISBN 978-84-129769-5-3
4. Khakpaki A. Advancements in artificial intelligence transforming medical education: a comprehensive overview. Med Educ Online. 2025; 30:1-10.
5. Blanco MA, Nelson SW, Ramesh S, et al. Integrating artificial intelligence into medical education: a roadmap informed by a survey of faculty and students. Med Educ Online. 2025; 30:1-12.
6. Chan KS, Zary N. Applications of artificial intelligence in medical education: A scoping review. Med Teach. 2019 Aug;41(8):975-990.
7. Obermeyer Z, Powers B, Vogeli C, Mullainathan S. Dissecting racial bias in an algorithm used to manage the health of populations. Science. 2019 Oct;366(6464):447-453.

2.

FUNDAMENTOS TÉCNICOS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL



La Inteligencia Artificial (IA) puede definirse como la capacidad de sistemas informáticos para imitar funciones cognitivas humanas tales como el razonamiento, la percepción, el aprendizaje y la toma de decisiones. En medicina, estas tecnologías han ganado protagonismo debido al incremento de la potencia computacional, el acceso a bases de datos clínicas y el desarrollo

de modelos avanzados capaces de detectar patrones de relevancia diagnóstica y terapéutica Y ello está empezando a tener un impacto a tres niveles: para los clínicos, principalmente a través de una interpretación de imágenes rápida y precisa; para los sistemas de salud, al mejorar el flujo de trabajo y el potencial para reducir los errores médicos; y para los pacientes, al permitirles procesar sus propios datos para promover su salud (1).

Desde un punto de vista clínico, la IA analiza información proveniente de historias clínicas electrónicas, imágenes y señales fisiológicas para generar predicciones que facilitan el diagnóstico precoz, la estratificación del riesgo y la toma de decisiones asistenciales. Gracias a estas capacidades, su integración en hospitales, universidades y centros de investigación ha experimentado un crecimiento sostenido en los últimos años.

2.1 Tipos relevantes de Inteligencia Artificial aplicables a la medicina

La IA funciona gracias a

- Herramientas informáticas: son los ordenadores y los programas que usan.
- Fórmulas matemáticas: que ayudan a esos programas a aprender de los datos, como si buscaran patrones o repeticiones.
- Y con estas fórmulas se crean Algoritmos, que son las instrucciones o pasos que se suceden secuencialmente para llevar a cabo una acción concreta.

En el libro electrónico IA paso a paso (2) y en el video IA desde cero (3) de Nefrología al Día, se explican con más detalle los diferentes tipos de IA.

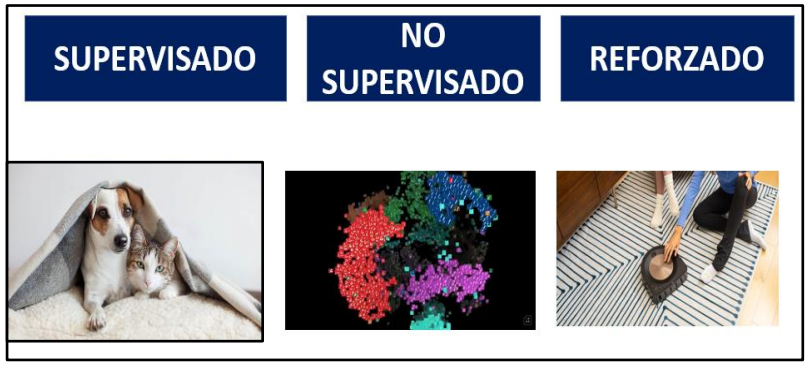
Vamos a resumir alguno de estos conceptos que puede el lector ampliar con las citas referidas

2.1.1. Machine Learning (ML) o aprendizaje automático

Es una de las ramas más utilizadas. Consiste en el entrenamiento de modelos a partir de datos para realizar predicciones o clasificaciones sin necesidad de programación explícita. En el ML tenemos los datos de entrada y de salida, pero lo que no tenemos es el algoritmo. Es decir, conocemos los datos de entrada y los de salida de miles de pacientes y con estos datos entrenamos al sistema para que encuentre el algoritmo por prueba y error. Se dan

ejemplos y resultados, y el sistema aprende solo las reglas internas, incluso sin intervención humana. Luego, probamos el sistema para determinar si aprendió correctamente y le seguimos dando más datos para que siga perfeccionando su algoritmo

Figura 1. Modelos de aprendizaje automático



Existen tres modelos de aprendizaje automático **(Figura 1)**

-Supervisado: el algoritmo aprende a partir de datos etiquetados, es decir, ejemplos en los que la respuesta correcta ya es conocida. Enseñamos al sistema los resultados que queremos obtener, es decir la respuesta correcta. Un ejemplo sería la diferenciación de perros y gatos: el aprendizaje automático supervisado distingue perros de gatos analizando miles de imágenes etiquetadas y aprendiendo patrones visuales como la forma de las orejas, el tamaño del hocico o la textura del pelaje para predecir a qué clase pertenece una imagen nueva.

-No supervisado o Agrupación: En este caso solo disponemos de datos de entrada No enseñamos al sistema los resultados que queremos obtener. Encuentran los patrones subyacentes (clusters) en los datos a analizar y agrupa por características Su objetivo es encontrar la estructura oculta del conjunto de datos, agruparlos según sus semejanzas y devolver una representación útil del conjunto buscando patrones de similitud de los datos de entrada. Esta solución de inteligencia artificial es perfecta para incluir en la estrategia de marketing. Por ejemplo, las personas que compran el artículo X (supongamos que un teléfono móvil) también tienden a comprar el artículo Y (un cargador o unos

auriculares inalámbricos). Es lo que hace Netflix para recomendar películas en función de los gustos. O sea, agrupa los datos a analizar por características comunes

En triaje de urgencias, un algoritmo de clustering analiza signos vitales y datos iniciales sin etiquetas previas, agrupando a los pacientes en perfiles de riesgo (bajo, medio, alto) para priorizar la atención.

-Reforzado**:** Este modelo se basa en un agente que aprende a tomar decisiones mediante prueba y error, recibiendo recompensas o penalizaciones según sus acciones. Un ejemplo sería un coche autónomo que debe conducir por una carretera. El coche no tiene instrucciones explícitas sobre cómo conducir, sino que debe aprender por sí mismo cómo hacerlo. El coche utiliza sensores para recopilar información sobre el entorno, como la posición de otros vehículos, las señales de tráfico y las condiciones de la carretera. Luego, el coche utiliza esta información para tomar decisiones sobre cómo conducir, como acelerar, frenar o girar. El coche recibe una recompensa cuando conduce de manera segura y eficiente y una penalización cuando se produce un accidente o cuando se incumplen las normas de tráfico. A medida que el coche toma más decisiones, aprende a conducir de manera más segura y eficiente

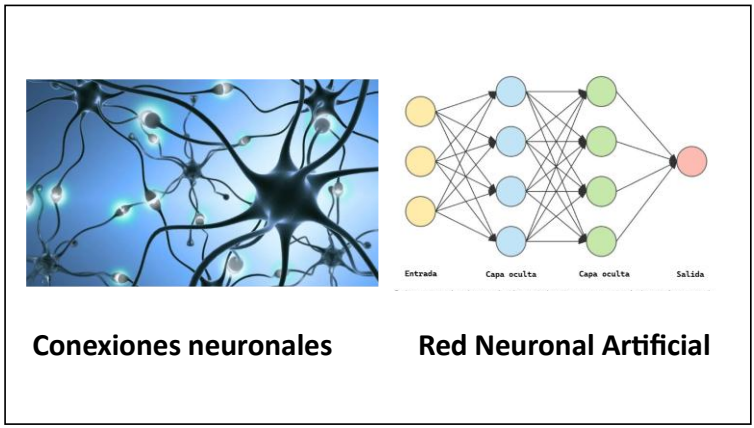
2.1.2 Deep Learning (DL) o aprendizaje profundo

El Aprendizaje Profundo (DL) es una rama de la inteligencia artificial que utiliza redes neuronales para imitar la forma en que el cerebro humano aprende y procesa información (4). El DL es un tipo de ML supervisado, donde el modelo aprende patrones a partir de grandes volúmenes de datos etiquetados, es decir, se le proporciona tanto la entrada como la salida esperada. Por ejemplo, para entrenar una red neuronal a reconocer cáncer de pulmón en imágenes, se le muestran miles de fotos de entrada, junto con la etiqueta correspondiente conocida (cáncer sí, o cáncer no) como salida. Con el tiempo, la red aprende a identificar cáncer de pulmón por sí sola en nuevas imágenes.

Las neuronas artificiales son iguales que las biológicas **(Figura 2).** Se llaman perceptrón y son unidades matemáticas: reciben, procesan y envían la información a otras neuronas formando una gran red. Cada neurona recibe entradas, realiza cálculos y produce una salida. Estas salidas se transmiten a través de las conexiones a

otras neuronas y así sucesivamente, hasta obtener una salida final. Cada neurona procesa una tarea especifica y envía sus resultados a las otras neuronas de su red para trabajar juntas. Cuantas más capas más problemas complejos podrá resolver

Figura 2. Neuronas biológicas y artificiales



Las aplicaciones de ML y DL en Medicina son enormes. Solo algunos ejemplos pueden verse en la **Tabla** 1.

2.1.3 Visión computacional,

Utilizada para interpretar imágenes y vídeos. A diferencia de los humanos, que usamos retinas y el cerebro, las máquinas usan sensores (como cámaras), bases de datos y redes neuronales para procesar información visual. Permite detectar tumores en resonancias, lesiones retinianas en fotografías de fondo de ojo (**Figura 3**) (5) y segmentar órganos en estudios tomográficos, reduciendo la variabilidad diagnóstica entre profesionales. Funciona transformando imágenes en datos que una computadora puede analizar. Primero, una cámara captura la imagen que son un grupo de pixcells con numeración dependiente de la intensidad del color (**Figura 4**). Luego, algoritmos la procesan para detectar bordes, colores, formas o patrones. Con técnicas de aprendizaje automático y redes neuronales, el sistema aprende a reconocer objetos comparándolos con grandes cantidades de ejemplos.

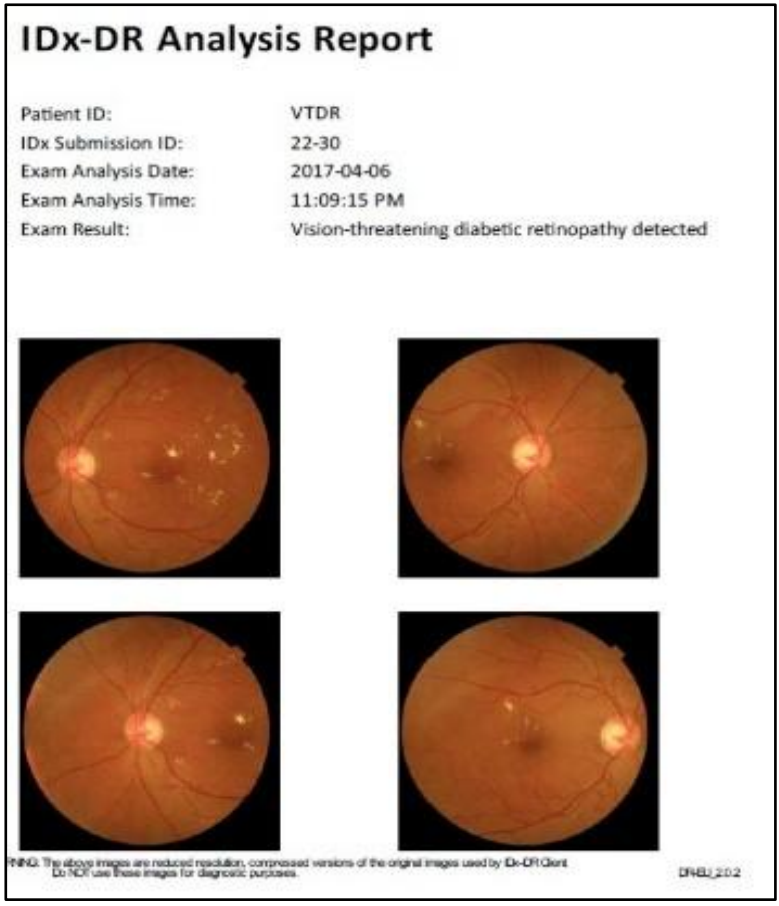
Finalmente, interpreta la escena y toma decisiones, como identificar personas, clasificar objetos o medir distancias.

Este rendimiento comparable a especialistas experimentados contribuye a aliviar la carga asistencial (6).

Tabla 1. Aplicaciones de Machine Learning y Deep Learning en Medicina

Desafío o necesidad en la formación médica	Contribución de la IA	Ejemplos / Áreas aplicadas
Pronóstico, estratificación de riesgo y personalización terapéutica	Machine Learning (ML): modelos predictivos basados en variables clínicas y biomédicas	Pronóstico de diabetes y enfermedad cardiovascular; reaparición de cáncer; brotes infecciosos; selección de tratamientos personalizados; predicción de efectividad de fármacos; ajuste de dosis; detección de arritmias con wearables; predicción de interacciones moleculares y eventos adversos
Interpretación avanzada de datos complejos e imágenes médicas	Deep Learning (DL): redes neuronales profundas para análisis automático de señales e imágenes	Detección de tumores, nódulos pulmonares y fracturas; clasificación de lesiones dermatológicas; interpretación de ECG y EEG; detección de retinopatía diabética, glaucoma y degeneración macular; segmentación de órganos; identificación de biomarcadores; generación de moléculas y diseño farmacológico acelerado

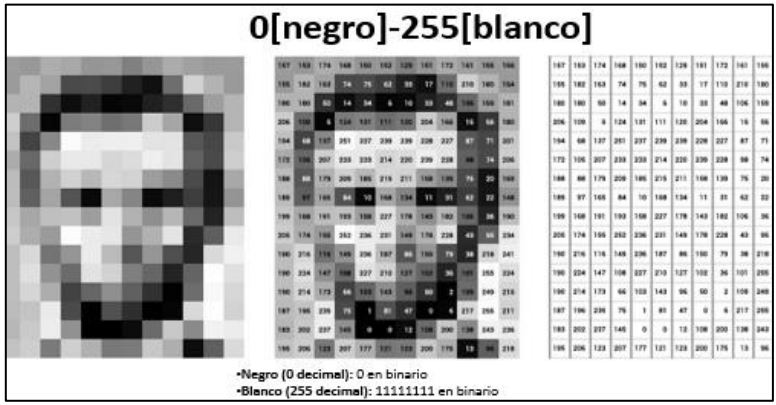
Figura 3. IDx-DR para diagnóstico de retinopatía diabética [https://www.healthvisors.com/en/idx-dr/]



2.1.4 IA generativa (Gen-AI)

La inteligencia artificial generativa es un tipo de IA que crea nuevo contenido —texto, imágenes, audio, vídeo, código— en respuesta a entradas (prompts) de usuarios. Se basa en modelos entrenados con grandes volúmenes de datos para aprender patrones, estilos y estructuras, y luego los usa para generar salidas originales. Está adquiriendo especial relevancia en educación médica, generación automatizada de informes y diseño computacional de fármacos (7).

Figura 4. matriz numérica donde cada píxel describe un fragmento de la imagen.



Los pasos en su funcionamiento son los siguientes:

1. Entrenamiento: Se alimenta al modelo con enormes cantidades de datos (texto, imágenes, etc.).
2. Modelado: es la fase en la que la inteligencia artificial aprende cómo se relacionan los datos y qué patrones se repiten. Con ese aprendizaje, puede entender información o crear cosas nuevas —como texto, imágenes o sonidos— usando distintos tipos de redes, como *transformer*, de difusión o adversariales.
3. Generación: El usuario da un prompt (texto, imagen de entrada, etc.), y el modelo produce contenido nuevo basado en lo aprendido.
4. Refinamiento: es la fase en la que se mejoran y afinan los resultados obtenidos por la inteligencia artificial. Se pueden hacer ajustes en las instrucciones (prompts), repetir el proceso varias veces y filtrar las salidas para obtener respuestas más precisas y útiles. La IA generativa permite automatizar creación de contenido, prototipos rápidos, personalización y nuevas formas de creatividad, aunque también plantea retos de ética, sesgos, derechos de autor y veracidad.

En la **Tabla** 2 pueden verse algunas de las herramientas actuales de IA generativa, tipo y función principal.

Tabla 2. Herramientas de IA Generativa (2026)

Herramienta TEXTO	Qué hace
ChatGPT (OpenAI)	Genera texto, analiza información y ofrece asistencia conversacional y creativa.
Claude (Anthropic)	Asistente conversacional enfocado en comprensión profunda y análisis de documentos largos.
Google Gemini	Modelo multimodal que genera y analiza texto, imágenes y más.
Meta Llama	Modelo abierto de texto usado para chat, análisis y generación de contenido.
Perplexity AI (Comet asistente IA)	Asistente de búsqueda con respuestas basadas en fuentes verificadas.
Mistral	Modelo europeo de código abierto para generación y análisis de texto.
Cohere Command R+	Enfocado en generación de texto y razonamiento contextual.

Herramienta IMAGEN	Qué hace
DALL·E 3 (OpenAI)	Genera imágenes a partir de descripciones en texto con alta coherencia visual.
Midjourney	Genera arte digital y diseño creativo a partir de texto.
Stable Diffusion XL	Modelo abierto para crear imágenes artísticas o realistas.
Adobe Firefly	Generación de imágenes e integración con Photoshop e Illustrator.
Leonardo AI	Herramienta para generar ilustraciones y estilos artísticos personalizados.
Canva Magic Media	Generación de imágenes y fondos dentro de la plataforma Canva.
Ideogram AI	Especializada en crear imágenes con texto integrado correctamente.

Herramienta VIDEO	Qué hace
Runway Gen-2	Genera o transforma videos a partir de texto o imágenes.
Pika Labs	Crea clips de video desde descripciones textuales.
Synthesia	Produce videos con avatares humanos por IA.
HeyGen	Crea videos con avatares realistas y doblaje automatizado.
Kaiber AI	Genera animaciones y clips visuales a partir de imágenes o texto.
Sora (OpenAI)	Genera videos directamente a partir de texto (β 2025).

Herramienta Música	Qué hace
ElevenLabs	Genera voces realistas, clonación de voz y doblaje multilingüe.
Sunō AI	Crea canciones completas con letra, voz e instrumentación.
AIVA	Composición musical asistida por IA.
Boomy	Genera música original en segundos en distintos géneros.
Udio AI	Generación de canciones con letra coherente y melodía armónica.
Voicemod	Modificación y generación de voz en tiempo real.

Herramienta Código	Qué hace
GitHub Copilot	Autocompleta y sugiere código en tiempo real.
Replit Ghostwriter	Ayuda a escribir, explicar y depurar código.
Codeium	Generador y completador de código gratuito para múltiples lenguajes.
Amazon Code Whisperer	Genera sugerencias de código integradas con AWS.
Tabnine	Predice líneas de código basándose en el contexto del programador.

Herramienta Marketing	Qué hace
Jasper AI	Genera contenido publicitario, blogs y textos para redes sociales.
Copy.ai	Crea textos para anuncios, correos y campañas.
Writesonic	Genera artículos optimizados para SEO y marketing digital.
Notion AI	Asistente para redacción, organización y creación de contenido.
HubSpot AI	Redacción y personalización de mensajes comerciales.

Herramienta Otras aplicaciones	Qué hace
ChatGPT Enterprise / Teams	IA para empresas con privacidad y control de datos.
Microsoft Copilot (Office 365)	Asistente integrado en Word, Excel, PowerPoint y Outlook.
Canva Magic Studio	IA generativa para diseño, texto e imágenes.
Descript	Edición de video y audio mediante transcripción automática.
RunPod / Replicate	Plataformas para personalizar modelos IA.

2.2 Proceso básico para integrar la IA en la clínica (**Figura 5**)

El proceso inicia con la recolección de datos, etapa en la que se obtienen registros médicos, imágenes, historiales y otros recursos relevantes para la formación del sistema. Posteriormente, estos datos se utilizan en el entrenamiento del modelo, donde los algoritmos aprenden a identificar patrones y correlaciones significativas.

Figura 5. Flujo de integración de la IA en la clinica



Una vez entrenada, la herramienta debe someterse a una validación clínica, con el fin de comprobar su precisión, reproducibilidad y seguridad en contextos reales. Cuando el

modelo demuestra una eficiencia adecuada, puede ofrecer predicciones y recomendaciones, apoyando al equipo médico en el análisis de casos específicos.

Sin embargo, la IA no sustituye el criterio profesional. Por ello, es necesaria la supervisión del médico, quien interpreta la información proporcionada por el sistema considerando la situación integral del paciente. Finalmente, la decisión clínica final recae en el especialista, asegurando que el resultado del proceso sea éticamente responsable y contextualizado en la práctica médica.

2.3 Capacidades y limitaciones de la IA clínica (Tabla 3)

Como hemos visto, la IA es capaz de procesar grandes volúmenes de datos clínicos de manera rápida y eficiente, identificando patrones imperceptibles al ojo humano, automatizando tareas repetitivas como la revisión inicial de imágenes y ofreciendo soporte a la toma de decisiones terapéuticas. Además, contribuye a la personalización de tratamientos farmacológicos, reduce errores humanos y acelera el descubrimiento de fármacos (8). Asimismo, permite simulaciones seguras para la educación médica, mejorando la práctica clínica sin riesgo para pacientes reales, y facilita la gestión administrativa prediciendo picos de demanda asistencial

Pero la IA no sustituye el juicio clínico humano ni comprende fenómenos subjetivos como la empatía o el sufrimiento del paciente Tampoco actúa adecuadamente frente a situaciones no contempladas en sus datos de entrenamiento ni es capaz de asumir responsabilidad legal o ética propia (6). Por ello, su uso siempre debe estar supervisado por profesionales acreditados **(Tabla 3).**

2.4 La IA en la educación médica

En lo que respecta a la educación médica la IA ofrece herramientas capaces de personalizar el aprendizaje, generar retroalimentación inmediata y facilitar simulaciones clínicas avanzadas (1). Estas tecnologías analizan grandes cantidades de datos académicos y clínicos para identificar debilidades conceptuales, adaptando contenidos al ritmo de cada estudiante (4).

Tabla 3. Capacidades y limitaciones de la IA clínica

Aspecto	Capacidades	Limitaciones
Diagnóstico	Detecta patrones complejos	Puede fallar ante casos atípicos
Toma de decisiones	Recomienda tratamientos	No comprende contexto emocional
Educación médica	Simulaciones escalables	Riesgo de dependencia tecnológica
Gestión hospitalaria	Predice demanda asistencial	Interoperabilidad limitada

Además, la IA permite entrenar habilidades diagnósticas mediante visión computacional, reproduciendo casos clínicos reales y brindando comparaciones con estándares expertos (6) Su uso también se extiende a la creación automática de casos clínicos, preguntas de examen y resúmenes de literatura científica, liberando tiempo docente para actividades de mayor valor humano, como la comunicación, la empatía y el razonamiento ético) (7). Finalmente, la IA puede democratizar el acceso a escenarios clínicos simulados, especialmente en entornos con limitados recursos hospitalarios, contribuyendo a una formación más equitativa a escala global (8). Sin embargo, es necesario supervisar su aplicación para evitar dependencia tecnológica y sesgos, manteniendo siempre el juicio clínico humano como elemento central del proceso educativo (9)

2.4.1 Aplicaciones de la Inteligencia Artificial en la Educación Médica

La Inteligencia Artificial está transformando el panorama de la educación médica, ofreciendo herramientas innovadoras que personalizan el aprendizaje y optimizan la formación clínica bajo unos ejes temáticos que se resumen en la **Figura 6**.

En la **Tabla** 4 se resumen temas, tecnologías, beneficios y riesgos relacionados con la IA en la educación médica

- **Personalización del Aprendizaje**: La IA analiza grandes cantidades de datos académicos y clínicos adaptando contenidos al ritmo de cada estudiante. Estas plataformas utilizan LLMs y algoritmos de machine learning (10). Para ello contamos con sistemas de gestión del aprendizaje con módulos adaptativos impulsados por IA**:**

- Canvas o Moodle con complementos de aprendizaje de IA.
- Plataformas de aprendizaje adaptativo: Knewton, Smart Sparrow.
- Chatbots educativos y asistentes virtuales: ChatGPT, Google Gemini, Claude, para tutorías, respuestas a preguntas frecuentes y retroalimentación personalizada (10).

Figura 6. Ejes temáticos de optimización de la formación clínica.



- Herramientas de generación de preguntas automatizadas. Ejemplos en enseñanza médica incluyen plataformas como ChatGPT, Lecturio AI Question Generator, ScholarRx Bricks y Quizizz AI, que permiten crear ítems tipo opción múltiple,

Tabla 4. Tecnología y Herramientas de la IA en Educación Médica

Tema	Sub categoría	Programas / Plataformas	Uso Educativo	Ref.
Personalización del Aprendizaje	LMS con IA	Canvas, Moodle (plugins IA)	Adaptación de contenidos y seguimiento	[10]
	Aprendizaje adaptativo	Knewton, Smart Sparrow	Trayectorias personalizadas	[10]
	Chatbots educativos	ChatGPT, Google Gemini, Claude	Tutorías y feedback	[10]
	Generación de preguntas	Lecturio AI, ScholarRx, Quiziz	Creación de ítems clínicos	[11]
Entrenamiento Diagnóstico	Pacientes virtuales	Body Interact, Shadow Health, SimX, Virtual Patients	Casos interactivos	[10,12]
	VR/AR	Osso VR, FundamentalVR, Touch Surgery, HoloAnatomy	Procedimientos y anatomía	[10,13, 14]
	Análisis de imagen	IBM Watson Imaging, Aidoc, PathAI, SkinVision	Soporte diagnóstico	[12,14]
	Análisis de síntomas	Body Interact	Diagnóstico diferencial	[15-18]
Optimización Docente	Evaluación automática	Gradescope, ExamSoft, Inspera, FeedbackFruits	Corrección y feedback	[10,14]
	LLMs educativos	ChatGPT/GPT-5, Claude, Gemini, Llama	Generación de casos	[19]
	Revisión bibliográfica	Elicit, ResearchRabbit, Scholarcy, Iris.ai	Síntesis de literatura	[20]
Democratización del Acceso	Aprendizaje remoto	Microsoft Teams Edu, Coursera IA, HealthTap, Labster	Formación a distancia	[21,23]
Consideraciones Críticas	Gobernanza IA	UNESCO Guidelines, NIST RMF, AI Fairness 360, Fairlearn	Mitigación de sesgos	[24]
	Integridad académica	Scite.ai, Turnitin, iThenticate, Consensus	Verificación y ética	[24]

- **Entrenamiento de Habilidades Diagnósticas:** Permite entrenar habilidades diagnósticas mediante visión computacional, reproduciendo casos clínicos reales y brindando comparaciones con estándares expertos. Esto facilita la mejora continua en la precisión diagnóstica (10). Permiten practicar casos de alto riesgo o raros (12).

- Simuladores de pacientes virtuales con IA**:** Para replicar escenarios clínicos. Ejemplos utilizados en educación médica incluyen plataformas como Body Interact, Shadow Health, SimX y Virtual Patients MedBiquitous, que permiten entrenar habilidades clínicas mediante casos interactivos, toma de decisiones y retroalimentación automática.
- Entornos de Realidad Virtual y Realidad Aumentada potenciados por IA: Ejemplos en educación médica incluyen plataformas como Osso VR, FundamentalVR, Touch Surgery y HoloAnatomy, que permiten practicar procedimientos, visualizar anatomía y recibir retroalimentación guiada por algoritmos inteligentes (10,13,14).
- Herramientas de análisis de imagen con IA**:** Para radiología, patología o dermatología incluyen plataformas como IBM Watson Imaging, Aidoc, PathAI y SkinVision, que ayudan a detectar hallazgos, priorizar estudios y apoyar el diagnóstico mediante algoritmos avanzados (12, 14).
- Sistemas de análisis de síntomas: plataformas que permiten diagnósticos diferenciales tras ingresar síntomas Body Interact (15-18)

- **Optimización del Tiempo Docente** Su uso se extiende a la creación automática de casos clínicos, preguntas de examen y resúmenes de literatura científica (19) Esto libera tiempo docente valioso para actividades de mayor valor humano, como el desarrollo de la comunicación, la empatía y el razonamiento ético en los estudiantes Permiten la calificación automatizada y retroalimentación en tiempo real (10,14).

- Ejemplos de herramientas de evaluación automatizada basadas en IA incluyen plataformas como Gradescope, ExamSoft, Inspera Assessment y FeedbackFruits, que permiten calificación automatizada, retroalimentación en tiempo real y seguimiento del rendimiento del estudiante.

- Ejemplos de modelos de lenguaje grandes aplicados en educación médica incluyen herramientas como ChatGPT/GPT-5, Claude, Gemini y Llama, que permiten generar automáticamente casos clínicos, materiales de estudio, preguntas de examen y resúmenes de literatura científica.
- Ejemplos de plataformas de IA para resumir y analizar artículos científicos incluyen herramientas como Elicit, ResearchRabbit, Scholarcy y Iris.ai, que permiten extraer ideas clave, organizar literatura y acelerar la revisión académica (20).

- **Democratización del Acceso:** La IA puede democratizar el acceso a escenarios clínicos simulados lo que es especialmente relevante en entornos con recursos hospitalarios limitados. Esto contribuye a una formación médica más equitativa a escala global, permitiendo a más estudiantes acceder a experiencias de aprendizaje de alta calidad (10,14)
- Ejemplos de soluciones de aprendizaje remoto impulsadas por IA incluyen plataformas como Microsoft Teams for Education, Coursera con recomendación inteligente, la telemedicina formativa de HealthTap y las simulaciones accesibles con AR/VR de Labster, que combinan módulos educativos, recursos en la nube y herramientas abiertas para la formación médica a distancia. (21, 23)

- **Consideraciones Críticas:** Es fundamental supervisar cuidadosamente su aplicación para evitar la dependencia tecnológica y la introducción de sesgos. Es imperativo mantener siempre el juicio clínico humano como el elemento central e irremplazable del proceso educativo, garantizando que la tecnología sirva como un complemento y no como un sustituto de la experiencia y el razonamiento humano (24).
- Marcos de gobernanza para la IA en educación. Herramientas de auditoría para algoritmos (para la detección de sesgos). Ejemplos incluyen frameworks como AI Ethics Guidelines de la UNESCO, el NIST AI Risk Management Framework, plataformas de auditoría como AI Fairness 360 de IBM y la herramienta de evaluación de sesgos Fairlearn, que permiten identificar riesgos, mitigar sesgos y promover una implementación responsable.

- Plataformas para la verificación de la integridad de la investigación y citación: Ejemplos incluyen herramientas como Scite.ai, Turnitin, iThenticate y Consensus, junto con directrices institucionales que establecen protocolos para la integración ética de la IA en la educación médica.

2.4.2 Herramientas más utilizadas de la Inteligencia Artificial en Educación médica

La incorporación de herramientas basadas en Inteligencia Artificial (IA) está transformando el ámbito de la Educación Médica: desde la generación automática de resúmenes de literatura hasta simulaciones clínicas, apoyo al diagnóstico, enseñanza personalizada y análisis de imágenes médicas. Estas tecnologías ofrecen nuevas oportunidades para docentes, estudiantes, investigadores y profesionales sanitarios, pero requieren siempre supervisión humana, validación de resultados y consideración de aspectos éticos, de privacidad y de cumplimiento regulatorio. En los siguientes apartados se presentan algunas de las herramientas más utilizadas en este contexto (y sus enlaces de acceso), seguidas de otras aplicaciones adicionales emergentes en educación médica.

- **ChatGPT / GPT-5**: ChatGPT (y versiones avanzadas como GPT-5.2) sirve para resumir literatura médica, generar borradores de notas clínicas, crear guías de comunicación con pacientes y apoyar la educación médica. Usado como asistente para ahorrar tiempo en tareas administrativas y revisar evidencia; siempre debe validarse la salida con un profesional sanitario. Revisar también las políticas de privacidad/compliance antes de integrar datos sensibles. Enlace de acceso: https://openai.com/chatgpt/overview/
- **Vertex AI**: Vertex AI permite entrenar, desplegar y monitorizar modelos de IA sobre datos clínicos. Es ideal para laboratorios o instituciones académicas que quieran experimentar con modelos propios, integrar analítica avanzada, y escalar pruebas de concepto. Puede combinarse con la API de salud de Google Cloud para gestionar datos clínicos bajo estándares. Enlace de acceso: https://cloud.google.com/vertex-ai
- **IBM Watson Health**: Watson Health ofrece soluciones de apoyo diagnóstico y análisis de datos clínicos para oncología, imagen médica o gestión poblacional. Es útil para proyectos que requieren integración con sistemas institucionales y análisis

avanzado. Es importante verificar los módulos disponibles y su certificación local o regional. Enlace de acceso: https://www.ibm.com/industries/healthcare

- **Aidoc**: Aidoc es una herramienta especializada que detecta hallazgos radiológicos críticos en tiempo real y prioriza estudios en sistemas PACS. Reduce tiempos de espera y ayuda a los radiólogos o equipos de urgencias a focalizar los casos urgentes. Ideal para departamentos de emergencias o radiología con alto volumen de trabajo. Enlace de acceso: https://www.aidoc.com/solutions/radiology/
- **Paige**: Paige aplica IA al diagnóstico histopatológico, ayudando a detectar, por ejemplo, cáncer, y a generar segundas opiniones digitales. Facilita flujos de trabajo de patología digital y mejora la concordancia diagnóstica. Requiere infraestructura de imágenes digitales y validación local. Enlace de acceso: https://www.paige.ai/
- **Tempus**: Tempus integra datos genómicos y clínicos para apoyar decisiones en oncología y medicina personalizada. Sirve para análisis moleculares, recomendaciones terapéuticas y estudios de resultados. Muy útil en centros oncológicos que buscan incorporar medicina de precisión. Enlace de acceso: https://www.tempus.com/
- **Infermedica**: ofrece un motor de triaje y evaluación de síntomas para preclínicas, portales de pacientes y chatbots médicos. Mejora la priorización de consultas y la recopilación de información previa a la visita. Se integra vía API con sistemas de gestión clínica. Enlace de acceso: https://infermedica.com/
- **Caption Health**: Caption Health proporciona software que guía al operador en tiempo real para obtener imágenes ecográficas de calidad, incluso si no es experto. Ideal para programas de capacitación, telemedicina o para mejorar la calidad diagnóstica en entornos con recursos limitados. Enlace de acceso: https://captionhealth.com/

Otras aplicaciones emergentes de IA en Educación Médica

- **AMBOSS**: AMBOSS actúa como asistente virtual de estudio y tutor inteligente para estudiantes de medicina. Incluye banco de preguntas para examen MIR y otros,(Qbank), biblioteca

médica con miles de textos, imágenes y vídeos, integración con Anki para tarjetas de repaso, y modo "clinician" para rotaciones. Enlace de acceso: https://www.amboss.com/ (información basada en reseñas) AINGENS

- **Mindgrasp AI**: Mindgrasp AI es una herramienta diseñada específicamente para estudiantes de medicina, que transforma contenidos de estudio en resúmenes, notas detalladas, flashcards y cuestionarios personalizados. Ofrece extensión de navegador y app para mejorar el aprendizaje. Enlace de acceso: https://www.mindgrasp.ai/medical-students Mindgrasp
- **MedicalStudent.ai**: MedicalStudent.ai propone herramientas inteligentes para potenciar el razonamiento clínico, personalizar la ruta de estudio y ayudar a superar exámenes del ámbito médico. Enlace de acceso: https://medicalstudent.ai/
- **Touch Surgery**: Touch Surgery es una aplicación de entrenamiento para procedimientos quirúrgicos, que permite simular más de 400 operaciones en diferentes especialidades. Facilita la práctica cognitiva del procedimiento y ha demostrado mejoras de aprendizaje. Enlace de acceso: https://www.touchsurgery.com/ Wikipedia
- **Codimg**: Codimg es una plataforma de análisis de vídeo y feedback educativo, que se utiliza en educación superior y simulaciones médicas para evaluar la comunicación, desempeño de escenarios clínicos y rendimiento educativo mediante vídeo-análisis. Enlace de acceso: https://www.codimg.com/ Wikipedia
- **MEDCO**: MEDCO (Medical Education Copilots) es un marco de agentes múltiples basado en IA que simula escenarios de aprendizaje colaborativo interdisciplinario (paciente, doctor, radiólogo) para mejorar habilidades de preguntas, colaboración y razonamiento clínico. Es un prototipo académico, útil para desarrollo futuro. Enlace al estudio: https://arxiv.org/abs/2408.12496 arXiv
- **CLiVR**: CLiVR (Conversational Learning in Virtual Reality) integra IA y realidad virtual para simular interacciones realistas con pacientes virtuales, permitiendo diálogo natural, análisis del tono, y feedback automatizado en entornos inmersivos para entrenar habilidades comunicativas y clínicas. Enlace al estudio: https://arxiv.org/abs/2510.19031 arXiv

2.5 Comparación entre educación médica tradicional y educación asistida por IA

La educación médica tradicional se ha caracterizado históricamente por depender de horarios específicos, la disponibilidad de profesores y el acceso limitado a bibliografía, lo que restringe el aprendizaje autónomo del estudiante. En contraste, la educación asistida por inteligencia artificial (IA) ofrece un acceso personalizado y disponible las 24 horas del día (25) permitiendo estudiar según el ritmo y necesidades individuales.

En cuanto a la retroalimentación, en el modelo tradicional, los estudiantes tardan en recibir comentarios y dependen de cada profesor. En cambio, la IA puede analizar las respuestas al instante y dar retroalimentación rápida y constante (26). Algo similar ocurre con las simulaciones: antes eran limitadas y difíciles de implementar, pero con sistemas digitales basados en IA el alumnado puede practicar procedimientos de forma segura y repetible (27).

Las evaluaciones también presentan diferencias importantes. Bajo métodos convencionales, tienden a ser puntuales y con enfoque finalista, mientras que las plataformas asistidas por IA implementan evaluaciones continuas y adaptativas según el progreso del estudiante (28). Además, en la educación tradicional el profesorado debe crear el material manualmente, mientras que la IA puede generar y actualizar contenidos automáticamente (29).

Finalmente, aunque el modelo tradicional puede enfrentar problemas como la falta de estandarización, el uso de IA no está exento de riesgos: si no se supervisan adecuadamente sus algoritmos, pueden reproducir sesgos en la formación (30). En conjunto, ambos enfoques presentan ventajas y desafíos, pero la IA emerge como una herramienta clave para complementar y mejorar la enseñanza médica actual.

En la **Tabla 5** se resumen las diferencias entre educación médica tradicional y educación asistida por IA.

Tabla 5. Comparación entre educación médica tradicional y educación asistida por IA

Aspecto	Modelo tradicional	Educación asistida por IA
Acceso al aprendizaje	Dependiente de horarios, profesores y bibliografía	Personalizado, disponible 24/7
Retro alimentación	Lenta, variable según docente	Inmediata, basada en datos
Simulaciones	Limitadas	Escalables y seguras
Evaluación	Puntual, finalista	Continua y adaptativa
Generación de contenido	Manual	Automatizada
Riesgos	Falta de estandarización	Sesgos algorítmicos si no se supervisa

2.6 Competencias básicas que debe desarrollar un estudiante o profesor

La IA constituye una herramienta transformadora con potencial para mejorar la precisión diagnóstica, la seguridad del paciente, la eficiencia asistencial y la educación médica. Sin embargo, requiere supervisión humana, evaluación ética y competencias específicas por parte de estudiantes y docentes. Estas nuevas competencias serán :

- Alfabetización digital y en IA: comprender algoritmos, datos y métricas de rendimiento .
- Pensamiento crítico: evitar aceptación acrítica de sugerencias algorítmicas.
- Interpretación de métricas: sensibilidad, especificidad y curvas ROC .

- Ética, privacidad y regulación: protección de datos, consentimiento y equidad algorítmica (31).
- Colaboración interdisciplinar: trabajo con ingenieros y estadísticos.
- Aprendizaje continuo: adaptación al rápido desarrollo tecnológico.
- Estas competencias permitirán a futuros profesionales utilizar la IA como herramienta y no como substituto de la relación médico-paciente.

Referencias

1. Masters K. Artificial intelligence in medical education. Med Teach. 2019;41(9):976–80.
2. De Francisco ALM. Inteligencia Artificial en Medicina Paso a Paso. Conceptos claros y prácticos para comenzar En: Lorenzo V, López-Gómez JM (Eds). *Nefrología al Día*. ISBN 978-84-129769-5-3
3. De Francisco ALM . Inteligencia Artificial desde cero En: Lorenzo V, López-Gómez JM (Eds). *Nefrología al Día* https://www.nefrologiaaldia.org/es-inteligencia-artificial-desde-cero
4. Chan KS, Zary N. Applications and Challenges of Implementing Artificial Intelligence in Medical Education: Integrative Review. JMIR Med Educ. 2019 Jun 15;5(1):e13930
5. IDx-DR para diagnóstico de retinopatía diabética https://www.healthvisors.com/en/idx-dr/
6. Esteva A, et al. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. Nature. 2017; 542:115–8.
7. Sallam M. ChatGPT utility in medical education, research, and healthcare: A systematic review. J Educ Health Promot. 2023;12:185.
8. Davenport T, Kalakota R. The potential for artificial intelligence in healthcare. Future Healthc J. 2019;6(2):94–8.
9. Amann J, et al. Explainability for artificial intelligence in healthcare. Lancet Digit Health. 2020;2(7):e393–5.
10. Khakpaki A. Advancements in artificial intelligence transforming medical education: a comprehensive overview. Med Educ Online. 2025;30:2334810

11. Thompson RH, Shah Y, Ibáñez Aguirre FJ, et al. Artificial Intelligence Use in Medical Education: Best Practices and Future Directions. J Surg Educ. 2025; 82:48–56.

12. Almansour M, Soliman M, Aldekhyyel RN, et al. An Academic Viewpoint on the Integration of Generative Artificial Intelligence in Medical Education: Transforming Learning and Practices. Cureus. 2025;17.

13. Walker L. Artificial intelligence in medical education: Potential and pitfalls. Educ Health Prof. 2025;8:1–8.

14. Sriram A, Ramachandran K, Krishnamoorthy S. Artificial Intelligence in Medical Education: Transforming Learning and Practice. SN Comput Sci. 2025;6:1–13.

15. Watari T, Tokuda Y, Owada M, Onigata K. The Utility of Virtual Patient Simulations for Clinical Reasoning Education. Int J Environ Res Public Health. 2020 Jul 24;17(15):5325.

16. Musa D, Gonzalez L, Penney H, Daher S. Interactive Video Simulation for Remote Healthcare Learning. Front Surg. 2021 Aug 10;8: 713119.

17. MarcinT, Lüthi A, Graf RR, Krummrey G, Schauber SK, Breakey N, Hautz WE, Hautz SC. Is language an issue? Accuracy of the German computerized diagnostic decision support system ISABEL and cross-validation with the English counterpart. Diagnosis (Berl). 2023 Jul 24;10(4):398-405.

18. Kononowicz AA, Woodham LA, Edelbring S, Stathakarou N, Davies D, Saxena N, Tudor Car L, Carlstedt-Duke J, Car J, Zary N. Virtual Patient Simulations in Health Professions Education: Systematic Review and Meta-Analysis by the Digital Health Education Collaboration. J Med Internet Res. 2019 Jul 2;21(7): e14676.

19. Aster A, Laupichler MC, Rockwell-Kollmann T, Masala G, Bala E, Raupach T. ChatGPT and other large language models in medical education: scoping literature review. *Med Sci Educ.* 2024;35(1):555-567.

20. Bernard NF, Sagawa Y, Bier N, et al. Using artificial intelligence for systematic review: the example of elicit. BMC Med Res Methodol. 2025; 25:12.

21. Randriambelonoro M, Bagayoko CO, Geissbuhler A. Telemedicine as a tool for digital medical education: a 15-year

journey inside the RAFT network. Ann N Y Acad Sci. 2018 Dec;1434(1):333-341.

22. Yli-Hallila A, Bankhead P, Arends MJ, Lehenkari P, Palosaari S. QuPath Edu and OpenMicroanatomy: Open-source virtual microscopy tools for medical education. J Anat. 2025 May;246(5):846-856. doi: 10.1111/joa.14172.

23. Tene T, Vique López DF, Valverde Aguirre PE, Orna Puente LM, Vacacela Gomez C. Virtual reality and augmented reality in medical education: an umbrella review. Front Digit Health. 2024 Mar 14;6:1365345. doi: 10.3389/fdgth.2024.1365345.

24. Gordon M, Daniel M, Ajiboye A, Uraiby H, Xu NY, Bartlett R, Hanson J, Haas M, Spadafore M, Grafton-Clarke C, Gasiea RY, Michie C, Corral J, Kwan B, Dolmans D, Thammasitboon S. A scoping review of artificial intelligence in medical education: BEME Guide No. 84. Med Teach. 2024 Apr;46(4):446-470.

25. Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. Nat Med. 2019;25(1):44–56.

26. Shen D, Wu G, Suk HI. Deep learning in medical image analysis. Annu Rev Biomed Eng. 2017;19:195–220.

27. Gulshan V, et al. Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy. JAMA. 2016; 316:2402–10.

28. Agrawal A, Chaudhury S. Generative artificial intelligence in drug discovery and development. Molecules. 2023;28:7416.

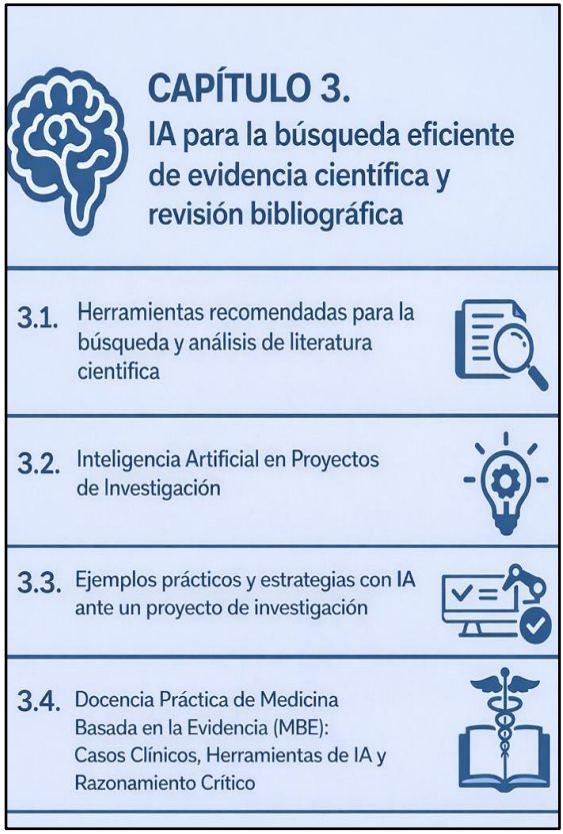
29. Vamathevan J, et al. Applications of machine learning in drug discovery and development. Nat Rev Drug Discov. 2019; 18:463–77.

30. Ghassemi M, Naeini MP, Alabdurrahman A. The limits of AI in medicine: A cautionary tale. NPJ Digit Med. 2023;6:154.

31. Chen J, Asch SM, Pfohl S. Ethical considerations of artificial intelligence in medicine. J Gen Intern Med. 2021;36:1845–9.

3.

IA PARA LA BÚSQUEDA EFICIENTE DE EVIDENCIA CIENTÍFICA Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA



En un entorno académico y científico donde la producción de información crece a un ritmo exponencial, es importante abordar cómo la Inteligencia Artificial (IA) se presenta como un aliado potente: no reemplaza el juicio clínico ni la metodología científica, pero puede automatizar tareas repetitivas, acelerar la identificación de artículos relevantes y facilitar la comprensión crítica de la

evidencia.

Existen muchas revisiones sobre modelos de lenguaje y herramientas de IA en educación médica que muestran beneficios en la formulación de preguntas, síntesis de contenidos y apoyo al razonamiento clínico, siempre bajo supervisión humana y con formación específica para evitar sesgos, errores y dependencia acrítica. [1–7]. Vamos a analizar diferentes modelos y herramientas con la finalidad de mostrar en la práctica como aprovecharlas como ayuda al razonamiento.

3.1. Herramientas Recomendadas para la búsqueda y análisis de literatura científica

El área de herramientas para la búsqueda, gestión y análisis de literatura científica es amplia y evoluciona a un ritmo vertiginoso. Con seguridad cuando usted lea esto dentro de un par de meses ya estará parcialmente obsoleto. Nuevas plataformas surgen constantemente, mientras que las ya existentes incorporan funciones basadas en IA que transforman su alcance y utilidad.

Presentamos las herramientas más utilizadas y consolidadas, seleccionadas por su relevancia, accesibilidad y valor práctico para investigadores de diversas áreas. Sin embargo, es importante reconocer que la elección de herramientas puede variar según las preferencias, necesidades y estilos de trabajo de cada usuario, por lo que las opciones analizadas aquí no pretenden ser las únicas posibles, sino una guía orientativa dentro de un panorama en continua expansión.

En las siguientes **Tablas** 1-7 se señalan diferentes herramientas con sus descripciones y aplicaciones [8].

En las secciones siguientes desarrollaremos con mayor detalle algunas de estas herramientas (**Figura 1**) que consideramos más recomendables, mostrando sus principales funciones, ventajas, limitaciones y ejemplos de uso práctico. El objetivo es ofrecer una visión clara y aplicable que permita al lector comprender cómo integrarlas eficazmente en sus procesos de búsqueda y gestión bibliográfica, sabiendo que existen muchas otras alternativas igualmente válidas según el contexto y las necesidades individuales.

Tabla 1. Búsqueda y exploración bibliográfica

Herramienta	Descripción
Connected Papers	Explora artículos relacionados visualmente a partir de un artículo inicial.
Consensus	Busca respuestas basadas en consenso científico a partir de artículos
Elicit	Genera resúmenes estructurados de artículos científicos y Tablas comparativas.
Evidenly	Motor de búsqueda centrado en evidencia clínica.
IRIS.AI	Búsqueda y análisis de literatura científica con procesamiento semántico avanzado.
LitMaps	Mapa visual de citaciones, seguimiento de nuevos artículos relacionados.
OpenEvidence	Busca y resume evidencia científica, orientado a medicina.
PubMed GPT	Interfaz conversacional para búsquedas en PubMed.
Rayyan	Herramienta colaborativa para revisar y cribar literatura (ideal para revisiones sistemáticas).
Research Rabbit	Crea colecciones de artículos y visualiza relaciones entre investigaciones.
Semantic Scholar	Motor de búsqueda académica con IA.
Scite.ai	Muestra cómo un artículo ha sido citado (si es apoyado, refutado o mencionado).
Elna	Respuestas basadas en evidencia científica

Tabla 2. Asistentes de redacción científica y edición de texto

Herramienta	Descripción
ChatGPT	Redacción, resumen, revisión y apoyo en búsquedas y análisis.
Claude	Redacción avanzada y resumen de documentos largos.
Copilot	Asistente de IA integrado en Microsoft Word y Outlook (ayuda a redactar y resumir).
DeepL	Traductor de alta calidad, útil para redacción bilingüe o traducción de artículos.
Jenni	Asistente de escritura académica con IA (sugerencias y citas automáticas).
NotebookLM	Crea resúmenes y síntesis a partir de documentos cargados (de Google).
Perplexity	Motor de búsqueda conversacional con fuentes citadas.
Research GPT	Asistente especializado en redacción e interpretación de papers.
SciSpace	Interpreta papers, explica conceptos y ayuda a redactar.

Tabla 3. Organización del conocimiento y toma de notas inteligentes

Herramienta	Descripción
IRIS.AI	Resume y clasifica papers según objetivos de investigación.
NotebookLM	Organiza y resume tus propios documentos.
Undermind	Analiza y organiza grandes volúmenes de información (p.ej., papers o notas).

Tabla 4. Presentaciones, materiales docentes y comunicación científica

Herramienta	Descripción
Gamma	Crea presentaciones con diseño profesional a partir de texto o ideas.
Napkin	Captura ideas y genera conexiones entre conceptos.
Presentation AI	Creador de presentaciones basado en IA que genera diapositivas automáticamente a partir de prompts.

Tabla 5. Análisis de artículos y extracción de información

Herramienta	Descripción
ChatPDF	Permite subir PDFs y hacer preguntas sobre su contenido.
Elicit	Extrae y sintetiza información estructurada.
OpenEvidence	Resume resultados y conclusiones clínicas.
SciSpace	Explica y resume artículos subidos.
Rayyan	Herramienta colaborativa para revisar y cribar literatura (ideal para revisiones sistemáticas).

Tabla 6. Asistentes conversacionales generalistas

Herramienta	Descripción
ChatGPT	Puedes preguntarle cosas o mandarle tareas a través de la voz o chat escrito.
Comet	Navegador médico con IA, responde preguntas clínicas con referencias actualizadas.
Copilot	Asistente de Microsoft impulsado por IA, integra búsqueda y generación de contenido directamente en el navegador.
Perplexity	Responde con precisión y fuentes en tiempo real; ideal para investigar y resolver dudas con contexto.

Tabla 7. Apoyo clínico y diagnóstico asistido por IA

Herramienta	Descripción
Glass Health	Analiza casos clínicos y propone diagnósticos y planes basados en evidencia.
OpenEvidence	Plataforma de apoyo clínico que sintetiza literatura médica actualizada para responder preguntas con precisión y transparencia.

En las secciones siguientes desarrollaremos con mayor detalle algunas de estas herramientas (**Figura 1**) que consideramos más recomendables, mostrando sus principales funciones, ventajas, limitaciones y ejemplos de uso práctico. El objetivo es ofrecer una visión clara y aplicable que permita al lector comprender cómo integrarlas eficazmente en sus procesos de búsqueda y gestión bibliográfica, sabiendo que existen muchas otras alternativas igualmente válidas según el contexto y las necesidades individuales.

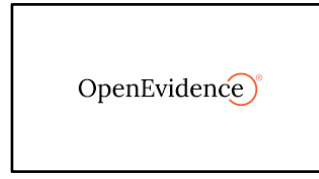
Figura 1. Algunas herramientas recomendadas para búsqueda y análisis de la literatura científica





Elicit es una herramienta de inteligencia artificial diseñada para facilitar la revisión de literatura científica. Funciona como un asistente de investigación que ayuda a encontrar artículos relevantes y generar resúmenes estructurados adaptados a cada pregunta de investigación.

- Facilita la búsqueda y síntesis de literatura científica.
- Extrae información clave mediante lectura automática del texto completo.
- Organiza la información en Tablas comparativas (datos del artículo, resumen, limitaciones, criterios…).
- Permite acceder al texto completo en artículos marcados con *.
- Ofrece filtros: PDF disponible, fecha, cuartil, tipo de estudio.
- Permite chatear con los artículos para análisis directo.
- Integra metadatos y enlaces a fuentes originales.
- Exporta referencias para Excel y gestores bibliográficos.
- Modelo freemium (uso gratuito con opciones de pago).
- Requiere siempre verificación y revisión crítica de la información

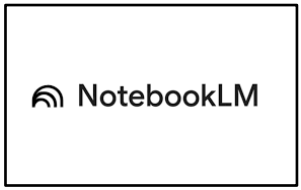


OpenEvidence es una plataforma impulsada por IA orientada a la búsqueda y síntesis de evidencia científica, especialmente en el ámbito clínico. Ofrece respuestas en lenguaje natural basadas en fuentes verificadas. Interrumpida en Europa en abril 2026.

- Trabaja en lenguaje natural en múltiples idiomas.
- Ofrece respuestas narrativas con citas.
- Proporciona soporte clínico basado en evidencia revisada.
- Incluye enlaces directos a fuentes originales (trazabilidad).

Impulsada por Mayo Clinic, con acceso al texto completo de JAMA y NEJM y publicaciones asociadas.

- Interfaz conversacional intuitiva.
- Accesible gratuitamente para profesionales colegiados.
- Puede integrarse con asistentes IA para mejorar el análisis.



NotebookLM es una herramienta de Google basada en Gemini 2.5. Funciona como un repositorio inteligente donde el usuario carga sus propias fuentes (PDF, audios, notas…) para generar análisis personalizados. A diferencia de los chatbots de IA generativa que extraen información de una amplia gama de datos de internet, NotebookLM basa todas sus respuestas exclusivamente en las fuentes que el usuario carga, lo que reduce las "alucinaciones" y garantiza la precisión contextual con citas claras a los documentos originales.

- Genera resúmenes, notas, informes, mapas conceptuales, podcasts, videos y respuestas conversacionales.
- Cita directamente las fuentes cargadas por el usuario.
- Permite subir hasta 50 fuentes (versión gratuita) o 300 (versión de pago).
- Convierte la información en formatos accesibles y permite compartirla.
- Crea mapas mentales personalizados.
- Genera propuestas de proyectos de investigación basadas en documentos cargados.
- Elabora cuestionarios ajustados al nivel requerido.
- Resume videos y audios (incluyendo podcasts).

Scite es una plataforma que ayuda a descubrir y evaluar artículos científicos a través de Smart Citations. Las Smart Citations permiten ver cómo se ha citado un artículo científico proporcionando el contexto de la cita y una clasificación que describe si aporta pruebas que apoyan o refutan la afirmación citada.

- Citas inteligentes (Smart Citations): muestra si un artículo es citado para apoyar, contradecir o solo mencionar sus resultados.
- Contexto de las citas: permite leer el fragmento exacto de otros artículos donde se cita el estudio.
- Evaluación de calidad: ayuda a identificar si un artículo tiene evidencia sólida, débil o controvertida.
- Informes automáticos (Scite Reports): resumen visual del impacto y tipo de citaciones de cada artículo.
- Búsqueda avanzada: permite encontrar literatura filtrando por apoyo, contradicción, tipo de estudio o autor.
- Integración con gestores: compatible con Zotero, EndNote, Mendeley y bases como PubMed o CrossRef.
- Análisis bibliométrico: revisa el comportamiento de citación de autores, revistas o instituciones.
- Extensiones para navegador y Word/Docs: permite ver la calidad de las citas mientras lees o escribes.



- Ayudar a formular preguntas de investigación claras.
- Sugerir palabras clave, sinónimos y combinaciones booleanas (unión de palabras clave: y, o, no) para búsquedas eficaces.

- Explicar cómo buscar en bases de datos científicas y proponer estrategias de búsqueda.
- Resumir artículos largos y destacar sus ideas principales.
- Comparar estudios y señalar coincidencias o diferencias relevantes.
- Extraer información clave como métodos, resultados o conclusiones.
- Apoyar en la organización de referencias (siempre exigir proporcionar solo referencias reales, verificables y comprobables.) y en la preparación de esquemas para revisiones bibliográficas.



Gamma es una herramienta para crear presentaciones profesionales a partir de texto o ideas. Genera diseños claros, visuales y editables, incluyendo imágenes creadas por IA.

- Crea presentaciones con diseño profesional a partir de texto.
- Todos los elementos son editables.
- Genera imágenes con IA que pueden modificarse.

AI PRESENTATION



P*resentation AI* es un conjunto de herramientas y tecnologías basadas en inteligencia artificial con el fin de

- Ahorrar tiempo
- Automatizar tareas repetitivas
- Ofrece resultados visualmente coherentes, ayudando tanto a profesionales como a estudiantes a producir presentaciones

claras, atractivas y bien organizadas sin necesidad de dominar técnicas avanzadas de diseño (**Tabla** 8).

Tabla 8. Costos estimados sujetos a cambios de Herramientas de IA – España (2026)

Herramienta	Versión gratuita	Precio en España (EUR)
ChatGPT (GPT-5)	Sí	≈ €24/mes (con IVA)
Elicit	Sí	≈ €11–13/mes (estimado con IVA)
OpenEvidence	Sí (según elegibilidad)	Generalmente gratuito para profesionales
NotebookLM	Sí	≈ € 20/mes (estimado con IVA)
Scite.ai	Prueba gratuita	≈ €19–22/mes (estimado con IVA)
Gamma	Sí (limitado)	≈ €10–20/mes según plan (estimado con IVA)
Presentations.AI	Sí (limitado)	≈ €18–20/mes o €180–190/año (estimado con IVA)

- ## 3.2. Inteligencia Artificial en Proyectos de Investigación

La incorporación de la Inteligencia Artificial en proyectos de investigación se ha convertido en un recurso fundamental para acelerar el análisis de datos, mejorar la precisión de los resultados y ampliar las posibilidades de descubrimiento científico. Gracias a herramientas capaces de automatizar tareas, detectar patrones complejos y generar modelos predictivos, la IA permite a los investigadores trabajar de forma más eficiente y rigurosa. Y esa ayuda es especialmente eficaz para investigadores con experiencia investigadora, capaces de formular las preguntas adecuadas y comprender los resultados que la IA devuelve [9,10].

Vamos a revisar los pasos para una visión clara y práctica de cómo integrar estas tecnologías en el proceso de investigación, desde la planificación inicial hasta la interpretación final de resultados [11].

3.2.1. Generación de ideas: Cuando se inicia una investigación, uno de los mayores retos es enfrentarse al folio en blanco. La IA ofrece soluciones eficaces para superar este bloqueo.

Generar ideas a partir de publicaciones previas del grupo de investigación o del propio autor.

- Explorar nuevos enfoques cuando se lleva tiempo trabajando sobre un mismo tema.

Herramienta	Función principal
ChatGPT (modo thinking)	Generación de ideas con razonamiento profundo.
NotebookLM	Análisis interactivo de bibliografía y propuesta de líneas de investigación.

3.2.2. Búsqueda bibliográfica: estrategias y herramientas

Una vez definida la idea, el siguiente paso consiste en realizar una búsqueda bibliográfica rigurosa y focalizada.

Se pueden emplear dos tipos de estrategias:

- Herramientas generales (Copylot, ChatGPT, Gemini, Claude, Comet).
- Herramientas especializadas en investigación (OpenEvidence,Consensus, Elicit, , Scispace).

Herramienta	Ventajas principales	Aplicación práctica
OpenEvidence	Resuelve dudas rápidas	Consultas clínicas diarias
Consensus	Filtra por año, tipo de estudio y nivel de evidencia.	Detección de áreas poco exploradas.
Elicit	Búsqueda general y sistemática.	Revisiones bibliográficas.
Scispace	Rastrea autores y temas relacionados.	Resume y explica artículos

3.2.3. Redacción del manuscrito: del borrador al texto final

La IA permite ayudarse mediante asistentes de redacción, modos de edición y plataformas integrales.

- ChatGPT y Gemini permiten encapsular conversaciones y editar respuestas.
- Scispace integra búsqueda, redacción, análisis y detección de texto generado por IA.

Google AI Studio analiza información en tiempo real desde la pantalla del usuario.

3.2.4. Análisis de datos y machine learning

Los modelos de IA han transformado el análisis estadístico, facilitando procesos avanzados como la regresión multivariante o el clustering de pacientes.

Herramienta	Aplicación
ChatGPT / Claude	Ejecución de análisis estadísticos básicos y avanzados.
Google Colab	Aplicación de machine learning con Python sin programar.
Julius, Powerdrill, Manus	Análisis estadístico especializado.

3.2.5. Envío y publicación del manuscrito

La IA optimiza la selección de revistas y la preparación de envíos académicos.

- Herramientas recomendadas: Thesify y Paperpal: búsqueda de revistas y revisión automática.

Hay determinados centros (p ej GPT personalizado del Hospital Sant Pau) que ofrecen: selección de revista, revisión del manuscrito y generación de carta de presentación.

3.2.6. Presentación de posters y comunicación científica

Aunque no existen herramientas completamente automatizadas, algunas facilitan el proceso:

- Claude: genera posters descargables y editables en PDF.

- Napkin: ayuda a esquematizar el contenido del abstract.

3.2.7. Trabajo colaborativo y gestión de proyectos

Las plataformas colaborativas han incorporado IA para optimizar la coordinación de grupos de investigación.

- Microsoft 365 y Google Workspace: creación de cronogramas automáticos.
- Notion: organización de proyectos y tareas compartidas.

3.2.8. Automatización de procesos

Herramientas de automatización permiten ahorrar tiempo en tareas administrativas:

- N8n, Make, Zapier: generan respuestas automáticas, guardan datos en Drive y organizan documentos.

3.3. Ejemplos Prácticos y Estrategias

3.3.1 Cómo formular preguntas PICO efectivas con ayuda de la IA.

A menudo, al inicio de una investigación, tenemos una idea general pero no una pregunta clara. La IA puede convertir esa idea en una pregunta estructurada, como el formato PICO, que es ideal para buscar estudios clínicos [12,13].

Pero ¿qué es la pregunta PICO?: es una herramienta fundamental en medicina basada en la evidencia que ayuda a los profesionales de la salud, investigadores y estudiantes a formular preguntas clínicas de manera clara, concisa y estructurada. Esto es crucial para poder buscar la mejor evidencia científica disponible para responder a esas preguntas.

El acrónimo PICO son las iniciales de los cuatro componentes clave que estructuran una pregunta clínica de investigación. Cada letra representa una parte fundamental de la pregunta, ayudando a definirla de manera precisa para facilitar la búsqueda de evidencia. La **Tabla** 9 representa los cuatro componentes clave que deben incluirse en una pregunta de investigación bien formulada.

Tabla 9. Significado de las letras PICO

Letra	Significado	Explicación
P	Paciente/ Población/ Problema	¿A quién o qué me refiero? Describe las características del paciente (edad, sexo, condición) o el problema de salud específico que se está investigando.
I	Intervención	¿Qué quiero hacer o qué se está estudiando? Define la intervención, exposición, tratamiento o prueba diagnóstica que es el foco de la pregunta.
C	Comparación	¿Con qué se compara la intervención? Es la alternativa a la intervención principal, que puede ser un placebo, un tratamiento estándar, otra intervención o simplemente la ausencia de intervención.
O	Outcome	¿Qué efecto o resultado espero observar o medir? Son los resultados relevantes y medibles que la intervención y la comparación intentan influir (ej. mejoría de síntomas, efectos secundarios, calidad de vida, etc.).

Al usar este marco, podemos transformar una idea general en una pregunta de investigación bien definida y lista para guiar tu búsqueda bibliográfica.

¿Por qué es esencial la formulación de preguntas PICO ?

- Clarifica la pregunta: Obliga a pensar de forma estructurada sobre lo que realmente se quiere investigar.

- Guía la búsqueda: Los elementos PICO se convierten directamente en las palabras clave para realizar búsquedas eficientes y pertinentes en bases de datos científicas como PubMed, Scopus o Embase.

- Facilita la evaluación de la evidencia: Una vez que se encuentran los estudios, es más fácil determinar si son relevantes para la pregunta formulada.

Ejemplos de preguntas PICO

El primer componente, **P (Paciente/Problema)**, describe a quién o a qué se refiere la pregunta y define las características clave del grupo o condición de interés, como "pacientes adultos con diabetes tipo 2", "niños con asma", "personas mayores con riesgo de caídas" o "pacientes posquirúrgicos con dolor".

El segundo componente, **I (Intervención)**, especifica qué acción, tratamiento o exposición se quiere estudiar, ya sea un fármaco como la insulina de acción rápida, una terapia como la fisioterapia, una herramienta tecnológica como plataformas de aprendizaje adaptativo basadas en IA o incluso un procedimiento quirúrgico.

El tercer componente, **C (Comparación)**, indica con qué se compara la intervención, pudiendo ser otro medicamento, el tratamiento habitual, la ausencia de intervención o métodos tradicionales, como los de enseñanza.

Finalmente, **O (Resultado)** define qué se espera medir u observar tras aplicar la intervención y la comparación; esto puede incluir la reducción de síntomas, la mejora de la calidad de vida, la disminución de la mortalidad, la adquisición de habilidades o conocimientos, o incluso factores como la satisfacción del usuario o los desafíos éticos.

Así pues, un listado de eventuales preguntas Pico sería:

¿En personas adultas que tienen diabetes tipo 2, el tratamiento con insulina de acción rápida mejora el control del azúcar en sangre a los tres meses, comparado con el uso habitual de metformina?

¿En niños con asma moderado (P), un programa educativo para el uso adecuado del inhalador (I), frente a la educación estándar (C), reduce el número de crisis asmáticas (O)?

¿En personas mayores con riesgo de caídas (P), la fisioterapia basada en ejercicios de equilibrio (I), comparada con la ausencia de intervención (C), disminuye la frecuencia de caídas en seis meses (O)?

¿En pacientes posquirúrgicos con dolor agudo (P), el uso de un nuevo analgésico (I), versus el analgésico estándar (C), reduce la intensidad del dolor durante las primeras 24 horas (O)?

¿En estudiantes de medicina (P), el uso de plataformas de aprendizaje adaptativo basadas en IA (I), comparado con métodos

de enseñanza tradicionales (C), mejora la retención de conocimientos tras el curso (O)?

¿En adultos con hipertensión (P), la dieta DASH (I), frente a no modificar la dieta habitual (C), reduce los niveles de presión arterial sistólica (O)?

¿En trabajadores con estrés laboral (P), un programa de mindfulness (I), comparado con la educación general sobre manejo del estrés (C), mejora la calidad de vida y disminuye los niveles de ansiedad (O)?

¿En mujeres embarazadas con anemia leve (P), la suplementación con hierro oral (I), frente a la ausencia de suplementos (C), aumenta los niveles de hemoglobina al tercer trimestre (O)?

Ejemplos de cómo la IA reformula un planteamiento en una pregunta PICO

Ejemplo 1

"***Quiero estudiar si la fisioterapia sirve para el dolor de rodilla."***

La IA puede hacer:

- **P**: Adultos con dolor de rodilla crónico
- **I**: Programa de fisioterapia basado en ejercicios de fortalecimiento
- **C**: Analgésicos orales solamente
- **O**: Disminución del dolor y mejora funcional a 8 semanas

Y la pregunta Pico resultante sería:

"En adultos con dolor de rodilla crónico, ¿un programa de fisioterapia basado en fortalecimiento, comparado con analgésicos orales, reduce el dolor y mejora la función a las 8 semanas?

Ejemplo 2

"Quiero saber si las clases con IA ayudan a los estudiantes a aprender mejor."

La IA puede hacer:

- **P:** Estudiantes universitarios en cursos teóricos
- **I:** Uso de plataformas de aprendizaje adaptativo basadas en IA

- **C:** Métodos de enseñanza tradicionales
- **O:** Mejora en la retención de conocimientos al finalizar el curso

Y la pregunta Pico resultante sería:

"*En estudiantes universitarios de cursos teóricos, ¿el uso de plataformas de aprendizaje adaptativo basadas en IA, comparado con la enseñanza tradicional, mejora la retención de conocimientos al final del curso?"*

Ejemplo 3

"*Quiero estudiar si un nuevo inhalador funciona mejor para el asma*."

La IA puede hacer:

- **P:** Niños con asma persistente moderada
- **I:** Uso de un nuevo inhalador de dosis medida
- **C:** Inhalador estándar utilizado actualmente
- **O:** Reducción en el número de crisis asmáticas en 3 meses

Y la pregunta Pico resultante sería:

"En niños con asma persistente moderada, ¿el uso de un nuevo inhalador de dosis medida, comparado con el inhalador estándar, reduce el número de crisis asmáticas en un periodo de 3 meses?"

3.3.2. Sugerir términos MeSH, sinónimos y combinaciones booleanas (a verificar en PubMed/Embase)

Una vez definida la pregunta de investigación, es necesario seleccionar palabras clave adecuadas para realizar búsquedas efectivas en bases de datos como PubMed. La inteligencia artificial puede ayudar sugiriendo términos especializados, sinónimos y formas de combinarlos [14].

En el caso por ejemplo de un tema "uso de la realidad virtual para tratar la ansiedad en adolescentes", la IA podría generar un prompt como: "Dame términos MeSH, sinónimos y una combinación booleana (or,and) para buscar 'uso de la realidad virtual para tratar la ansiedad en adolescentes' en PubMed".

A partir de ello, la IA propondría términos MeSH como *Virtual Reality Exposure Therapy*, *Anxiety Disorders* y *Adolescent*; además de sinónimos relevantes como "VR therapy", "virtual environments", "teen anxiety" y "youth stress".

Finalmente, sugeriría una estrategia de búsqueda con operadores booleanos, por ejemplo: ("Virtual Reality Exposure

Therapy"[MeSH] OR "VR therapy" OR "virtual environments") AND ("Anxiety Disorders"[MeSH] OR "teen anxiety" OR "youth stress") AND "Adolescent"[MeSH].

3.3.3 Explicar métodos estadísticos o diseños complejos

Si te encuentras con un método estadístico o un diseño de estudio que no entiendes bien, la IA puede explicártelo de forma sencilla.

- *Pregunta: "¿Qué es un 'estudio de cohortes' y por qué se usa en epidemiología?"*

La IA te lo explica: "Un estudio de cohortes es un tipo de investigación observacional donde un grupo de personas (la cohorte) se sigue a lo largo del tiempo. Algunas personas de la cohorte están expuestas a algo (por ejemplo, fuman) y otras no. Los investigadores observan quién desarrolla una enfermedad para ver si la exposición (fumar) aumenta el riesgo. Se usa mucho en epidemiología para estudiar la relación entre factores de riesgo y enfermedades."

3.3.4 Proponer subtemas y líneas de investigación relacionadas

Cuando se pretende profundizar en un tema de investigación, la inteligencia artificial puede ayudar a generar subtemas y posibles líneas de estudio que orienten un proyecto. Supongamos que el tema principal fuera

"Uso de tecnologías digitales para mejorar la autogestión en pacientes con insuficiencia cardiaca",

La IA podría sugerir un prompt como: "Propón 5 subtemas y 3 líneas de investigación sobre el uso de tecnologías digitales para la autogestión en insuficiencia cardiaca". A partir de ello, presentaría subtemas como la eficacia de las aplicaciones móviles para la monitorización de síntomas, el impacto de los recordatorios digitales en la adherencia al tratamiento, la utilidad de los dispositivos de seguimiento remoto para detectar descompensaciones tempranas, o las consideraciones éticas y de privacidad en el uso de datos clínicos.

Como líneas de investigación, podría sugerir la evaluación de una app móvil diseñada para mejorar el control del peso y la medicación en pacientes con insuficiencia cardiaca, el análisis del

valor predictivo de dispositivos de telemonitorización para anticipar hospitalizaciones, y el diseño de un programa educativo digital que combine seguimiento remoto y apoyo personalizado para mejorar resultados clínicos en esta población.

3.3.5 Técnicas para resumir artículos complejos en puntos clave

La capacidad de extraer la esencia de un artículo científico es fundamental para mantenerse al día con la literatura, realizar revisiones y comunicar hallazgos de manera efectiva. Implica un proceso de lectura crítica y síntesis [15].

- **Técnicas tradicionales de lectura y resumen**

Aunque las herramientas de IA ofrecen grandes ventajas, la base para un buen resumen sigue siendo la comprensión humana del texto. Algunas técnicas se incluyen en la **Tabla** 10.

- **La Inteligencia Artificial como catalizador en el resumen de artículos**

Las herramientas de IA, especialmente los grandes modelos de lenguaje como GPT-4, GPT-5, Claude 3.5, Gemini Ultra, Llama 3, Mistral Large, así como sistemas orientados al estudio y síntesis como NotebookLM y otros modelos especializados para análisis de documentos, están revolucionando la forma en que abordamos el resumen de textos complejos [16-18]. Pueden actuar como asistentes potentes, acelerando significativamente la productividad académica. Ejemplos de lo que pueden hacer:

- *Generación de resúmenes automáticos*: Los modelos de lenguaje pueden resumir artículos académicos complejos, textos y abstracts, convirtiendo datos en un formato comprensible de manera eficiente. Esto permite obtener una visión general detallada de material relevante en una fracción del tiempo, identificar los artículos más apropiados, extraer los puntos principales y secuenciarlos adecuadamente.

Tabla 10. Técnicas Tradicionales de Lectura y Resumen

Técnica	Descripción
Lectura activa y crítica	Interactuar con el texto, subrayar ideas principales, hacer anotaciones e identificar la pregunta de investigación, metodología, resultados y conclusiones.
Identificar la estructura del artículo	Reconocer la estructura IMRyD (Introducción, Métodos, Resultados, Discusión) para localizar rápidamente información relevante.
Introducción	Determinar cuál es el problema o la pregunta del estudio y su importancia.
Métodos	Identificar cómo se realizó el estudio, el diseño utilizado y quiénes participaron.
Resultados	Buscar los hallazgos principales y revisar Tablas y figuras que resumen los datos.
Discusión / Conclusión	Interpretar los resultados, su relación con estudios previos, sus implicaciones y limitaciones.
Palabras clave y frases temáticas	Detectar los términos y conceptos centrales que se repiten en el artículo.
Parafrasear	Expresar con tus propias palabras las ideas del autor para asegurar comprensión y evitar plagio.
Síntesis progresiva	Crear resúmenes breves por sección y luego integrarlos en un resumen final más completo.

- *Simplificación de conceptos complejos*: La IA puede simplificar conceptos complejos, haciendo el conocimiento más accesible, incluso para aquellos con experiencia limitada en investigación.
- *Extracción de puntos clave*: Las tecnologías de IA pueden ayudar a identificar los puntos clave de un artículo, lo que facilita la comprensión de los hallazgos más importantes.
- *Apoyo en la revisión de la literatura*: La IA puede ayudar a buscar artículos relevantes para una revisión de la literatura sobre un tema de interés específico.

- *Esquematización para la escritura científica*: Además de resumir, la IA puede asistir en la creación de esquemas para la escritura científica, lo que permite organizar mejor las ideas y, en última instancia, mejorar la calidad del trabajo.

- **Ejemplos prácticos de programas de IA en resumen de texto.**

Además de los grandes modelos de lenguaje que hemos comentado destacan varias por su utilidad práctica:

- **Scholarcy,** por ejemplo, permite resumir artículos extensos, extraer automáticamente referencias y generar tarjetas de estudio o *flashcards*, lo que agiliza la comprensión de documentos densos y fomenta el aprendizaje activo

- **SciSummary** está diseñada específicamente para textos académicos y facilita la extracción de *abstracts*, figuras y puntos clave de forma estructurada, ayudando a identificar rápidamente los hallazgos esenciales de un artículo

- **Elicit** funciona como un asistente de investigación científica capaz de realizar búsquedas, extraer datos metodológicos y generar resúmenes de miles de artículos, lo que acelera significativamente el proceso de revisión de la literatura

- **TLDR This**, proporcionan resúmenes rápidos de textos largos y pueden servir como un primer acercamiento antes de realizar una lectura más profunda .Conjuntamente, estas herramientas amplían el abanico de opciones disponibles para investigadores, estudiantes y profesionales, permitiendo optimizar el tiempo, mejorar la comprensión y reforzar la calidad del análisis académico.

- **Consideraciones y mejores prácticas al usar IA para resumir**

Aunque la IA ofrece ventajas significativas, es crucial usarla de manera reflexiva y crítica:

- Verificación humana: La IA "puede alucinar" detalles importantes u omitir matices. Siempre es necesario que el usuario verifique la validez de todo el contenido generado por la IA,

asegurándose de que las citas sean correctas y que el contenido sea preciso y no presente plagio.

- Evitar la "muleta intelectual**"**: Existe la preocupación de que el uso de la IA pueda convertirse en una "muleta intelectual", comprometiendo el desarrollo de habilidades críticas en los estudiantes. El objetivo no es que la IA piense por el estudiante, sino que alivie la carga de tareas tediosas para permitir un mayor enfoque en el aprendizaje y el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico.
- Desarrollo de habilidades propias: Aunque la IA simplifica el proceso, la capacidad de los estudiantes para explorar y sintetizar grandes cantidades de información y generar sus propias conclusiones sigue siendo una habilidad importante por desarrollar. La IA debe ser una herramienta para potenciar, no para reemplazar, esta habilidad.

3.3.6 Flujo de trabajo práctico recomendado con IA

Considerando lo anteriormente comentado el uso de la IA en procesos de revisión y búsqueda científica puede organizarse mediante un flujo de trabajo práctico que optimiza el tiempo y permite concentrarse en el análisis crítico. Este flujo de trabajo no pretende sustituir el razonamiento crítico, sino reducir la carga mecánica y permitir que el profesional concentre su esfuerzo en la interpretación rigurosa de la evidencia [19] **(Tabla 11).**

3.3.7 Identificación de sesgos, limitaciones y controversias en estudios

La capacidad de identificar sesgos, reconocer limitaciones y comprender las controversias es fundamental para la evaluación crítica de la evidencia científica. La inteligencia artificial asiste en este proceso, pero también introduce nuevas consideraciones [15].

1. Sesgos:

Los sesgos son errores sistemáticos que pueden distorsionar los resultados. En la investigación con IA, estos pueden surgir y acumularse a lo largo del ciclo de vida de la IA, desde la recolección de datos hasta el desarrollo, evaluación y despliegue del modelo. Los modelos de IA, especialmente los generativos,

Tabla 11. Flujo de trabajo recomendado con IA

Paso	Descripción
1. Definir pregunta clínica	Formular la pregunta clínica con precisión, idealmente usando el marco PICO y apoyándose en un modelo de lenguaje.
2. Generar términos de búsqueda	La IA sugiere MeSH, sinónimos y booleanos que luego deben validarse en bases como PubMed o Cochrane.
3. Exploración inicial	Uso de Elicit o búsquedas semánticas para obtener un mapa preliminar de estudios relevantes.
4. Confirmación en bases tradicionales	Revisión y ampliación en PubMed, Embase o Cochrane.
5. Síntesis de artículos	Los LLM extraen diseño, población, intervención, resultados y limitaciones.
6. Análisis crítico	La IA identifica sesgos y debilidades, siempre revisados manualmente.
7. Contextualización	Scite.ai muestra cómo la comunidad cita, apoya o discute los hallazgos.
8. Integración y conclusiones	La IA ayuda a crear Tablas y conclusiones, con decisión final humana.
9. Actualización continua	Alertas automatizadas y nuevas búsquedas mantienen vivo el proceso.

pueden heredar y amplificar sesgos sociales y estereotipos presentes en sus datos de entrenamiento, llevando a resultados inexactos o discriminatorios [20].

2. Limitaciones:

Todo estudio tiene factores que restringen la validez o aplicación general de sus hallazgos. En la investigación médica y la educación, estas limitaciones pueden ser:

- Metodológicas**:** Tamaños de muestra pequeños, estudios de

una sola institución o la dependencia de un único sistema de IAs. La falta de ensayos controlados aleatorizados, grupos de control y evaluaciones a corto plazo. La variabilidad en las aplicaciones de IA también afecta la comparabilidad entre estudios [21].

- De la tecnología: La IA está en sus primeras etapas, requiriendo investigación exhaustiva y datos del mundo real a largo plazo para verificar su precisión. Los modelos actuales de LLM pueden no diagnosticar con precisión, seguir las guías clínicas o interpretar resultados de laboratorio, lo que implica riesgos para la salud de los pacientes.
- Éticas y operativas: Las preocupaciones éticas sobre la privacidad de los datos, el sesgo algorítmico y la rendición de cuentas siguen sin resolverse [21]. Además, una excesiva dependencia de las herramientas de IA podría erosionar las habilidades críticas y humanísticas esenciales en la medicina

3. Controversias:

Las controversias surgen de hallazgos contradictorios o debates sobre aspectos éticos y metodológicos [22]. La IA genera debates sobre:

- Integridad científica: El uso de LLMs en la ciencia desafía normas fundamentales como la rendición de cuentas, la transparencia y la replicabilidad. Existen preocupaciones significativas sobre el riesgo que la IA podría representar para la integridad científica
- Autoría y atribución: No hay un consenso sobre si los LLMs deben ser citados como coautores en trabajos académicos, ni si deben usarse para producir el texto completo de un manuscrito. Esto subraya la necesidad de una clara atribución y comprensión de cómo funcionan estas herramientas.
- Fiabilidad y percepción: Las soluciones de IA pueden explotar nuestras limitaciones cognitivas que reducen la innovación. La IA, aunque puede agilizar la investigación, no reemplaza la necesidad de la verificación humana y el juicio crítico.

Por tanto, la IA es una herramienta poderosa que transforma la investigación y educación médica, pero su uso requiere una evaluación crítica constante para mitigar sesgos, reconocer

limitaciones inherentes y abordar las controversias éticas y metodológicas [23].

3.4 Docencia Práctica de Medicina Basada en la Evidencia (MBE): Casos Clínicos, Herramientas de IA y Razonamiento Crítico

El diseño de actividades basada en casos reales (como los que presentamos a continuación) permite que el estudiante o profesional en formación trabaje sobre escenarios clínicos auténticos: por ejemplo, un paciente con hipertensión resistente y enfermedad renal crónica, o una mujer con cáncer de mama HER2+ en tratamiento adyuvante. Estos casos activan el aprendizaje con la formulación de preguntas PICO, el uso de herramientas de inteligencia artificial para búsqueda crítica, la comparación de ensayos clínicos y la reflexión sobre su aplicación**.**

Cada caso se estructura con objetivos de aprendizaje claros, la formulación de una PICO, la integración de herramientas de IA (como Elicit, Scite.ai o LLMs), la lectura crítica de ensayos y la discusión grupal orientada a la toma de decisiones y reflexión. El propósito es doble: por un lado desarrollar competencias clínicas y de evidencia; por otro, cultivar la capacidad de utilizar y supervisar tecnologías emergentes en educación médica.

3.4.1 Caso 1. Hipertensión resistente en paciente con enfermedad renal crónica

Escenario: Varón 62 años, HTA resistente (≥3 fármacos incluyendo diurético), TFGe 42 mL/min/1,73 m².

Objetivos de aprendizaje:

- Formular una PICO compleja.
- Integrar IA en búsqueda de ensayos.
- Valorar beneficio-riesgo con lectura crítica.

Secuencia:

1. Con un LLM, formular PICO: P: adultos con HTA resistente y ERC; I: antagonistas de mineralocorticoides; C: otras estrategias; O: control de PA, eventos CV, función renal.
2. Pedir al LLM términos MeSH y estrategia de búsqueda; validarlos en PubMed.

3. Usar Elicit para encontrar ensayos (ej. PATHWAY-2) y estudios en ERC.

4. Con LLM, resumir cada ensayo (diseño, población, resultados).

5. Usar Scite.ai para ver si estos estudios han sido respaldados o cuestionados.

6. Discusión en grupo: ¿cuándo añadir antagonistas de mineralocorticoides?, ¿cómo monitorizar potasio y función renal?, ¿cómo comunicar riesgos?

Producto final: recomendación razonada para el caso + reflexión sobre cómo la IA ayudó y qué cosas exigieron lectura directa.

3.4.2 Caso 2. Duración óptima de terapia anti-HER2 adyuvante

Escenario: Mujer 49 años, cáncer de mama HER2+, tratada con cirugía conservadora + quimio. Debe decidirse 6 vs 12 meses de trastuzumab.

Objetivos:

- Evaluar ensayos con resultados no idénticos.
- Introducir el impacto del patrocinio y diseño.

Secuencia:

1. Usar LLM para definir PICO (6 vs 12 meses, supervivencia libre de enfermedad, cardiotoxicidad).
2. Elicit para localizar ensayos (PHARE, PERSEPHONE).
3. LLM: síntesis comparativa de cada ensayo.
4. Scite.ai: ver citaciones críticas o de apoyo.
5. Discusión: ¿en qué pacientes podría ser razonable 6 meses? ¿Qué peso tiene la cardiotoxicidad? ¿Cómo explicar incertidumbre a la paciente?

Producto final: algoritmo práctico consensuado por el grupo.

3.4.3 Caso 3. Fibrilación auricular subclínica

Escenario: Varón 70 años, smartwatch detecta episodios breves de ritmo irregular, asintomático.

Objetivos:

- Manejar incertidumbre.
- Integrar evidencia emergente.

Secuencia:

1. PICO: anticoagulación vs observación en FA subclínica detectada por dispositivos.
2. Elicit: localizar estudios tipo LOOP, STROKESTOP.
3. LLM: síntesis de resultados y limitaciones (duración episodios, riesgo absoluto de ictus).
4. Scite.ai: ver controversias.
5. Discusión: riesgos de sobretratamiento, comunicación compartida, qué recomendar hoy.

Producto final: recomendación matizada + listado de "lagunas de evidencia".

3.4.4 Caso 4. Implementar IA en la enseñanza de Medicina Basada en la Evidencia (MBE)

Escenario**:** Facultad quiere integrar IA en un módulo de MBE.

Objetivos:

- Diseñar un protocolo institucional.
- Aplicar principios éticos y de calidad.

Secuencia:

1. LLM: generar esquema de competencias (formulación de preguntas, búsqueda, lectura crítica, ética digital).
2. Elicit: localizar literatura sobre IA en educación médica y MBE.
3. Scite.ai: valorar solidez de los estudios usados como base.
4. Diseñar en grupos:
    - Guía de uso responsable de LLMs (no copiar-pegar sin verificación).
    - Rúbrica para evaluar si un trabajo ha usado IA de forma transparente.
    - Política sobre protección de datos y plagio.

Producto final**:** borrador de "política de integración de IA en la docencia de MBE" listo para presentar en la comisión académica.

Referencias

1. Aster A, Laupichler MC, Rockwell-Kollmann T, Masala G, Bala E, Raupach T. ChatGPT and other large language models in medical education – scoping literature review. *Med Sci Educ.* 2024;35(1):555-567.

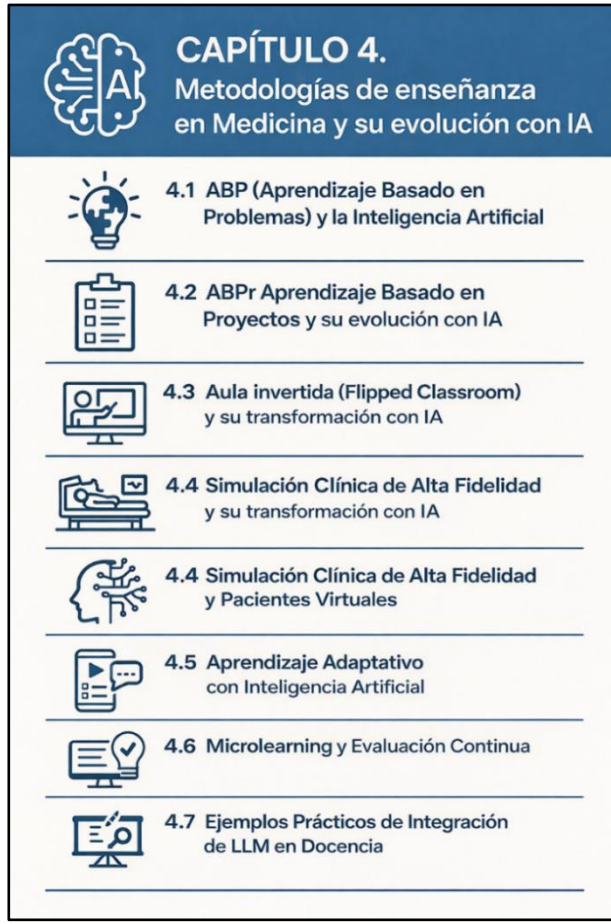
2. Tsang R. Practical applications of ChatGPT in undergraduate medical education. *J Med Educ Curric Dev.* 2023;10:23821205231178449.
3. Lucas HC, Upperman JS, Robinson JR. A systematic review of large language models and their implications in medical education. *Med Educ.* 2024;58(11):1276-1285.
4. Preiksaitis C, Rose C. Opportunities, challenges, and future directions of generative artificial intelligence in medical education: scoping review. *JMIR Med Educ.* 2023;9:e48785.
5. Mishra V, Lurie Y, Mark S. Accuracy of LLMs in medical education: evidence from a concordance test with medical teacher. *BMC Med Educ.* 2025;25(1):443.
6. Meng X, Yan X, Zhang K, Liu D, Cui X, Yang Y, et al. The application of large language models in medicine: a scoping review. *iScience.* 2024;27(5):109713.
7. Aydin S, Karabacak M, Vlachos V, Margetis K. Large language models in patient education: a scoping review of applications in medicine. *Front Med (Lausanne).* 2024;11:1477898.
8. Garcia Puente María. Inteligencia Artificial para la búsqueda bibliográfica y redacción científica Conferencia Curso precongreso SEN 2025 IA para nefrólogos de lo teórico a lo transformador 2025;[https://www.senefro.org/modules.php?name=webstructure&idwebstructure=262]
9. Komasawa N, Yokohira M. Generative Artificial Intelligence (AI) in Medical Education: A Narrative Review of the Challenges and Possibilities for Future Professionalism. Cureus. 2025 Jun 18;17(6): e86316
10. Almansour M, Soliman M, Aldekhyyel R, Binkheder S, Temsah MH, Malki KH. An Academic Viewpoint (2025) on the Integration of Generative Artificial Intelligence in Medical Education: Transforming Learning and Practices. Cureus. 2025 Mar 25;17(3):e81145
11. Ruiz Ramos J La IA entra en los proyectos de investigación 2025;https://www.diariomedico.com/farmacia/investigacion/folio-blanco-deja-dar-miedo-ia-entra-proyectos-investigacion.html

12. Roper M, Malik PRA, Quaiattini A, Grad R. Clinical Questions Addressed by First-Year Medical Students in Primary Care: A Cross-Sectional Study. Fam Med. 2025 Apr;57(4):261-267.
13. Brown D. A Review of the PubMed PICO Tool: Using Evidence-Based Practice in Health Education. Health Promot Pract. 2020 Jul;21(4):496-498.
14. Joseph G, Bhatti N, Mittal R, Bhatti A. Current Application and Future Prospects of Artificial Intelligence in Healthcare and Medical Education: A Review of Literature. Cureus. 2025 Jan 12;17(1):e77313.
15. Khakpaki A. Advancements in artificial intelligence transforming medical education: a comprehensive overview. Med Educ Online. 2025 Dec;30(1):2542807.
16. Bednarczyk L, Reichenpfader D, Gaudet-Blavignac C, Kenna Ette A, Zaghir J, Zheng Y, et al. Scientific evidence for clinical text summarization using large language models: a scoping review. *J Med Internet Res.* 2025;27: e68998.
17. Lieberum JL, Heinemann F, Eberl A, Haarbrandt B, Prokosch HU, Sedlmayr M. Large language models for conducting systematic reviews: on the rise, but not yet ready for use – a scoping review. *J Clin Epidemiol.* 2025; 181:111746.
18. Khan S, Khan RA, Kim J, Hassan SU. Artificial intelligence-driven text summarization in health care: a comprehensive review. *Health Inf Sci Syst.* 2024;12(1):31.
19. Thompson RAM, Shah YB, Aguirre F, Stewart C, Lallas CD, Shah MS. Artificial Intelligence Use in Medical Education: Best Practices and Future Directions. Curr Urol Rep. 2025 May 29;26(1):45.
20. Walker L. Artificial intelligence in medical education: Potential and pitfalls. Aust J Gen Pract. 2025 Oct;54(10):743-746.
21. Verghese BG, Iyer C, Borse T, Cooper S, White J, Sheehy R. Modern artificial intelligence and large language models in graduate medical education: a scoping review of attitudes, applications & practice. BMC Med Educ. 2025 May 20;25(1):730
22. Duan S, Liu C, Rong T, Zhao Y, Liu B. Integrating AI in medical education: a comprehensive study of medical students' attitudes, concerns, and behavioral intentions. BMC Med Educ. 2025 Apr 23;25(1):599.

23. Gordon M, Daniel M, Ajiboye A, Uraiby H, Xu NY, Bartlett R, Hanson J, Haas M, Spadafore M, Grafton-Clarke C, Gasiea RY, Michie C, Corral J, Kwan B, Dolmans D, Thammasitboon S. A scoping review of artificial intelligence in medical education: BEME Guide No. 84. Med Teach. 2024 Apr;46(4):446-470.

4.

METODOLOGÍAS DE ENSEÑANZA EN MEDICINA Y SU EVOLUCIÓN CON IA



Como hemos comentado previamente, la educación médica atraviesa una transformación profunda impulsada por la integración de metodologías activas y herramientas basadas en inteligencia artificial. Tradicionalmente centrada en la transmisión de conocimientos, la formación actual exige estrategias que

fomenten el razonamiento clínico, la resolución de problemas y la toma de decisiones en escenarios complejos. A través de ejemplos concretos vamos a ver de qué manera estas tecnologías no solo optimizan la enseñanza, sino que también preparan a los futuros profesionales de la salud para un entorno clínico cada vez más digital y orientado a los datos.

4.1 ABP (Aprendizaje Basado en Problemas) y la inteligencia Artificial

El aprendizaje basado en problemas (ABP) se inició en 1969, en la Escuela de Ciencias de la Salud de la Universidad de McMaster (Canadá). La Facultad estableció una nueva escuela de medicina con un enfoque educativo innovador que se utilizaría a lo largo de todo su plan de estudios, un enfoque que hoy es conocido en todo el mundo como aprendizaje basado en problemas (ABP). Su primera generación se graduó en 1972. Aproximadamente al mismo tiempo, el College of Human Medicine de la Universidad Estatal de Míchigan implementó un curso de resolución de problemas como una vía alternativa dentro de su currículo preclínico [1].

Estimulado por el enfoque de McMaster, y gracias a la retroalimentación mutua, otras escuelas de medicina recién creadas -en Maastricht (Países Bajos) y en Newcastle (Australia), también desarrollaron planes de estudio basados en problemas a comienzos de la década de 1970.

A principios de la década de 1980, facultades de medicina con planes de estudio convencionales comenzaron a desarrollar currículos alternativos y paralelos basados en problemas para un subconjunto de sus estudiantes. La pionera en esta tendencia fue el Primary Care Curriculum de la Universidad de Nuevo México. Posteriormente, otras escuelas asumieron la tarea aún más ardua de convertir todo su currículo al aprendizaje basado en problemas. La primera fue la Universidad de Hawái, seguida por Harvard (que inicialmente había establecido una vía alternativa) y la Universidad de Sherbrooke en Canadá [2,3].

En la actualidad, existen escuelas de medicina -tanto nuevas como establecidas- en todo el mundo que han creado o están creando currículos basados en el aprendizaje por problemas.

4.1.1. En qué consiste el ABP

El ABP es una metodología docente centrada en el estudiante, en la que éste trabaja en grupos pequeños sobre un problema abierto o poco estructurado que actúa como desencadenante del aprendizaje. Durante el proceso, los estudiantes identifican lo que ya saben, lo que necesitan aprender, planifican su estudio autónomo, investigan y luego regresan al grupo para discutir hallazgos, integrar conocimientos y aplicar soluciones al problema.

Esta metodología pretende ir más allá de la transmisión de contenidos, favoreciendo competencias como el pensamiento crítico, el aprendizaje autodirigido, el trabajo en equipo, la comunicación y la transferencia del conocimiento al entorno real.

En el ámbito médico, su justificación radica en que simula escenarios clínicos auténticos, fomentando la integración de conocimientos básicos y clínicos, y preparando al estudiante para la resolución de problemas en un entorno dinámico [4-6].

El proceso comprende siete pasos (según la escuela de Maastricht), en al menos dos sesiones de aula y una de trabajo individual (**Tabla** 1). Esta Tabla describe las etapas del proceso de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) aplicado a la resolución de un caso clínico. Se divide en tres momentos: primera sesión grupal, trabajo individual y segunda sesión grupal [7].

- En la primera sesión, el objetivo es activar conocimientos previos y establecer bases comunes. Los pasos incluyen: (a) clarificación de conceptos confusos, (b) definición del problema, (c) lluvia de ideas identificando conceptos relacionados, (d) análisis o elaboración del problema mediante clasificación de conceptos, y (e) definición colaborativa de los objetivos de aprendizaje.
- Durante el trabajo individual, los estudiantes realizan el (6) estudio independiente, buscando información válida para responder los objetivos de aprendizaje.
- En la segunda sesión, se lleva a cabo el (f) reporte grupal, donde se discute el problema a partir de las respuestas individuales y se integra el aprendizaje de manera conjunta.

Tabla 1. Pasos para facilitar la solución de un caso clínico mediante ABP

Espacio docente	Pasos consecutivos
Primera sesión:	Paso 1. Clarificación de conceptos
El objetivo es la activación del conocimiento previo para homogeneizar las bases.	Paso 2. Definición del problema Paso 3. Lluvia de ideas Paso 4. Análisis del problema o elaboración Paso 5. Definición de los objetivos de aprendizaje
Trabajo individual	Paso 6. Estudio independiente: búsqueda de información válida
Segunda sesión: Se comparten las respuestas del estudio individual.	Paso 7. Reporte: discusión del problema y síntesis del aprendizaje

4.1.2 ABP en España

En España, la adopción del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) como metodología central del currículo médico es aún limitada, aunque creciente. Solo un pequeño número de facultades ha incorporado un modelo plenamente estructurado en torno al ABP, destacando la Universidad de Girona, la Universidad de Deusto y la Universidad Loyola, cuyos grados han sido diseñados desde su origen siguiendo los principios del aprendizaje centrado en el estudiante, el trabajo en pequeños grupos y la resolución activa de problemas clínicos. Aunque es posible que haya alguna institución que no conocemos, en el resto de facultades de Medicina del país, la presencia del ABP es más heterogénea y generalmente parcial: se integra en asignaturas concretas, seminarios, módulos de ciencias clínicas o actividades tutoriales, pero no constituye el eje vertebrador del programa. Universidades

como la Rovira i Virgili, la Pública de Navarra, o la Autónoma de Madrid emplean ABP como complemento dentro de modelos híbridos que combinan clases magistrales, aprendizaje basado en casos y prácticas clínicas.

4.1.3 Dificultades de implantación

La implantación completa del Aprendizaje Basado en Problemas en las facultades de Medicina españolas ha sido limitada debido a una serie de barreras estructurales, organizativas y culturales que se expresan en la **Tabla** 2.

Tabla 2. Dificultades para Implantación Integral del ABP

Dificultad	Descripción	Impacto en la Facultad	Posibles Soluciones
Coste docente elevado	Requiere grupos pequeños, más tutores y mayor dedicación académica.	Incrementa la necesidad de contratación y de horas docentes.	Planificar grupos mixtos, tutorías compartidas y fases híbridas ABP.
Reorganización curricular profunda	Necesita transformar planes disciplinares en modelos integrados.	Requiere rediseñar el plan de estudios y coordinación interdepartamental.	Implementar fases piloto y trabajo por sistemas de forma progresiva.
Resistencia del profesorado	Algunos docentes desconocen la metodología o temen perder control.	Dificulta el cambio cultural institucional.	Capacitación docente, mentorías y acompañamiento en implementación.

Limitaciones de infraestructura	Se necesitan espacios para trabajo en pequeños grupos.	Requiere salas adicionales y reorganización de espacios.	Adaptar aulas modulares, uso de salas virtuales o híbridas.
Alta coordinación docente	El ABP exige sincronización entre asignaturas y tutores.	Riesgo de inconsistencias entre módulos o repeticiones.	Crear comisiones de coordinación y guías docentes integradas.
Evaluación compleja	Valorar competencias clínicas y transversales es más difícil.	Mayor carga evaluativa y necesidad de instrumentos válidos.	Usar rúbricas, OSCE, portfolios y evaluación continua.
Presión asistencial	Profesorado clínico con poco tiempo para tutorías ABP.	Reduce disponibilidad real para sesiones ABP.	Ajustar cargas asistenciales y establecer incentivos docentes.
Ratios altas de estudiantes	Grupos muy numerosos dificultan aplicar ABP real.	Disminuye efectividad de la metodología.	División por subgrupos, tutorías rotatorias, apoyo tecnológico.

4.1.4 Transformación del ABP con IA

La IA, especialmente a través de modelos de lenguaje grandes, puede transformar el ABP de diversas maneras [8-12].

- **Generación de Casos Clínicos Adaptativos:** La IA puede crear un número ilimitado de casos clínicos realistas, complejos y variados, incluyendo presentaciones de enfermedades raras o situaciones atípicas que son difíciles de encontrar en la práctica diaria [13]. Estos casos pueden adaptarse dinámicamente según el

progreso y las necesidades específicas de cada estudiante, asegurando un desafío continuo y relevante.

- **Aprendizaje Personalizado y Retroalimentación Instantánea:** Los sistemas impulsados por IA pueden ofrecer una experiencia de aprendizaje altamente personalizada, adaptándose al ritmo individual y a las áreas de mejora del estudiante [8]. Pueden generar preguntas de opción múltiple para reforzar puntos clave, proporcionar explicaciones detalladas y ayudar en la formulación de diagnósticos diferenciales, considerando múltiples dominios y patologías [14].
- **Simulaciones Clínicas Mejoradas:** A través de pacientes virtuales y chatbots avanzados, la IA permite a los estudiantes practicar la anamnesis, el diagnóstico y la planificación del tratamiento en un entorno simulado y seguro. Esto refina sus habilidades de razonamiento clínico sin riesgo para los pacientes [15] Estas simulaciones pueden incluso simular encuentros médicos de la vida real, lo que permite a los estudiantes desarrollar habilidades de comunicación y diagnóstico en un entorno de riesgo cero [8].
- **Análisis del rendimiento académico y Detección de Sesgos:** Las herramientas de IA pueden analizar las respuestas de los estudiantes a los casos, ofreciendo retroalimentación no solo sobre la precisión diagnóstica sino también sobre el proceso de toma de decisiones, sugiriendo soluciones alternativas y ayudando a los estudiantes a reconocer y abordar posibles sesgos cognitivos o éticos [13].

4.1.5 Comparación entre ABP Tradicional y ABP Potenciado por IA

La evolución del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) ha dado lugar a nuevas formas de estructurar la enseñanza médica gracias a la incorporación de herramientas de inteligencia artificial. La **Tabla** 3 presenta una comparación sintética entre el ABP tradicional y el ABP apoyado por IA, destacando cómo este último amplía las posibilidades de personalización, diversidad de casos, retroalimentación y eficiencia del proceso formativo. Este contraste permite visualizar claramente cómo la IA no sustituye la esencia del ABP, sino que la potencia y facilita, ofreciendo un

aprendizaje más adaptativo, accesible y enriquecido para el estudiante.

Tabla 3. Comparación entre ABP Tradicional y ABP Potenciado por IA

Dimensión	ABP Tradicional	ABP con IA
Diversidad de casos	Limitada a los casos diseñados por el profesorado.	Generación ilimitada de casos y variaciones clínicas mediante IA.
Personalización	Misma dificultad y material para todos los grupos.	Escenarios adaptados al nivel y progresión del estudiante.
Retroalimentación	Depende del tutor; variable en calidad y tiempo.	Feedback inmediato, coherente y basado en modelos expertos.
Eficiencia	Requiere mucho tiempo de tutoría y coordinación.	Automatiza tareas repetitivas y optimiza la preparación de sesiones.
Acceso a recursos	Búsqueda manual; depende de la habilidad informacional.	Búsqueda asistida, resúmenes automáticos, recomendación de fuentes.
Evaluación	Mayoritariamente cualitativa y dependiente del tutor.	Evaluaciones automáticas, análisis de desempeño y métricas objetivas.

4.1.6 Ideas Prácticas para Profesores

La incorporación de la IA en el ABP ofrece a los profesores oportunidades para innovar y optimizar su práctica docente:

1. **Diseño de Casos con IA:** Los educadores pueden utilizar LLMs para generar una amplia gama de escenarios clínicos para sus sesiones de ABP. Esto incluye la creación de variantes de casos existentes, la introducción de complicaciones inesperadas o la simulación de condiciones epidemiológicas específicas. Esto libera

tiempo del profesor, que puede dedicarse a refinar la pedagogía del caso.

2. **Facilitación con Herramientas de IA:** Durante las sesiones de grupo de ABP, los profesores pueden introducir herramientas de IA como "mentores virtuales" que proporcionan información adicional, responden a preguntas específicas de los estudiantes o plantean desafíos adicionales para profundizar el análisis. Esto puede ser útil para estimular la discusión cuando los estudiantes están atascados o para ofrecer una perspectiva diferente.

3. **Retroalimentación Automatizada y Personalizada:** Después de las sesiones de ABP, los profesores pueden emplear sistemas de IA para analizar las presentaciones y discusiones de los estudiantes. La IA puede identificar patrones en el razonamiento, señalar errores comunes o áreas de debilidad individual, y generar retroalimentación constructiva que complementa la evaluación del instructor, permitiendo una intervención temprana para los estudiantes con dificultades [15].

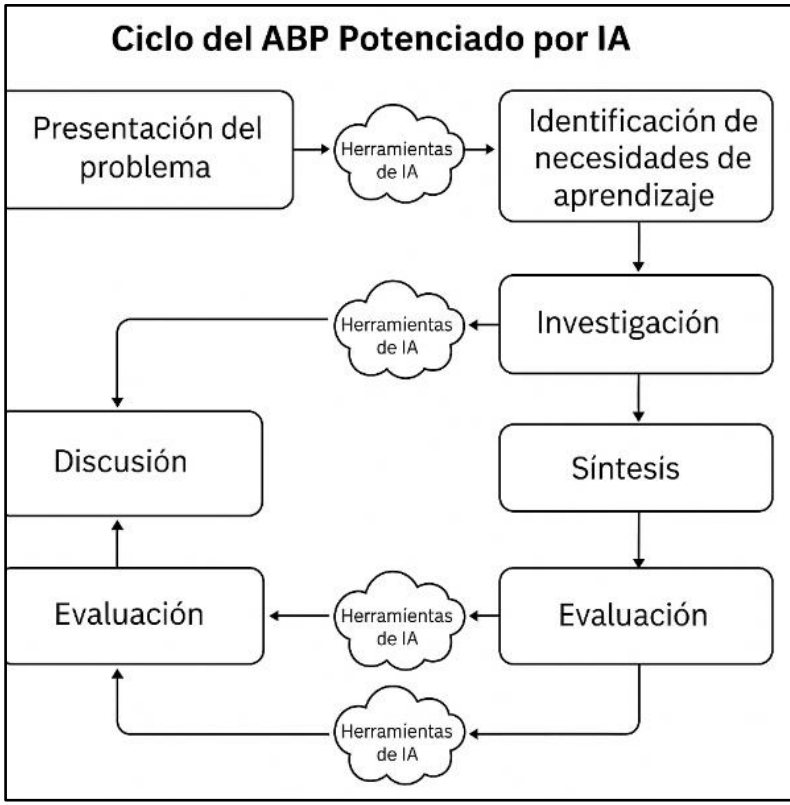
4. **Desarrollo de Habilidades de Diagnóstico Diferencial:** Integrar herramientas de IA que, a partir de una lista de síntomas, ayuden a los estudiantes a generar un diagnóstico diferencial amplio y bien fundamentado. Los profesores pueden guiar a los estudiantes en cómo interactuar críticamente con las sugerencias de la IA, validándolas con la literatura y el razonamiento clínico humano.

4.1.7 Ciclo del ABP Potenciado por IA:

En la Figura 1 presentamos un diagrama de flujo que muestra cómo las herramientas de IA se integran en cada fase del ciclo de ABP (presentación del problema, identificación de necesidades de aprendizaje, investigación, discusión, síntesis, evaluación). Las herramientas posibles entre otras para cada paso son:

Presentación: ChatGPT, Med-PaLM, CaseGenerator AI
Identificación: Perplexity, Elicit
Investigación: Elicit, SciSpace, Semantic Scholar
Síntesis: ChatGPT, Notion AI
Evaluación: Quizlet AI, OSCE AI
Discusión: Otter.ai, Claude, Microsoft Copilot

Figura 1. Ciclo del ABP potenciado por la IA



4.2 ABPr Aprendizaje Basado en proyectos y su evolución con IA

A diferencia del Aprendizaje Basado en Problemas tradicional, que a menudo se enfoca en la resolución de un problema delimitado, el ABPr implica un proceso más largo de investigación, diseño, ejecución y presentación de un proyecto completo

La Inteligencia Artificial emerge como una herramienta transformadora para el ABPr en la educación médica, permitiendo una personalización sin precedentes y una gestión más eficiente del proceso de aprendizaje. La IA potencia la experiencia del ABPr al ofrecer retroalimentación adaptativa y mejorar la motivación del estudiante, entre otros beneficios.

4.2.1.Transformación del ABPr con IA

La integración de la IA en el Aprendizaje Basado en Proyectos redefine varios aspectos clave de este método de enseñanza que se encuentran en la **Tabla 4** y en la **Figura 2**.

Tabla 4. La IA en el aprendizaje basado en proyectos

Aspecto	Descripción
Generación y Diseño de Proyectos Personalizados	La IA ayuda a crear proyectos clínicos complejos adaptados a objetivos y niveles. Los LLM generan casos con distintas complejidades y variantes[8]
Asistencia Inteligente y Mentoría Virtual	La IA actúa como tutor virtual, resolviendo dudas médicas y guiando el diagnóstico, ofreciendo mentoría personalizada [8,15,16]
Acceso y Curación Inteligente de la Información	La IA analiza literatura médica, resume información, actualiza tratamientos y selecciona recursos relevantes para el proyecto [17]
Retroalimentación Adaptativa y Evaluación Formativa	Proporciona retroalimentación inmediata sobre informes, planes y soluciones; facilita calificación automatizada y seguimiento del rendimiento [8,15]
Desarrollo de Competencias en IA	El ABPr con IA permite adquirir habilidades en el uso clínico de IA mediante proyectos con datos médicos y herramientas algorítmicas [18, 19,20]

4.2.2. Ideas Prácticas para Profesores

La integración de la IA en el ABPr abre nuevos caminos para enriquecer la formación médica:

1. **Cocreación de Proyectos con LLM:** Utilizar modelos de lenguaje como ChatGPT, Claude, Gemini o Llama para generar ideas de proyectos complejos, plantear escenarios clínicos desafiantes o crear personajes (pacientes, colegas) para hacer

Figura 2. Ciclo del aprendizaje basado en proyectos mejorado por IA



simulaciones dentro del proyecto. Estas herramientas pueden ahorrar tiempo en el diseño y ofrecer una variedad de opciones a los estudiantes.

2. **Asistentes de Investigación Impulsados por IA:** Introducir a los estudiantes herramientas como Semantic Scholar, Connected Papers, ResearchRabbit, Scite, Elicit o los buscadores asistidos por IA de PubMed GPT. Estas permiten realizar búsquedas bibliográficas más eficientes, resumir artículos científicos o incluso generar hipótesis preliminares para sus proyectos. Es importante enfatizar la validación humana de la información generada.

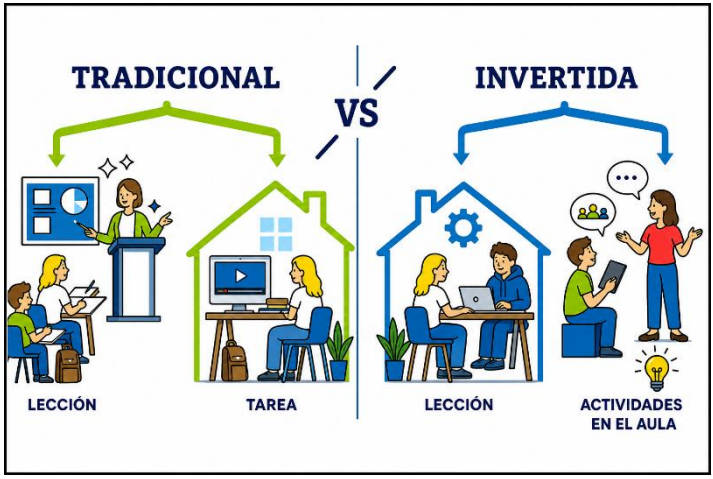
3. **Chatbots como Consultores de Proyecto:** Incluir chatbots médicos especializados como Med-PaLM, UpToDate Assistant, MedGPT, Glass AI o asistentes clínicos internos entrenados en bases de datos locales. Estos pueden responder dudas específicas,

simular consultas con expertos y ayudar a los estudiantes a explorar diferentes enfoques diagnósticos o terapéuticos.

4. **Herramientas de Retroalimentación de Escritura con IA:** Anime a los estudiantes a utilizar herramientas como Grammarly, QuillBot, Wordtune, ChatGPT (modo revisión), o el editor con IA de Microsoft 365 para recibir retroalimentación sobre estructura, claridad y coherencia de informes y presentaciones. Esto permite que el docente se concentre en el contenido clínico y el razonamiento.

5. **Proyectos de Implementación de IA en Salud:** Diseñe proyectos utilizando plataformas como Google Cloud AutoML, Microsoft Azure AI, IBM Watson Health, Hugging Face, o herramientas de análisis de datos como Python con scikit-learn, RapidMiner, o Orange Data Mining. Estas permiten explorar soluciones basadas en IA para problemas de salud reales, como modelos predictivos o mejoras de flujo de trabajo en hospitales.

4.3. Aula invertida (Flipped Classroom) y su transformación con IA



La metodología Flipped Classroom, o "aula invertida", es un enfoque pedagógico que invierte el orden tradicional de las actividades de aprendizaje. En lugar de recibir contenido teórico en clase y realizar la práctica en casa, los estudiantes adquieren los conocimientos fundamentales (lecturas, videos, podcasts) de forma autónoma antes de la sesión presencial. El tiempo en el aula se

dedica entonces a actividades interactivas, resolución de problemas, discusiones de casos clínicos, proyectos colaborativos y aplicación práctica del conocimiento [21,22].

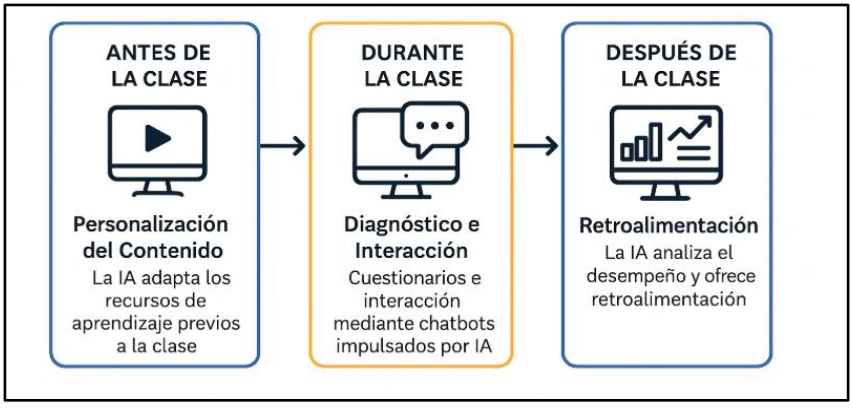
Este modelo busca maximizar la interacción en el aula, fomentar el aprendizaje activo y profundo, y permitir a los educadores abordar las necesidades individuales de los estudiantes de manera más efectiva. En la educación médica, el Aula invertida es particularmente valioso para liberar tiempo en el aula para simulaciones, debates éticos y el desarrollo de habilidades clínicas [8].

4.3.1. Transformación del Aula invertida con IA

La IA se presenta como un facilitador clave para potenciar y optimizar la implementación del aula invertida en la educación médica, permitiendo una personalización más profunda, una preparación más efectiva de los estudiantes y una utilización más eficiente del tiempo en el aula

La integración de la IA en el flujo de esta metodología introduce innovaciones significativas (**Figura 3**).

Figura 3. Flujo del Flipped Classroom potenciado por IA



- **Personalización del Contenido Pre-clase:** Los algoritmos de IA pueden analizar el perfil de conocimiento, los estilos de aprendizaje y el rendimiento previo de cada estudiante para recomendar material pre-clase altamente personalizado [23] Esto incluye la selección de videos, artículos, podcasts o recursos interactivos que se adapten mejor a las necesidades individuales,

asegurando que los estudiantes lleguen a clase con una base de conocimiento sólida y adaptada [24]. Los Grandes Modelos de Lenguaje tipo Chat GPT, Copilot etc pueden generar resúmenes, explicaciones simplificadas o preguntas de autoevaluación específicas para cada estudiante a partir de material complejo [8].

- **Diagnóstico de Conocimientos Previos y Lagunas:** La IA puede implementar evaluaciones formativas rápidas y adaptativas antes de la clase para identificar las lagunas de conocimiento de los estudiantes [13]. Estos diagnósticos previos permiten a los profesores ajustar las actividades en el aula, centrándose en los conceptos que requieren mayor atención o discusión, lo que optimiza el tiempo presencial.
- **Asistentes Virtuales para Consultas Pre-clase:** Los estudiantes pueden interactuar con chatbots impulsados por IA para resolver dudas sobre el material pre-clase en cualquier momento [25,26]. Estos asistentes virtuales pueden proporcionar explicaciones adicionales, definir terminología compleja o guiar a los estudiantes a recursos complementarios, asegurando que lleguen a clase con una comprensión clara de los fundamentos [27]. Esta interacción mejora la autoeficacia del estudiante al permitirle manejar preguntas que de otro modo podrían retrasar la clase [28]. Entre los más utilizados destacamos EduGPT, Juji y MagicSchool AI Custom Chatbox.
- **Optimización de Actividades en el Aula:** La IA puede ayudar a los educadores a diseñar actividades en el aula que maximicen el compromiso y el aprendizaje. Basándose en los datos de preparación pre-clase de los estudiantes, la IA puede sugerir agrupaciones para trabajos colaborativos o recomendar ejercicios que aborden las dificultades comunes identificadas.También puede facilitar la gestión del aula al automatizar la recopilación de respuestas o comentarios de los estudiantes durante las actividades interactivas [13].
- **Retroalimentación Continua y Adaptativa:** Durante las actividades en clase, la IA puede ofrecer retroalimentación instantánea sobre el desempeño de los estudiantes en simulaciones, resolución de casos o debates [8,14]. Esto permite a los estudiantes corregir malentendidos en el momento y consolidar el aprendizaje de manera más efectiva. Después de la clase, la IA puede analizar el desempeño en el aula para proporcionar retroalimentación

personalizada y sugerir material de refuerzo, cerrando el ciclo de aprendizaje de manera eficiente [15].

4.3.2. Ideas Prácticas para Profesores

La adopción de la IA en el Flipped Classroom requiere una planificación cuidadosa y creatividad por parte del profesor:

1. **Contenido Pre-clase:** Utilice herramientas de IA para seleccionar y adaptar recursos de aprendizaje previos a la clase. Por ejemplo, alimente un LLM con un artículo de investigación y pídale que genere un resumen de 5 puntos clave, un glosario de términos difíciles y 3 preguntas de reflexión para los estudiantes [29].
2. **Cuestionarios Diagnósticos Adaptativos:** Implemente plataformas con IA para crear cuestionarios cortos y autocalificables que los estudiantes completen antes de la clase. Estos cuestionarios deben ramificarse según las respuestas, ofreciendo explicaciones o enlaces a recursos adicionales si el estudiante falla en un concepto [30].
3. **Chatbots Temáticos:** Configure un chatbot (usando herramientas sencillas si la universidad lo permite) para un tema específico del curso. Los estudiantes pueden hacer preguntas sobre el material pre-clase al chatbot, lo que les permite obtener respuestas rápidas y liberar al profesor para interacciones más complejas en el aula [31].
4. **Simulaciones Interactivas con IA en Clase:** Dedique el tiempo de clase a simulaciones clínicas donde los pacientes virtuales impulsados por IA respondan dinámicamente a las decisiones de los estudiantes. La IA puede registrar el rendimiento y proporcionar un informe detallado para la discusión grupal [32].
5. **Análisis del Rendimiento para Ajustar la Clase:** Antes de la sesión en el aula, revise los datos agregados por la IA sobre el desempeño de los estudiantes en el material pre-clase y los cuestionarios. Identifique los conceptos más difíciles y planifique las actividades en clase para abordar específicamente esas áreas, maximizando el valor del tiempo presencial [33].

En la **Tabla 5** pueden verse las herramientas sugeridas para estas ideas prácticas para profesores.

Tabla 5. Ideas Prácticas para Profesores - IA en Flipped Classroom

Concepto	Descripción	Herramientas sugeridas
Contenido Pre-clase	Utilizar herramientas de IA para seleccionar y adaptar recursos previos a la clase. Por ejemplo: alimentar un LLM con un artículo científico y pedirle un resumen, glosario y preguntas	OpenAI GPT / ChatGPT API; Notion AI; Perplexity; Elicit
Cuestionarios Diagnósticos Adaptativos	Crear cuestionarios cortos y autocorregibles con IA que se adapten según respuestas y ofrezcan explicaciones o recursos adicionales.	Kahoot adaptativo; Quizizz; Smart Sparrow; Squirrel AI
Chatbots Temáticos	Configurar un chatbot especializado en el tema del curso para resolver dudas sobre material pre-clase.	Landbot; Chatfuel; Microsoft Bot Framework; Juji
Simulaciones Interactivas con IA	Desarrollar simulaciones clínicas donde pacientes virtuales respondan dinámicamente y la IA registre el desempeño.	Body Interact; Oxford Medical Simulation; Unity + AI plugins
Análisis del Rendimiento	Revisar los datos generados por IA sobre desempeño pre-clase para identificar conceptos difíciles y ajustar la clase.	Tableau; Power BI; Moodle Analytics; Learning Locker

4.3.3 Beneficios de la IA en el Flipped Classroom para Estudiantes y Educadores:

En la siguiente Tabla 6 se resume cómo la IA mejora la experiencia del Flipped Classroom tanto para los estudiantes (ej. mayor personalización, autoaprendizaje efectivo) como para los educadores (ej. optimización del tiempo, información detallada del progreso).

Tabla 6. Beneficios de la IA en el Flipped Classroom para Estudiantes y Educadores:

Aspecto	Beneficio para el Estudiante	Beneficio para el Educador
Contenido Pre-clase	Personalización del material, mejor comprensión.	Curación eficiente, asegura base de conocimiento.
Diagnóstico Previo	Identifica lagunas, guía el estudio personal.	Ajuste de actividades, enfoque en áreas clave.
Asistencia Virtual	Respuestas inmediatas a dudas, autoaprendizaje.	Menos interrupciones, mayor tiempo para mentoring.
Actividades en Clase	Mayor interacción, práctica contextualizada.	Optimización del tiempo, facilita colaboración.
Retroalimentación	Inmediata, adaptada, mejora continua.	Seguimiento detallado, intervención temprana.

4.4. Simulación Clínica de Alta Fidelidad y Pacientes Virtuales

La simulación clínica de alta fidelidad, (que utiliza simuladores avanzados, capaces de imitar funciones fisiológicas de manera muy realista) es una metodología pedagógica fundamental en la educación médica, que permite a los estudiantes y profesionales de la salud practicar y perfeccionar habilidades clínicas, de procedimientos y de comunicación en un entorno seguro y controlado, replicando escenarios del mundo real. Tradicionalmente, esto ha implicado el uso de simuladores avanzados (maniquíes) y pacientes estandarizados (actores) [34].

Los pacientes virtuales complementan esta formación al permitir la interacción con representaciones digitales de pacientes, donde se pueden explorar diagnósticos, tratamientos y comunicación. Ambas modalidades buscan preparar a los futuros

médicos para la complejidad del cuidado del paciente sin riesgo real.

La Inteligencia Artificial mejora las experiencias de aprendizaje al agilizar las habilidades diagnósticas y la interacción con los pacientes [35].



4.4.1 Transformación de la Simulación Clínica de Alta Fidelidad con IA

La IA potencia la simulación de alta fidelidad mejorando la eficiencia:

- **Escenarios Dinámicos y Realistas**: La IA permite que los simuladores clínicos y los pacientes virtuales ofrezcan respuestas dinámicas y en tiempo real, mucho más allá de los guiones preestablecidos. Esto significa que los pacientes virtuales pueden simular la progresión de enfermedades, reacciones a tratamientos y exhibir respuestas fisiológicas y emocionales complejas que evolucionan según las decisiones del estudiante. Esta capacidad de adaptación mejora significativamente la inmersión y la autenticidad de la experiencia de aprendizaje [36].
- **Experiencias Personalizadas y Adaptativas:** Los algoritmos de IA pueden ajustar la dificultad y la complejidad de los escenarios de simulación en función del rendimiento del

estudiante, creando rutas de aprendizaje personalizadas. Si un estudiante tiene dificultades en un área particular, la IA puede generar escenarios adicionales para reforzar esa habilidad. Esto asegura que cada estudiante reciba la práctica necesaria para dominar una competencia antes de pasar a la siguiente [15].

- **Evaluación Objetiva y Retroalimentación Detallada**: La IA puede analizar el conocimiento de los estudiantes en simulaciones con una objetividad y precisión sin precedentes. Puede identificar errores en procedimientos, en la toma de decisiones o en la comunicación, y proporcionar retroalimentación instantánea y detallada. Esto es crucial para el aprendizaje y la mejora continua, ya que las simulaciones impulsadas por IA pueden ofrecer informes de rendimiento que los instructores pueden usar para guiar a los estudiantes [37].
- **Desarrollo de Habilidades Avanzadas:** La IA se integra en simulaciones avanzadas, incluyendo entrenamiento quirúrgico con robótica y entornos de Realidad Virtual o Realidad Aumentada. Estas herramientas permiten practicar procedimientos complejos, como cirugías asistidas por robots o la navegación anatómica en 3D en un entorno de riesgo cero [38].

4.4.2 El Rol de los Pacientes Virtuales Impulsados por IA

Los pacientes virtuales, especialmente aquellos potenciados por Grandes Modelos de Lenguaje, están redefiniendo cómo los estudiantes desarrollan habilidades clínicas y de comunicación: [39,40].

- **Interacción Comunicativa y Anamnesis**: Los LLM permiten a los pacientes virtuales mantener conversaciones fluidas y realistas, lo que facilita a los estudiantes practicar la historia clínica, la comunicación con el paciente y la entrega de noticias difíciles. La capacidad de estos pacientes para simular diversas personalidades, creencias y antecedentes culturales prepara a los estudiantes para encuentros clínicos complejos y variados.
- **Práctica del Razonamiento Clínico y la Toma de Decisiones:** Al interactuar con pacientes virtuales, los estudiantes deben aplicar su conocimiento médico para interpretar síntomas, formular diagnósticos diferenciales y proponer planes de tratamiento. La IA evalúa estas decisiones y proporciona

retroalimentación, lo que ayuda a refinar el razonamiento clínico y las habilidades de toma de decisiones

- **Entrenamiento en Empatía y Habilidades Blandas:** Los pacientes virtuales pueden ser programados para expresar emociones y reacciones, permitiendo a los estudiantes practicar la empatía y desarrollar habilidades interpersonales cruciales en un entorno seguro antes de interactuar con pacientes reales
- **Escalabilidad y Accesibilidad:** Los pacientes virtuales eliminan las limitaciones de disponibilidad y costo asociadas con los pacientes estandarizados- Permiten a un gran número de estudiantes practicar repetidamente y en cualquier momento, aumentando la frecuencia de la práctica y la adquisición de habilidades

4.4.3 Herramientas Tecnológicas Clave

La implementación de la IA en la simulación clínica se apoya en diversas tecnologías y plataformas En la **Tabla** 7 mostramos algunas.

4.4.4 Beneficios y Desafíos

La IA en simulación clínica ofrece numerosos beneficios, incluyendo la mejora de la retención de conocimientos, la precisión diagnóstica y las habilidades procedimentales. Sin embargo, también presenta desafíos como la necesidad de asegurar la confidencialidad del paciente en simulaciones impulsadas por IA y prevenir sesgos en los algoritmos.

4.4.5 Ideas Prácticas para Profesores. Integrar Pacientes Virtuales en la Práctica Comunicativa:

Utilizar plataformas de pacientes virtuales:

1. **Impulsadas por LLM** para que los estudiantes practiquen la toma de historia clínica y la comunicación en escenarios específicos antes de los encuentros con pacientes reales. Los profesores pueden revisar las transcripciones o grabaciones de estas interacciones para proporcionar retroalimentación adicional.
2. **Diseñar Escenarios Adaptativos con IA:** Colaborar con expertos en IA para desarrollar escenarios de simulación que se adapten automáticamente al nivel de habilidad del estudiante, introduciendo complicaciones o simplificaciones según sea

necesario.

3. **Aprovechar la RV/RA para entrenamientos**: Incorporar simulaciones basadas en RV o RA para el entrenamiento de habilidades (ej., inserción de vías, suturas, broncoscopias), donde la IA puede guiar al estudiante y evaluar la técnica.

4. **Uso de IA para Evaluación del conocimiento:** Emplear los sistemas de análisis de IA para obtener informes detallados sobre el rendimiento de los estudiantes en simulaciones.

5. Entrenamiento en Toma de Decisiones con Retroalimentación de IA: Diseñar casos clínicos complejos en simuladores de alta fidelidad donde las decisiones del estudiante (diagnóstico, tratamiento) son evaluadas por IA, que puede explicar las consecuencias de diferentes cursos de acción.

Tabla 7. Herramientas comerciales de simulación clínica

Plataforma / Herramienta	Tipo / Enfoque	Características principales	Dirección web
MedSimAI	Pacientes virtuales conversacional	Interacciones clínicas, anamnesis, feedback inmediato, personalización	MedSim AI
Body Interact	Pacientes virtuales en 3D	Respuestas fisiológicas, escenarios clínicos realistas.	Body Interact
SimX	Realidad virtual inmersiva	Entornos de alta fidelidad, simulaciones de procedimientos complejos.	SimX
AI Patient Actor	Paciente virtual conversacional	Simulación de comunicación, feedback sobre habilidades blandas.	AI Patient Actor
VRpatients	Simulación VR/MR	Creación de escenarios sin código, acceso 24/7.	VR patients
Virtual Patients AI	Pacientes virtuales por IA	Múltiples perfiles de paciente, simulaciones clínicas realistas.	Virtual Patients AI
PCS.ai	Simulación basada en IA	Pacientes digitales, evaluación automatizada, adaptabilidad.	PCS.ai
Virti	Humanos virtuales y comunica ción	Entrenamiento de habilidades comunicativas y emocionales.	Virti

4.5. Aprendizaje Adaptativo con Inteligencia Artificial

El aprendizaje adaptativo es una metodología educativa que ajusta el contenido, el ritmo y la secuencia de la instrucción en función de las necesidades individuales de cada estudiante, estilo de aprendizaje y rendimiento en tiempo real [23,24]. En la educación médica, donde la cantidad de información es inmensa y las competencias clínicas son diversas, el aprendizaje adaptativo impulsado por la Inteligencia Artificial se presenta como una solución prometedora para optimizar la adquisición de conocimientos y el desarrollo de habilidades. Al pasar de un enfoque educativo de "talla única" a uno adaptado individualmente, la IA puede mejorar la eficiencia y la eficacia del proceso de formación de los futuros profesionales de la salud [41].

4.5.1 Funcionamiento del Proceso de Aprendizaje Adaptativo con IA

El aprendizaje adaptativo impulsado por inteligencia artificial funciona como un ciclo continuo que personaliza la experiencia educativa de cada estudiante (**Figura 4**).

El proceso comienza con la recopilación de datos, donde la IA obtiene información relevante sobre el estudiante: su conocimiento previo, su rendimiento en actividades anteriores, su progreso y hasta sus preferencias de aprendizaje.

A continuación, estos datos pasan a una fase de análisis, en la cual los algoritmos examinan patrones, detectan dificultades, identifican fortalezas y predicen las necesidades del estudiante.

Este análisis permite crear un perfil preciso que sirve como base para la personalización.

Con esta información, la IA realiza la adaptación del contenido y las actividades. Esto puede incluir modificar la dificultad de los ejercicios, ofrecer explicaciones alternativas, ajustar el ritmo de avance o seleccionar recursos más apropiados para el nivel del estudiante. La personalización ocurre de manera dinámica, es decir, se actualiza constantemente según la respuesta del estudiante.

Finalmente, el sistema proporciona retroalimentación inmediata, orientando al estudiante sobre sus errores, aciertos y áreas de mejora. Esta retroalimentación retroalimenta el proceso, ya que genera nuevos datos que ingresan nuevamente a la primera

fase, permitiendo que el ciclo continúe y se refine con cada interacción.

En conjunto, este ciclo crea un entorno de aprendizaje altamente flexible, capaz de ajustarse a las necesidades cambiantes de cada persona, optimizando tanto la eficiencia como la efectividad del proceso educativo.

Figura 4. Proceso de aprendizaje adaptativo con IA



4.5.2 Transformación del Aprendizaje Adaptativo con IA

La integración de la IA revoluciona el aprendizaje adaptativo en la educación médica a través de diversas capacidades:

- **Rutas de Aprendizaje Personalizadas y Dinámicas**: los algoritmos de IA analizan continuamente el rendimiento, las interacciones y las preferencias de aprendizaje de cada estudiante para generar y ajustar dinámicamente rutas de aprendizaje. Esto permite que el contenido y las actividades se adapten en tiempo real, garantizando que los estudiantes avancen a su propio ritmo y

se enfoquen en áreas donde necesitan más refuerzo. La IA puede recomendar el contenido más apropiado y diseñar un currículo a largo plazo [42].

- **Identificación precisa de áreas de desconocimiento:** los sistemas de aprendizaje adaptativo basados en IA, como los sistemas de tutoría inteligente, son capaces de identificar con precisión las lagunas de conocimiento de los estudiantes [23]. Al comprender dónde un estudiante tiene dificultades, la IA puede ofrecer recursos adicionales, explicaciones alternativas o ejercicios específicos para abordar esas debilidades [24].
- **Retroalimentación Adaptativa e Instantánea**: Una de las ventajas clave de la IA es su capacidad para proporcionar retroalimentación inmediata y personalizada. Los sistemas adaptativos pueden evaluar las respuestas de los estudiantes en simulaciones, casos clínicos o exámenes, y ofrecer comentarios constructivos que ayuden a corregir errores y reforzar el aprendizaje en el momento [14].Esta retroalimentación no solo se refiere a la corrección de errores, sino también a la sugerencia de nuevas direcciones de estudio o recursos.
- **Generación de Contenido y Escenarios a Medida**: La IA generativa, incluyendo los Grandes Modelos de Lenguaje, puede crear una variedad ilimitada de escenarios clínicos simulados, preguntas de examen personalizadas, resúmenes de textos complejos o explicaciones adaptadas a diferentes niveles de comprensión [8,23]. Esto enriquece enormemente el material de estudio disponible y permite una práctica más variada y contextualizada.
- **Predicción del Rendimiento y Apoyo Proactivo**: Mediante el análisis de datos de aprendizaje, los modelos de IA pueden predecir qué estudiantes están en riesgo de rezagarse o de tener dificultades con ciertos conceptos. Esto permite a los educadores intervenir de manera proactiva, ofreciendo apoyo adicional o ajustando la instrucción antes de que los problemas se agraven.
- **Mejora de la Capacidad de Diagnóstico y Razonamiento Clínico**: La IA puede entrenar a los estudiantes en habilidades de diagnóstico mediante el análisis de datos clínicos complejos y la identificación de patrones. Esto permite una práctica repetitiva y retroalimentada que refina la precisión diagnóstica [8].

4.5.3 Herramientas Tecnológicas Clave para el Aprendizaje Adaptativo con IA

La implementación efectiva del aprendizaje adaptativo en la educación médica se basa en una combinación de tecnologías de IA que ya hemos comentado con anterioridad. No obstante, concretamos en lo que respecta al aprendizaje adaptativo:

- Plataformas de Aprendizaje Adaptativo: Son sistemas completos que integran diversas funcionalidades de IA para ofrecer una experiencia de aprendizaje personalizada. Ejemplos incluyen plataformas con algoritmos de Machine Learning que personalizan rutas de estudio y evalúan el progreso [23].
- Sistemas de Tutoría Inteligente: Utilizan IA para simular la interacción con un tutor humano, proporcionando explicaciones personalizadas, pistas y retroalimentación para guiar al estudiante a través del material [23].
- Grandes Modelos de Lenguaje (LLM): Son fundamentales para la generación de contenido adaptativo, incluyendo preguntas, resúmenes, explicaciones y la creación de pacientes virtuales conversacionales para la práctica clínica [18].
- Algoritmos de Machine Learning y Deep Learning: Son la base del análisis de datos de aprendizaje, permitiendo la identificación de patrones, la predicción del rendimiento y la adaptación del contenido. Estos algoritmos se utilizan para personalizar los planes de estudio y las evaluaciones [43].
- Procesamiento del Lenguaje Natural: Facilita la interacción entre el estudiante y los sistemas de IA, permitiendo que la IA comprenda y genere lenguaje humano. Es crucial para asistentes virtuales y chatbots educativos [8].

4.5.4 Ideas Prácticas para Profesores (**Tabla** 8)

1. Diseño de Módulos Adaptativos: Utilice plataformas de aprendizaje adaptativo para diseñar módulos de cursos que presenten el contenido de manera diferente según el nivel de conocimiento inicial del estudiante, identificando las lagunas y dirigiéndolos a los recursos adecuados.
2. Tutorías con Asistentes Virtuales: Integre chatbots con IA como asistentes virtuales que puedan responder preguntas frecuentes, ofrecer explicaciones adicionales sobre prácticos,

liberando tiempo del profesor para interacciones más complejas.

3. Evaluaciones Diagnósticas Continuas: Implemente mini-evaluaciones impulsadas por IA antes de cada tema nuevo para diagnosticar el conocimiento previo y las preconcepciones de los estudiantes, ajustando el inicio de la instrucción en clase según los resultados.

4. Creación de Casos Clínicos Dinámicos: Utilice la IA generativa para crear un banco de casos clínicos con diferentes grados de complejidad y variables, que se presenten a los estudiantes de forma adaptada a su progreso, permitiendo una práctica incremental del razonamiento clínico.

5. Retroalimentación Personalizada Automatizada: Implemente herramientas de IA que analicen los trabajos escritos o las respuestas a casos de los estudiantes y proporcionen retroalimentación automatizada sobre aspectos gramaticales, estructurales o incluso sobre la coherencia del razonamiento clínico, dejando al profesor el rol de enfocarse en la guía estratégica.

4.6. Microlearning y Evaluación Continua

En el dinámico campo de la educación médica, el microlearning y la evaluación continua son estrategias pedagógicas potenciadas significativamente por la Inteligencia Artificial. Ambas metodologías buscan optimizar el proceso de aprendizaje, haciéndolo más eficiente, accesible y adaptado a las necesidades individuales de los estudiantes y profesionales de la salud.

El microlearning se define por la entrega de contenido de aprendizaje en "píldoras" breves y focalizadas, diseñadas para ser consumidas rápidamente y dirigidas a objetivos cognitivos específicos [44]. Esta aproximación responde a la necesidad de los profesionales sanitarios, a menudo con agendas muy ocupadas, de adquirir y actualizar conocimientos de forma flexible y personalizada. Al fragmentar información compleja en unidades manejables, el microlearning reduce la carga cognitiva y mejora la retención y el compromiso del estudiante.

Por otro lado, la evaluación continua es un proceso sistemático y persistente de recopilación de información sobre el progreso del estudiante a lo largo de un curso o programa, en lugar de depender únicamente de exámenes sumativos al final. Con la integración de

la IA, la evaluación continua se vuelve más adaptativa, objetiva y capaz de proporcionar retroalimentación instantánea y detallada [45].

Tabla 8. Herramientas para las ideas prácticas de aprendizaje adaptativo con IA

Concepto	Herramientas sugeridas	Enlaces web
Diseño de Módulos Adaptativos	Khan Academy, Smart Sparrow, Coursera Adaptive Learning	https://www.khanacademy.org https://www.smartsparrow.com https://www.coursera.org
Tutorías con Asistentes Virtuales	ChatGPT, IBM Watson Assistant, Dialogflow	https://chat.openai.com https://www.ibm.com/watson https://cloud.google.com/dialogflow
Evaluaciones Diagnósticas Continuas	Socrative, Edpuzzle, Quizizz	https://www.socrative.com https://edpuzzle.com https://quizizz.com
Creación de Casos Clínicos Dinámicos	GPT-5.1, Synapse Medicine, Figure1	https://openai.com https://synapse-medicine.com https://www.figure1.com
Retroalimentación Personalizada Automatizada	Grammarly, Turnitin, Writefull	https://www.grammarly.com https://www.turnitin.com https://www.writefull.com

4.6.1 El Rol de la IA en el Microlearning

La Inteligencia Artificial revoluciona el microlearning, transformándolo en una herramienta más potente y personalizada en la educación médica:

- **Contenido Adaptativo y Personalizado:** La IA puede analizar el historial de aprendizaje, las preferencias y el rendimiento del estudiante para recomendar "píldoras" de conocimiento altamente relevantes y adaptadas a sus lagunas de

conocimiento o a sus necesidades de desarrollo profesional. Esto garantiza que el contenido entregado sea siempre el más adecuado en el momento preciso [46].

- **Generación Automatizada de Contenido:** Las capacidades de la IA, especialmente los grandes modelos de lenguaje permiten la generación automática de módulos de microlearning, como preguntas de opción múltiple, resúmenes concisos o simulaciones cortas [46]. Esto facilita la creación de una vasta biblioteca de contenido educativo que puede ser escalable y eficiente.
- **Flexibilidad y Accesibilidad Mejoradas**: Las plataformas de microlearning impulsadas por IA pueden ofrecer contenido a través de dispositivos móviles, permitiendo a los profesionales de la salud acceder a la formación en cualquier momento y lugar, integrándola en su rutina diaria [47,48].
- **Mejora de Habilidades y Retención:** Diversos estudios han demostrado que las intervenciones de microlearning mejoran significativamente las habilidades, el conocimiento y el compromiso de los profesionales de la salud, con ganancias notables en motivación y adquisición de conocimientos [47].

4.6.2. La IA en la Evaluación Continua

La IA está transformando la evaluación continua en la educación médica al ofrecer métodos más sofisticados, objetivos y eficientes:

- **Automatización y Estandarización de la Evaluación:** La IA puede automatizar aspectos de la evaluación, como la calificación de trabajos, la calificación de ensayos o la supervisión de habilidades en simuladores, lo que reduce la carga administrativa para los educadores y promueve una mayor estandarización [49,50]. La validez de las evaluaciones clínicas basadas en IA se ha comparado favorablemente con la de los evaluadores clínicos expertos [51].
- **Retroalimentación en Tiempo Real y Personalizada:** Los sistemas impulsados por IA pueden analizar el rendimiento del estudiante en simulaciones o tareas y proporcionar retroalimentación instantánea y constructiva. Esto es crucial para el desarrollo de habilidades, ya que los estudiantes pueden corregir errores y reforzar el aprendizaje de manera oportuna. La

retroalimentación detallada y personalizada es un factor clave en la efectividad de la IA en la educación médica [52].

- **Detección de Brechas de Conocimiento y Necesidades de Aprendizaje:** Mediante el análisis de datos de evaluación, la IA puede identificar patrones y áreas donde el estudiante tiene dificultades, señalando brechas de conocimiento o debilidades en el razonamiento clínico [45].
- **Predicción del Rendimiento del Estudiante:** Los algoritmos de Machine Learning pueden utilizar los datos de la evaluación continua para predecir el rendimiento futuro de los estudiantes, identificando a aquellos en riesgo y permitiendo a los educadores ofrecer apoyo proactivo [42].
- **Análisis Objetivo del Rendimiento en Habilidades comunicativas.** La IA, a través del procesamiento del lenguaje natural, puede analizar interacciones comunicativas en simulaciones para evaluar habilidades como la empatía o la comunicación de malas noticias, proporcionando una evaluación más objetiva y consistente [53].

4.6.3. Herramientas Tecnológicas Clave

La implementación del microlearning y la evaluación continua con IA se apoya en una combinación de tecnologías clave:

- **Plataformas de Microlearning basadas en IA:** Aplicaciones móviles y plataformas web que entregan contenido conciso y adaptativo [54].
- **Sistemas de Gestión del Aprendizaje con IA:** Integran funcionalidades de IA para personalizar rutas de aprendizaje, gestionar evaluaciones y ofrecer retroalimentación [23].
- **Intelligent Tutoring Systems:** Proporcionan instrucción y retroalimentación personalizada en tiempo real, identificando el estado de conocimiento del estudiante [55].
- **Algoritmos de Machine Learning y Deep Learning:** Constituyen la base para el análisis de datos de aprendizaje, la predicción del rendimiento y la adaptación del contenido y las evaluaciones [43].

- **Procesamiento del Lenguaje Natural:** Esencial para la generación de contenido (preguntas, resúmenes) y el análisis de la comunicación en la evaluación de habilidades blandas [53].

En la **Tabla 9** se incluyen algunas herramientas comerciales para microlearning y evaluación continua con IA.

4.6.4 Ideas Prácticas para Profesores

1. **Diseñar "Cápsulas" de Conocimiento con IA**

Utilizar herramientas de IA para crear pequeños módulos de microlearning (videos cortos, infografías interactivas, quizzes) que refuercen conceptos clave después de las clases o las rotaciones clínicas [44].

2. **Implementar Evaluaciones Formativas Automatizadas:**

Integrar sistemas de evaluación basados en IA que proporcionen retroalimentación inmediata sobre el desempeño en tareas clínicas, permitiendo a los estudiantes autoevaluarse y corregir errores [56].

3. **Monitorear el Progreso con Paneles de Control de IA:** Emplear plataformas con analíticas de IA que ofrezcan a los profesores una visión general del progreso de cada estudiante, identificando tendencias y áreas de dificultad para ofrecer apoyo proactivo.

4. **Generar Preguntas de Práctica Adaptativas:** Usar LLM para crear bancos de preguntas que se adapten a la dificultad y al estilo de aprendizaje de cada estudiante, promoviendo la práctica espaciada y la recuperación activa [46].

4.7. Ejemplos Prácticos de Integración de LLM en Docencia

Los Grandes Modelos de Lenguaje han emergido como herramientas transformadoras en la educación médica, ofreciendo soluciones innovadoras para personalizar el aprendizaje, mejorar las simulaciones y optimizar la generación de contenido. Su capacidad para comprender, generar y responder al lenguaje humano de manera coherente y contextualmente relevante los convierte en activos valiosos para diversas aplicaciones pedagógicas [57].

Tabla 9. Herramientas Comerciales para Microlearning y Evaluación Continua con IA

Categoría	Herramienta Comercial	Descripción breve	Sitio Web
Microlearning	EdApp	Plataforma móvil con analíticas y	https://www.edapp.com
Microlearning	Axonify	Entrenamiento continúo basado en IA para empleados.	https://www.axonify.com
Microlearning	TalentCards	Microlearning visual y gamificado para capacitación rápida.	https://www.talentcards.com
LMS con IA	Docebo	Recomendación automática y analíticas con IA.	https://www.docebo.com
LMS con IA	Cornerstone AI	Rutas de aprendizaje personalizadas	www.cornerstoneondemand.com
LMS con IA	LearnUpon	Automatización de aprendizaje y seguimiento inteligente.	https://www.learnupon.com
Evaluación con IA	Gradescope	Corrección automática y analíticas para evaluación continua.	https://www.gradescope.com
Evaluación con IA	Question mark	Evaluaciones seguras. Analíticas por IA.	www.questionmark. com
Evaluación con IA	Inspera	Plataforma de evaluación digital con monitoreo inteligente.	https://www.inspera.com
PLN / Contenido	OpenAI (ChatGPT)	Generación de contenido, análisis de texto y apoyo con IA.	https://www.openai.com

4.7.1 Explicaciones Prácticas de LLM en la Educación Médica

A) Simulaciones Clínicas y Pacientes Virtuales Interactivos:

- **Creación de Pacientes Virtuales:** Los LLM permiten desarrollar pacientes virtuales altamente realistas y conversacionales que simulan diversas condiciones médicas y personalidades [42,43]. Esto posibilita que los estudiantes practiquen la toma de historia clínica, el razonamiento clínico, la

comunicación y el manejo de casos complejos en un entorno seguro y de bajo costo. Por ejemplo, se ha propuesto un marco integrado llamado CureFun que aprovecha los LLM para facilitar conversaciones naturales entre estudiantes y pacientes simulados, evaluar diálogos y ofrecer sugerencias para mejorar las habilidades de indagación clínica

- **Retroalimentación Estructurada en Simulaciones:** Además de simular interacciones, los LLM pueden proporcionar retroalimentación estructurada y detallada sobre el rendimiento de los estudiantes en estas interacciones, mejorando las habilidades de toma de decisiones clínicas [58].
- **Generación de Escenarios de Simulación:** Los LLM pueden automatizar escenarios de simulación médica, combinando solicitudes de datos adaptados a objetivos de aprendizaje concretos. Esto reduce significativamente el tiempo y los recursos necesarios para desarrollar nuevos escenarios, permitiendo una mayor variedad de prácticas [59].

B) Asistencia en el Razonamiento Clínico y el Diagnóstico:

- **Tutoría de Razonamiento Clínico:** Los LLM han demostrado un potencial significativo en el desarrollo de habilidades de razonamiento clínico, como la toma de historia clínica y la generación de diagnósticos diferenciales Se han explorado prototipos de tutores impulsados por IA, cocreados con estudiantes y expertos, para mejorar estas habilidades a través de un aprendizaje interactivo [28].
- **Lluvia de Ideas para Diagnóstico Diferencial:** Los LLM pueden facilitar la lluvia de ideas para diagnósticos diferenciales, ofreciendo una herramienta útil para que los estudiantes aprendan conocimientos médicos fundamentales en el currículo preclínico [27].
- **Apoyo a la Decisión Clínica:** En un contexto más amplio, los LLM pueden responder preguntas sobre conceptos médicos y apoyar la toma de decisiones clínicas [60].

C) Generación de Contenido Educativo y Evaluación:

- **Creación de Preguntas de Examen:** Los LLM pueden ser utilizados por profesores y estudiantes para generar preguntas de

examen de alta calidad [61].

- **Resúmenes Académicos y Borradores:** Los LLM son hábiles para resumir documentos académicos complejos y redactar textos académicos, lo que puede acelerar la productividad académica de los estudiantes de posgrado [61] **(Tabla 10).**
- **Análisis de Informes de Radiología:** Se ha utilizado un LLM para comparar informes radiológicos preliminares (realizados por estudiantes) con informes finalizados, identificar discrepancias y sugerir temas de revisión relevantes, ofreciendo retroalimentación educativa accionable.

D) Apoyo al Aprendizaje Personalizado y Adaptativo:

- **Casos de Práctica Interactivos:** Los LLM pueden proporcionar casos de práctica interactivos, lo que ayuda a los estudiantes a aprender conceptos médicos fundamentales [27].
- **Adaptación de Contenido y Entornos de Aprendizaje:** Los LLM multimodales, que procesan texto, imagen y audio, pueden usarse para personalizar contenido educativo, evaluar el rendimiento de los estudiantes y crear entornos de aprendizaje interactivos. Por ejemplo, se pueden desarrollar asistentes de enseñanza inteligentes que brinden retroalimentación personalizada al analizar las interacciones de los estudiantes o enriquecer el contenido del curso con imágenes [50].

E) Mejora de la Comunicación

- **Simulación de Interacciones Médico-Paciente:** Los LLM tienen la capacidad de simular pacientes con diferentes historiales médicos o personalidades, lo que los convierte en una herramienta valiosa para educar a los estudiantes en un entorno clínico. Al especificar el contexto para cada conversación, los LLM pueden simular discusiones naturales, lo que es una forma rentable de capacitar habilidades de toma de decisiones clínicas [62].
- **Respuestas Empáticas a Pacientes:** Aunque más orientado a la práctica clínica, la capacidad de los LLM para redactar respuestas "empáticas" a preguntas de pacientes tiene implicaciones en la formación de estudiantes en comunicación efectiva [61].

Tabla 10. Comparativa de LLMs para Medicina Académica (2024–2025)

Modelo	Mejor para	Fortalezas	Consideraciones
GPT-5/ GPT-4o	Rendimiento general	Razonamiento clínico; multimodalidad	Costo más alto
Claude 3	Documentos largos	Ventana de contexto enorme; explicaciones claras	Menor soporte para imágenes clínicas que GPT5
Med-PaLM 2	Exámenes y educación médica	Modelo validado en medicina; buen rendimiento USMLE	No siempre accesible al público
BioGPT / Bio-Mistral	Investigación biomédica	Entrenado en literatura biomédica; gran precisión técnica	Menos capaz para conversaciones generales
DeepSeek-R1-Med / Qwen-Med	Análisis técnico avanzado	Alta precisión y razonamiento estructurado	Menos documentación en español
Microsoft Copilot (GPT-4o)	Productividad y apoyo general	Integración con Office; rendimiento usando GPT-40	Depende del modelo de OpenAI, no es médico especializado
Jenni AI	Redacción académica	Muy buena para estructura y estilo académico	No apta para razonamiento médico profundo
Gemini 1.5 Pro (Google)	Multimodalidad, grandes documentos	Excelente para análisis multimodal; rápido	Rendimiento clínico menor que modelos especializados
Notebook LM (Google)	Síntesis basada en documentos	Muy bueno para resumir PDFs, guías y material subido	Depende de la documentación aportada

4.7.2 Herramientas Comerciales de Aplicaciones Prácticas de LLM en Educación Médica

La **Tabla 11** presenta un panorama estructurado de las principales aplicaciones prácticas de LLM en educación médica, junto con herramientas comerciales actualmente disponibles y sus respectivos sitios web. Esta clasificación permite visualizar rápidamente cómo la inteligencia artificial se está integrando en las

actividades docentes y qué soluciones tecnológicas pueden utilizarse en cada caso.

4.7.3 Ideas Prácticas para Profesores

1. **Diseño de Escenarios Conversacionales:** Integre LLM para crear escenarios de pacientes virtuales donde los estudiantes puedan practicar la anamnesis y la comunicación. Esto puede incluir el desarrollo de prompts detallados para simular diversas patologías y personalidades.
2. **Generación Automática de Material de Estudio:** Utilice LLM para generar preguntas de examen personalizadas, resúmenes de artículos complejos o casos clínicos breves que complementen las clases magistrales.
3. **Tutoría Asistida por IA:** Implemente un LLM como un "tutor virtual" que pueda responder preguntas de conceptos médicos, aclarar dudas o guiar a los estudiantes a resolver problemas clínicos, proporcionando retroalimentación.
4. **Práctica de Razonamiento Diagnóstico:** Diseñe actividades donde los estudiantes interactúen con un LLM para generar listas de diagnósticos diferenciales para un caso dado y luego justifiquen sus elecciones.

Tabla 11. principales aplicaciones prácticas de LLM en educación médica y herramientas comerciales actualmente disponibles

Objetivo / Aplicación	Acción Docente	Herramientas Comerciales	Sitio Web
Simulaciones clínicas y pacientes virtuales	Crear pacientes virtuales conversacionales	SimX; PCS Spark; GIST Virtual Patients	https://www.simxar.c https://www.pcs.ai/spark https://www.gist.ai
Simulaciones clínicas y pacientes virtuales	Retroalimentación estructurada en simulaciones	Shadow Health	https://www.shadowhealth.com
Simulaciones clínicas y pacientes virtuales	Generación automática de escenarios	CASES	https://www.casesimulator.com
Tutoría en razonamiento clínico	Tutoría interactiva y diagnósticos diferenciales	Glass AI; Osso VR Clinical AI	https://glass.health https://www.ossovr.com
Tutoría en razonamiento clínico	Lluvia de ideas diagnósticas	Diagnosaurus	https://www.unboundmedicine.com
Apoyo a la decisión clínica	Responder preguntas médicas y apoyar decisiones	UpToDate con IA; IBM Watson Health	https://www.uptodate.com https://www.ibm.com/watson-health

Generación de contenido y evaluación	Crear preguntas de examen	Questionmark Cirrus Assessment	https://www.questionmark.com https://www.cirrusassessment.com
Generación de contenido y evaluación	Resúmenes y borradores académicos	SciSpace; Scholarcy	https://typeset.io https://www.scholarcy.com
Generación de contenido y evaluación	Comparar informes radiológicos	Rad AI	https://www.radai.com
Aprendizaje personalizado	Casos interactivos	Body Interact	https://www.bodyinteract.com
Aprendizaje personalizado	Personalizar contenido educativo	Sana Labs; Docebo Analytics	https://www.sanalabs.com https://www.docebo.com
Aprendizaje personalizado	Asistentes inteligentes de	Querio AI	https://www.querio.ai
Habilidades blandas	Simular interacciones médico-paciente	PCS Spark	https://www.pcs.ai/spark
Habilidades blandas	Entrenar comunicación	Augmedix	https://www.augmedix.com
Habilidades blandas	Respuestas empáticas	Tebra AI; Hyro AI	https://www.tebra.co https://www.hyro.ai

Referencias

1. Neville AJ, Norman GR. PBL in the undergraduate MD program at McMaster University: three iterations in three decades. Acad Med. 2007 Apr;82(4):370-4
2. Barrows HS. Problem-based learning in medicine and beyond: a brief overview. *New Dir Teach Learn.* 1996; 68:3-12.
3. Des Marchais JE. A student-centred, problem-based curriculum: 5 years' experience. CMAJ. 1993 May 1;148(9):1567-72.
4. Davis MH. AMEE Medical Education Guide No. 15: Problem-based learning: a practical guide. Med Teach. 1999;21(2):130-40
5. Wood DF. Problem based learning. BMJ. 2003 Feb 8;326(7384):328-30.
6. Qin Y, Wang Y, Floden RE, et al . The Effect of Problem-Based Learning on Improvement of the Medical Educational Environment: A Systematic Review and Meta-Analysis. Med Princ Pract. 2016;25(6):525-532
7. Mendoza Espinosa H , Mendez Lopez JF,Torruco García Uri .Aprendizaje basado en problemas (ABP) en educación médica: sugerencias para ser un tutor efectivo Inv Ed Med 2012;1(4):235-237
8. Khakpaki A. Advancements in artificial intelligence transforming medical education: a comprehensive overview. Med Teach. 2025; 47:128-132.
9. Hui Z, Zewu Z, Jiao H, Yu C. Application of ChatGPT-assisted problem-based learning teaching method in clinical medical education. BMC Med Educ. 2025 Jan 11;25(1):50.
10. de Andrade Gomes J, Braga LAM, Cabral BP, Lopes RM, Mota FB. Problembased learning in Medical Education: A Global Research Landscape of the last ten years (2013–2022). Med Sci Educ. 2024;34(3):551–60
11. Jaganathan S, Bhuminathan S, Ramesh M. Problem-based learning - an overview. J Pharm Bioallied Sci. 2024;16(Suppl 2):S1435–7. https://doi.org/10. 4103/jpbs.jpbs_820_23.;
12. Divito CB, Katchikian BM, Gruenwald JE, Burgoon JM. The tools of the future are the challenges of today: the use of

ChatGPT in problem-based learning medical education. Med Teach. 2024;46(3):320–2.

13. Almansour M, Soliman M, Aldekhyyel RN, et al. An Academic Viewpoint on the Integration of Generative Artificial Intelligence in Medical Education: Transforming Learning and Practices. Cureus. 2025;17:e81145.

14. Thompson RH, Shah Y, Aguirre FJI, et al. Artificial Intelligence Use in Medical Education: Best Practices and Future Directions. Curr Probl Diagn Radiol. 2025; 54:3-9

15. Sriram A, Ramachandran K, Krishnamoorthy S. Artificial Intelligence in Medical Education: Transforming Learning and Practice. Cureus. 2025;17:e80852.

16. García-Montalvo IA. Artificial intelligence as a didactic resource in medical education. Educ Med. 2023;24:100806

17. Walker L. Artificial intelligence in medical education: Potential and pitfalls. S Afr J Crit Care. 2025;41:4-6.

18. Abid A, Murugan A, Banerjee I, et al. AI Education for Fourth-Year Medical Students: Two-Year Experience of a Web-Based, Self-Guided Curriculum and Mixed Methods Study. JMIR Med Educ. 2023;9: e46500.

19. Krive J, Isola M, Chang L, et al. Grounded in reality: artificial intelligence in medical education. Med Educ Online. 2023; 28:2210851

20. Robles Zeas MR, Serrano Paredes KL, Cruz Gavilanes TM. Uso de inteligencia artificial como soporte para el aprendizaje en las ciencias de la salud. Dominio de las Ciencias. 2024;10:149-166

21. Mengesha AK, Ayele HS, Misker MF, Beyna AT. Assessing the effectiveness of flipped classroom teaching-learning method among undergraduate medical students at gondar university, college of medicine and health sciences: an interventional study. BMC Med Educ. 2024 Oct 7;24(1):1108.

22. Spaic D, Bukumiric Z, Rajovic N, Markovic K, Savic M, Milin-Lazovic J, Grubor N, Milic N, Stanisavljevic D, Despotovic A, Bokonjic D, Vladicic Masic J, Janicijevic V, Masic S, Milic N. The Flipped Classroom in Medical Education: Systematic Review and Meta-Analysis. J Med Internet Res. 2025 Aug 13;27: e60757

23. Chen Y. Evaluation of the impact of AI-driven personalized learning platform on medical students' learning performance. Front Med (Lausanne). 2025 Sep 12;12:1610012.

24. Sunmboye K, Strafford H, Noorestani S, Wilison-Pirie M. Exploring the influence of artificial intelligence integration on personalized learning: a cross-sectional study of undergraduate medical students in the United Kingdom. BMC Med Educ. 2025 Apr 17;25(1):570

25. Vrdoljak J, Boban Z, Vilović M, Kumrić M, Božić J. A Review of Large Language Models in Medical Education, Clinical Decision Support, and Healthcare Administration. Healthcare (Basel). 2025 Mar 10;13(6):603.

26. Zhui L, Yhap N, Liping L, Zhengjie W, Zhonghao X, Xiaoshu Y, Hong C, Xuexiu L, Wei R. Impact of Large Language Models on Medical Education and Teaching Adaptations. JMIR Med Inform. 2024 Jul 25;12: e55933]

27. Safranek CW, Sidamon-Eristoff AE, Gilson A, Chartash D. The Role of Large Language Models in Medical Education: Applications and Implications. JMIR Med Educ. 2023 Aug 14;9:e50945

28. Wang A, Ruparel R, Iurchenko A, et al. Generative AI for medical education: Insights from a case study with medical students and an AI tutor for clinical reasoning. Med Educ Online. 2025; 30:2349786.

29. 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]

30. Clark RM, Kaw AK, Braga Gomes R. Adaptive learning: Helpful to the flipped classroom in the online environment of COVID? Comput Appl Eng Educ. 2022 Mar;30(2):517-531.]

31. Hew KF, Huang W, Du J, Jia C. Using chatbots to support student goal setting and social presence in fully online activities: learner engagement and perceptions. J Comput High Educ. 2023;35(1):40-68.

32. Wei H, Dai Y, Yuan K, Li KY, Hung KF, Hu EM, Lee AHC, Chang JWW, Zhang C, Li X. AI-Powered Problem- and Case-based Learning in Medical and Dental Education: A Systematic Review and Meta-analysis. Int Dent J. 2025 Aug;75(4):100858.

33. du Plooy E, Casteleijn D, Franzsen D. Personalized adaptive learning in higher education: A scoping review of key

characteristics and impact on academic performance and engagement. Heliyon. 2024 Oct 22;10(21) e39630

34. Cheng A, McGregor C. Applications of artificial intelligence in healthcare simulation: a model of thinking. Adv Simul (Lond). 2025 Sep 18;10(1):45.]

35. Plackett R, Kassianos AP, Mylan S, Kambouri M, Raine R, Sheringham J. The effectiveness of using virtual patient educational tools to improve medical students' clinical reasoning skills: a systematic review. BMC Med Educ. 2022 May 13;22(1):365

36. Komasawa N, Yokohira M. Simulation-Based Education in the Artificial Intelligence Era. Cureus. 2023 Jun 25;15(6):e40940

37. Tolsgaard MG, Pusic MV, Sebok-Syer SS, Gin B, Svendsen MB, Syer MD, Brydges R, Cuddy MM, Boscardin CK. The fundamentals of Artificial Intelligence in medical education research: AMEE Guide No. 156. Med Teach. 2023 Jun;45(6):565-573

38. Leon S, Lee S, Perez JE, Hashimoto DA. Artificial intelligence and the education of future surgeons. Am J Surg. 2025 Aug; 246:116257.]

39. Zeng J, Qi W, Shen S, Liu X, Li S, Wang B, Dong C, Zhu X, Shi Y, Lou X, Wang B, Yao J, Jiang G, Zhang Q, Cao S Embracing the Future of Medical Education with Large Language Model–Based Virtual Patients: Scoping Review J Med Internet Res 2025;27: e79091]

40. [Jay R, Sandars J, Patel R, Leonardi-Bee J, Ackbarally Y, Bandyopadhyay S, Faraj D, O'Hanlon M, Brown J, Wilson E. The Use of Virtual Patients to Provide Feedback on Clinical Reasoning: A Systematic Review. Acad Med. 2025 Feb 1;100(2):229-238]

41. Verghese BG, Iyer C, Borse T, Cooper S, White J, Sheehy R. Modern artificial intelligence and large language models in graduate medical education: a scoping review of attitudes, applications & practice. BMC Med Educ. 2025 May 20;25(1):730

42. Li B, Wu G, Shi L, Wang F, Yang Z. Innovative strategies for reconstructing medical education through technology: a literature review. Front Psychol. 2025 Oct 16;16:1609589.

43. Li B, Wu G, Shi L, et al. Innovative strategies for reconstructing medical education through technology: a literature review. BMC Med Educ. 2025; 25:102

44. Michlmayr N, Mitofsky J, Haverkamp N, Wittek A, Plöger R, Walter A, Strizek B, Recker F. Design and implementation of a microlearning-based OSCE preparatory curriculum in obstetrics: a pilot study. Arch Gynecol Obstet. 2025 Nov;312(5):1599-1604

45. Ahsan Z. Integrating artificial intelligence into medical education: a narrative systematic review of current applications, challenges, and future directions. BMC Med Educ. 2025 Aug 23;25(1):1187

46. Arango-Ibanez JP, Posso-Nuñez JA, Díaz-Solórzano JP, Cruz-Suárez G. Evidence-Based Learning Strategies in Medicine Using AI. JMIR Med Educ. 2024 May 24;10:e54507

47. De Gagne JC, Park HK, Hall K, Woodward A, Yamane S, Kim SS. Microlearning in Health Professions Education: Scoping Review. JMIR Med Educ. 2019 Jul 23;5(2):e13997.2019

48. Hilsmann N, Dodson C. Mobile Microlearning in Continuing Professional Development for Nursing: A Scoping Review. J Contin Educ Nurs. 2025 Feb;56(2):53-62.

49. Imran N, Jawaid M. Artificial intelligence in medical education: Are we ready for it? Pak J Med Sci. 2020 Jul-Aug;36(5):857-859]Imran & Jawaid, 2020;

50. Tekin M, Yurdal MO, Toraman Ç, Korkmaz G, Uysal İ. Is AI the future of evaluation in medical education?? AI vs. human evaluation in objective structured clinical examination. BMC Med Educ. 2025 May 1;25(1):641.

51. Johnsson V, Søndergaard M, Kulasegaram K, et al. Validity evidence supporting clinical skills assessment by artificial intelligence compared with trained clinician raters. Med Educ. 2023; 57:1082-1094

52. Mir MM, Mir GM, Raina NT, Mir SM, Mir SM, Miskeen E, Alharthi MH, Alamri MMS. Application of Artificial Intelligence in Medical Education: Current Scenario and Future Perspectives. J Adv Med Educ Prof. 2023 Jul;11(3):133-140

53. Stamer T, Steinhäuser J, Flägel K. Artificial Intelligence Supporting the Training of Communication Skills in the Education of Health Care Professions: Scoping Review. J Med Internet Res. 2023 Jun 19;25:e43311.

54. Monib WK, Qazi A, Apong RA, Santos JH, Mahmud MM. The MIND model a microlearning AI-integrated instructional

design for enhanced learning outcomes. Sci Rep. 2025 Nov 20;15(1):41020.

55. Villegas-Ch W, Buenano-Fernandez D, Navarro AM et al. Adaptive intelligent tutoring systems for STEM education: analysis of the learning impact and effectiveness of personalized feedback. *Smart Learning Environments*. 2025; 12:41.

56. Seneviratne HMTW, Manathunga SS. Artificial intelligence assisted automated short answer question scoring tool shows high correlation with human examiner markings. BMC Med Educ. 2025 Aug 5;25(1):1146.

57. Lucas HC, Upperman JS, Robinson JR. A systematic review of large language models and their implications in medical education. Med Educ. 2024 Nov;58(11):1276-1285

58. Brügge E, Ricchizzi S, Arenbeck M, Keller MN, Schur L, Stummer W, Holling M, Lu MH, Darici D. Large language models improve clinical decision making of medical students through patient simulation and structured feedback: a randomized controlled trial. BMC Med Educ. 2024 Nov 28;24(1):1391

59. Sumpter S. Automated Generation of High-Quality Medical Simulation Scenarios Through Integration of Semi-Structured Data and Large Language Models. MedEdPublish. 2024;1 3:163

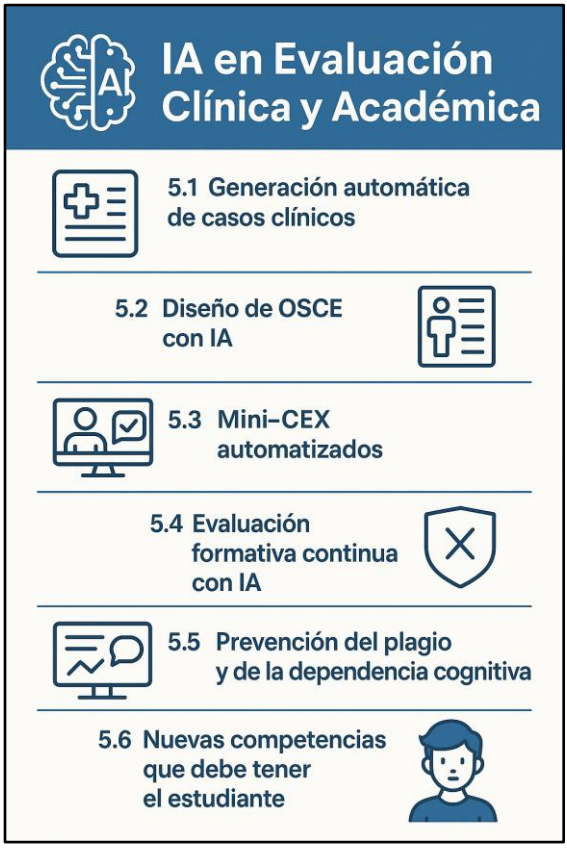
60. Zhui L, Fenghe L, Xuehu W, et al. Ethical considerations and fundamental principles of large language models in medical education: viewpoint. *J Med Internet Res.* 2024;26: e60083.

61. Janumpally R, Nanua S, Ngo A, Youens K. Generative artificial intelligence in graduate medical education. Front Med (Lausanne). 2025 Jan 10;11:1525604

62. Brügge E, Ricchizzi S, Arenbeck M, Keller MN, Schur L, Stummer W, Holling M, Lu MH, Darici D. Large language models improve clinical decision making of medical students through patient simulation and structured feedback: a randomized controlled trial. BMC Med Educ. 2024 Nov 28;24(1):1391

5.

IA EN EVALUACIÓN CLÍNICA Y ACADÉMICA



5.1. Generación automática de casos clínicos

La Inteligencia Artificial, y en particular los Grandes Modelos de Lenguaje, están revolucionando la forma en que se diseñan y utilizan los casos clínicos en la educación médica [1]. Tradicionalmente, la creación de casos clínicos ha sido un proceso

laborioso que requiere un considerable tiempo y experiencia por parte de los educadores. Sin embargo, los LLM pueden simplificar y acelerar este proceso al producir una gran variedad de escenarios clínicos, adaptados a diferentes niveles de dificultad, especialidades médicas y objetivos de aprendizaje Esto incluye la generación de historiales de pacientes detallados, hallazgos de exámenes físicos, resultados de laboratorio y estudios de imagen [2].

5.1.1 Aplicaciones y Beneficios:

- **Variedad y Personalización:** La IA puede generar un volumen ilimitado de casos clínicos, lo que permite a los estudiantes practicar con una amplia gama de condiciones y presentaciones. Además, los casos pueden personalizarse para abordar las necesidades de aprendizaje específicas de cada estudiante, centrándose en áreas donde necesitan más práctica o refuerzo [1].
- **Simulaciones Interactivas:** Los LLM pueden ir más allá de la simple generación de texto, actuando como "pacientes virtuales" conversacionales. Esto permite a los estudiantes interactuar con el caso, hacer preguntas, obtener respuestas y recibir retroalimentación sobre su proceso de toma de decisiones. Esta interacción dinámica mejora el razonamiento clínico y las habilidades de comunicación [3].
- **Reducción de la Carga de Trabajo del Educador:** Al automatizar la creación de casos, los educadores pueden dedicar más tiempo a la tutoría individualizada, el desarrollo curricular y la investigación.
- **Preparación para Exámenes:** La generación automática de casos permite a los estudiantes practicar con escenarios similares a los que encontrarán en exámenes estandarizados, como los OSCE o las evaluaciones de certificación [4].

5.1.2 Ejemplos prácticos:

- **Creación de prompts para LLM:** Los educadores pueden utilizar LLM como ChatGPT, Gemini, Claude...etc para generar escenarios, solicitando un "*caso clínico de un paciente con apendicitis aguda para estudiantes de tercer año de medicina,*

incluyendo historial, examen físico y resultados de laboratorio, con una complicación leve".

- **Simuladores conversacionales:** Implementar plataformas basadas en LLM donde los estudiantes "hablan" con un paciente virtual para obtener un historial, realizar un diagnóstico diferencial y proponer un plan de tratamiento.

5.2. Diseño de OSCE con IA

Los Exámenes Clínicos Estructurados y Objetivos [OSCE] son una herramienta fundamental para evaluar las competencias clínicas de los estudiantes de medicina. La Inteligencia Artificial puede mejorar significativamente el diseño, la ejecución y la evaluación de los OSCE, haciéndolos más eficientes, objetivos y variados (**Tabla** 1).

Tabla 1. OSCE VIRTUAL – PACIENTE INTERACTIVO Ejemplo de Escenario OSCE Generado por un LLM

1. Instrucciones para el estudiante

Estación: Dolor torácico en Urgencias. Tiempo: 8 minutos
Tarea:
- Realizar historia clínica dirigida
- Evaluar factores de riesgo
- Realizar exploración física simulada
- Interpretar hallazgos
- Explicar plan de manejo al paciente

Objetivo: Identificar un posible Síndrome Coronario Agudo

2. Papel del paciente estandarizado

Nombre: Luis Ramírez
Edad: 58 años
Actitud: Ansioso, sudoroso, preocupado
Motivo de consulta:
"Me empezó un dolor fuerte en el centro del pecho hace 30 minutos."
Características del dolor:
- Retroesternal
- Opresivo
- Irradia a brazo izquierdo

- Intensidad 8/10
- Continua

Síntomas asociados:

- Disnea leve
- Náuseas
- Sudoración fría

Antecedentes:

- Hipertensión
- Tabaquismo
- Padre con infarto

Signos vitales:

TA 148/92, FC 104, SatO2 95%

Emocionalidad:

"¿Es algo grave?", "No quiero que me pase lo mismo que a mi padre."

3. Lista de verificación para el evaluador

Checklist:

☐ Se presenta y verifica identidad
☐ Evalúa características del dolor
☐ Indaga factores de riesgo
☐ Pregunta síntomas asociados
☐ Solicita signos vitales
☐ Solicita o menciona necesidad de ECG
☐ Reconoce probabilidad de SCA
☐ Explica plan inmediato
☐ Mantiene comunicación empática
☐ Plantea diagnósticos diferenciales

Criterio global:

Aprobado si identifica Sindrome Coronario Agudo (SCA) y plan de acción inmediato.

5.2.1 Aplicaciones y Beneficios:

- **Generación de Escenarios OSCE:** Los LLM pueden asistir en la creación de escenarios complejos para las estaciones del OSCE, incluyendo las instrucciones para el estudiante, el papel

para el paciente estandarizado y la lista de verificación para el evaluador. Esto asegura la consistencia y la relevancia de los casos, y permite una mayor diversidad de situaciones clínicas [1].

- **Desarrollo de Criterios de Evaluación:** La IA puede ayudar a refinar las rúbricas y listas de verificación utilizadas por los evaluadores, garantizando que sean exhaustivas y objetivas. Los modelos de IA también pueden ser entrenados para identificar elementos clave en el rendimiento del estudiante, lo que puede estandarizar la calificación [5].
- **Entrenamiento de Pacientes Estandarizados:** Los LLM pueden generar guiones detallados y perfiles psicológicos para los pacientes estandarizados, lo que ayuda a los actores a interpretar sus roles de manera más consistente y realista[6].
- **Análisis del rendimiento** Durante la ejecución del OSCE, la IA puede analizar datos de video, audio y texto para evaluar el rendimiento de los estudiantes. Esto incluye el análisis del lenguaje corporal, la comunicación verbal y no verbal, y la precisión de las acciones clínicas [5]. Se ha demostrado que la evaluación de habilidades clínicas por parte de la IA puede ser comparable en validez a la de evaluadores clínicos entrenados [7].

Ejemplos prácticos:

- **Creación de un guion de paciente estandarizado con IA:** Un profesor podría pedir a un LLM que cree un perfil de paciente con "síntomas de insuficiencia cardíaca descompensada para una estación OSCE de cardiología, incluyendo antecedentes relevantes y respuestas a preguntas comunes del estudiante" (**Tabla** 2).
- **Asistencia en la puntuación:** Utilizar herramientas de IA para analizar las grabaciones de los OSCE y proporcionar una preevaluación objetiva, destacando áreas de fortaleza y debilidad para que los evaluadores humanos puedan concentrarse en la retroalimentación cualitativa.

5.3. Mini-CEX automatizados

- El Mini-Clinical Evaluation Exercise es una herramienta de evaluación formativa que permite a los educadores observar y proporcionar retroalimentación sobre el rendimiento clínico de los estudiantes en encuentros reales con pacientes. La IA tiene el potencial de automatizar y mejorar este proceso, haciéndolo más escalable y proporcionando retroalimentación más consistente y objetiva.

Tabla 2. Perfil de Paciente para OSCE – Insuficiencia Cardíaca Descompensada

Ejemplo de cómo un profesor puede pedir a un LLM generar un perfil completo de paciente.

1. Descripción general del paciente:

- Nombre: Carmen López
- Edad: 72 años
- Motivo de consulta: Dificultad progresiva para respirar y aumento de la hinchazón en piernas.

2. Antecedentes relevantes:

- Insuficiencia cardíaca con fracción de eyección reducida (Fred) diagnosticada hace 4 años.
- Infarto agudo de miocardio hace 6 años.
- Hipertensión de larga evolución.
- Medicamentos: furosemida irregular, carvedilol, enalapril, aspirina.
- Hospitalización por descompensación hace 8 meses.

3. Síntomas actuales (para que el paciente responda):

- Ortopnea: "Tengo que dormir casi sentada."
- Disnea progresiva: "Me falta el aire al caminar unos pasos."
- Disnea paroxística nocturna.
- Edema en miembros inferiores.
- Aumento de peso de 3 kg en una semana.
- Fatiga marcada.

4. Respuestas a preguntas comunes del estudiante:

- ¿Cuándo inició la dificultad respiratoria?
  "Desde hace dos semanas, pero empeoró mucho en los últimos 3 días."
- ¿Ha notado hinchazón?
  "Sí, mis piernas y tobillos están muy hinchados."
- ¿Ha utilizado sus medicamentos regularmente?
  "A veces olvido la pastilla para orinar porque me hace ir al baño muchas veces."
- ¿Ha tenido dolor en el pecho?

"No, solo mucho cansancio."
- ¿Cuántas almohadas usa para dormir?
"Tres, sino siento que me ahogo."

5. Datos sugeridos para el OSCE:

Signos vitales:
- FC: 108 lpm
- TA: 158/92 mmHg
- FR: 24 rpm
- $SatO_2$: 90% ambiente

Exploración simulada:
- Estertores bibasales
- Ingurgitación yugular
- Edema en piernas +++
- Soplo holosistólico leve

6. Objetivo de la estación:

Que el estudiante reconozca una descompensación de insuficiencia cardíaca y solicite:
- Ajuste de diuréticos
- Oxigenoterapia
- Radiografía de tórax
- Péptidos natriuréticos (BNP/NT-proBNP)
- Evaluación urgente en cardiología

5.3.1 Aplicaciones y Beneficios:

- **Observación y Registro Automatizado:** La IA, a través de la visión por computadora y el procesamiento del lenguaje natural, podría potencialmente registrar y analizar los encuentros clínicos de los estudiantes (con el consentimiento adecuado) para identificar componentes clave de la interacción, como la toma de historia, el examen físico y la comunicación con el paciente [1].
- **Retroalimentación Instantánea y Estructurada:** Los sistemas de IA (plataforma MedSimAI por ejemplo) pueden analizar el rendimiento grabado y generar retroalimentación estructurada sobre aspectos específicos del encuentro clínico. Esto podría incluir la identificación de pasos omitidos, la calidad de la comunicación o la precisión del razonamiento diagnóstico. Esta

retroalimentación inmediata es crucial para el aprendizaje formativo [8].

- **Estandarización de la Evaluación:** La automatización reduce la variabilidad entre evaluadores humanos, lo que lleva a una evaluación más consistente y justa del rendimiento de los estudiantes [5].
- **Identificación de Brechas de Competencia:** Al analizar los datos de múltiples Mini-CEX automatizados, la IA puede identificar patrones en las deficiencias de los estudiantes, lo que permite intervenciones educativas dirigidas [9].
- **Escalabilidad:** La automatización permite realizar un mayor número de evaluaciones Mini-CEX, lo que es particularmente útil en programas de formación con muchos estudiantes o en entornos donde los supervisores clínicos tienen limitaciones de tiempo.

5.3.2 Ejemplos prácticos:

- **Análisis de grabaciones de video:** Un sistema de IA podría analizar videos de estudiantes realizando un Mini-CEX para evaluar el cumplimiento de una lista de verificación específica (ej., lavado de manos, secuencia de examen físico, contacto visual).
- **Chatbot de retroalimentación:** Después de un Mini-CEX, un estudiante podría cargar una transcripción o un resumen de su encuentro, y un LLM podría proporcionar una retroalimentación inicial basada en criterios predefinidos, antes de la revisión con un supervisor humano.

5.4. Evaluación formativa continua con IA

La evaluación formativa es un pilar fundamental del aprendizaje, ya que proporciona retroalimentación continua para guiar el desarrollo del estudiante. La Inteligencia Artificial puede transformar la evaluación formativa, convirtiéndola en un proceso dinámico, personalizado y omnipresente que apoya constantemente el progreso del estudiante.

5.4.1 Aplicaciones y Beneficios:

- **Monitorización del Progreso en Tiempo Real:** Los sistemas basados en IA pueden rastrear continuamente el rendimiento de los estudiantes en diversas actividades de

aprendizaje (cuestionarios, simulaciones, tareas, etc.). Esto permite una visión en tiempo real de su comprensión y dominio del material [10].

- **Identificación Adaptativa de Necesidades de Aprendizaje:** Mediante algoritmos de aprendizaje automático, la IA puede identificar rápidamente dónde un estudiante tiene dificultades o presenta lagunas de conocimiento. Esto se basa en su historial de respuestas, patrones de errores y tiempo de respuesta [11].
- **Retroalimentación Personalizada e Inmediata:** La IA puede generar retroalimentación específica para cada estudiante, adaptada a sus errores y a su estilo de aprendizaje. Esta retroalimentación puede ser en forma de explicaciones adicionales, recursos recomendados o preguntas de práctica dirigidas [12].
- **Microevaluaciones Integradas:** La IA facilita la integración de pequeñas y frecuentes evaluaciones dentro del flujo de aprendizaje (micro-evaluaciones). Estas pueden ser quizzes rápidos, preguntas incrustadas en videos o ejercicios interactivos [13].
- **Sistemas de Tutoría Inteligente:** Estos sistemas utilizan IA para proporcionar una tutoría uno a uno virtual, ofreciendo apoyo y guía a los estudiantes a medida que avanzan en el currículo [14].
- **Predicción del Rendimiento:** Los modelos predictivos de IA pueden identificar a los estudiantes en riesgo de rezagarse o de tener dificultades con ciertos conceptos, permitiendo a los educadores intervenir de manera proactiva [15].

5.4.2 Ejemplos prácticos:

- **Plataformas de aprendizaje adaptativo:** Un LMS (Learning Management System, o Sistema de Gestión del Aprendizaje) con IA integrada ajusta automáticamente la dificultad de los ejercicios o el tipo de contenido presentado según el rendimiento actual del estudiante. Ejemplos de LMS muy usados: ***Moodle, Canvas, Google Classroom, Blackboard.***
- **Chatbots educativos:** Un chatbot (asistente virtual que puede mantener una conversación y realizar tareas básicas sin intervención humana) impulsado por IA que está disponible 24/7 para responder preguntas de los estudiantes sobre el material del

curso y, a través de sus interacciones, evaluar su comprensión y proporcionar retroalimentación. En la **Tabla 3** pueden observarse diferentes plataformas de Chats educativos y Tutores IA.

5.5. Prevención del plagio y de la dependencia cognitiva

La creciente disponibilidad de herramientas de IA, especialmente los LLM, plantea desafíos en la educación médica en términos de integridad académica y la posibilidad de que los estudiantes desarrollen una dependencia excesiva de estas tecnologías para la resolución de problemas. Es fundamental abordar estas cuestiones para garantizar un aprendizaje genuino y el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico.

5.5.1 Prevención del Plagio Asistido por IA:

- **Detectores de IA:** Existen herramientas de software capaces de identificar textos generados por IA, aunque su fiabilidad es un tema de debate y desarrollo continuo. Estas herramientas pueden complementar los detectores de plagio tradicionales [4] (ver **Tabla 4**).
- **Diseño de Evaluaciones:** Los educadores deben diseñar evaluaciones que requieran pensamiento crítico, síntesis de información y aplicación de conocimientos en contextos novedosos, haciendo más difícil la mera reproducción de contenido generado por IA [4]. Esto incluye preguntas que requieren experiencia personal, reflexión crítica o la integración de múltiples fuentes de información de manera compleja.
- **Énfasis en el Proceso sobre el Producto:** Fomentar la entrega de borradores, la presentación de los procesos de pensamiento y la justificación de las respuestas, en lugar de centrarse únicamente en el producto final.
- **Educación sobre el uso ético de la IA:** Enseñar a los estudiantes sobre los límites de la IA y la importancia de la autoría original, la honestidad académica y cómo citar adecuadamente el uso de herramientas de IA.

5.5.2 Prevención de la Dependencia Cognitiva:

- **Enseñar Alfabetización en IA:** Los estudiantes deben comprender cómo funcionan los sistemas de IA, sus fortalezas y limitaciones, y cómo utilizarlos como herramientas de apoyo sin

Tabla 3. Plataformas de Chatbots Educativos y Tutores con IA

Plataforma	Descripción	URL
Khanmigo	Tutor conversacional: IA basado en Khan Academy.	https://www.khanmigo.ai
Ivy.ai	Chatbot institucional 24/7 para educación superior.	https://ivy.ai
Mindgrasp	Asistente de estudio con IA (resúmenes, tests, tutoría).	https://mindgrasp.ai
AI Tutor	Tutor inteligente con aprendizaje personalizado.	https://ai-tutor.ai
Class Companion	Plataforma educativa con tutoría IA y retroalimentación.	https://classcompanion.com
Packback	IA para discusión académica y pensamiento crítico.	https://packback.Com
Querium StepWise	Tutoría paso a paso para STEM.	https://www.querium.com
SchoolAI	Tutoría personalizada para escuelas y docentes.	https://schoolai.com

delegar completamente el pensamiento crítico y el juicio profesional [16].

- **Fomentar el Pensamiento Crítico y la Resolución de Problemas:** Diseñar actividades que requieran que los estudiantes evalúen críticamente la información proporcionada por la IA, la contrasten con otras fuentes y tomen decisiones basadas en su propio juicio. La IA debe ser vista como un "compañero" o "herramienta de consulta", no como un sustituto del intelecto [17].
- **Exámenes y Evaluaciones sin IA:** Incluir evaluaciones que prohíban el uso de IA para asegurar que los estudiantes puedan demostrar sus habilidades y conocimientos sin asistencia externa.
- **Desarrollo de Habilidades de Metacognición:** consiste en ayudar a los estudiantes a pensar sobre cómo aprenden. Esto incluye enseñarles a reflexionar sobre su propio proceso de estudio, a notar cuándo están usando demasiado la inteligencia artificial y a

preguntarse si realmente entendieron el contenido o solo siguieron lo que la tecnología les dijo. De esta manera, pueden fortalecer su capacidad de razonar por sí mismos y volverse más independientes en su aprendizaje.

- **Integración Deliberada y Guiada:** Introducir la IA en el currículo de manera controlada y con objetivos de aprendizaje claros, donde su uso esté explícitamente diseñado para mejorar ciertas habilidades, no para reemplazarlas.

Tabla 4. Herramientas para Detectar Texto Generado por IA

Herramienta	Descripción	URL	Licencia	Idiomas Soportados
Originality. ai	Detector de contenido IA + detector de plagio.	https://originality.ai	Pago	Inglés principal mente
GPTZero	Detector popular para identificar texto generado por IA.	https://gptzero.me	Free mium	Inglés, soporte en otros idiomas
Copyleaks AI Detector	Detector avanzado de IA para uso académico y empresarial.	https://copyleaks.com/ai-content-detector	Free mium	Multilingüe
QuillBot AI Detector	Detector gratuito para estimar si un texto proviene de IA.	https://quillbot.com/ai-content-detector	Pago	Multilingüe
Winston AI	Detector de IA usado en educación y edición profesional.	https://gowinston.ai	Pago	Inglés, soporte parcial en otros idiomas

5.6. Nuevas competencias que debe tener el estudiante

La integración de la Inteligencia Artificial en la medicina y la educación médica exige que los futuros profesionales de la salud desarrollen un nuevo conjunto de competencias para interactuar eficazmente con estas tecnologías y utilizarlas de manera ética y responsable en su práctica (**Figura 1**).

5.6.1 Alfabetización en IA:

- **Comprensión Fundamental:** Los estudiantes deben entender los conceptos básicos de la IA, cómo funciona, sus diferentes tipos y sus aplicaciones generales en la medicina [16].
- **Evaluación Crítica de Herramientas de IA:** Capacidad para evaluar críticamente las herramientas de IA, comprender sus fortalezas, limitaciones, sesgos potenciales y cómo pueden afectar la equidad y los resultados de los pacientes.

5.6.2 Habilidades de Interacción con IA:

- **Prompt Engineering:** Saber cómo formular preguntas efectivas o "prompts" para obtener la información más relevante y precisa de los LLM y otras herramientas generativas [4].

Figura 1. Nuevas competencias del estudiante



- **Interpretación de Resultados de IA:** Habilidad para interpretar los resultados generados por algoritmos de IA, comprender su incertidumbre y saber cuándo confiar o cuestionar sus recomendaciones [17].

5.6.3 Pensamiento Crítico y Resolución de Problemas:

- **Juicio Clínico Aumentado:** Utilizar la IA como una herramienta para aumentar el juicio clínico propio, no para reemplazarlo. Esto implica la capacidad de sintetizar la información generada por la IA con el conocimiento clínico y la experiencia del paciente [17].
- **Identificación de Sesgos:** Detectar posibles sesgos en los datos de entrada o en los algoritmos de IA que puedan conducir a diagnósticos o tratamientos incorrectos o inequitativos [18].

5.6.4 Ética y Responsabilidad en IA:

- **Consideraciones Éticas:** Comprender las implicaciones éticas del uso de la IA en la atención médica, incluyendo la privacidad de los datos, la autonomía del paciente y la responsabilidad.
- **Uso Responsable:** Utilizar la IA de manera responsable y segura, reconociendo sus limitaciones y el potencial de daño si se usa de forma inapropiada.

5.6.5 Adaptabilidad y Aprendizaje Continuo:

- **Actualización Constante:** Dada la rápida evolución de la IA, los estudiantes deben desarrollar una mentalidad de aprendizaje continuo para mantenerse al día con las nuevas tecnologías y sus aplicaciones médicas [19].
- **Colaboración Humano-IA:** Estar preparados para trabajar en equipos donde la IA sea un componente integral, colaborando de manera efectiva con sistemas inteligentes.

5.6.6 Habilidades de Comunicación:

- **Comunicación de Decisiones Asistidas por IA:** Ser capaces de explicar a los pacientes y colegas cómo la IA influyó en las decisiones clínicas, de una manera clara y comprensible.

- **Comunicación sobre Limitaciones de IA:** Saber cómo discutir las limitaciones de las herramientas de IA con los pacientes y otros profesionales de la salud.

Estas competencias son esenciales para que los futuros médicos no solo utilicen la IA de manera efectiva, sino que también lideren su desarrollo y aplicación ética en el campo de la salud.

Referencias

1. Sumpter S. Automated Generation of High-Quality Medical Simulation Scenarios Through Integration of Semi-Structured Data and Large Language Models. MedEdPublish. 2024;13:163
2. Zhui L, Yhap N, Liping L, Zhengjie W, Zhonghao X, Xiaoshu Y, Hong C, Xuexiu L, Wei R. Impact of Large Language Models on Medical Education and Teaching Adaptations. JMIR Med Inform. 2024 Jul 25;12:e55933.
3. Brügge E, Ricchizzi S, Arenbeck M, Keller MN, Schur L, Stummer W, Holling M, Lu MH, Darici D. Large language models improve clinical decision making of medical students through patient simulation and structured feedback: a randomized controlled trial. BMC Med Educ. 2024 Nov 28;24(1):1391.
4. Janumpally R, Nanua S, Ngo A, Youens K. Generative artificial intelligence in graduate medical education. Front Med (Lausanne). 2025 Jan 10;11:1525604.
5. Tekin M, Yurdal MO, Toraman Ç, Korkmaz G, Uysal İ. Is AI the future of evaluation in medical education?? AI vs. human evaluation in objective structured clinical examination. BMC Med Educ. 2025 May 1;25(1):641
6. Li B, Wu G, Shi L, Wang F, Yang Z. Innovative strategies for reconstructing medical education through technology: a literature review. Front Psychol. 2025 Oct 16;16:1609589.
7. Johnsson V, Søndergaard MB, Kulasegaram K, Sundberg K, Tiblad E, Herling L, Petersen OB, Tolsgaard MG. Validity evidence supporting clinical skills assessment by artificial intelligence compared with trained clinician raters. Med Educ. 2024 Jan;58(1):105-117
8. Voigt H, Sugamiya Y, Lawonn K, Zarrieß S, Takanishi A. LLM-Powered Virtual Patient Agents for Interactive Clinical Skills

Training with Automated Feedback. *arXiv* [preprint] 2025 Aug 19. Disponible en: https://arxiv.org/abs/2508.13943

9. Ahsan Z. Integrating artificial intelligence into medical education: a narrative systematic review of current applications, challenges, and future directions. BMC Med Educ. 2025 Aug 23;25(1):1187.

10. Chen Y. Evaluation of the impact of AI-driven personalized learning platform on medical students' learning performance. Front Med (Lausanne). 2025 Sep 12;12:1610012

11. Sunmboye K, Strafford H, Noorestani S, et al. Exploring the influence of artificial intelligence integration on personalized learning: a cross-sectional study of undergraduate medical students in the United Kingdom. Med Educ Online. 2025;30:2345097

12. Thompson RAM, Shah YB, Aguirre F, Stewart C, Lallas CD, Shah MS. Artificial Intelligence Use in Medical Education: Best Practices and Future Directions. Curr Urol Rep. 2025 May 29;26(1):45. doi: 10.1007/s11934-025-01277-1

13. McCarthy A, Agnew JD, Price J, et al. Transforming Healthcare AI Education Through Micro-Learning: A Novel Partnership Model for Nursing Workforce Development. J Med Internet Res. 2025;27:e66014.

14. Mir MM, Mir GM, Raina NT, Mir SM, Mir SM, Miskeen E, Alharthi MH, Alamri MMS. Application of Artificial Intelligence in Medical Education: Current Scenario and Future Perspectives. J Adv Med Educ Prof. 2023 Jul;11(3):133-140.

15. Ehsan HRU, Khan RA, Yasmeen R, et al. Development and Validation of an AI-based model to predict the assessment outcomes of pre-clinical MBBS/BDS students. BMC Med Educ. 2024;24:729

16. Verghese BG, Iyer C, Borse T, Cooper S, White J, Sheehy R. Modern artificial intelligence and large language models in graduate medical education: a scoping review of attitudes, applications & practice. BMC Med Educ. 2025 May 20;25(1):730

17. Arango-Ibanez JP, Posso-Nuñez JA, Díaz-Solórzano JP, Cruz-Suárez G. Evidence-Based Learning Strategies in Medicine Using AI. JMIR Med Educ. 2024 May 24;10:e54507

18. Masoumian Hosseini M, Masoumian Hosseini ST, Qayumi K. Integration of Artificial Intelligence in Medical Education:

Opportunities, Challenges, and Ethical Considerations. Cureus. 2024;16:e67341

19. Khakpaki A. Advancements in artificial intelligence transforming medical education: a comprehensive overview. Med Educ Online. 2025 Dec;30(1):2542807

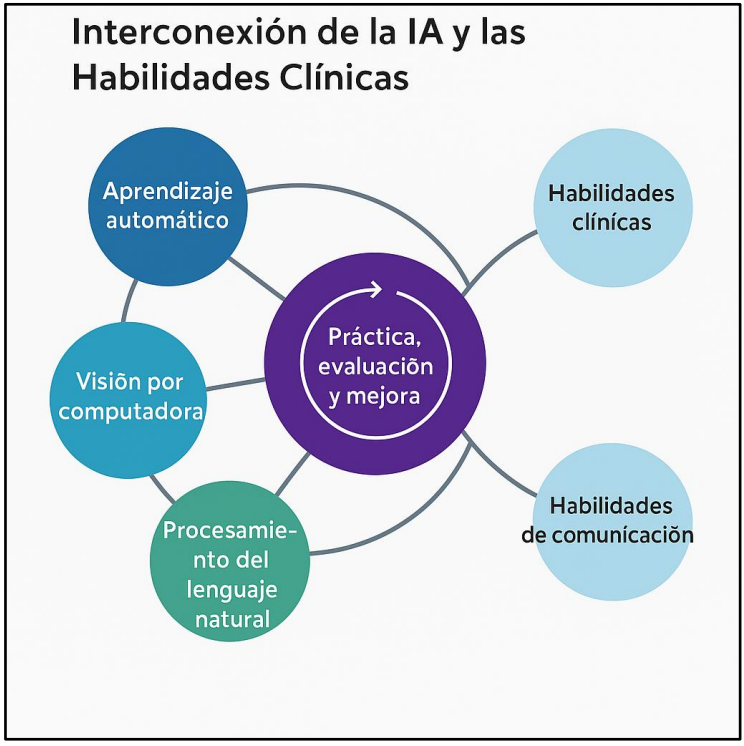
6.

IA APLICADA A HABILIDADES CLÍNICAS Y COMUNICACIÓN



Las diferentes ramas de la IA se interconectan para potenciar el desarrollo de diversas habilidades clínicas y de comunicación, mostrando un ciclo de práctica, evaluación y mejora. (**Figura 1**). Vamos a analizar cómo la Inteligencia Artificial mejora el entrenamiento de habilidades clínicas esenciales y la comunicación médico-paciente, detallando herramientas y metodologías específicas.

Figura 1. Interconexión de la IA en las habilidades clínicas y de comunicación



6.1. Simuladores clínicos potenciados con IA



La simulación clínica es una piedra angular en la educación médica, permitiendo a los estudiantes practicar procedimientos y toma de decisiones sin riesgo para los pacientes. La Inteligencia Artificial lleva esta metodología a un nuevo nivel, potenciando los simuladores con capacidades dinámicas y adaptativas que replican la complejidad de la interacción humana y los escenarios clínicos [1].

Los simuladores potenciados por IA, especialmente aquellos que integran Grandes Modelos de Lenguaje, pueden ofrecer respuestas realistas y variadas a las acciones del estudiante, desde cambios fisiológicos en maniquíes de alta fidelidad hasta reacciones emocionales en pacientes virtuales [2].

Esto permite a los alumnos desarrollar no solo las habilidades de los diversos procedimientos, sino también razonamiento clínico, empatía y capacidad de decisión. Estos simuladores proporcionan un espacio seguro para la práctica repetida y la recepción de retroalimentación instantánea, lo que es crucial para el desarrollo de habilidades prácticas. Plataformas basadas en LLM pueden generar interacciones clínicas realistas y evaluaciones automatizadas, mejorando significativamente las habilidades de entrevista y comunicación.

6.1.1 Modelos de Simuladores Clínicos Potenciados con Inteligencia Artificial

La integración de VR/AR, (realidad virtual/realidad aumentada), modelos fisiológicos, machine learning y grandes modelos de lenguaje (LLM) permite entrenar habilidades clínicas complejas en entornos seguros, adaptativos y evaluables.

En las siguientes **Tablas 1-3** se muestran diferentes simuladores comerciales, pacientes virtuales basados en IA conversacional y proyectos emergentes.

6.1.2 Ideas prácticas:

- Utilizar simuladores de paciente virtual basados en IA que no solo reproduzcan síntomas físicos, sino que también respondan verbalmente de manera dinámica a las preguntas y acciones del estudiante.
- ***Shadow Health (Elsevier) – Digital Clinical Experiences con IA conversacional*** es probablemente la plataforma comercial más extendida en universidades de medicina y enfermería para

simular entrevistas clínicas con pacientes virtuales conversacionales.

- ***Lúmina Education (España). Pacientes virtuales con LLM multimodal:*** Es una plataforma española de nueva generación que utiliza Grandes Modelos de Lenguaje para crear pacientes conversacionales con emociones, estilos comunicativos y conductas adaptativas.

Tabla 1. Simuladores comerciales basados en IA

Nombre comercial	Tipo de IA / Tecnología	Uso clínico / educativo	Disponibilidad	Dirección web
SimX	Realidad virtual inmersiva, escenarios dinámicos con IA, integración LLM	Emergencias, UCI, trauma, pediatría, trabajo en equipo	Sí	https://www.simxvr.com
CAE Healthcare	Modelos fisiológicos ML, simulación avanzada, IA comunicativa	Procedimientos soporte vital, comunicación clínica	Sí	https://www.caehealthcare.com
Shadow Health	Pacientes virtuales con NLP y LLM	Entrevista clínica, comunicación asistencial	Sí	https://www.shadowhealth.com
Body Interact	Simulación 2D/3D con modelos fisiológicos ML	Razonamiento clínico y manejo de casos	Sí	https://www.bodyinteract.com
Fundamenta IVR	VR quirúrgica, ML y sistemas hápticos	Cirugía y habilidades técnicas avanzadas	Sí	https://www.fundamentalvr.com

Tabla 2. Pacientes virtuales basados en IA conversacional (LLM)

Nombre	Tipo de IA	Enfoque clínico	Disponibilidad	Dirección web
Holo Patient AI	Holograma + LLM	Exploración y comunicación clínica	Institucional	https://www.microsoft.co
SimX + GPT-4/5	Pacientes conversacionales	Historia clínica, comunicación	Integración personalizada	https://www.simxvr.com
Lúmina Education	LLM con emociones adaptativas	Simulación conversacional	Sí (SaaS)	https://lumina.education
Synapse Medicine	ML + motor experto farmacos	Escenarios farmacológicos	Sí	https://synapse-medicine.com

Tabla 3. Startups emergentes y prototipos recientes

Nombre	Tipo de IA	Enfoque	Sitio web
Osmosis AI Patients	LLM + evaluación automática	Entrevista clínica	(beta)
Articulate Medical AI	LLM conversacional	Preparación OSCE	(web empresa)
Virti	VR + IA + gamificación	Entrenamiento inmersivo	https://virti.com
Hypermind Care	IA emocional	Comunicación empática	(UE) https://www.hypermind.com/

Acrónimos VR: Virtual Reality; AR: Augmented Reality; IA: Inteligencia Artificial; ML: Machine Learning; LLM: Largos Modelos de Lenguaje; NLP: Natural Language Processing UCI: Unidad de Cuidados Intensivos

- Integrar IA en maniquíes de simulación para que ajusten sus parámetros fisiológicos (presión arterial, frecuencia cardíaca) en tiempo real, basándose en las intervenciones del estudiante y en un algoritmo de IA que simule una condición patológica específica.
    - ***CAE Healthcare — CAE Luna / CAE Emergency Care con IA fisiológica :*** CAE Healthcare es uno de los fabricantes líderes de maniquíes de alta fidelidad. Sus modelos integran IA fisiológica y algoritmos avanzados que permiten modificar parámetros vitales automáticamente en función de las acciones del estudiante.
    - ***Laerdal — SimMan 3G / SimMan ALS con Modelos Fisiológicos Avanzados:*** Los maniquíes SimMan de Laerdal son referencia mundial en simulación clínica. Integran modelos fisiológicos complejos que permiten que el paciente responda automáticamente a intervenciones, y recientemente incorporan módulos de IA mediante integraciones externas.

6.2. Entrenamiento en anamnesis con pacientes virtuales

La anamnesis o toma de historia clínica es una habilidad comunicativa y diagnóstica fundamental. Los pacientes virtuales impulsados por IA y LLM han surgido como una herramienta efectiva para que los estudiantes practiquen esta competencia esencial [3].

Estos sistemas permiten a los estudiantes interactuar con "pacientes" que presentan diversas condiciones médicas, antecedentes y personalidades. Los LLM pueden procesar el lenguaje natural del estudiante, responder a sus preguntas y proporcionar información relevante, simulando una conversación clínica real. Diferentes estudios han demostrado que la interacción con pacientes virtuales impulsados por IA puede conducir a una mejora estadísticamente significativa en las habilidades en la configuración de la historia clínica [4]. Algunos sistemas incluso transforman registros electrónicos de salud anonimizados en pacientes virtuales con capacidad de voz, ofreciendo escenarios de práctica muy realistas y retroalimentación adaptativa [5].

6.2.1 Ideas prácticas

- Implementar un sistema de paciente virtual donde los estudiantes puedan realizar una anamnesis completa,

recibiendo pistas o resistencia del paciente virtual según el escenario diseñado.

- ***Body Interact*:** Una plataforma líder en *Virtual Patients* que permite simular casos clínicos completos, desde anamnesis hasta toma de decisiones diagnósticas y terapéuticas.
- ***OpenLabyrinth (Virtual Patients Open Source):*** Una plataforma open source ampliamente usada en educación médica para construir pacientes virtuales ramificados con lógica condicional compleja.

- Diseñar ejercicios donde el paciente virtual esté programado para ocultar información clave, desafiando al estudiante a utilizar técnicas de comunicación avanzada para obtener los datos necesarios.
  - ***SimX (realidad virtual con guion configurable):*** Crear pacientes virtuales en VR con comportamientos programados.
  - ***Soul Machines + IA generativa (avatar emocional avanzado):*** Avatares humanos realistas que responden con voz y expresión facial.

6.3. IA como herramienta para feedback inmediato

Una de las contribuciones más valiosas de la IA en el desarrollo de habilidades clínicas y comunicativas es su capacidad para ofrecer retroalimentación inmediata y estructurada. A diferencia de la retroalimentación humana, que puede ser subjetiva y demorada, la IA proporciona análisis instantáneos y objetivos del progreso del estudiante [6].

Los sistemas de retroalimentación impulsados por IA pueden analizar grabaciones de interacciones simuladas o prácticas clínicas, evaluando desde la técnica en un procedimiento quirúrgico hasta la claridad y empatía en la comunicación [2] Plataformas como MedSimAI utilizan LLM para generar feedback estructurado en tiempo real, basado en marcos de evaluación médica establecidos, permitiendo a los estudiantes identificar y corregir errores al instante. Se ha demostrado que esta retroalimentación inmediata mejora la toma de decisiones clínicas. Incluso en habilidades técnicas quirúrgicas, el feedback en tiempo real de la IA ha mostrado resultados de rendimientos superiores a la instrucción en persona o la ausencia de feedback. La capacidad

de la IA para evaluar la *calidad* de la retroalimentación también se correlaciona con la mejora de las habilidades

6.3.1 Ideas prácticas:

- Después de una simulación de examen físico o procedimiento, un sistema de IA analiza el video y proporciona una lista de verificación de los pasos realizados correctamente y las áreas de mejora, junto con sugerencias específicas.
  - ***CAE SimCapture (CAE Healthcare)*** *:* El estándar internacional en evaluación de simulación clínica por video. Es la plataforma más adoptada en facultades de medicina y centros de simulación de Europa y EE.UU. Integración completa con maniquíes CAE, pacientes estandarizados y OSCE.
  - ***Virti (AI + Video + Realidad Aumentada):*** La plataforma de IA para entrenamiento clínico con mayor expansión en los últimos 5 años. Adoptada por el NHS del Reino Unido, hospitales de EE. UU., Australia, Alemania y universidades emergentes. Su motor de IA analiza video + audio + comportamiento no verbal.
- En el entrenamiento de comunicación, un LLM analiza la transcripción de una conversación con un paciente virtual y ofrece feedback sobre el uso de preguntas abiertas, la escucha activa y la expresión de empatía.
  - ***Shadow Health – Digital Clinical Experience (DCE)*** **(Elsevier*):*** *La plataforma más establecida y utilizada mundialmente para entrenamiento de comunicación clínica analizado por IA.* Los estudiantes dialogan con un paciente virtual conversacional (texto + voz). El sistema usa IA/LLM para analizar cada frase del alumno y clasificar preguntas abiertas, tácticas de escucha activa, validación emocional, empatía explícita . clarificaciones y reformulaciones.
  - ***Virti – Conversational AI Analytics*** *La plataforma emergente más potente para análisis de comunicaciones con IA generativa.*

6.4. Visión computacional para exploración física

La exploración física es una habilidad clínica esencial que requiere observación detallada .La visión computacional, una rama de la IA, está emergiendo como una herramienta prometedora para

entrenar y evaluar las habilidades de exploración física de manera objetiva y consistente.

Mediante el análisis de videos o imágenes, los algoritmos de visión computacional pueden detectar si los estudiantes realizan los pasos correctos de una exploración física, como la palpación, auscultación o percusión, y evaluar la técnica empleada [8]. Esta tecnología permite crear escenarios de aprendizaje basados en IA que reproducen condiciones visuales y auditivas específicas, facilitando el desarrollo de habilidades en el examen físico [9].

Además, tecnologías como la realidad mixta, que integran visión computacional, están siendo validadas para la evaluación objetiva de habilidades clínicas en entornos simulados [10].

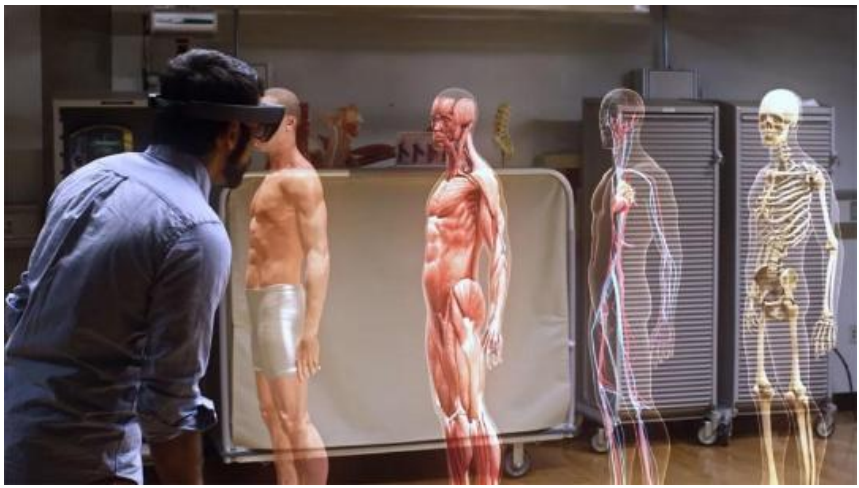
Aunque la IA muestra gran potencial en tareas visuales, su fiabilidad varía, y todavía necesita refinamiento para la evaluación precisa de habilidades que requieren comunicación verbal o señales auditivas [11].

6.4.1 Ideas prácticas:

- Un sistema de visión computacional conectado a una cámara registra a un estudiante realizando una exploración abdominal. La IA analiza los movimientos y la secuencia, proporcionando feedback sobre la técnica y si se omitió algún paso crucial.
  - ***CAE SimCapture + IA (CAE Healthcare)*** El estándar internacional en evaluación por video con análisis automático de pasos. Permite conectar cámaras en una sala de simulación y usar IA para: detectar secuencia de pasos del examen físico, analizar movimientos clave (p. ej., inspección, palpación, percusión, auscultación), marcar omisiones automáticamente, y comparar la ejecución con un checklist estándar OSCE.
  - ***Virti – AI Motion & Behavior Analysis*** La plataforma emergente más adoptada para análisis de movimientos clínicos mediante IA.

- Utilizar realidad aumentada para superponer información anatómica o fisiopatológica relevante en un paciente simulado durante una exploración, permitiendo al estudiante visualizar estructuras internas mientras realiza la palpación.

- ***HoloAnatomy® Suite (Case Western Reserve University + Microsoft HoloLens)*** La referencia mundial en enseñanza de anatomía y exploración clínica con realidad aumentada. Permite superponer estructuras anatómicas 3D directamente sobre un maniquí o un compañero ("patient overlay"). Durante la palpación, el estudiante puede ver en tiempo real: vísceras abdominales, vasos, trayectos nerviosos correlación clínico-anatómica, relaciones tridimensionales. Se puede activar modo fisiopatología: inflamación, masas, cambios patológicos.



- ***Complete Anatomy (3D4Medical) – Modo AR*** La herramienta comercial más extendida en universidades con funcionalidad AR (realidad aumentada) estable. Millones de usuarios, cientos de escuelas de medicina y hospitales. Modo AR disponible en iPad, iPhone y algunos dispositivos Android. Permite colocar un modelo anatómico 3D en tamaño real sobre un paciente simulado o camilla. El estudiante puede: ver órganos internos mientras palpa, activar capas de músculos, vísceras o sistemas, visualizar patologías (apendicitis, masas hepáticas, aneurismas, etc.) comparar la palpación real con la anatomía proyectada.

6.5. Entrenamiento en comunicación clínica (malas noticias, adherencia)

La comunicación efectiva en medicina va más allá de la simple transmisión de información; abarca la empatía, la gestión de

emociones y la capacidad de abordar temas delicados como la comunicación de malas noticias o el impulsar la adherencia al tratamiento. La IA, y en particular los LLM, están proporcionando entornos seguros para practicar estas complejas habilidades.

Los LLM pueden simular pacientes con diversas personalidades y creencias, permitiendo a los estudiantes practicar conversaciones difíciles, como la revelación de un diagnóstico grave o el manejo de objeciones a un plan de tratamiento [12].

Herramientas como ChatGPT se han utilizado para crear escenarios realistas para entrenar a los médicos en la comunicación de malas noticias, utilizando marcos establecidos como SPIKES, y proporcionando retroalimentación sobre el desempeño en el roleplay.

SPIKES es uno de los modelos más utilizados en medicina para comunicar malas noticias de manera estructurada, empática y ética. Se usa mucho en oncología, cuidados paliativos y urgencias… y ahora también en *roleplays* con IA como ChatGPT [13] [14]. SPIKES es un acrónimo formado por seis pasos que guían al profesional para dar malas noticias con claridad, sensibilidad y soporte emocional (**Figura 2**) [15].

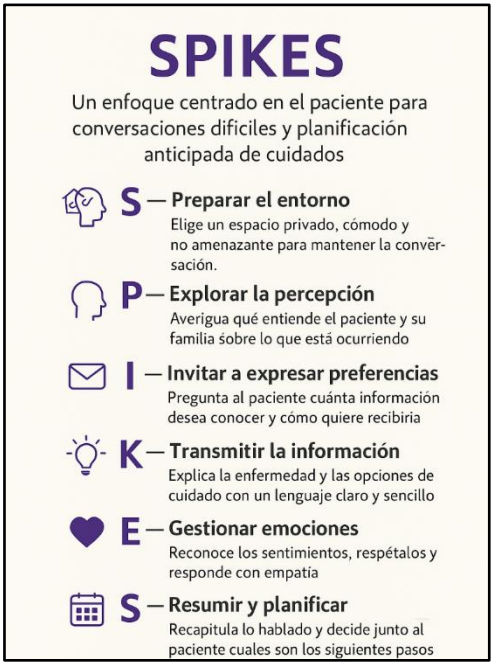
La capacidad de los LLM para replicar estilos de comunicación complejos ayuda a los estudiantes a mejorar su empatía y agudeza diagnóstica en estas interacciones críticas Estos entornos ofrecen una oportunidad inigualable para ensayar, recibir feedback y perfeccionar un arte que es fundamentalmente humano [16].

6.5.1 Ideas prácticas:

- Un estudiante practica la comunicación de malas noticias con un paciente virtual impulsado por LLM. El sistema evalúa la estructura de la conversación, el tono y la empatía del estudiante, ofreciendo sugerencias para mejorar.

- ***Simconverse (HealthySimulation.com.)*** es una plataforma de simulación con IA generativa que permite recrear escenarios clínicos con "pacientes" virtuales. Con ella, un estudiante (o residente) puede practicar conversaciones reales — por texto o voz — con un paciente virtual, incluyendo diálogos difíciles como la entrega de malas noticias.

Figura 2. SPIKES Pasos para dar malas noticias



- ***MetaMedicSVR*** *(Simulador de Comunicación con Pacientes)(metamedicsvr.com)*. Esta herramienta propone prácticas clínicas simuladas en cuatro pasos: selección del caso, interacción con el paciente virtual, feedback en tiempo real, y revisión/repaso. Permite a estudiantes y profesionales entrenar habilidades de comunicación — escuchar, apoyar, responder con empatía — en un entorno seguro y controlado.

- Diseñar un escenario donde un paciente virtual exprese dudas sobre adherirse a un tratamiento, y el estudiante debe usar técnicas de comunicación persuasiva para abordar sus preocupaciones y fomentar la adherencia.

- Tanto ***SimConverse como MetaMedicsVR*** permiten crear escenarios donde un paciente virtual:

- expresa dudas sobre seguir un tratamiento, manifiesta resistencias ("no quiero tomar más pastillas", "me siento peor", "no creo que esto funcione").
- muestra baja motivación o problemas de adherencia

- requiere intervenciones de Entrevista Motivacional (Motivational Interviewing) o comunicación persuasiva.

6.6. Entrenamiento en entrevista motivacional (EM) con IA

La entrevista motivacional es un estilo de comunicación centrado en el paciente y colaborativo, diseñado para fortalecer la motivación y el compromiso para el cambio. La IA ha demostrado ser una herramienta eficaz para entrenar esta habilidad, ofreciendo práctica y retroalimentación objetiva.

Herramientas basadas en IA, como ***"ReadMI",*** analizan el diálogo durante las sesiones de EM simuladas para medir la cantidad de preguntas abiertas, cerradas y la proporción entre ellas, elementos clave de la técnica de EM [17].

Estos sistemas proporcionan retroalimentación inmediata, lo que ha demostrado mejorar la eficacia del entrenamiento en EM y la adquisición de habilidades. Los sistemas de entrenamiento potenciados por LLM con pacientes simulados y visualizaciones de feedback sobre el rendimiento están siendo desarrollados para capacitar a los asesores en EM .Esto permite a los estudiantes practicar la escucha empática y las técnicas de motivación en un entorno de bajo riesgo, recibiendo guía para refinar su enfoque [17-19].

Ideas prácticas:

- Un estudiante interactúa con un paciente virtual que expresa ambivalencia sobre un cambio de estilo de vida. Un sistema de IA analiza la conversación en tiempo real y proporciona un "score" de EM, destacando momentos en los que el estudiante utilizó eficazmente la escucha reflexiva o hizo preguntas abiertas.
- Ofrecer módulos de práctica donde el estudiante puede grabar sus interacciones con un "paciente" y luego la IA proporciona un análisis detallado sobre la alineación con los principios de la entrevista motivacional.

Referencias

1. Sriram A, Ramachandran K, Krishnamoorthy S. Artificial Intelligence in Medical Education: Transforming Learning and Practice. Cureus. 2025 Mar 19;17(3):e80852

2. Almansour M, Soliman M, Aldekhyyel R, Binkheder S, Temsah MH, Malki KH. An Academic Viewpoint (2025) on the

Integration of Generative Artificial Intelligence in Medical Education: Transforming Learning and Practices. Cureus. 2025 Mar 25;17(3):e81145Esto

3. Holderried F, Stegemann-Philipps C, Herschbach L, Moldt JA, Nevins A, Griewatz J, Holderried M, Herrmann-Werner A, Festl-Wietek T, Mahling M. A Generative Pretrained Transformer (GPT)-Powered Chatbot as a Simulated Patient to Practice History Taking: Prospective, Mixed Methods Study. JMIR Med Educ. 2024 Jan 16;10: e53961.

4. Kalantarion M, Heidari M, Khajeali N, Khorrami Z, Amini M. Impact of artificial intelligence on academic performance in medical education: A systematic review. J Educ Health Promot. 2025 Jul 4;14:234.

5. Luo MJ, Bi S, Pang J, Liu L, Tsui CK, Lai Y, Chen W, Yang Y, Xu K, Zhao L, Jin L, Lin D, Wu X, Chen J, Chen R, Liu Z, Zou Y, Yang Y, Li Y, Lin H. A large language model digital patient system enhances ophthalmology history taking skills. NPJ Digit Med. 2025 .

6. Walker L. Artificial intelligence in medical education: Potential and pitfalls. Futur Healthc J. 2025;12:e323-e325

7. Yilmaz R, Bakhaidar M, Alsayegh A, Abou Hamdan N, Fazlollahi AM, Tee T, Langleben I, Winkler-Schwartz A, Laroche D, Santaguida C, Del Maestro RF. Real-Time multifaceted artificial intelligence vs In-Person instruction in teaching surgical technical skills: a randomized controlled trial. Sci Rep. 2024 Jul 2;14(1):15130.

8. Holcomb MJ, Kang S, Shakur AH, et al. Zero-Shot Multimodal Question Answering for Assessment of Medical Student OSCE Physical Exam Videos. arXiv. 2024.

9. Restrepo J, Henriquez R, Torre D, et al. The physical exam and telehealth: between past and future. J Gen Intern Med. 2023; 38:1052-1057

10. Minty I, Lawson J, Guha P, et al. The use of mixed reality technology for the objective assessment of clinical skills: a validation study. BMC Med Educ. 2022;22:747

11. Tekïn M, Yurdal MO, Toraman Ç, et al. Is AI the future of evaluation in medical education?? AI vs. human evaluation in objective structured clinical examination. Med Educ Online. 2025;30:2349880.

12. Chu SN, Goodell AJ. Synthetic Patients: Simulating Difficult Conversations with Multimodal Generative AI for Medical Education. Acad Med. 2024;99:S88-S89.

13. Akyön ŞH, Akyön FÇ. Digital Transformation of Clinical Education through Artificial Intelligence: A Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats Analysis. Med Sci. 2025; 13:210;

14. Webb JJ. Proof of Concept: Using ChatGPT to Teach Emergency Physicians How to Break Bad News. Cureus. 2023;15:e35492.

15. Baile WF, Buckman R, Lenzi R, et al. SPIKES—A six-step protocol for delivering bad news: application to the patient with cancer. *The Oncologist*. 2000;5(4):302–311]

16. Bodonhelyi A, Stegemann-Philipps C, Sonanini A, et al. Modeling Challenging Patient Interactions: LLMs for Medical Communication Training. ArXiv. 2025

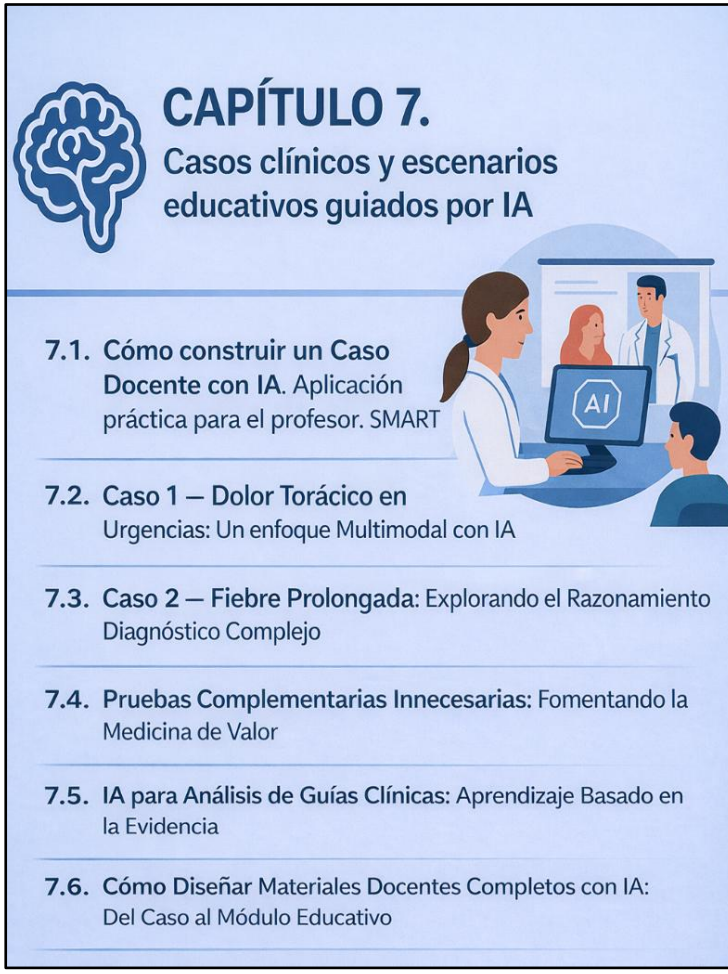
17. Hershberger PJ, Pei Y, Bricker D, et al. Motivational interviewing skills practice enhanced with artificial intelligence: ReadMI. BMC Med Educ. 2024; 24:521.

18. Wojda TR, Hoffman C, Jackson JL, et al. AI in Healthcare: Implications for Family Medicine and Primary Care. J Am Board Fam Med. 2023;36:998-1002.

19. Steenstra I, Nouraei F, Bickmore T. Scaffolding Empathy: Training Counselors with Simulated Patients and Utterance-level Performance Visualizations. ArXiv. 2025.

7.

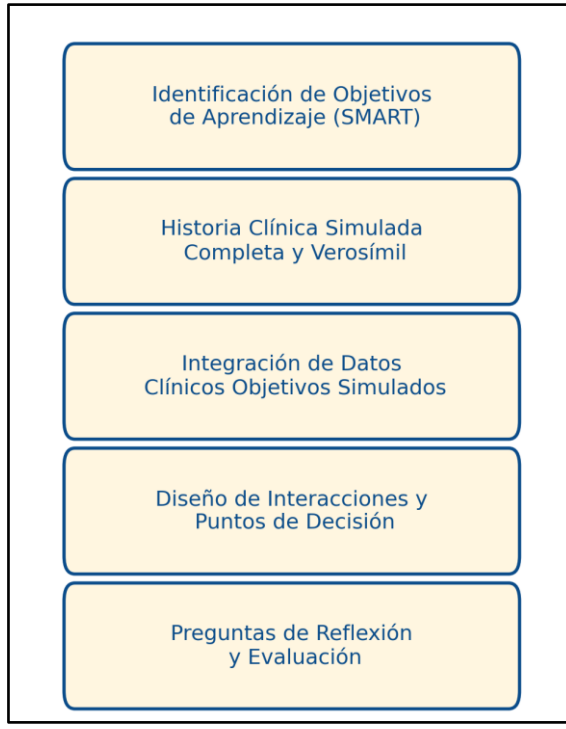
CASOS CLÍNICOS Y ESCENARIOS EDUCATIVOS GUIADOS POR IA



7.1. Cómo construir un Caso Docente con IA. Aplicación práctica para el Profesor

Integrar IA en el diseño de casos implica potenciar el juicio del profesor, mediante herramientas que enriquecen la experiencia formativa y facilitan el aprendizaje. A continuación, se describen los pasos fundamentales para construir un caso clínico docente apoyado por IA, desde el planteamiento de objetivos educativos hasta la generación de preguntas de reflexión y evaluación (**Figura 1**).

Figura 1. Pasos fundamentales para construir un caso clínico docente apoyado por IA



7.1.1. Identificación de Objetivos de Aprendizaje (SMART)

La definición de objetivos de aprendizaje claros es el primer paso crucial en la creación de cualquier caso clínico. La IA, particularmente los Grandes Modelos de Lenguaje (LLM), puede

ser una aliada poderosa en esta fase al ayudar a generar y precisar estos objetivos con los resultados deseados del aprendizaje.

Aplicación práctica para el profesor:

- **Generación de Objetivos SMART:** Un profesor puede introducir el tema o el escenario clínico general (ej., "diagnóstico diferencial de apendicitis aguda") en un LLM y solicitar que genere objetivos de aprendizaje siguiendo el formato SMART. (**Figura 2**). El formato SMART es un método ampliamente utilizado para definir objetivos de aprendizaje claros, medibles y alcanzables, especialmente útil cuando se trabaja con IA y modelos de lenguaje para generar materiales docentes. Los objetivos SMART cumplen cinco criterios fundamentales:

S — Specific (Específico) El objetivo debe ser claro y concreto. Evita términos vagos como “entender” o “recordar”. ¿Qué queremos conseguir? Definir bien : Qué, Cuánto, Cómo, Cuándo, Dónde

M — Measurable (Medible) Debe ser posible evaluar si el estudiante alcanzó el objetivo .Incluir acciones observables: “identificar”, “enumerar”, “interpretar”, “diferenciar”. Y para saber si los estamos alcanzando debemos medirlos. En Social media se miden con KPis que son Key Performance Indicator (Indicador Clave de Rendimiento) [1].

A. Achievable (Alcanzable) El nivel de dificultad debe ser realista para el curso, recursos y tiempo disponibles.

R. Relevant (Relevante) Debe alinearse con las competencias del programa (ej. razonamiento clínico, seguridad del paciente).

T. Time-bound (Limitado en el tiempo) Se debe poder alcanzar durante una sesión, módulo o actividad definida.

- **Identificación de lagunas (gaps) de Conocimiento:** La IA puede analizar el contenido del curso y el progreso de los estudiantes para identificar áreas donde se necesitan nuevos objetivos o fortalecer los existentes. Por ejemplo, si los datos de evaluación indican una debilidad recurrente en el manejo de ciertas patologías, la IA puede sugerir objetivos de aprendizaje específicos para un caso que aborde esa área.

Figura 2. Objetivos de aprendizaje siguiendo el formato SMART.



- **Alineación Curricular:** Utilizar LLMs para asegurar que los objetivos del caso estén alineados con el currículo médico general o las competencias establecidas [2].
- **Herramientas:** Cualquier LLM (ej., ChatGPT, Gemini, Claude).

Veamos un caso de apendicitis aguda

- **Generación de Objetivos SMART:** El profesor podría introducir en un LLM (Gemini, ChatGPT o Claude) un prompt como: *"Genera 5 objetivos de aprendizaje SMART para un caso clínico de apendicitis aguda dirigido a estudiantes de medicina de último año, cubriendo diagnóstico, manejo y toma de decisiones."*
- **Objetivos SMART generados por un LLM:**

Razonamiento clínico:

Al finalizar la sesión, el estudiante identificará *tres signos clínicos clave* de apendicitis aguda (Blumberg, Rovsing, psoas) y explicará brevemente su fundamento fisiopatológico.

Diagnóstico diferencial:

Tras la discusión del caso, el estudiante podrá *enumerar al menos cinco diagnósticos diferenciales* del dolor en fosa ilíaca derecha y diferenciar los más relevantes mediante la anamnesis y la exploración física.

Uso racional de pruebas complementarias:

El estudiante seleccionará *las pruebas diagnósticas más adecuadas* (analítica, ecografía, TAC) para confirmar o descartar

apendicitis, justificando su elección según criterios de medicina basada en la evidencia.

Toma de decisiones terapéuticas:

En un ejercicio final, el estudiante *definirá un plan terapéutico inicial* que distinga entre los casos que requieren cirugía urgente y aquellos donde es posible un manejo conservador.

Seguridad del paciente y comunicación:

Al finalizar el caso, el estudiante *identificará tres signos de alarma* que exigen actuación inmediata y *comunicará el diagnóstico y plan* al paciente o familiares siguiendo criterios de claridad y empatía

7.1.2. Generación de Escenarios Clínicos Realistas

Una vez que tenemos los objetivos claros, el siguiente paso es construir la historia clínica del paciente. La elaboración de historias clínicas simuladas completas y verosímiles es esencial para la inmersión del estudiante. Los LLM son especialmente útiles en la generación de texto y pueden emplearse para crear escenarios clínicos realistas, con historial médico, síntomas y resultados de exploraciones.

Aplicación práctica para el profesor:

- **Creación de historias clínicas :** Proporcione al LLM un prompt detallado que incluya la *edad, el sexo, la ocupación del paciente y el motivo de consulta, y solicite que desarrolle una historia clínica completa, incluyendo antecedentes personales y familiares, hábitos tóxicos y la evolución de los síntomas* [3-4].
- **Adaptación de Complejidad:** La IA puede adaptar la complejidad y el nivel de detalle del caso según el nivel de los estudiantes (preclínico, clínico, residente). Un estudiante de primer año podría recibir un caso con una presentación clásica, mientras que un residente se enfrentaría a un caso atípico o con comorbilidades.
- **Simulación de Interacción:** Los sistemas de pacientes virtuales potenciados por IA permiten a los estudiantes practicar la anamnesis y el diagnóstico, recibiendo retroalimentación en tiempo real Esto fomenta el desarrollo de habilidades clínicas en un entorno seguro y adaptable [5].

- **Herramientas:** LLMs (ej., *ChatGPT, Gemini, Claude*), plataformas de pacientes virtuales basadas en IA (ej., *MedSimAI*) [6] o plataformas que usan motores de juego como *Unity* para experiencias inmersivas [7].

Seguimos el caso de apendicitis aguda

Acción del profesor con IA

El profesor podría pedir al LLM: *"Crea una historia de paciente para un caso de apendicitis aguda. El paciente es un hombre de 22 años, universitario, que presenta dolor abdominal periumbilical que migra a fosa ilíaca derecha. Incluye un historial médico relevante, revisión por sistemas, y hallazgos clave de la exploración física inicial (antes de solicitar pruebas)."*

Respuesta Potencial de la IA (y extracto del caso):

Paciente*: Juan Pérez, 22 años.*

Motivo de Consulta: *Dolor abdominal de 24 horas de evolución.*

Historia de la Enfermedad Actual: *Juan, estudiante universitario, refiere que hace aproximadamente 24 horas comenzó con un dolor vago y poco localizado en la región periumbilical. El dolor era constante, de intensidad 4/10. En las últimas 12 horas, el dolor se ha intensificado a 7/10 y se ha localizado de forma clara en la fosa ilíaca derecha. Ha presentado dos episodios de vómitos alimentarios y ha notado falta de apetito. No refiere fiebre, diarrea ni cambios en el ritmo intestinal.*

Antecedentes Personales*: No alergias medicamentosas conocidas. No patologías crónicas. Apendicectomizado a los 10 años (este podría ser una "distracción" si el profesor lo desea, o un error de la IA a corregir, ¡mostrando la necesidad de supervisión!). Sin cirugías previas. Fumador ocasional, no consume alcohol. No toma medicación habitual.*

Exploración Física:

Aspecto General: Consciente, orientado, con facies de dolor.

Constantes Vitales: TA 120/70 mmHg, FC 98 lpm, Temp 37.8°C, FR 18 rpm.

Exploración: Abdomen: Blando, depresible. Dolor a la palpación en fosa ilíaca derecha con defensa muscular. Signo de Blumberg positivo. No masas ni megalias. Ruidos hidroaéreos disminuidos.

Tacto Rectal: Dolor en fondo de saco de Douglas (si se decide incluir)."

La generación de historias realistas y adaptadas al nivel del estudiante es una fortaleza de los LLMs, permitiendo la creación rápida de múltiples escenarios clínicos[3] Estas herramientas también pueden simular el diálogo médico-paciente para practicar la anamnesis [8].

7.1.3. Integración de datos sintéticos clínicos objetivos simulados creíbles

Una vez configurada la historia clinica del paciente , un caso clínico realista también requiere datos objetivos creíbles, como resultados de laboratorio, descripciones de imágenes médicas o signos vitales. La IA puede generar datos sintéticos que imiten la distribución y las correlaciones de los datos reales, superando las limitaciones de privacidad o escasez de datos.

Aplicación práctica para el profesor en este caso de apendicitis aguda :

- Generación de Resultados de Laboratorio**:** Utilice LLMs o generadores de datos basados en IA para crear resultados de análisis de sangre, orina, perfiles bioquímicos, etc., que sean coherentes con la condición del paciente y la historia del caso. Es crucial asegurarse de que los valores sean médicamente válidos y plausibles.
- Descripciones de Imágenes Médicas: La IA puede generar descripciones realistas de hallazgos radiológicos (radiografías, TAC, RMN) o patológicos (biopsias) que el estudiante deberá interpretar. Para esto, se pueden usar LLMs multimodales accesibles para educación médica, (*CHAT-GPT, Gemini o Claude 3.5 Vision*) capaces de interpretar imágenes y explicar sus hallazgos. También existen herramientas especializadas para el aprendizaje, como *LLaVA-Med* o los modelos de generación de informes radiológicos (*R2Gen*), que permiten comparar el reporte del estudiante con el generado por IA,
- Coherencia y Validez: Es fundamental que el profesor revise los datos simulados para asegurar su coherencia interna y validez médica. Existen marcos de evaluación para la calidad de datos médicos sintéticos que pueden guiar este proceso [9]. La IA

permite generar datos que preservan las correlaciones de los datos originales, ofreciendo una solución a la privacidad [10-11].

Herramientas: Ya hemos comentado LLMs generadores de datos sintéticos y herramientas especializadas para el aprendizaje, como *LLaVA-Med* o los modelos de generación de informes radiológicos (*R2Gen*),

Acción del profesor con IA

El profesor podría solicitar: *"Genera resultados de laboratorio y una descripción de una ecografía abdominal que sean consistentes con un diagnóstico de apendicitis aguda para el paciente Juan Pérez. Incluye hemograma, bioquímica básica y PCR."*.

Respuesta Potencial de la IA

Resultados de Laboratorio:

- *Hemograma:*

Leucocitos: 14.5 x 10^9/L (Normal: 4.0-10.0)
Neutrófilos: 85% (Normal: 40-75%)
Linfocitos: 12% (Normal: 20-45%)
Eritrocitos: 4.8 x 10^{12}/L (Normal: 4.5-5.5)
Hemoglobina: 14.2 g/dL (Normal: 13.0-17.0)
Plaquetas: 250 x 10^9/L (Normal: 150-450)

- Bioquímica:

Glucosa: 95 mg/dL (Normal: 70-110)
Creatinina: 0.9 mg/dL (Normal: 0.7-1.3)
Electrolitos: Dentro de la normalidad.

- *Proteína C Reactiva: 80 mg/L (Normal: < 5)*

Descripción de Ecografía Abdominal:

"*Hallazgos: En fosa ilíaca derecha, se visualiza una estructura tubular ciega, no compresible, de 8 mm de diámetro máximo, con paredes engrosadas y ecogenicidad aumentada de la grasa periapendicular. Se observa líquido libre periapendicular escaso. Signo de "ojo de buey" positivo. No se identifican apendicolitos. El resto del estudio abdominal es normal.*

Conclusión: Apéndice inflamado compatible con apendicitis aguda."

La IA es útil para generar datos sintéticos que imitan las distribuciones y correlaciones de los datos reales, respetando la

privacidad y aumentando la cantidad de datos disponibles para el entrenamiento, pero se necesitan más enfoque para validar los resultados [12].

7.1.4. Diseño de Interacciones y Puntos de Decisión:

La clave de un caso docente interactivo reside en la capacidad del estudiante para tomar decisiones y ver sus consecuencias. La IA puede facilitar la creación de flujos de interacción dinámicos y puntos de decisión ramificados que simulan la complejidad de la práctica clínica.

Aplicación práctica para el profesor:

- Plataformas de IA Conversacional**:** Utilice LLMs finamente ajustados o plataformas de chatbot para crear diálogos interactivos donde el estudiante puede interrogar al paciente, realizar una exploración física virtual o solicitar pruebas. La IA puede responder de manera contextualizada y guiar al estudiante a través del caso [5,8].
- Árboles de Decisión y Ramificaciones**:** Diseñe el caso con múltiples caminos basados en las decisiones del estudiante. Si el estudiante elige una intervención incorrecta, la IA puede presentar una complicación o una nueva evolución del caso, obligándolo a reconsiderar. Esto permite un aprendizaje adaptativo donde el escenario evoluciona según la interacción del alumno.
- Feedback en Tiempo Real: La IA puede proporcionar retroalimentación inmediata sobre la idoneidad de las decisiones del estudiante, explicándoles por qué una acción es correcta o incorrecta [5].
- Herramientas: Plataformas de desarrollo de chatbots (ej., *Dialogflow, Rasa*), LLMs con funciones conversacionales, entornos de simulación con IA integrada (ej., simuladores de pacientes virtuales, MedSimAI [5,6].

Acción del Profesor con IA:

El profesor puede usar un LLM configurado como un *agente conversacional* o una plataforma de simulación.

- Simulación de Anamnesis: El estudiante "hablará" con el paciente Juan Pérez y le hará preguntas sobre su dolor, antecedentes, etc. El LLM responderá como el paciente.

- Solicitud de Pruebas: El estudiante "solicitará" pruebas de laboratorio o imágenes. El sistema, asistido por IA, le proporcionará los resultados sintéticos generados previamente.
- Toma de Decisiones Terapéuticas: Una vez que el estudiante ha establecido un diagnóstico probable, deberá elegir el siguiente paso. Por ejemplo, "Hospitalizar y consultar a cirugía", "Administrar analgésicos y observar", o "Dar de alta con seguimiento".

Ramificaciones del Caso Asistidas por IA:

- Si el estudiante opta por "Hospitalizar y consultar a cirugía", el caso progresa a la preparación preoperatoria.
- Si elige "Administrar analgésicos y observar", la IA podría simular un empeoramiento del cuadro clínico unas horas después (ej., aumento del dolor, fiebre, taquicardia), obligando al estudiante a reevaluar y corregir su decisión.
- Si decide "Dar de alta", la IA podría generar una complicación grave (ej., peritonitis) en una segunda consulta, enfatizando la importancia de un diagnóstico y manejo oportunos.

Los sistemas de IA conversacional pueden ofrecer una experiencia de aprendizaje adaptativa y contextualizada, brindando retroalimentación en tiempo real [5] *MedSimAI* es un ejemplo de plataforma que utiliza IA para simulación y retroalimentación [6].

7.1.5. Generación de Preguntas de Reflexión y Evaluación:

Finalmente, la IA puede ser utilizada para generar preguntas que estimulen la reflexión crítica y para diseñar rúbricas de evaluación que permitan medir el conocimiento del estudiante de manera objetiva y automatizada.

Aplicación práctica para el profesor:

- **Formulación de Preguntas de Reflexión:** Después de cada punto de decisión o al final del caso, un LLM puede generar preguntas que inciten al estudiante a justificar sus acciones, considerar diagnósticos alternativos o reflexionar sobre las implicaciones éticas. Por ejemplo: "¿Qué otra patología podría explicar este síntoma?" o "¿Cuáles son los riesgos asociados a la prueba que solicitaste?".
- **Diseño de Rúbricas Asistidas por IA:** La IA puede ayudar a construir rúbricas de evaluación detalladas, desglosando las

competencias clínicas en componentes medibles. Los algoritmos pueden analizar las respuestas del estudiante y el progreso a lo largo del caso para evaluar habilidades como el razonamiento clínico, la toma de decisiones, la comunicación y la gestión de recursos[13-15]. Algunos estudios demuestran que la evaluación por IA puede ser consistente con la de expertos humanos [14].

- **Feedback Automatizado y Personalizado:** La IA puede ofrecer retroalimentación instantánea y personalizada, destacando los puntos fuertes y las áreas de mejora del estudiante [16]. Esto complementa la retroalimentación del docente y permite una evaluación continua.
- **Herramientas:** LLMs (para generar preguntas y borradores de rúbricas) y plataformas de evaluación basadas en IA (ej., herramientas integradas en LMS — Learning Management Systems o plataformas de gestión del aprendizaje como Moodle o Canvas) [15].

La integración de IA en los LMS está transformando la educación médica, al permitir una gestión adaptativa del aprendizaje clínico. Estas plataformas pueden incorporar módulos de IA que generan preguntas clínicas personalizadas, ajustan el nivel de dificultad según el desempeño del estudiante y proponen casos basados en errores comunes. Además, los LMS con IA permiten evaluar informes clínicos, historias clínicas simuladas o hipótesis diagnósticas, ofreciendo retroalimentación inmediata y rúbricas automatizadas vinculadas a competencias profesionales (anamnesis, razonamiento clínico, interpretación de pruebas, decisiones terapéuticas). Esta integración facilita el ABP, porque automatiza tareas repetitivas del docente y optimiza el tiempo para la discusión clínica y el razonamiento diagnóstico.

Acción del profesor:

Al finalizar el caso, el profesor puede pedir al LLM: *"Genera 3 preguntas de reflexión crítica y una rúbrica de evaluación para el caso de apendicitis aguda, basándote en los objetivos de aprendizaje SMART definidos."*

Respuesta Potencial de la IA (y elementos de evaluación):

- Preguntas de Reflexión:

1. ¿Qué elementos de la anamnesis y la exploración física fueron clave para tu sospecha diagnóstica de apendicitis aguda? ¿Hubo algún dato que te hiciera dudar?
2. Si los leucocitos hubieran sido normales y la PCR baja, ¿qué otras pruebas diagnósticas habrías considerado y por qué?
3. Imagina que el paciente hubiera sido una mujer joven con dolor similar. ¿Qué otros diagnósticos diferenciales hubieras incluido y qué pruebas adicionales habrías solicitado para descartarlos?

- Rúbrica de Evaluación (ejemplo parcial asistido por IA **(Tabla 1).**

Herramientas de IA para la Generación de Componentes de Casos Clínicos

En la **Tabla 2** se detallan los diferentes tipos de IA y las herramientas específicas útiles para construir cada elemento de un caso clínico (historia clínica, resultados de laboratorio, imágenes, diálogo).

7.2. Caso 1 Dolor Torácico en Urgencias: Un enfoque Multimodal con IA

El dolor torácico es una de las causas más frecuentes de consulta en los servicios de urgencias, y su correcto manejo requiere una rápida y precisa estratificación del riesgo y toma de decisiones. La IA puede transformar la forma en que los estudiantes aprenden a abordar estos casos, ofreciendo simulaciones realistas y retroalimentación en tiempo real **(Figura 3).**

7.2.1 Aplicación práctica para el profesor:

- **Simulación de Anamnesis y Exploración Física:** Utilice plataformas de IA conversacional para que el estudiante interactúe con un "paciente virtual" que presenta dolor torácico. El estudiante deberá realizar una anamnesis detallada, y la IA responderá de manera dinámica, simulando el comportamiento y las respuestas del paciente [17]. Esto permite practicar habilidades de comunicación y recopilación de información en un entorno seguro y adaptable [5].

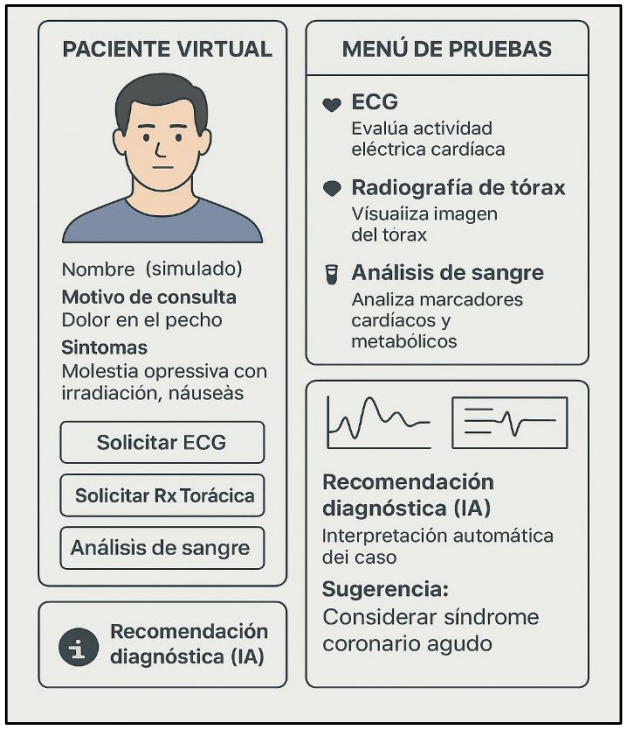
Tabla 1. Rubrica de evaluación

Criterio de Evaluación	Insuficiente	Satisfactorio	Excelente
Recopilación de Anamnesis	Omite preguntas cruciales o no detecta síntomas clave.	Realiza anamnesis adecuada, identificando síntomas principales.	Realiza anamnesis exhaustiva, dirigida, identifica síntomas clave, detecta información engañosa.
Realización de Exploración Física	No identifica signos patognomónicos o realiza exploración incompleta.	Identifica signos clave de apendicitis aguda (ej., Blumberg +, defensa).	Realiza exploración física completa, detecta signos relevantes y correlacionó con sintomatología.
Formulación de Diagnóstico Diferencial	No considera apendicitis o formula un DD limitado/incorrecto.	Formula DD relevante incluyendo apendicitis, puede omitir opciones importantes.	Formula un DD completo y priorizado, incluyendo apendicitis aguda y otras, justificando su inclusión.
Selección de Pruebas Diagnósticas	Solicita pruebas innecesarias o no solicita las pruebas clave para el diagnóstico.	Solicita pruebas esenciales (hemograma, PCR, ecografía) pero puede dudar en la interpretación.	Selecciona las pruebas diagnósticas, justificando su elección y demostrando una comprensión profunda
Plan de Manejo Inicial	Propone un plan inadecuado o peligroso para el paciente.	Propone plan de manejo adecuado, incluyendo derivación a cirugía.	Propone un plan de manejo completo, medidas de soporte y derivación quirúrgica oportuna

Tabla 2. Herramientas de IA para la Generación de Componentes de Casos Clínicos

Componente del Caso Clínico	Tipo de IA Utilizada	Herramientas Ejemplares	Función Específica
Historia Clínica y Anamnesis	LLM	ChatGPT, Bard, Claude	Crear narrativas de pacientes, diálogos simulados, historial médico detallado Almansour et al., 2025
Resultados de Laboratorio Sintéticos	LLM, Generadores de Datos	Python (con librerías de IA), custom scripts	Generar valores de laboratorio realistas y coherentes con el caso Breugel 2024; Li 2023; Xing 2023
Descripción de Imágenes Médicas	LLM, Visión por Computador	LLMs Multimodales (ej. GPT-4V)	Describir hallazgos de radiografías, ecografías, TAC para el caso
Árboles de Decisión y Ramificaciones	IA Conversacional, Lógica	Plataformas de chatbots, herramientas e-learning	Dirigir el flujo del caso en función de decisiones del estudiante Hicke
Feedback y Evaluación Automatizada	LLM, Procesamiento de Lenguaje Natural	Sistemas de tutoría inteligente, asistentes de escritura	Proporcionar retroalimentación inmediata sobre respuestas y decisiones Khakpaki, 2025, p. 4; Thompson et al., 2025, p. 2

Figura 3. Interfaz de simulación de dolor torácico



7.2.1 Aplicación práctica para el profesor:

- **Simulación de Anamnesis y Exploración Física:** Utilice plataformas de IA conversacional para que el estudiante interactúe con un "paciente virtual" que presenta dolor torácico. El estudiante deberá realizar una anamnesis detallada, y la IA responderá de manera dinámica, simulando el comportamiento y las respuestas del paciente [17]. Esto permite practicar habilidades de comunicación y recopilación de información en un entorno seguro y adaptable [5].
- **Interpretación de Datos Diagnósticos Asistida por IA:** La IA puede generar descripciones de electrocardiogramas, radiografías de tórax o resultados de biomarcadores cardíacos sintéticos. El estudiante deberá interpretarlos para llegar a un diagnóstico. Herramientas de IA pueden incluso generar y analizar

el rendimiento del estudiante en la interpretación de imágenes, comparándolo con el de expertos [18]. Sin embargo, estudios recientes sobre LLMs en la estratificación de riesgo de dolor torácico han mostrado inconsistencias, lo que subraya la necesidad de supervisión humana y el uso cauteloso de estas herramientas[19] Para la predicción de eventos cardíacos adversos en urgencias, se han desarrollado IA en tiempo real [20].

- **Estratificación de Riesgo y Toma de Decisiones:** La IA puede guiar al estudiante a través de algoritmos de estratificación de riesgo (como TIMI o HEART score) [21] y evaluar sus decisiones sobre el manejo inicial, la necesidad de hospitalización o la derivación a cardiología. Los sistemas de soporte a la decisión clínica basados en IA pueden ayudar a los estudiantes a integrar la información y tomar decisiones basadas en evidencia y triaje en urgencias [22].
- **Retroalimentación Personalizada:** Al finalizar el caso, la IA puede ofrecer una retroalimentación detallada sobre el rendimiento del estudiante, identificando fortalezas y áreas de mejora en su razonamiento diagnóstico y terapéutico [5].

Herramientas: LLMs (ej. Gemini, ChatGPT, Claude) para interacción conversacional y generación de descripciones, plataformas de simulación virtual con IA integrada (ej. *MedSimAI*) [6] o desarrollos personalizados).

7.3. Caso 2. Fiebre Prolongada:

Explorando el Razonamiento Diagnóstico Complejo

Los casos de fiebre prolongada son complejos y requieren un razonamiento diagnóstico exhaustivo, la gestión de la incertidumbre y la consideración de un amplio diagnóstico diferencial **(Figura 4)**. La IA puede ser una herramienta invaluable para entrenar a los estudiantes en estos escenarios.

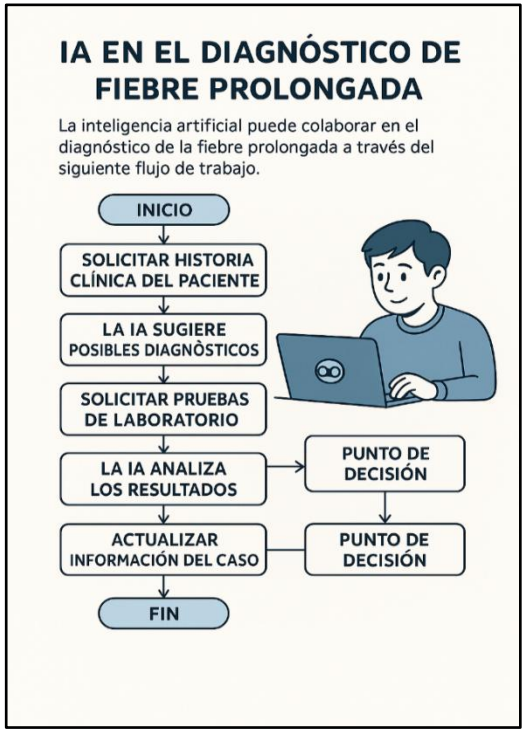
7.3.1.Aplicación práctica para el profesor:

Son los pasos similares a los explicados en el caso anterior:

- **Generación de Casos Desafiantes:** La IA puede crear narrativas de pacientes con fiebre prolongada que presenten datos atípicos o que requieran una investigación profunda, incluso simulando condiciones raras [3]. Los LLMs pueden generar "scripts de enfermedad" estructurados para ayudar a los estudiantes

a comprender los patrones de presentación. La IA puede personalizar escenarios de acuerdo con el nivel y rendimiento del estudiante [23].

Figura 4. IA en el diagnostico de fiebre prolongada



- **Guía en el Proceso Diagnóstico:** La IA puede actuar como un "asistente" que proporciona información adicional solo cuando el estudiante la solicita, simulando la disponibilidad gradual de datos en la práctica real. que el estudiante desarrolle una estrategia de investigación paso a paso. La IA puede ayudar a la generación de diagnósticos diferenciales, una habilidad crítica en la educación médica [24,25]. Los sistemas de tutoría inteligente pueden proporcionar retroalimentación paso a paso para el razonamiento diagnóstico [26].
- **Manejo de la Incertidumbre:** La IA puede presentar escenarios donde las pruebas iniciales no son concluyentes o los resultados son contradictorios, obligando al estudiante a ponderar

la evidencia y justificar sus decisiones ante la incertidumbre. Esto es crucial para el desarrollo del juicio clínico.

- **Análisis Crítico de la Información:** La IA puede evaluar la capacidad del estudiante para sintetizar la información clínica, priorizar diagnósticos y seleccionar las pruebas complementarias más adecuadas, evitando la "pesca de datos" innecesaria. Los sistemas de IA pueden ayudar a los estudiantes a analizar datos del paciente, hacer diagnósticos y desarrollar planes de tratamiento.

Herramientas: LLMs para la generación de la narrativa y la interacción, bases de datos médicas con motores de búsqueda semántica asistidos por IA.

7.4 Pruebas Complementarias Innecesarias: Fomentando la Medicina de Valor

La solicitud excesiva de pruebas complementarias es un problema global en la medicina, llevando a mayores costos, exposición innecesaria a riesgos y falsos positivos. La IA puede educar a los estudiantes en la medicina de valor **(Figura 5).**

Figura 5. Evitando pruebas innecesarias



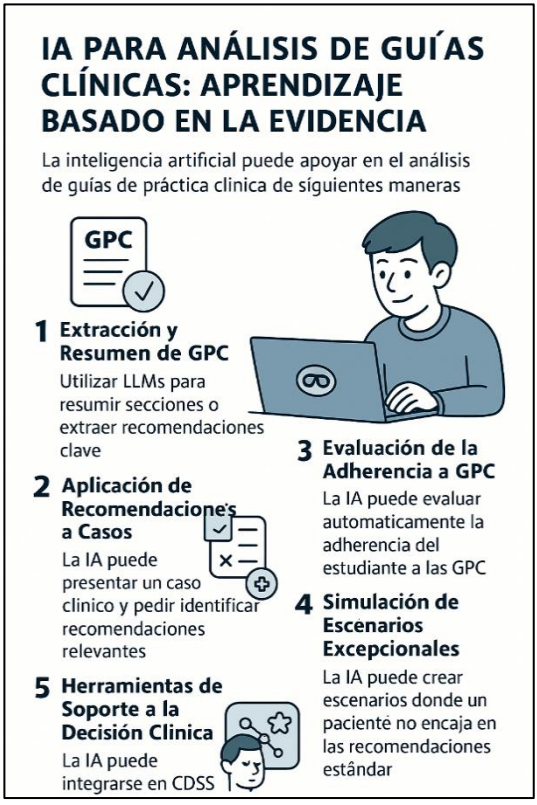
Aplicación práctica para el profesor:

- **Escenarios de Sobrediagnóstico:** La IA puede presentar casos donde la sintomatología es ambigua y la tentación de solicitar múltiples pruebas es alta. El sistema puede entonces revelar las implicaciones de estas decisiones en términos de costo, tiempo y posibles efectos adversos [27].
- **Simulación de Impacto Económico y de Paciente:** La IA puede cuantificar el costo de las pruebas solicitadas y simular el impacto en la salud del paciente (ej., ansiedad por un falso positivo, exposición a radiación) Esto refuerza la importancia de la medicina basada en el valor. Estudios demuestran que la IA puede ayudar a reducir el sobretratamiento y el costo diagnóstico [28].
- **Análisis de la decisión oportuna:** La IA puede guiar al estudiante para que justifique cada prueba solicitada, ofreciendo retroalimentación sobre la idoneidad de la prueba en relación con la probabilidad pre-test del diagnóstico y su impacto en la toma de decisiones clínicas [29].
- **Identificación de Sesgos Cognitivos:** La IA puede estar diseñada para identificar patrones en las solicitudes de pruebas del estudiante que sugieran sesgos cognitivos (ej., sesgo de confirmación) y proporcionar retroalimentación para mitigar estos sesgos [27].
- **Herramientas:** LLMs para la generación de casos y justificaciones, plataformas de simulación que integren datos económicos y de riesgo, CDSS (Clinical Decision Support System o Sistema de Apoyo a la Decisión Clínica.) basados en IA. *Epic* system Corporation es el CDSS más usado y aceptado a nivel hospitalario en más de 1 800 hospitales lo que representa ~27 % de cuota del mercado.

7.5. IA para Análisis de Guías Clínicas: Aprendizaje Basado en la Evidencia

Las guías de práctica clínica son fundamentales para la medicina basada en la evidencia, pero su aplicación en casos individuales puede ser compleja. La IA puede facilitar la comprensión y aplicación de estas guías **(Figura 6).**

Figura 6. IA para análisis de guías clínicas



Aplicación práctica para el profesor:

- **Extracción y Resumen de GPC:** Utilice LLMs para resumir secciones específicas de GPC o para extraer recomendaciones clave relevantes para un caso clínico. Esto ahorra tiempo al estudiante y le permite centrarse en la aplicación de las recomendaciones [30].
- **Aplicación de Recomendaciones a Casos:** La IA puede presentar un caso clínico y pedir al estudiante que identifique las recomendaciones relevantes de una GPC y justifique su aplicación. El sistema puede luego comparar las decisiones del estudiante con las recomendaciones de la guía [31].
- **Evaluación de la Adherencia a GPC:** La IA puede evaluar automáticamente la adherencia del estudiante a las GPC en sus decisiones diagnósticas y terapéuticas, proporcionando

retroalimentación instantánea sobre desviaciones y justificaciones [29].

- **Simulación de Escenarios Excepcionales:** La IA puede crear escenarios donde un paciente no encaja perfectamente en las recomendaciones estándar de una GPC, forzando al estudiante a pensar críticamente y adaptar las guías a circunstancias individuales.
- **Herramientas de Soporte a la Decisión Clínica:** La IA puede integrarse en CDSS que, basados en GPC, ayuden a los estudiantes a tomar decisiones correctas y a comprender el razonamiento detrás de las recomendaciones [32]. La educación en IA para clínicos es necesaria para asegurar que estas herramientas se utilicen de forma segura y efectiva [33].

Herramientas: LLMs para procesamiento de lenguaje natural y resumen, CDSS integrados con GPC, plataformas de simulación.

7.6. Cómo Diseñar Materiales Docentes Completos con IA: Del Caso al Módulo Educativo

La IA no solo es útil para crear casos individuales, sino también para desarrollar módulos educativos completos, desde la planificación curricular hasta la generación de contenido complementario.

Aplicación práctica para el profesor:

- **Desarrollo Curricular Asistido por IA:** La IA puede ayudar a diseñar o adaptar currículos, identificar brechas de conocimiento y generar objetivos de aprendizaje para módulos completos Esto incluye el mapeo curricular y la gestión de contenido [3,15]. La IA puede analizar diversos currículos y mostrar la relación entre sus parámetros [34].
- **Generación de Contenido Complementario** (**Figura 7**)

Textos y Resúmenes: Utilice LLMs para generar textos explicativos, resúmenes de temas médicos complejos o glosarios, que complementen los casos clínicos [16].

- **Preguntas de Autoevaluación:** La IA puede generar preguntas de opción múltiple, casos cortos o preguntas abiertas para la autoevaluación del estudiante, adaptándose a su nivel de conocimiento. Los LLMs pueden crear preguntas tipo examen de calidad similar a las humanas y más rápido [35-38].

Figura 7. Generación de contenido complementario con IA



- **Material Multimedia:** Los LLMs pueden generar contenido educativo animado, como videos y gráficos, adaptados a cada estudiante [3].
- **Personalización del Módulo:** La IA puede adaptar el orden de los contenidos, la dificultad de las preguntas o la profundidad de la información ofrecida a cada estudiante, creando rutas de aprendizaje personalizadas [3, 5]. Esto mejora la experiencia de aprendizaje y permite la autoidentificación de lagunas en el conocimiento.
- **Integración en LMS:** Los materiales generados por IA pueden integrarse en plataformas de gestión del aprendizaje existentes para una distribución eficiente y seguimiento del

progreso del estudiante [3]. El desarrollo de currículos con IA se considera una innovación clave [39-41].

- **Retroalimentación y Evaluación:** La IA puede proporcionar feedback detallado y personalizado, mejorando la precisión, velocidad y rentabilidad del proceso de evaluación

Herramientas: LLMs (ej., Gemini, ChatGPT, Claude) para generación de texto y resúmenes, herramientas de autoría de e-learning (ej., para rubricas, planes de lección, ejercicios interactivos) [42] Bektik et al., 2024, plataformas de evaluación asistidas por IA.

Referencias

1. Shumway JM, Harden RM; Association for Medical Education in Europe. AMEE Guide No. 25: The assessment of learning outcomes for the competent and reflective physician. Med Teach. 2003 Nov;25(6):569-84
2. Arain SA, Akhund SA, Barakzai MA, Meo SA. Transforming medical education: leveraging large language models to enhance PBL-a proof-of-concept study. Adv Physiol Educ. 2025 Jun 1;49(2):398-404.
3. Almansour M, Soliman M, Aldekhyyel R, Binkheder S, Temsah MH, Malki KH. An Academic Viewpoint (2025) on the Integration of Generative Artificial Intelligence in Medical Education: Transforming Learning and Practices. Cureus. 2025 Mar 25;17(3):e81145;
4. Sumpter S. Automated Generation of High-Quality Medical Simulation Scenarios Through Integration of Semi-Structured Data and Large Language Models. MedEdPublish. 2024;13:163
5. Sriram A, Ramachandran K, Krishnamoorthy S. Artificial Intelligence in Medical Education: Transforming Learning and Practice. Cureus. 2025 Mar 19;17(3):e80852.
6. Hicke Y, Geathers J, Rajashekar N, et al. MedSimAI: Simulation and Formative Feedback Generation to Enhance Deliberate Practice in Medical Education. 2025 accesible en https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.05793
7. Mergen M, Junga A, Risse B, Valkov D, Graf N, Marschall B; medical tr.AI.ning consortium. Immersive training of clinical decision making with AI driven virtual patients - a new VR

platform called medical tr.AI.ning. GMS J Med Educ. 2023 Apr 17;40(2):Doc18

8. Thesen T, Alilonu NA, Stone S. AI Patient Actor: An Open-Access Generative-AI App for Communication Training in Health Professions. Med Sci Educ. 2024 Dec 13;35(1):25-27.

9. Zamzmi G, Subbaswamy A, Sizikova E, Margerrison E, Delfino JG, Badano A. Scorecard for synthetic medical data evaluation. Commun Eng. 2025 Jul 21;4(1):130.

10. Li J, Cairns BJ, Li J, Zhu T. Generating synthetic mixed-type longitudinal electronic health records for artificial intelligent applications. NPJ Digit Med. 2023 May 27;6(1):98.

11. Xing X, Wu H, Wang L, et al. Non-imaging Medical Data Synthesis for Trustworthy AI: A Comprehensive Survey. 2023. Accessible en https://dl.acm.org/doi/10.1145/3614425

12. Synthetic data can benefit medical research - but risks must be recognized. Nature. 2025 Sep;645(8080):283

13. Ahsan Z. Integrating artificial intelligence into medical education: a narrative systematic review of current applications, challenges, and future directions. BMC Med Educ. 2025 Aug 23;25(1):1187

14. Johnsson V, Søndergaard MB, Kulasegaram K, Sundberg K, Tiblad E, Herling L, Petersen OB, Tolsgaard MG. Validity evidence supporting clinical skills assessment by artificial intelligence compared with trained clinician raters. Med Educ. 2024 Jan;58(1):105-117.

15. Khakpaki A. Advancements in artificial intelligence transforming medical education: a comprehensive overview. Med Educ Online. 2025 Dec;30(1):2542807. doi: 10.1080/10872981.2025.2542807.

16. Thompson RAM, Shah YB, Aguirre F, Stewart C, Lallas CD, Shah MS. Artificial Intelligence Use in Medical Education: Best Practices and Future Directions. Curr Urol Rep. 2025 May 29;26(1):45

17. Chan et al., 2025 Chan BS, Dodds T, Xiang J, et al. Artificial Intelligence Virtual Patient: A proof of concept study. 2025.

18. Verghese BG, Iyer C, Borse T, Cooper S, White J, Sheehy R. Modern artificial intelligence and large language models in

graduate medical education: a scoping review of attitudes, applications & practice. BMC Med Educ. 2025 May 20;25(1):730

19. Heston TF, Lewis LM. ChatGPT provides inconsistent risk-stratification of patients with atraumatic chest pain. PLoS One. 2024 Apr 16;19(4):e0301854.

20. Zhang PI, Hsu CC, Kao Y, Chen CJ, Kuo YW, Hsu SL, Liu TL, Lin HJ, Wang JJ, Liu CF, Huang CC. Real-time AI prediction for major adverse cardiac events in emergency department patients with chest pain. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2020 Sep 11;28(1):93.

21. Poldervaart JM, Langedijk M, Backus BE, Dekker IMC, Six AJ, Doevendans PA, Hoes AW, Reitsma JB. Comparison of the GRACE, HEART and TIMI score to predict major adverse cardiac events in chest pain patients at the emergency department. Int J Cardiol. 2017 Jan 15;227:656-661.

22. Hinson JS, Levin SR, Steinhart BD, Chmura C, Sangal RB, Venkatesh AK, Taylor RA. Enhancing Emergency Department Triage Equity with Artificial Intelligence: Outcomes from a Multisite Implementation. Ann Emerg Med. 2025 Mar;85(3):288-290.

23. Janumpally R, Nanua S, Ngo A, Youens K. Generative artificial intelligence in graduate medical education. Front Med (Lausanne). 2025 Jan 10;11:1525604.

24. Furlan R, Gatti M, Menè R, Shiffer D, Marchiori C, Giaj Levra A, Saturnino V, Brunetta E, Dipaola F. A Natural Language Processing-Based Virtual Patient Simulator and Intelligent Tutoring System for the Clinical Diagnostic Process: Simulator Development and Case Study. JMIR Med Inform. 2021 Apr 9;9(4):e24073.

25. Furlan R, Gatti M, Mene R, Shiffer D, Marchiori C, Giaj Levra A, Saturnino V, Brunetta E, Dipaola F. Learning Analytics Applied to Clinical Diagnostic Reasoning Using a Natural Language Processing-Based Virtual Patient Simulator: Case Study. JMIR Med Educ. 2022 Mar 3;8(1):e24372.

26. Suebnukarn S. Intelligent tutoring system for clinical reasoning skill acquisition in dental students. J Dent Educ. 2009 Oct;73(10):1178-86.

27. Obermeyer Z, Powers B, Vogeli C, Mullainathan S. Dissecting racial bias in an algorithm used to manage the health of populations. Science. 2019 Oct 25;366(6464):447-453.

28. Wang Z, Wei L, Xue L. Overcoming medical overuse with AI assistance: An experimental investigation. J Health Econ. 2025 Sep;103:103043.

29. 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. J Am Med Inform Assoc. 2023 Nov 17;30(12):2050-2063.

30. Oniani D, Wu X, Visweswaran S, Kapoor S, Kooragayalu S, Polanska K, Wang Y. Enhancing Large Language Models for Clinical Decision Support by Incorporating Clinical Practice Guidelines. Proc (IEEE Int Conf Healthc Inform). 2024 Jun;2024:694-702.

31. Labkoff S, Noyvert B, Fleuret F, Wang F, Hutter F. Recommendations for trusted deployment of AI-enabled clinical decision support systems. J Am Med Inform Assoc. 2024;31(1):154-165

32. Ouanes K, Farhah N. Effectiveness of artificial intelligence (AI) in clinical decision support systems and care delivery. J Med Syst. 2024;48(1):20.

33. Schubert T, Oosterlinck T, Stevens RD, Maxwell PH, van der Schaar M. AI education for clinicians. NPJ Digit Med. 2024;7:41.

34. Mir MM, Mir GM, Raina NT, Mir SM, Mir SM, Miskeen E, Alharthi MH, Alamri MMS. Application of Artificial Intelligence in Medical Education: Current Scenario and Future Perspectives. J Adv Med Educ Prof. 2023 Jul;11(3):133-140.

35. Jackson FI, Smith B, Lee M, et al. Large Language Model clinical vignettes and multiple-choice questions for medical education: generation methods and quality evaluation. Med Educ. 2025;59(3):210-219.

36. Lin Y, Zhou Q, Patel R, et al. Comparing AI-generated and traditional textbook multiple-choice questions in nursing education: a Delphi study. Nurse Educ Today. 2025;124:105807.PMID:40684326.

37. Kıyak YS, Bozkurt A, Demirkan H. ChatGPT for generating multiple-choice questions: feasibility and item characteristics in medical education. Acad Med. 2024;99(5):817-825. PMID: 38840505.

38. **.** Camarata T, Johnson R, Nguyen D, et al. LLM-generated multiple choice practice quizzes for preclinical medical students: feasibility and expert review. Adv Physiol Educ. 2025;49(2):181-189. PMID: 40516963.

39. Kim DH, Kang YJ, Lee Y-M. Twelve tips for developing and implementing AI curriculum for undergraduate medical education. Med Educ Online. 2025;30(1):2585637.

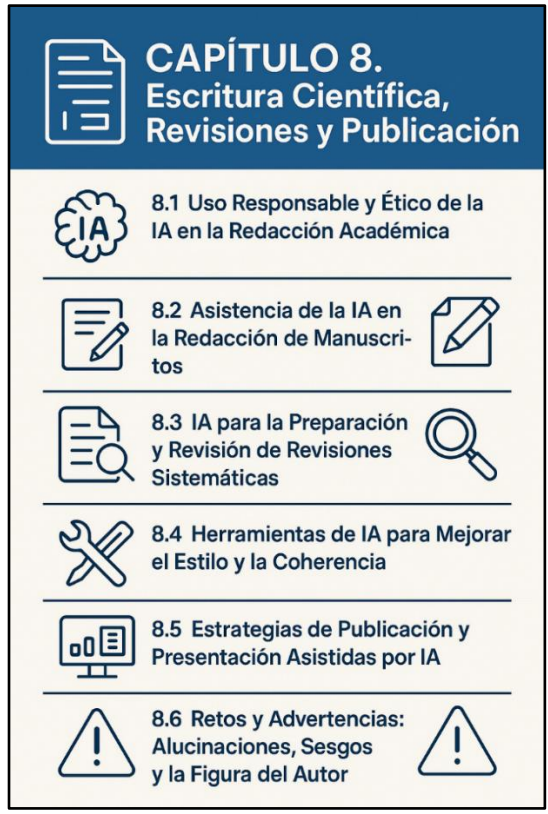
40. Triola MM, Rodman A. Integrating Generative Artificial Intelligence into Medical Education: Curriculum, Policy, and Governance Strategies. Acad Med. 2025;100(4):413-418

41. Rincón EHH, Jiménez D, Chavarro LA, Pérez-Flórez JM, Romero-Tapia AE, Jaimes-Peñuela CLL. Mapping the use of artificial intelligence in medical education. BMC Med Educ. 2025;25:70898.

42. Sridharan K, et al. Artificial intelligence and medical education. J Educ Health Promot. 2024;13:64. PMID: 37162882

8

ESCRITURA CIENTÍFICA, REVISIONES Y PUBLICACIÓN CON IA



Ya hemos visto en el capítulo 3 las herramientas de IA para la búsqueda, análisis y síntesis de evidencia científica y revisión bibliográfica. En este capítulo vamos a revisar su utilidad para la redacción, revisión, preparación de manuscritos y la estrategia de publicación, destacando la importancia del uso ético y las precauciones necesarias para mantener la integridad académica.

8.1. Uso Responsable y Ético de la IA en la Redacción Académica

La IA generativa ha transformado las prácticas de escritura académica, ofreciendo herramientas poderosas, pero también planteando desafíos éticos significativos [1].

8.1.1.Normas de autoría y atribución en la era de la IA.

Los autores en la investigación científica tradicionalmente se definen por la contribución sustancial y la responsabilidad sobre el contenido [2]. La mayoría de las organizaciones y editoriales, como el International Committee of Medical Journal Editors y Elsevier, han establecido que la IA no puede ser citada como autora en artículos científicos porque carece de la capacidad de asumir la responsabilidad por el trabajo. Por lo tanto, los autores deben ser individuos que hayan contribuido de manera significativa a la investigación y la redacción [2-5].

En consecuencia, es importante la formación para estudiantes y colegas en las políticas actuales de las principales editoriales que prohíben la autoría de IA y exigen la transparencia en su uso y diferenciando entre la generación de contenido y el refinamiento del lenguaje, que es donde la IA puede ser más útil [6].

8.1.2. Declaración del uso de IA en manuscritos y tesis.

La transparencia es crucial en la comunicación científica. Cuando se utilizan herramientas de IA generativa para la redacción, revisión o edición de un manuscrito, es fundamental declararlo explícitamente [7]. Esta declaración, generalmente especifica la herramienta utilizada y el propósito de su uso, y debe incluirse en la sección de métodos, agradecimientos o una nota al pie [3,8].

Estas políticas de declaración del uso de IA están siendo desarrolladas y actualizadas continuamente por revistas y editores [7,9].

Es importante por tanto proporcionar a los estudiantes ejemplos de cómo redactar una declaración de uso de IA, especificando la herramienta y el propósito. Asimismo, desarrollar y comunicar políticas claras a nivel del Departamento o de la Institución sobre la declaración del uso de IA en tesis, proyectos de investigación y publicaciones [8].

8.1.3. Integridad académica y originalidad en trabajos asistidos por IA.

El uso de la IA en la redacción académica plantea preocupaciones sobre la integridad y la originalidad. A pesar de la asistencia de la IA, la responsabilidad final de la precisión, veracidad, originalidad y ética del contenido recae en el autor humano [8-10]. La IA es una herramienta avanzada que necesita supervisión humana y no puede aportar ideas originales por sí sola. Cuando se delega demasiado en ella, puede disminuir la confianza en la calidad del trabajo académico y generar dudas sobre su validez moral [11].

Por consiguiente, es obligado para el profesor enseñar a los estudiantes a usar la IA como una herramienta de apoyo, no como un sustituto del pensamiento crítico y la investigación original Y asimismo promover la verificación rigurosa de todo el contenido generado por IA, ya que el autor humano es quien debe asegurar la exactitud y adecuación de la información.

En la **Tabla 1** se resumen las Directrices Éticas para el Uso de IA en la Escritura Académica.

8.2. Asistencia de la IA en la Redacción de Manuscritos

La IA, especialmente los Grandes Modelos de Lenguaje, ha demostrado ser una herramienta valiosa para optimizar y agilizar diversas etapas de la redacción de manuscritos, permitiendo a los investigadores centrarse más en el contenido científico y menos en la mecánica de la escritura [1]. En la **Figura 1** puede observarse un diagrama de flujo que muestra las diferentes etapas de la redacción de un artículo científico y los puntos específicos donde la IA puede intervenir, desde el borrador inicial hasta el pulido final.

8.2.1. Generación de borradores de introducción y discusión.

Es una ayuda muy importante para los investigadores. Los LLMs pueden generar borradores coherentes y bien estructurados para la introducción y la discusión de artículos científicos. Estas secciones a menudo requieren una revisión extensa de la literatura y una síntesis de ideas, tareas en las que la IA puede proporcionar un punto de partida significativo. La IA puede ayudar a sintetizar la

literatura existente y a estructurar los argumentos para la discusión, facilitando el proceso de escritura [12,13].

Tabla 1. Directrices éticas para el uso de IA en la escritura académica

Aspecto Ético	Principio Clave	Recomendación Práctica
Autoría	La IA no puede ser autora	Los autores deben ser individuos que hayan contribuido sustancialmente a la investigación y redacción La IA es una herramienta.
Transparencia	Declarar el uso de IA	Mencionar explícitamente qué herramientas de IA se utilizaron y para qué propósito (ej., generación de borradores, corrección gramatical) en una sección apropiada del manuscrito.
Integridad y Originalidad	El autor humano es responsable del contenido	Verificar la exactitud de toda la información generada por IA. Asegurarse de que el trabajo final refleje el pensamiento original y la voz del autor
Confidencialidad	Proteger datos sensibles	No introducir datos confidenciales de pacientes o investigaciones no publicadas en herramientas de IA, ya que los datos podrían ser utilizados para entrenar el modelo.
Plagio y Parafraseo	Evitar la generación de contenido plagiado	Usar la IA para parafrasear con cautela. Siempre revisar el texto generado para asegurar que no infrinja derechos de autor y que el estilo sea apropiado

8.2.2. Elaboración de materiales y métodos (descripción de protocolos, técnicas).

La IA puede ayudar a redactar descripciones claras y concisas de protocolos, técnicas experimentales o métodos estadísticos. La capacidad de la IA para procesar y organizar grandes volúmenes de información la hace útil para estandarizar y verificar las descripciones metodológicas, actuando como un "checklist" para

asegurar que todos los detalles necesarios de un método estén incluidos [15].

Figura 1. Flujo de trabajo asistido por IA en la Redacción de Manuscritos



IMRyD: Introducción, Métodos, Resultados y Discusión.

DOI significa Identificador de Objeto Digital, que permite ubicar publicaciones de forma permanente.

8.2.3. Formulación de resultados (transformación de datos en texto descriptivo).

La IA puede transformar datos brutos o resúmenes estadísticos en descripciones de texto. Si bien la interpretación de los resultados siempre debe ser humana, la IA puede ayudar a organizar los hallazgos de manera clara y objetiva, facilitando la descripción de

gráficos y Tablas mediante la generación de texto a partir de las visualizaciones [15].

8.2.4. Refinamiento del lenguaje científico y técnico. La precisión y la concisión son fundamentales en la escritura científica. La IA puede identificar y corregir errores gramaticales, mejorar la estructura de las oraciones, sugerir sinónimos más apropiados y asegurar la adherencia a un estilo formal y objetivo. Esto es particularmente útil para mejorar la claridad, fluidez y concisión del texto, lo que es esencial para la comunicación efectiva de la investigación, y puede ser especialmente ventajoso para autores no nativos [16].

8.3. IA para la Preparación y Revisión de Revisiones Sistemáticas

Las revisiones sistemáticas y los metaanálisis son metodologías rigurosas y que consumen mucho tiempo [17]. La IA está emergiendo como una herramienta poderosa para automatizar y optimizar varios pasos de este proceso, mejorando la eficiencia y la reproducibilidad [18,19].

8.3.1. Asistencia en la selección y cribado de artículos.

Una de las fases más tediosas de una revisión sistemática es el cribado de miles de títulos y resúmenes para identificar estudios relevantes [20]. La IA mediante algoritmos de Procesamiento del Lenguaje Natural, puede preseleccionar artículos, reduciendo drásticamente la carga de trabajo manual [18]. Herramientas basadas en IA pueden acelerar significativamente el proceso de cribado al identificar estudios potencialmente relevantes.

8.3.2. Extracción de datos de estudios incluidos.

Una vez seleccionados los artículos, la extracción de datos es otra tarea intensiva [21]. La IA puede ser entrenada para identificar y extraer automáticamente variables clave (ej., tamaño de la muestra, características de los participantes, resultados principales) de los textos completos de los artículos. Y como hemos visto los modelos de lenguaje grandes han demostrado ser prometedores en la automatización de la extracción de datos estructurados para metaanálisis [22].

8.3.3. Evaluación de riesgo de sesgo asistida por IA.

La evaluación del riesgo de sesgo es un componente crítico de las revisiones sistemáticas [23]. La IA puede ayudar a identificar posibles sesgos en los estudios incluidos, como sesgo de selección o de notificación, mediante el análisis de patrones en el texto de los artículos [18]. Las herramientas de IA pueden señalar secciones de los artículos que podrían indicar un alto riesgo de sesgo, como descripciones vagas de la aleatorización o el enmascaramiento [24].

8.3.4. Herramientas para la síntesis cualitativa y cuantitativa (metaanálisis).

Mientras que la síntesis final de evidencia a menudo requiere la pericia humana, la IA puede asistir en la preparación y ejecución de la síntesis de datos, tanto cualitativa como cuantitativa. La IA puede ayudar a organizar y agrupar los datos extraídos de manera que faciliten la entrada en software de metaanálisis y puede generar borradores de texto que resuman los hallazgos principales. La **Tabla** 2 muestra diferentes herramientas de IA disponibles para cada fase de una revisión sistemática, con ejemplos de software o plataformas específicas y sus funciones [25].

8.4 Herramientas de IA para Mejorar el Estilo y la Coherencia

La calidad del lenguaje y la presentación son cruciales para la publicación académica. Las herramientas de IA ofrecen capacidades avanzadas para refinar el texto, asegurar la coherencia y adaptar el estilo a los requisitos específicos de las publicaciones.

8.4.1. Corrección gramatical y ortográfica avanzada.

Más allá de los correctores básicos, las herramientas de IA pueden detectar errores contextuales, sugerir mejoras estilísticas y ofrecer explicaciones sobre las correcciones. Esto es invaluable para mejorar la precisión y la calidad del manuscrito, ayudando a los autores a producir textos pulidos y profesionales. De esta forma podemos enseñar a los estudiantes el uso de correctores gramaticales basados en IA (ej., *Grammarly*) no solo para corregir, sino para entender los errores comunes y mejorar las habilidades de escritura a largo plazo.

Tabla 2. Herramientas de IA disponibles para cada fase de una revisión sistemática

Fase	Herramientas / Plataformas	Funciones
Búsqueda y Cribado	Rayyan, Covidence, DistillerSR, ASReview, PICO Portal, Silvi.ai	• Filtrado automático de artículos • Eliminación de duplicados • Priorización inteligente
Extracción de Datos	DistillerSR, ASReview, Nested Knowledge, iWeaver, EPPI-Reviewer, Silvi.ai	• Extracción automática de variables • Tamaño de muestra y resultados
Evaluación de Riesgo de Sesgo	RobotReviewer, DistillerSR, Nested Knowledge, EPPI-Reviewer	• Valoración • Identificación de sesgos
Síntesis y Metanálisis	Nested Knowledge, iWeaver, DistillerSR, R/Python (IA), OpenMeta	• Soporte para metanálisis • Síntesis asistida por IA
Mapeo y Exploración Conceptual	Research Rabbit, SciSpace, Nested Knowledge, iWeaver	• Redes de citas y clusters temáticos • Descubrimiento de literatura relevante
Gestión del Proyecto / Auditoría	Covidence, DistillerSR, EPPI-Reviewer, Nested Knowledge	• Registro auditable • Trabajo colaborativo

8.4.2. Mejora de la claridad, fluidez y concisión del texto.

La IA puede analizar la estructura de las oraciones y párrafos, sugiriendo reescrituras para hacer el texto más claro, más fluido y más conciso, facilitando la comprensión de ideas complejas. Esto es esencial para la comunicación efectiva de resultados científicos complejos, permitiendo que la investigación sea accesible a un público más amplio. La IA puede mejorar la claridad, el estilo y la

coherencia de la redacción científica, lo que es especialmente útil para autores no nativos.

8.4.3. Adaptación del estilo de escritura a normas editoriales específicas.

Cada revista tiene sus propias directrices de estilo y requisitos de formato. La IA puede ayudar a adaptar el manuscrito a estas normas, desde la referenciación hasta el formato de encabezados y la terminología específica. Esto puede automatizar el proceso de formato, ahorrando tiempo significativo a los autores y asegurando la conformidad con las estrictas directrices editoriales La IA puede verificar la conformidad del manuscrito con las "Instrucciones para los Autores" de la revista, detectando discrepancias en el estilo de las citas, las abreviaturas o la estructura de las secciones [26].

En la **Figura 2** podemos ver un "antes y después" de un fragmento de texto académico, mostrando las sugerencias de la IA para mejorar la gramática, la claridad y la concisión.

8.5. Estrategias de Publicación y Presentación Asistidas por IA

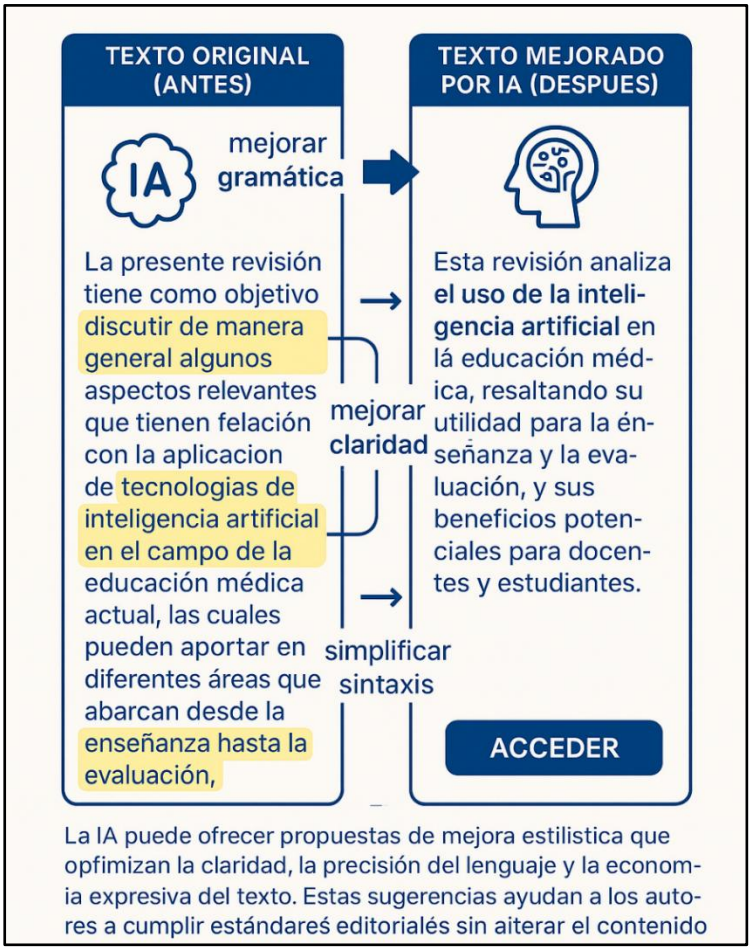
La publicación y difusión de la investigación son etapas críticas. La IA puede ofrecer apoyo estratégico para seleccionar revistas, preparar la correspondencia y diseñar materiales de presentación impactantes.

8.5.1. Identificación de revistas científicas adecuadas y con factor de impacto relevante.

Elegir la revista adecuada resulta esencial para maximizar el impacto de un manuscrito. En este sentido, las herramientas basadas en inteligencia artificial pueden analizar el contenido del manuscrito -título, resumen, palabras clave- y comparar sus temas e hipótesis con los enfoques y métricas de cientos o miles de revistas, sugiriendo aquellas que mejor coincidan. Estas plataformas emplean algoritmos de procesamiento de lenguaje natural (PLN) para emparejar tu trabajo con revistas cuyo alcance, público objetivo e indicadores bibliométricos (p. ej., factor de impacto, índice SJR, velocidad de revisión) sean adecuados. Este tipo de sistemas permite ahorrar tiempo, evitar envíos inapropiados y mejorar las probabilidades de aceptación al elegir revistas con

buena visibilidad y reputación.

Figura 2. Mejoras en el Estilo y la Coherencia Asistidas por IA



Herramientas recomendadas

- *Elsevier Journal Finder* — permite introducir el resumen o palabras clave del manuscrito y sugiere revistas de Elsevier que coincidan con el tema.
  https://journalfinder.elsevier.com/?utm_source=chatgpt.com
- *JANE (Journal/Author Name Estimator*) — útil sobre todo

en ciencias de la salud; recomienda revistas indexadas en PubMed conforme a título o abstract. uniovi.libguides.com+1

- *Springer Journal Suggester* — sugiere revistas del catálogo Springer según palabras clave, área temática y preferencia de acceso (abierto o tradicional).
  biblioteca.unileon.es+1
- *Manuscript Matcher (Clarivate*) — emplea la base de datos del Web of Science para recomendar revistas indexadas según el contenido del manuscrito.
  https://mjl.clarivate.com/home?mm=

8.5.2. Preparación de cartas de presentación y respuestas a revisores.

La correspondencia con los editores y revisores requiere habilidad y diplomacia. La IA puede ayudar a redactar borradores de cartas de presentación convincentes y estructurar respuestas a los comentarios de los revisores [12, 26]. Los LLMs pueden ser particularmente útiles para generar borradores que destaquen los aspectos clave del manuscrito y aborden los comentarios de los revisores de manera profesional.

8.5.3. Diseño de pósteres científicos y presentaciones (diapositivas) con IA.

La comunicación visual de la ciencia es clave para difundir resultados de forma clara, atractiva y accesible. Mediante herramientas basadas en inteligencia artificial, es posible optimizar la creación de pósteres académicos o presentaciones —desde la selección de plantillas hasta la organización del contenido y la generación automática de gráficos—. Estas plataformas con IA pueden transformar borradores de texto o datos en diseños pulidos, equilibrando estética, legibilidad y coherencia visual, lo que permite a los investigadores concentrarse en el contenido científico en lugar de en la maquetación.

La adopción de estos sistemas ha crecido —por ejemplo, generadores automáticos para carteles científicos ya permiten producir pósteres con calidad profesional en minutos.

Herramientas: la **Tabla 3** resume algunas herramientas para generación de estilos visuales con posters y presentaciones.

Tabla 3. herramientas visuales

Pixazo AI Research Poster Maker	Genera pósteres científicos a partir de texto: crea diseño, layout, portada, organiza secciones y gráficos automáticamente.
Mind the Graph Poster Maker	Permite elaborar pósteres académicos profesionales usando plantillas optimizadas y recursos científicos; ideal si no se domina el diseño gráfico.
Canva (función Magic Design / AI Poster Generator)	Plataforma versátil con plantillas académicas; la IA ayuda a elegir estilos visuales coherentes, gráficos, fuentes y distribución.
Gamma.app	Generador de presentaciones con IA: convierte ideas o texto en diapositivas con diseño atractivo, optimización visual y estructura lógica.
SlidesAI	Convierte texto en presentaciones (PPT o Google Slides) automáticamente con diseño limpio y organización adecuada para conferencias o defensas.

8.5.4. Resúmenes gráficos y visualizaciones de datos para la difusión.

Para una difusión efectiva, los investigadores a menudo crean resúmenes gráficos o visualizaciones de datos. La IA puede ayudar a transformar datos complejos en gráficos claros e infografías atractivas, facilitando la comprensión y el análisis **(Tabla 4).** Estas herramientas pueden convertir datos científicos complejos en formatos visuales comprensibles para audiencias más amplias [27].

8.6. Riesgos y Advertencias: Alucinaciones, Sesgos y la Figura del Autor

El uso de IA en la producción de contenido académico trae consigo riesgos y advertencias significativas que los investigadores y educadores deben comprender para mantener la integridad y la calidad de sus trabajos [28].

Tabla 4. Herramientas de IA reales que permiten crear resúmenes gráficos, infografías científicas y visualizaciones automáticas de datos

Herramienta	Qué hace	Ideal para
Mind the Graph	Usa IA + biblioteca visual científica (biología, medicina, anatomía) para crear **infografías y resúmenes gráficos**.	Posters, abstracts visuales, revistas biomédicas.
BioRender (Smart Templates)	Plantillas científicas con **sugerencias inteligentes**, iconos biomédicos y diagramas automáticos.	Medicina, biología molecular, investigación clínica.
ChartGPT	Genera gráficos a partir de texto o Tablas (IA + visualización).	Papers con estadísticas + visualizaciones.
Tableau GPT	Crea dashboards y gráficos explicativos sugiriendo visualizaciones basadas en los datos.	Grandes bases de datos / análisis estadísticos.
Datawrapper + IA	Transforma datos a gráficos claros con **recomendaciones**	Difusión en prensa científica, divulgación digital.
AI Diagram (Google Gemini Plugin)	Crea esquemas explicativos y diagramas científicos desde texto (IA).	Flujo de procedimientos, sintéticas de métodos.
Canva (Magic Design)	Genera **infografías automáticas** a partir de texto (resumen, introducción, resultados).	Divulgación general, congresos no especializados.

8.6.1. Alucinaciones de la IA y generación de información incorrecta.

Los LLMs a veces generan información que parece plausible, pero es incorrecta o completamente inventada, un fenómeno conocido como "alucinaciones". Esto es particularmente peligroso en la ciencia, donde la precisión es primordial, y puede llevar a la

difusión de desinformación. Por lo tanto, toda la información generada por IA debe ser verificada rigurosamente por humanos [29].

8.6.2. Citas falsas y referencias inexistentes.

Una manifestación común de las alucinaciones de la IA en el ámbito académico es la generación de citas falsas o referencias a artículos que no existen o que no apoyan las afirmaciones hechas [28, 30]. Esto puede socavar gravemente la credibilidad de un trabajo y plantea serias preocupaciones éticas. Los investigadores deben verificar cada referencia generada por IA [31]. Por ello es conveniente instruir a los estudiantes a verificar cada cita generada por IA, buscando los artículos originales y confirmando que realmente existen y que el contenido citado es preciso. Y asimismo promover el uso de gestores de referencia fiables y bases de datos académicas para la obtención de citas, en lugar de depender únicamente de la IA para este fin.

8.6.3. Sesgos inherentes en los modelos de lenguaje y su impacto en la narrativa científica.

Los modelos de IA se entrenan con vastos conjuntos de datos que reflejan los sesgos existentes en el lenguaje humano y la literatura publicada. Esto puede llevar a que la IA reproduzca o amplifique sesgos de género, étnicos, geográficos o metodológicos en el texto que genera, afectando la objetividad y equidad de la narrativa científica Es crucial que los investigadores sean conscientes de estos sesgos y trabajen para mitigarlos [32]. Es aconsejable fomentar el uso de diversas perspectivas y fuentes para mitigar la influencia de posibles sesgos en los datos de entrenamiento de la IA.

8.6.4. Pérdida de la voz propia y de la originalidad del pensamiento

Usar demasiado la IA puede hacer que la escritura de diferentes personas empiece a sonar igual y que se pierda la voz personal del autor [13]. Por ello es importante promover el uso de la IA como una herramienta de edición o de apoyo a la generación de ideas, no como un sustituto completo del proceso de escritura. Y asimismo fomentar en los estudiantes el desarrollo de un estilo de escritura

distintivo y un pensamiento crítico que no sea meramente una paráfrasis de la IA.

8.6.5. La responsabilidad final del autor humano.

A pesar de la asistencia de la IA, la responsabilidad ética y legal del contenido de un manuscrito recae enteramente en los autores humanos. Son ellos quienes garantizan la veracidad, originalidad, precisión y cumplimiento de las normas éticas [33].

Finalmente introducimos para el lector **Tabla 5,** que clasifica las herramientas de IA disponibles según su función en el ciclo de producción científica (redacción, revisión, gestión de citas, identificación de revistas, diseño de presentaciones).

Tabla 5. Herramientas de IA para el Proceso de Escritura Científica

Función en la Producción Científica	Tipo de Herramienta de IA	Ejemplos de Herramientas	Beneficio Clave
Generación y Borradores de Texto	LLM, asistentes de escritura	ChatGPT, Gemini, Jasper, Writefull	Acelera la creación de contenido, ayuda con bloqueos de escritor, sugiere formulaciones
Corrección de Estilo y Gramática	Editores de lenguaje con IA	Grammarly, QuillBot, DeepL Write	Mejora la claridad, concisión y corrección lingüística del manuscrito
Gestión de Citas y Referencias	Gestores de referencias con IA	Zotero (plugins IA), Mendeley (plugins IA)	Automatiza la inserción y formateo de citas, sugiere referencias relevantes
Preparación de Revisiones Sistemáticas	Herramientas de cribado y extracción	Covidence (con IA), Rayyan (con IA), DistillerSR	Optimiza el proceso de selección de estudios y extracción de datos

Identificación de Revistas	Buscadores de revistas con IA	JournalFinder, Jane (Journal/Author Name Estimator)	Sugiere revistas adecuadas según el resumen y palabras clave del manuscrito
Diseño de Presentaciones/Pósteres	Generadores de diapositivas/ visuales	Tome, Gamma, Canva (con IA)	Crea rápidamente presentaciones y elementos gráficos atractivos para la difusión
Detección de Plagio /Originalidad	Detectores de texto generado por IA	GPTZero, ZeroGPT, Turnitin (con funciones IA)	Verifica la originalidad del texto y ayuda a identificar contenido generado por IA

Referencias

1. Lund B, Lamba M, Hoo Oh S The Impact of AI on Academic Research and Publishing. Am J Innov Manag. 2024; AJIM-07-2023-0402. Disponible en: https://arxiv.org/pdf/2406.06009?
2. Kaebnick et al., 2023. Kaebnick GE, Magnus DC, Kao A, Hosseini M, Resnik D, Dubljević V, Rentmeester C, Gordijn B, Cherry MJ. Editors' Statement on the Responsible Use of Generative AI Technologies in Scholarly Journal Publishing. Hastings Cent Rep. 2023 Sep;53(5):3-6
3. Ganjavi C, Eppler MB, Pekcan A, Biedermann B, Abreu A, Collins GS, Gill IS, Cacciamani GE. Publishers' and journals' instructions to authors on use of generative artificial intelligence in academic and scientific publishing: bibliometric analysis. BMJ. 2024 Jan 31;384: e077192.
4. Hufton AL. No artificial intelligence authors, for now. Patterns (N Y). 2023 Apr 14;4(4):100731. ; Nassi-Calò L. The use of Generative Artificial Intelligence in Scholarly Communication. Rev Lat Am Enfermagem. 2025 Feb 17;33: e4560
5. Yin S, Huang S, Xue P, Xu Z, Lian Z, Ye C, Ma S, Liu M, Hu Y, Lu P, Li C. Generative artificial intelligence (GAI) usage guidelines for scholarly publishing: a cross-sectional study of medical journals. BMC Med. 2025

6. Gregor S. Responsible Artificial Intelligence and Journal Publishing. Australas J Inf Syst. 2024;28.

7. Yin et al., 2025; Yousaf MN. Practical Considerations and Ethical Implications of Using Artificial Intelligence in Writing Scientific Manuscripts. ACG Case Rep J. 2025 Feb 19;12(2):e01629.

8. Nassi-Calò L. The use of Generative Artificial Intelligence in Scholarly Communication. SciELO in Perspective. 2025. Disponible en: https://blog.scielo.org/es/2023/11/02/el-uso-de-la-inteligencia-artificial-generativa-en-la-comunicacion-academica/

9. Cacciamani G, Eppler M, Ganjavi C, et al. Development of the ChatGPT, Generative Artificial Intelligence and Natural Large Language Models for Accountable Reporting and Use Guidelines. Eur Urol. 2023;84:472–6.

10. Resnik DB, Hosseini M. The ethics of using artificial intelligence in scientific research: new guidance needed for a new tool. AI Ethics. 2025 Apr;5(2):1499-1521. ;. Yousaf MN. Practical Considerations and Ethical Implications of Using Artificial Intelligence in Writing Scientific Manuscripts. ACG Case Rep J. 2025 Feb 19;12(2):e01629

11. Wu Y, Lu X, Lin C. AI, originality, and attribution: Researchers' perspectives on distinguishing contributions. Account Res. 2025 Jul 20:1-17. ; Niszczota P, Conway P. Judgments of Research Co-Created by Generative AI: Experimental Evidence. Rev High Educ. 2023;46:469–95

12. Ahn S. The transformative impact of large language models on medical writing and publishing: current applications, challenges and future directions. J Educ Eval Health Prof. 2024

13. Carobene A, Padoan A, Cabitza F, Banfi G, Plebani M. Rising adoption of artificial intelligence in scientific publishing: evaluating the role, risks, and ethical implications in paper drafting and review process. Clin Chem Lab Med. 2023 Nov 30;62(5):835-843

14. Sallam M, Barakat M, Sallam M. A Preliminary Checklist (METRICS) to Standardize the Design and Reporting of Studies on Generative Artificial Intelligence-Based Models in Health Care Education and Practice: Development Study Involving a Literature Review. Interact J Med Res. 2024 Feb 15;13:e54704

15. Markowitz DM. From complexity to clarity: How AI enhances perceptions of scientists and the public's understanding of science. PNAS Nexus. 2024 Sep 6;3(9):pgae387

16. Kojima T, Popiel HA. Strategies on Reducing Wordiness to Enhance Readability in Academic Writing. J Korean Med Sci. 2024 Aug 26;39(33):e240.

17. Cierco Jimenez R, Lee T, Rosillo N, Cordova R, Cree IA, Gonzalez A, Indave Ruiz BI. Machine learning computational tools to assist the performance of systematic reviews: A mapping review. BMC Med Res Methodol. 2022 Dec 16;22(1):322

18. Ofori-Boateng R, Aceves-Martins M, Wiratunga N, et al. Towards the automation of systematic reviews using natural language processing, machine learning, and deep learning: a comprehensive review. WIREs Data Mining Knowl Discov. 2024;14: e1533.

19. Scotti KL, Young S, Gainey MA, Lan H. Artificial Intelligence and Automation in Evidence Synthesis: An Investigation of Methods Employed in Cochrane, Campbell Collaboration, and Environmental Evidence Reviews. Cochrane Evid Synth Methods. 2025 Aug 28;3(5):e70046

20. Sriram A, Ramachandran K, Krishnamoorthy S. Artificial Intelligence in Medical Education: Transforming Learning and Practice. Cureus. 2025 Mar 19;17(3):e80852.

21. Jonnalagadda SR, Goyal P, Huffman MD. Automating data extraction in systematic reviews: a systematic review. Syst Rev. 2015 Jun 15;4:78.

22. Gartlehner G, Kugley S, Crotty K, Viswanathan M, Dobrescu A, Nussbaumer-Streit B, Booth G, Treadwell JR, Han JM, Wagner J, Apaydin EA, Coppola EL, Maglione M, Hilscher R, Chew R, Pilar M, Swanton B, Kahwati LC. Artificial Intelligence-Assisted Data Extraction with a Large Language Model: A Study Within Reviews. Ann Intern Med. 2025

23. Arno A, Thomas J, Wallace B, Marshall IJ, McKenzie JE, Elliott JH. Accuracy and Efficiency of Machine Learning-Assisted Risk-of-Bias Assessments in "Real-World" Systematic Reviews: A Noninferiority Randomized Controlled Trial. Ann Intern Med. 2022 Jul;175(7):1001-1009

24. Hasan B, Saadi S, Rajjoub NS, Hegazi M, Al-Kordi M, Fleti F, Farah M, Riaz IB, Banerjee I, Wang Z, Murad MH. Integrating

large language models in systematic reviews: a framework and case study using ROBINS-I for risk of bias assessment. BMJ Evid Based Med. 2024 Nov 22;29(6):394-398

25. Ge L, Agrawal R, Singer M, Kannapiran P, De Castro Molina JA, Teow KL, Yap CW, Abisheganaden JA. Leveraging artificial intelligence to enhance systematic reviews in health research: advanced tools and challenges. Syst Rev. 2024 Oct 25;13(1):269

26. Biswas SS. AI-Assisted Academia: Navigating the Nuances of Peer Review with ChatGPT 4. J Pediatr Pharmacol Ther. 2024 Aug;29(4):441-445.

27. Neri G, Marshall S, Chan HK-C, Yaghi A, Tabor D, Sinha R, Mazumdar S. *Data visualization in AI-assisted decision-making: a systematic review.* Commun. 2025.

28. Cheng A, Calhoun A, Reedy G. Artificial intelligence-assisted academic writing: recommendations for ethical use. Adv Simul (Lond). 2025 Apr 18;10(1):22

29. Athaluri SA, Manthena SV, Kesapragada VSRKM, Yarlagadda V, Dave T, Duddumpudi RTS. Exploring the Boundaries of Reality: Investigating the Phenomenon of Artificial Intelligence Hallucination in Scientific Writing Through ChatGPT References. Cureus. 2023 Apr 11;15(4):e37432.

30. Meyer JG, Urbanowicz RJ, y cols ChatGPT and large language models in academia: opportunities and challenges. BioData Min. 2023 Jul 13;16(1):20

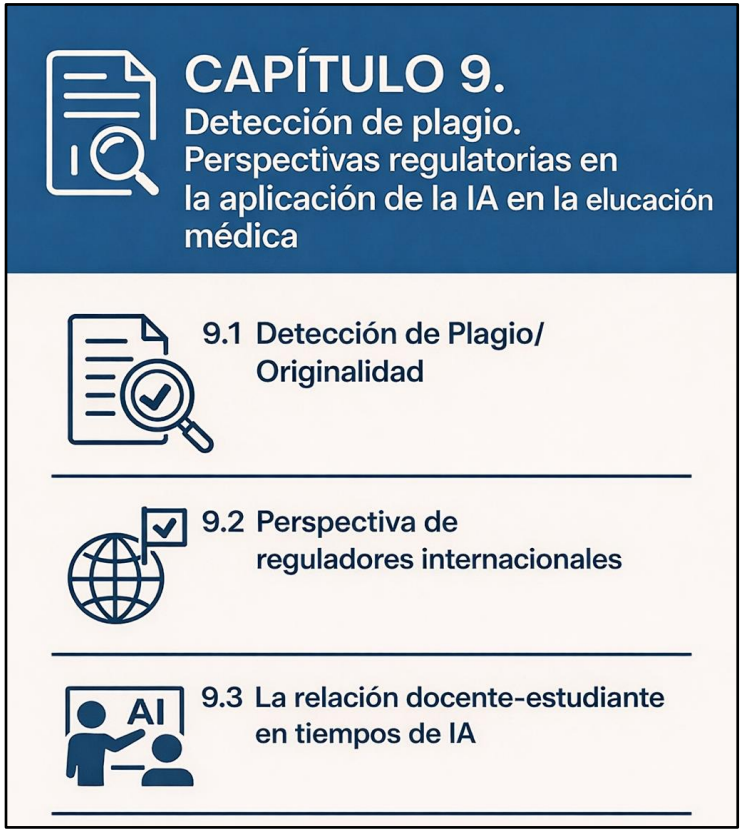
31. Walters WH, Wilder EI. Fabrication and errors in the bibliographic citations generated by ChatGPT. Sci Rep. 2023 Sep 7;13(1):14045.

32. Lund B, Wang T, Mannuru NR, et al. ChatGPT and a new academic reality: Artificial Intelligence-written research papers and the ethics of the large language models in scholarly publishing. J Assoc Inf Sci Technol. 2023;74:570-581

33. Moffatt B, Hall A. Is AI my co-author? The ethics of using artificial intelligence in scientific publishing. Account Res. 2025 Nov;32(8):1313-1329. Yousaf MN. Practical Considerations and Ethical Implications of Using Artificial Intelligence in Writing Scientific Manuscripts. ACG Case Rep J. 2025 Feb 19;12(2):e01629.

9.

DETECCIÓN DE PLAGIO. PERSPECTIVAS REGULATORIAS EN LA APLICACIÓN DE LA IA EN LA EDUCACIÓN MÉDICA.



9.1. Detección de Plagio/Originalidad

La rápida integración de herramientas de inteligencia artificial generativa, como los grandes modelos de lenguaje, ha revolucionado la creación de contenido, planteando interrogantes

fundamentales sobre la autoría y la originalidad en el ámbito académico. En la educación médica, donde la integridad académica y el desarrollo del pensamiento crítico son primordiales, la proliferación del contenido generado por IA representa un desafío significativo para los educadores [1]. Los estudiantes pueden utilizar la IA para generar ensayos, tareas o incluso fabricar datos de investigación, lo que complica la evaluación de sus habilidades y el fomento de la honestidad académica.

La dificultad para distinguir entre el texto producido por humanos y el generado por IA es notable. Algunos estudios han demostrado que incluso directores de programas y profesores encuentran difícil diferenciar entre declaraciones personales escritas por IA y por humanos, sin diferencias significativas en la legibilidad, originalidad o calidad percibida [2]. Esto subraya la necesidad de que los educadores adapten sus métodos de evaluación y las políticas institucionales**.**

9.1.1 Desafíos para los Educadores

Los profesores de medicina se enfrentan a varios retos clave en la detección de plagio en la era de la IA:

1. **Dificultad de detección:** Las herramientas actuales diseñadas para identificar texto generado por inteligencia artificial **(Tabla 1)** muestran precisión variable y no son completamente fiables. Estudios recientes han encontrado tasas significativas de falsos positivos y falsos negativos al aplicar detectores a textos generados por IA y textos humanos, lo que plantea dudas sobre su utilidad para aplicar políticas estrictas en contextos académicos [3].
2. **"Alucinaciones" de la IA:** Los modelos de lenguaje generativo pueden producir información incorrecta o inventada sin supervisión humana, un fenómeno que puede describirse como alucinación. Investigaciones que analizan y cuantifican este problema en LLM (Large Language Models) han documentado cómo estos sistemas generan contenido erróneo o referencias inverificables, lo que plantea preocupaciones sobre su uso sin control en contextos académicos y científicos [4,5].
3. **Pérdida de pensamiento crítico:** El uso frecuente de IA por parte de estudiantes puede reducir el desarrollo de habilidades cognitivas esenciales, como el razonamiento independiente, la evaluación crítica de evidencias y la toma de decisiones clínicas

complejas, factores fundamentales de la formación médica. Este fenómeno ha sido observado en estudios que señalan cómo el apoyo excesivo en herramientas automatizadas puede desplazar el pensamiento reflexivo profundo [6].

Tabla 1. Herramientas para la detección de texto generado por IA (complemento de la Tabla 4 de la página 122)

Herramienta	Tecnología	Resultados reportados	Limitaciones documentadas
Turnitin AI Detector	Modelos estadísticos y PLN	Precisión variable; tasas relevantes de falsos positivos	No fiable para decisiones disciplinarias individuales
GPTZero	Análisis de perplejidad y variabilidad texto	Sensibilidad moderada en textos largos	Bajo rendimiento en textos editados por humanos
OpenAI AI Classifier (retirado)	Clasificador supervisado	Baja precisión global	Retirado por ineficacia
Copyleaks AI Detector	Deep learning y análisis semántico	Mejor desempeño en textos extensos	Resultados inconsistentes en textos académicos
DetectGPT	Perturbación probabilística de modelos	Prometedor en entornos controlados	No validado ampliamente en educación

4. **Falta de guías claras:** La ausencia de políticas institucionales explícitas sobre el uso y la citación de IA en el trabajo académico puede generar que prácticas poco éticas o sin supervisión pasen desapercibidas, afectando negativamente los

estándares de integridad y rigor científico dentro de instituciones educativas [7,8].

9.1.2 Estrategias para los Educadores y las Instituciones

Para abordar el desafío del plagio en la era de la IA, se proponen varias estrategias que involucran tanto a las instituciones académicas como a los propios educadores:

1. Directrices claras y transparencia institucional

La rápida incorporación de herramientas de inteligencia artificial generativa en la educación médica hace imprescindible que las instituciones establezcan directrices explícitas y públicas sobre su uso aceptable **(Tabla 2).** La ausencia de normas claras genera ambigüedad tanto para estudiantes como para docentes y puede derivar en prácticas poco éticas o inconsistentes que comprometan la integridad académica [7,8].

Tabla 2. Directrices institucionales para el uso de IA generativa en educación médica

Área	Recomendación institucional	Justificación
Política institucional	Definir directrices explícitas y públicas sobre el uso aceptable de IA generativa	Evita ambigüedades, protege la integridad académica y garantiza coherencia normativa
Transparencia estudiantil	Exigir la declaración del uso de herramientas de IA en trabajos académicos	Favorece la honestidad académica y permite una evaluación justa del aprendizaje
Responsabilidad docente	Declarar el uso de IA en la elaboración de materiales docentes	Refuerza la coherencia ética y el modelaje profesional
Supervisión académica	Establecer mecanismos de seguimiento y revisión del uso de IA	Reduce el riesgo de usos inapropiados y prácticas no éticas

Las universidades y facultades de medicina deben definir qué usos de la IA están permitidos, restringidos u obligatorios de declarar, especialmente en trabajos escritos y evaluaciones

académicas [7-9]. Diversos autores subrayan la necesidad de exigir a los estudiantes la divulgación explícita del uso de herramientas de IA, de forma similar a la declaración de otras ayudas externas, con el fin de preservar la transparencia y la honestidad académica [7].

Del mismo modo, los docentes deben ser transparentes respecto al uso de IA en la elaboración de materiales educativos, bancos de preguntas o recursos docentes, promoviendo así una cultura institucional basada en la coherencia ética y la responsabilidad profesional.

2. Educación y alfabetización en inteligencia artificial

La literatura reciente coincide en que la alfabetización en inteligencia artificial es un elemento esencial para garantizar su uso responsable en la formación médica, ya que muchos estudiantes muestran interés en la IA, pero carecen de educación formal estructurada sobre ella [10,11]. La capacitación formal permite que estudiantes y docentes comprendan no solo las capacidades de estas herramientas, sino también sus limitaciones, riesgos y posibles sesgos; por ello se recomienda ofrecer programas formativos estructurados centrados en el uso ético y efectivo de la IA en contextos académicos y clínicos [12,13]. Asimismo, la ética de la IA debería incorporarse de forma transversal en el currículo médico para abordar cuestiones como los sesgos algorítmicos, reproducibilidad científica y evaluación crítica del contenido generado por IA [14].

3. Revisión de los métodos de evaluación

La creciente incorporación de herramientas de inteligencia artificial generativa en el ámbito educativo obliga a replantear los métodos tradicionales de evaluación, especialmente los ensayos escritos no supervisados. Diversos estudios señalan que este tipo de pruebas pueden ser elaboradas con facilidad por sistemas automatizados, lo que compromete su validez como instrumentos para medir el aprendizaje real del estudiante y su razonamiento clínico [15,16].

La evidencia disponible sugiere que, más que centrarse en la detección del uso de IA, resulta prioritario fomentar una cultura de

integridad académica orientada al aprendizaje profundo, el pensamiento crítico y el desarrollo de competencias profesionales. Este enfoque desplaza el énfasis desde la mera producción de textos hacia la comprensión, la aplicación del conocimiento y la reflexión clínica, elementos clave en la formación médica [17].

En este contexto, se recomienda diversificar las estrategias de evaluación incorporando metodologías que favorezcan la interacción directa entre docente y estudiante, el razonamiento clínico explícito y la aplicación práctica del conocimiento en escenarios reales o simulados [15]. Estas estrategias permiten evaluar no solo conocimientos teóricos, sino también habilidades cognitivas superiores, actitudes profesionales y toma de decisiones clínicas.

Entre las alternativas más respaldadas por la literatura destacan las presentaciones orales, las evaluaciones prácticas, los exámenes orales estructurados, los Objective Structured Clinical Examinations (OSCES) (visto anteriormente en el capítulo 5 y que constituyen un estándar internacional en la evaluación de la formación médica de grado y posgrado) y las actividades grupales supervisadas [18]. Estas modalidades ofrecen una evaluación más auténtica y fiable de las competencias clínicas y cognitivas, reduciendo además la dependencia de pruebas fácilmente automatizables y alineándose mejor con los objetivos formativos de la educación médica contemporánea [15,18].

En la **Tabla** 3 se resumen estrategias de métodos de evaluación en la era IA.

4. Uso cauteloso de herramientas de detección de IA

Ya hemos visto que la evidencia disponible indica que ninguna de estas herramientas alcanza actualmente niveles de fiabilidad suficientes como para ser utilizadas como prueba definitiva de mala conducta académica. Estudios recientes han demostrado la existencia de tasas relevantes de falsos positivos y falsos negativos, especialmente en textos académicos complejos, técnicos o revisados por humanos, lo que limita seriamente su validez en contextos de evaluación formal.

Tabla 3. Estrategias de métodos de evaluación en la era de la Inteligencia Artificial

Método de evaluación	Descripción	Competencias evaluadas	Ventajas en contexto de IA	Consideraciones
OSCEs (Objective Structured Clinical Examinations)	Circuito de estaciones clínicas estructuradas con tareas específicas	Razonamiento clínico, habilidades prácticas, comunicación	Alta validez y evaluación auténtica; difícilmente sustituible	Requiere recursos y formación de evaluadores
Exámenes orales estructurados	Entrevista evaluativa con preguntas y rúbricas estandarizadas	Comprensión profunda y argumentación clínica	Permite verificar razonamiento real del estudiante	Posible variabilidad interevaluador
Evaluaciones prácticas supervisadas	Realización de procedimientos o tareas clínicas bajo observación	Habilidades técnicas y aplicación del conocimiento	Minimiza el uso inapropiado de IA	Difícil escalabilidad
Presentaciones orales con defensa	Exposición de trabajos o casos con preguntas del evaluador	Síntesis, comunicación y pensamiento crítico	Reduce impacto de textos generados por IA	Consume tiempo docente
Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)	Evaluación continua del proceso de resolución de problemas clínicos	Trabajo en equipo y razonamiento clínico	Centrada en el proceso más que en el producto	Requiere tutores formados
Portafolio reflexivo supervisado	Recopilación estructurada de evidencias con reflexión crítica	Metacognición y profesionalismo	Favorece aprendizaje profundo y uso ético de IA	Evaluación cualitativa compleja
Pruebas escritas presenciales basadas en casos	Exámenes con escenarios clínicos complejos	Integración de conocimientos y toma de decisiones	Menor vulnerabilidad frente a IA	Corrección más costosa

Estas limitaciones resultan particularmente relevantes en la educación médica, donde el uso de lenguaje especializado, estructuras estandarizadas y estilos narrativos homogéneos incrementa el riesgo de clasificar erróneamente como "contenido generado por IA" trabajos legítimos elaborados por estudiantes [19].

Por ello, diversos autores coinciden en que estas herramientas deben emplearse de manera complementaria y prudente, orientadas únicamente a la identificación de indicios preliminares que justifiquen una revisión académica más profunda, pero nunca como único criterio para la adopción de decisiones disciplinarias. Su utilización debe integrarse en políticas institucionales claras, transparentes y proporcionadas, alineadas con un enfoque formativo más que punitivo.

En consecuencia, la evidencia actual sugiere que el abordaje más sólido en la era de la IA no reside en la dependencia de herramientas de detección, sino en el rediseño de los métodos de evaluación, el fortalecimiento de la integridad académica y la promoción de un aprendizaje profundo orientado al desarrollo competencial y profesional.

5. Fomento activo de la integridad académica

Finalmente, el uso ético de la IA debe enmarcarse en una cultura institucional de confianza, centrada en la evaluación formativa y el acompañamiento del aprendizaje Diversos estudios destacan que poner en valor el proceso de aprendizaje, la reflexión crítica y el desarrollo progresivo de habilidades de escritura fortalece la integridad académica y reduce la probabilidad de conductas deshonestas [20].

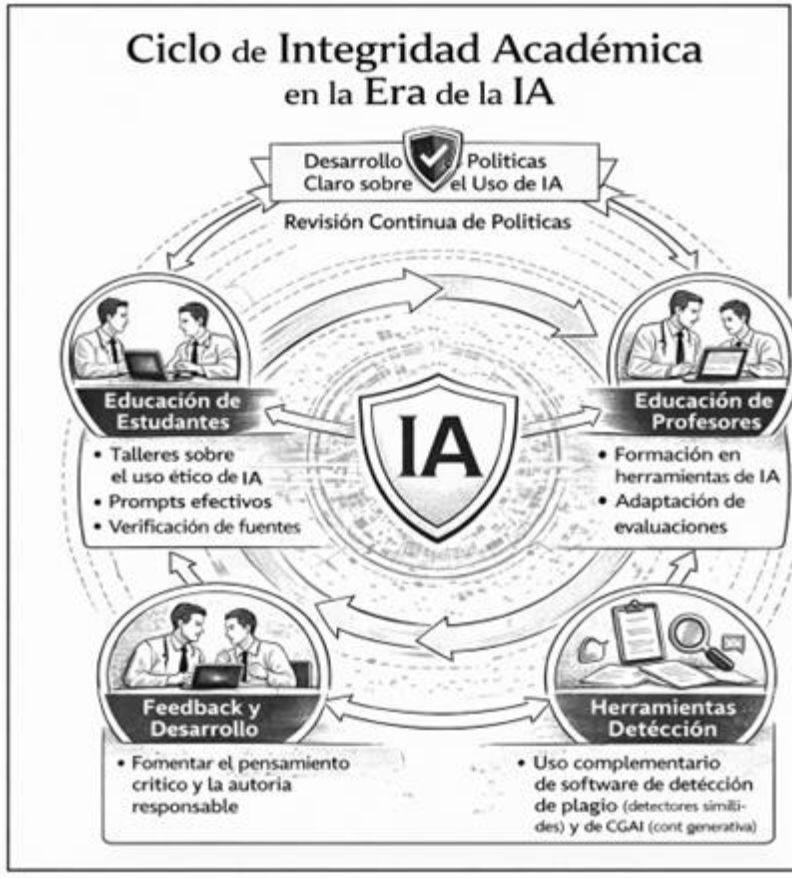
La educación médica debe seguir promoviendo la escritura científica como una competencia esencial para el pensamiento clínico, la comunicación profesional y la práctica basada en la evidencia, integrando la IA como una herramienta de apoyo y no como un sustituto del razonamiento humano.

9.1.3 Un enfoque multidimensional para preservar la integridad académica con IA en la educación médica.

La integridad académica debe entenderse como un ciclo continuo **(Figura 1)** sustentado en políticas claras, formación,

evaluación adecuada, uso prudente de herramientas tecnológicas y retroalimentación constante.

Figura 1. Ciclo de Integridad Academia en la era IA



El ciclo se inicia con el *desarrollo de políticas claras sobre el uso de la IA*, que definan de forma explícita qué usos son aceptables, cuáles no lo son y en qué condiciones, puede integrarse la IA como herramienta de apoyo al aprendizaje. Estas políticas deben ser transparentes, conocidas por toda la comunidad académica y alineadas con los valores de honestidad, responsabilidad y profesionalismo propios de la formación médica [1,2].

1.- La primera etapa del ciclo se centra en la educación de los estudiantes. Resulta esencial ofrecer talleres y actividades

formativas sobre el uso ético de la IA, que incluyan la elaboración de *prompts* efectivos, la comprensión de las limitaciones de estas herramientas y la verificación crítica de las fuentes utilizadas. El objetivo no es prohibir la IA, sino capacitar al estudiante para utilizarla de forma responsable, reflexiva y coherente con los principios de la autoría académica.

2.- La segunda etapa aborda la educación del profesorado, un elemento clave para el éxito del modelo. Los docentes deben recibir formación específica en herramientas de IA, comprender su funcionamiento y limitaciones, y adquirir competencias para adaptar los métodos de enseñanza y evaluación. Esta capacitación permite al profesorado integrar la IA de manera pedagógica, detectar usos inadecuados y rediseñar las evaluaciones para centrarlas en el razonamiento clínico y el aprendizaje profundo.

3.- La tercera etapa del ciclo consiste en la revisión de los métodos de evaluación. Ya hemos visto que en la era de la IA, resulta imprescindible diversificar las estrategias evaluativas, reduciendo la dependencia de trabajos escritos no supervisados y promoviendo evaluaciones orales, prácticas, presentaciones, exámenes clínicos estructurados y actividades supervisadas. Estas metodologías permiten valorar de forma más auténtica las competencias clínicas, cognitivas y comunicativas del estudiante, y son menos vulnerables al uso indebido de herramientas de IA generativa.

4.- La cuarta etapa contempla el uso de herramientas de detección, tanto de plagio tradicional como de contenido generado por IA (CGAI). Como hemos comentado previamente estas herramientas deben emplearse de manera complementaria y prudente, con el objetivo de identificar similitudes textuales o posibles indicios, pero nunca como único criterio para la toma de decisiones académicas o disciplinarias. Su uso responsable debe estar respaldado por criterios claros, conocimiento de sus limitaciones y un enfoque centrado en la equidad.

5.- La quinta etapa se orienta al feedback y al desarrollo, promoviendo activamente el pensamiento crítico, la reflexión y la autoría responsable. La retroalimentación formativa permite al estudiante comprender sus errores, mejorar sus competencias y asumir la responsabilidad sobre su propio proceso de aprendizaje.

En este punto, la integridad académica se consolida no como una imposición normativa, sino como un valor interiorizado.

Finalmente, el ciclo retorna a su punto de partida mediante la revisión continua de las políticas institucionales, incorporando la experiencia acumulada, los avances tecnológicos y la evidencia emergente. Este carácter cíclico garantiza la adaptabilidad del modelo y refuerza la idea de que la integridad académica en la era de la IA es un proceso vivo, colectivo y en permanente evolución.

En conjunto, este enfoque multidimensional permite preservar la integridad académica en la educación médica, integrando la inteligencia artificial de manera ética, pedagógica y responsable, y preparando a los futuros profesionales para un ejercicio clínico competente y comprometido con los valores fundamentales de la profesión [21].

9.2. Perspectiva de reguladores internacionales

La rápida evolución de la inteligencia artificial en la educación médica ha generado una creciente necesidad de marcos regulatorios claros a nivel internacional. Actualmente, la regulación en este ámbito aún está en sus primeras etapas y a menudo se encuentra fragmentada, con un desarrollo desigual en diferentes países y regiones.

9.2.1 Desafíos Regulatorios Clave

Los principales desafíos que enfrentan los reguladores internacionales incluyen:

- Falta de marcos estandarizados: La ausencia de marcos de implementación estandarizados a nivel global ha resultado en una adopción desigual de la IA en las instituciones educativas [22].
- Rapidez del avance tecnológico: El rápido avance de la tecnología de IA supera con frecuencia el desarrollo de las directrices regulatorias, generando incertidumbre sobre su papel a largo plazo en la formación médica [23].
- Preocupaciones éticas: Aspectos como el sesgo algorítmico, la seguridad de los datos y los riesgos de privacidad del paciente presentan barreras sustanciales para una implementación generalizada y ética de la IA. La cuestión de la responsabilidad legal cuando la IA contribuye a las evaluaciones

de los residentes o las decisiones de atención al paciente aún no se ha resuelto y requiere directrices claras [24].

- Naturaleza dinámica de la IA: La naturaleza dinámica, opaca y adaptativa de la IA, especialmente los modelos de IA generativa, presenta desafíos regulatorios significativos, ya que las regulaciones tradicionales de dispositivos médicos no son adecuadas para estas tecnologías [25].

9.2.2 Iniciativas y Marcos Existentes

A pesar de los desafíos, varias organizaciones y regiones han comenzado a establecer principios y marcos (**Figura 2**)

Figura 2. Panorama de la Regulación Internacional de la IA en la Educación Médica



- Unión Europea: La UE ha establecido regulaciones exhaustivas como el Reglamento General de Protección de Datos para la protección de datos y la privacidad, sentando un precedente para el uso ético de la IA. Además, la UE está desarrollando la Ley de IA, la primera ley integral a nivel mundial para gobernar la IA, que busca asegurar que los sistemas de IA sean seguros, transparentes, rastreables, no discriminatorios y respetuosos con el medio ambiente [26,27].
- UNESCO: La Recomendación de la UNESCO sobre la Ética de la Inteligencia Artificial proporciona un marco global que enfatiza la equidad, la transparencia y la inclusión en las

aplicaciones de IA dentro de la educación, abogando por la alfabetización en IA y la colaboración interdisciplinaria [28].

- IEEE: [Ethically Aligned Design y Estándares Éticos]. Los estándares de Diseño Alineado Éticamente del IEEE y otras normas técnicas resaltan la necesidad de robustos principios de gobernanza, haciendo hincapié en la equidad, la transparencia y la rendición de cuentas en los sistemas de IA [29].
- FUTURE-AI: Existe una guía de consenso internacional, FUTURE-AI, que establece 30 mejores prácticas basadas en seis principios rectores (equidad, universalidad, trazabilidad, usabilidad, robustez y explicabilidad) para la IA confiable y desplegable en la atención médica, abarcando desde el diseño hasta la implementación y monitoreo [30].
- Estados Unidos: En los Estados Unidos, la Ley de Portabilidad y Responsabilidad del Seguro Médico prioriza la protección de la información médica y el respeto a la privacidad del paciente [31].

La clave para el progreso futuro radica en la armonización de los enfoques entre países, fomentando el avance colectivo y elevando los estándares de la educación médica**.**

9.3. La relación docente-estudiante en tiempos de IA

La integración de la inteligencia artificial en la educación médica está remodelando de forma sustancial la dinámica entre docentes y estudiantes, redefiniendo los roles pedagógicos y transformando la experiencia de aprendizaje. La IA tiene el potencial de actuar como una fuerza transformadora que *complementa, pero no sustituye,* el papel esencial de los educadores humanos, especialmente en contextos clínicos complejos donde el juicio, la ética y la empatía son centrales [15,32].

9.3.1. El rol evolutivo del docente

Los educadores médicos ya no son únicamente dispensadores de información; sus roles están evolucionando hacia facilitadores, guías y mentores del aprendizaje. La automatización de tareas docentes mediante IA —como la evaluación formativa, el análisis del progreso del estudiante y la generación de materiales educativos— puede liberar tiempo para que el profesorado se centre en habilidades cognitivas de orden superior, como la

autorregulación del aprendizaje, la creatividad, el razonamiento contextual y el análisis ético, capacidades que las máquinas no pueden replicar plenamente.

- **Facilitadores de aprendizaje personalizado:**

La IA permite diseñar trayectorias de aprendizaje individualizadas y proporcionar retroalimentación adaptativa en tiempo real, ajustándose al ritmo y nivel competencial de cada estudiante [33]. Este enfoque facilita que el docente se concentre en las necesidades específicas del alumnado y en el acompañamiento académico personalizado.

- **Curadores de contenido y evaluadores críticos:** En un entorno donde los sistemas generativos producen grandes volúmenes de información, el rol del docente como mediador crítico se vuelve esencial. Los profesores deben formar a los estudiantes en la evaluación crítica del contenido generado por IA, la identificación de sesgos algorítmicos y la verificación de la fiabilidad de las fuentes [34].
- **Desarrolladores de habilidades no cognitivas:** Las competencias interpersonales, la empatía, la comunicación clínica y el profesionalismo siguen siendo dominios fundamentalmente humanos. La literatura destaca que el profesorado debe reforzar activamente estas habilidades, ya que la IA, pese a sus avances, no puede reproducir la dimensión relacional del cuidado médico [35].
- **Nuevos desafíos:**

Algunos educadores clínicos perciben que la introducción de sistemas de IA redefine de manera profunda su rol tradicional, especialmente cuando estas tecnologías asumen funciones como la retroalimentación inmediata o la detección de lagunas de aprendizaje. Estas percepciones pueden generar tensiones relacionadas con la autonomía docente, la autoridad académica y el valor social de la profesión médica, así como preocupaciones sobre un posible impacto indirecto en la relación médico-paciente [36].

9.3.2 El Estudiante en la Era de la IA

Los estudiantes de medicina muestran una elevada motivación por aprender sobre inteligencia artificial y perciben estas tecnologías como herramientas poderosas tanto para su formación

como para su futura práctica clínica. Sin embargo, diversos estudios coinciden en que la mayoría de los estudiantes carecen de una formación formal estructurada en IA, lo que genera una brecha entre el interés percibido y la preparación real para su uso crítico y seguro en contextos clínicos [37,38].

- **Aprendizaje personalizado y eficiente:**

La IA permite ofrecer experiencias de aprendizaje más eficientes y adaptativas mediante sistemas de tutoría inteligente, plataformas de aprendizaje adaptativo y simulaciones clínicas avanzadas .Los estudiantes consideran que estas herramientas facilitan la comprensión de conceptos médicos complejos y la obtención de respuestas rápidas y contextualizadas, percibiendo progresivamente algunos métodos tradicionales como menos eficientes para sus necesidades formativas actuales.

- **Desarrollo de habilidades clínicas:**

Los pacientes virtuales basados en IA, los simuladores clínicos y los chatbots conversacionales permiten a los estudiantes practicar la anamnesis, el razonamiento diagnóstico y la planificación terapéutica en entornos controlados y seguros. Estas herramientas favorecen el refinamiento progresivo del razonamiento clínico sin riesgo para pacientes reales, complementando la enseñanza clínica tradicional [39].

- **Alfabetización en IA:**

Más allá del uso instrumental, los estudiantes, como hemos comentado previamente, deben adquirir competencias en alfabetización en IA, incluyendo la comprensión de los principios básicos de funcionamiento de los algoritmos, la identificación de errores y sesgos, y el reconocimiento de las limitaciones técnicas y éticas de estas tecnologías. Esta alfabetización resulta esencial para un uso responsable y profesional de la IA en la práctica médica futura [40].

- **Preocupaciones:**

A pesar del entusiasmo generalizado, los estudiantes expresan preocupaciones relacionadas con el impacto potencial de la IA en la disponibilidad de empleo médico, la posible deshumanización de la atención sanitaria y el efecto de estas tecnologías sobre la confianza social en la profesión médica Estas inquietudes subrayan la necesidad de integrar la IA en los planes de estudio desde una perspectiva crítica, ética y centrada en la persona [41].

9.3.3 Redefiniendo la Interacción Docente-Estudiante

La IA impulsa un cambio de un modelo educativo centrado en el docente a uno centrado en el estudiante, donde la interacción se vuelve más colaborativa y guiada (**Figura 3**). La tecnología facilita una mayor interacción estudiante-contenido, permitiendo al docente enfocarse en interacciones de mayor valor agregado, como la discusión de casos complejos, la ética médica y el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico.

Figura 3. Evolución de la Relación docente – estudiante en la era IRA



En la **Tabla 4** pueden observarse los diferentes roles de la enseñanza tradicional y en la ERA IA. Se comparan los principales roles de la enseñanza tradicional con su evolución en la era de la inteligencia artificial, mostrando un cambio estructural en la relación docente-estudiante. *El docente deja de ser el diseminador principal de conocimientos* para asumir funciones más complejas como facilitador, mentor, curador crítico de contenidos y diseñador de experiencias de aprendizaje apoyadas en IA, con un mayor énfasis en el desarrollo de habilidades cognitivas de orden superior, la reflexión ética y el acompañamiento personalizado.

De forma paralela, el estudiante evoluciona desde un rol predominantemente pasivo y centrado en la memorización hacia una participación como explorador del conocimiento, usuario crítico de herramientas de IA y co-creador de aprendizajes, lo que

incrementa su autonomía y refuerza el pensamiento crítico y la capacidad de resolución de problemas.

Asimismo, los sistemas de evaluación se diversifican, superando los exámenes memorísticos para incorporar métodos orales, prácticos y basados en proyectos, apoyados por herramientas de IA para la retroalimentación y el análisis del rendimiento, favoreciendo una evaluación más formativa y adaptativa. Finalmente, la interacción educativa pasa de un modelo unidireccional a uno colaborativo y bidireccional, donde la IA actúa como herramienta de apoyo, facilitando un diálogo más profundo sobre la aplicación clínica, la ética y el desarrollo profesional.

Tabla 4. Transformación de los roles docentes y del aprendizaje en la era de la inteligencia artificial

Rol	Tradicional	En la era de la IA	Impacto en la relación
Docente	Diseminador principal de conocimientos.	Facilitador, mentor, creador de contenido, diseñador de experiencias de aprendizaje, evaluador crítico de IA.	Mayor enfoque en desarrollo de habilidades de orden superior, asesoramiento ético y personalizado.
Estudiante	Receptor pasivo de información, memorización.	Aprendiz activo, explorador, usuario crítico de herramientas de IA, co-creador de conocimiento.	Mayor autonomía, aprendizaje personalizado, enfoque en pensamiento crítico y resolución de problemas.
Evaluación	Exámenes escritos y memorísticos.	Evaluaciones diversificadas (orales, prácticas, basadas en proyectos), uso de IA para feedback y análisis de rendimiento.	Evaluación más formativa y adaptativa, menos susceptible a plagio basado en IA.
Interacción	Principalmente unidireccional (clase magistral).	Colaborativa, guiada, bidireccional, con IA como herramienta de apoyo.	Diálogo más profundo sobre ética, aplicación clínica y desarrollo profesional.

Referencias

1. Lin JC, Sabet CA, Chang C, Scott IU. Artificial Intelligence in Medical Education Assessments: Navigating the Challenges to Academic Integrity. Med Sci Educ. 2024 Sep 24;35(1):509-512
2. Boscardin CK, Gin B, Golde PB, Hauer KE. ChatGPT and Generative Artificial Intelligence for Medical Education: Potential Impact and Opportunity. Acad Med. 2024 Jan 1;99(1):22-27
3. Popkov AA, Barrett TS. AI vs academia: Experimental study on AI text detectors' accuracy in behavioral health academic writing. Account Res. 2025 Oct;32(7):1072-1088
4. Erol G, Ergen A, Gülşen Erol B, Kaya Ergen Ş, Bora TS, Çölgeçen AD, Araz B, Şahin C, Bostancı G, Kılıç İ, Macit ZB, Sevgi UT, Güngör A. Can we trust academic AI detective? Accuracy and limitations of AI-output detectors. Acta Neurochir (Wien). 2025 Aug 7;167(1):214.
5. Aljamaan F, Temsah MH, Altamimi I, Al-Eyadhy A, Jamal A, Alhasan K, Mesallam TA, Farahat M, Malki KH. Reference Hallucination Score for Medical Artificial Intelligence Chatbots: Development and Usability Study. JMIR Med Inform. 2024 Jul 31;12:e54345
6. Tian J, Zhang R. Learners' AI dependence and critical thinking: The psychological mechanism of fatigue and the social buffering role of AI literacy. Acta Psychol (Amst). 2025 Oct;260:105725.
7. Perkins M, Roe J. Academic publisher guidelines on AI usage: A ChatGPT supported thematic analysis. F1000Res. 2024 Jan 16;12:1398.
8. Hosseini M, Resnik DB. Guidance needed for using artificial intelligence to screen journal submissions for misconduct. Res Ethics. 2025 Jan;21(1):1-8
9. Saroha S. Artificial Intelligence in Medical Education: Promise, Pitfalls, and Practical Pathways. Adv Med Educ Pract. 2025 Jun 14;16:1039-1046
10. King JS, Topol EJ. A strategy for integrating artificial intelligence into medical education to improve diagnostic accuracy. *JAMA.* 2024;331(4):319–20.

11. Chan KS, Zary N. Applications and challenges of artificial intelligence in medical education: integrative review. *BMJ Open.* 2021;11(8):e053575.

12. Miller DD, Brown EW. Artificial intelligence in medical education: best practices for curriculum development. *Acad Med.* 2024;99(3):310–316.

13. Wartman SA, Combs CD. Educating health professionals in the era of artificial intelligence: a call for action. *Acad Med.* 2023;98(4):501–505.

14. Liu X, Rivera SC, Moher D, Calvert MJ, Denniston AK. Reporting guidelines for studies assessing artificial intelligence in medical education: a systematic review. *BMJ.* 2024;376:e068260

15. Masters K. Artificial intelligence in medical education. Med Teach. 2019 Sep;41(9):976-980

16. Kung TH, Cheatham M, Medenilla A, Sillos C, De Leon L, Elepaño C, Madriaga M, Aggabao R, Diaz-Candido G, Maningo J, Tseng V. Performance of ChatGPT on USMLE: Potential for AI-assisted medical education using large language models. PLOS Digit Health. 2023 Feb 9;2(2): e0000198

17. Eva KW, Regehr G. Self-assessment in the health professions: a reformulation and research agenda. Acad Med. 2005 Oct;80(10 Suppl):S46-54.

18. Harden RM, Gleeson FA. Assessment of clinical competence using an objective structured clinical examination (OSCE). Med Educ. 1979 Jan;13(1):41-54

19. Gao CA, Howard FM, Markov NS, Dyer EC, Ramesh S, Luo Y, Pearson AT. Comparing scientific abstracts generated by ChatGPT to real abstracts with detectors and blinded human reviewers. NPJ Digit Med. 2023 Apr 26;6(1):75.

20. Tian J, Zhang R. Learners' AI dependence and critical thinking: The psychological mechanism of fatigue and the social buffering role of AI literacy. Acta Psychol (Amst). 2025 Oct;260:105725.

21. Newton PM, Jones S. Education and Training Assessment and Artificial Intelligence. A Pragmatic Guide for Educators. Br J Biomed Sci. 2025 Feb 5;81:14049.

22. Palaniappan K, Lin EYT, Vogel S, Lim JCW. Gaps in the Global Regulatory Frameworks for the Use of Artificial

Intelligence (AI) in the Healthcare Services Sector and Key Recommendations. Healthcare (Basel). 2024 Aug 30;12(17):1730.

23. Ardic N, Dinc R. Artificial Intelligence in Healthcare: Current Regulatory Landscape and Future Directions. Br J Hosp Med (Lond). 2025 Aug 25;86(8):1-21.

24. Pham T. Ethical and legal considerations in healthcare AI: innovation and policy for safe and fair use. R Soc Open Sci. 2025 May 14;12(5):241873

25. Warraich HJ, Tazbaz T, Califf RM. FDA Perspective on the Regulation of Artificial Intelligence in Health Care and Biomedicine. JAMA. 2025 Jan 21;333(3):241-247.

26. European Union. *Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data (GDPR)*. Off J Eur Union. 2016;L119:1–88.

27. Meszaros J, Minari J, Huys I. The future regulation of artificial intelligence systems in healthcare services and medical research in the European Union. Front Genet. 2022 Oct 4;13:927721.

28. UNESCO. *Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence*. UNESCO; 2021.

29. IEEE Standards Association. *IEEE 7000™ – Model Process for Addressing Ethical Concerns During System Design*. IEEE; 2021.

30. Lekadir K, Frangi AF, Porras AR, et al FUTURE-AI Consortium. FUTURE-AI: international consensus guideline for trustworthy and deployable artificial intelligence in healthcare. BMJ. 2025 Feb 5;388:e081554. doi: 1

31. Safavi KC, Wright A, Sittig DF. The role of HIPAA in protecting patient privacy and promoting data security in the United States. *JAMA*. 2019;321(6):529–530

32. Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. Nat Med. 2019 Jan;25(1):44-56.

33. Chan KS, Zary N. Applications and Challenges of Implementing Artificial Intelligence in Medical Education: Integrative Review. JMIR Med Educ. 2019 Jun 15;5(1):e13930.

34. Neri E, Coppola F, Miele V, Bibbolino C, Grassi R. Artificial intelligence: Who is responsible for the diagnosis? Radiol Med. 2020 Jun;125(6):517-521

35. Topol, Wartman SA, Combs CD. Medical Education Must Move from the Information Age to the Age of Artificial Intelligence. Acad Med. 2018 Aug;93(8):1107-1109.

36. Chan,Itani A, Gronseth SL, Musaad S, Nguyen T, Mirabile Y, Beech BM. Ethical considerations for teaching with artificial intelligence: a scoping review in medical education settings. Int J Educ Technol High Educ. 2025;22(1):68

37. Sit C, Srinivasan R, Amlani A, Muthuswamy K, Azam A, Monzon L, Poon DS. Attitudes and perceptions of UK medical students towards artificial intelligence and radiology: a multicentre survey. Insights Imaging. 2020 Feb 5;11(1):14.

38. Pinto Dos Santos D, Giese D, Brodehl S, Chon SH, Staab W, Kleinert R, Maintz D, Baeßler B. Medical students' attitude towards artificial intelligence: a multicentre survey. Eur Radiol. 2019 Apr;29(4):1640-1646.

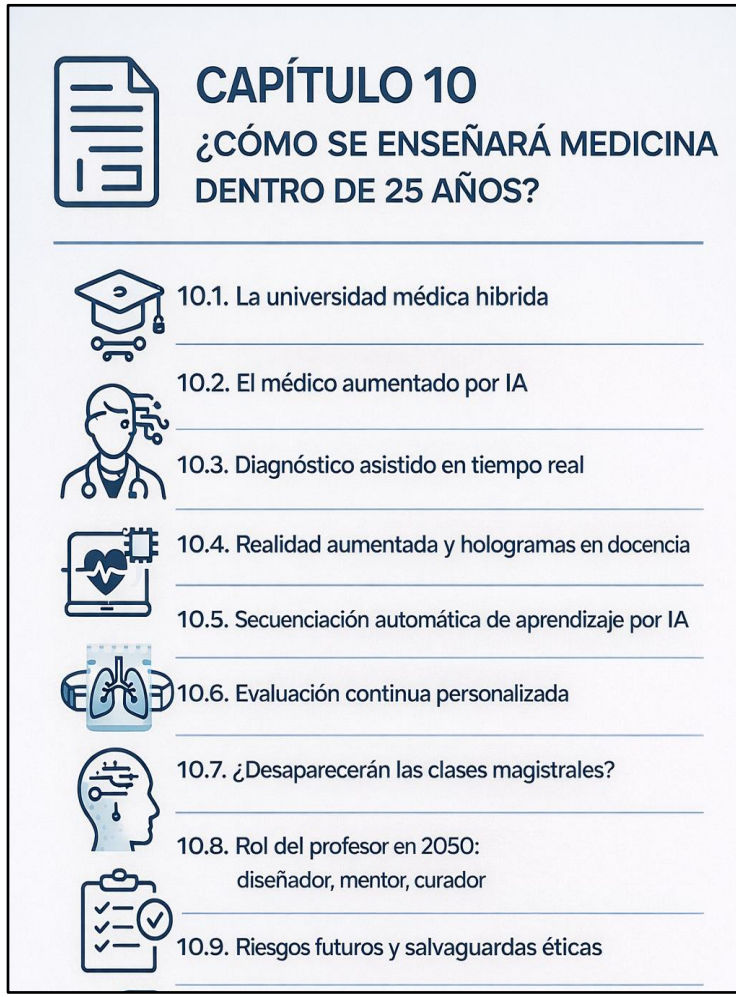
39. Kononowicz AA, Woodham LA, Edelbring S, Stathakarou N, Davies D, Saxena N, Tudor Car L, Carlstedt-Duke J, Car J, Zary N. Virtual Patient Simulations in Health Professions Education: Systematic Review and Meta-Analysis by the Digital Health Education Collaboration. J Med Internet Res. 2019 Jul 2;21(7):e14676

40. Salimi M, Gunansyah G, Riyadi AR. Understanding AI Training Needs in Medical Education: An Alternative Perspective. J Med Educ Curric Dev. 2025 Oct 16;12:23821205251389393

41. McCoy LG, Nagaraj S, Morgado F, Harish V, Das S, Celi LA. What do medical students actually need to know about artificial intelligence? NPJ Digit Med. 2020 Jun 19;3:86.

10.

¿CÓMO SE ENSEÑARÁ MEDICINA DENTRO DE 25 AÑOS?



La medicina del futuro, impulsada por la rápida evolución tecnológica y la inteligencia artificial, exigirá una transformación fundamental en la educación médica. Se prevé que la integración

de la IA no solo optimizará los métodos de enseñanza y aprendizaje, sino que también redefinirá el papel del médico y la dinámica en el aula. Estas adaptaciones son cruciales para preparar a los futuros profesionales de la salud para un sistema sanitario cada vez más complejo y tecnológicamente avanzado.

10.1. La universidad médica híbrida

La Universidad médica del futuro probablemente adoptará un modelo híbrido, integrando el aprendizaje presencial que ahora realizamos en su mayoría, con entornos virtuales y herramientas digitales avanzadas [1]. Este enfoque permitirá una mayor flexibilidad y accesibilidad, resolviendo muchas de las limitaciones geográficas y temporales del modelo tradicional. La educación híbrida en medicina utilizará plataformas en línea para módulos teóricos, simulaciones virtuales y el acceso a bases de datos médicas, complementándose con experiencias clínicas prácticas y mentorías en persona. Este modelo busca optimizar la adquisición de conocimientos y habilidades clínicas, permitiendo a los estudiantes aprender a su propio ritmo y revisar materiales complejos repetidamente [2].

En las siguientes figuras 1,2 se reflejan la posible evolución del modelo educativo médico **(Figura 1)** y la tendencia conceptual en los próximos 25 años **(Figura 2)**.

Figura 1. posible evolución del modelo educativo médico

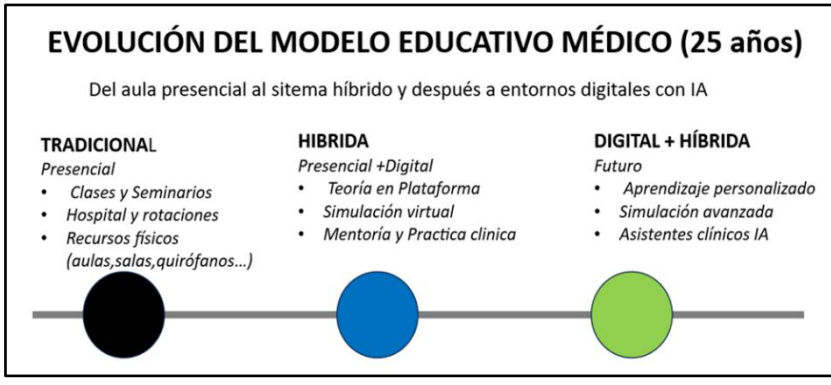
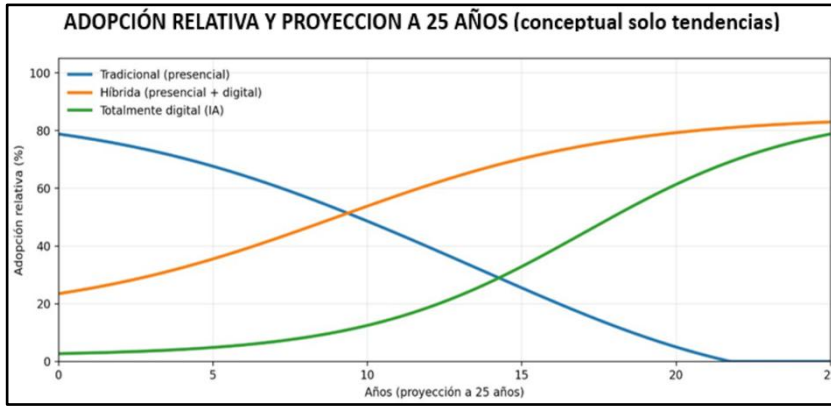


Figura 2. tendencia conceptual en los próximos 25 años



10.2. El médico aumentado por IA

En 25 años, el concepto del "médico aumentado por IA" será una realidad. Los profesionales de la salud no serán reemplazados por la IA, sino que trabajarán en colaboración con ella, utilizando sus capacidades para mejorar el diagnóstico, la toma de decisiones clínicas y la eficiencia operativa [3]. Los futuros médicos deberán dominar no solo la medicina clínica, sino también las habilidades necesarias para interactuar eficazmente con sistemas de IA, interpretar sus resultados y comprender sus limitaciones. La educación médica se adaptará para incluir la formación en informática médica, ética de la IA y el manejo de herramientas inteligentes, preparando a los estudiantes para ser socios competentes de la tecnología [4,5].

10.3. Diagnóstico asistido en tiempo real

El diagnóstico asistido por IA en tiempo real transformará la práctica clínica y la enseñanza médica. Los sistemas de IA podrán analizar rápidamente grandes volúmenes de datos de pacientes (historial médico, imágenes, resultados de laboratorio) para identificar patrones, sugerir diagnósticos diferenciales y predecir resultados con una precisión que supera la capacidad humana en muchos casos [6,7]. Respecto a la educación que es el tema que nos ocupamos en este capítulo, esto significará que los estudiantes

aprenderán a utilizar estas herramientas como apoyo para el razonamiento clínico, validando las sugerencias de la IA con su propio conocimiento y juicio crítico. El uso de plataformas de inteligencia artificial para la interpretación de imágenes radiológicas, que son la mayoría de las aprobadas hasta hoy por la FDA [8], permite a los sistemas analizar grandes volúmenes de datos de pacientes (TC, RM, radiografías) para detectar patrones, sugerir diagnósticos diferenciales y mejorar la eficiencia diagnóstica en tiempo real, apoyando, pero no reemplazando la decisión clínica humana [9]. Asimismo, plataformas IA para la detección temprana de enfermedades y la personalización de tratamientos ayudarán al diagnóstico y formación del médico [10].

En la **Tabla** 1 pueden observarse algunas aplicaciones de IA en el diagnóstico médico.

Tabla 1. Algunas aplicaciones de IA en el Diagnóstico Médico.

Especialidad Médica	Ejemplos de Aplicaciones de IA	Beneficios Educativos y Clínicos
Radiología	Detección de lesiones en imágenes (tumores, fracturas)	Mejora la precisión diagnóstica, aprendizaje de patrones complejos
Dermatología	Identificación de lesiones cutáneas (melanomas)	Apoya el cribado, acelera el proceso de diagnóstico
Cardiología	Análisis de electrocardiogramas, detección de arritmias	Diagnóstico precoz, personalización del tratamiento
Patología	Análisis de histopatología, clasificación de tejidos	Reduce errores humanos, optimiza el flujo de trabajo

10.4. Realidad aumentada (RA) y hologramas en docencia



La realidad aumentada y los hologramas se convertirán en herramientas pedagógicas estándar en la educación médica. Estas tecnologías permitirán a los estudiantes visualizar anatomía en 3D, simular cirugías complejas y practicar procedimientos en entornos virtuales seguros y realistas [11]. Los hologramas pueden proyectar modelos anatómicos detallados, permitiendo a los estudiantes manipularlos y explorarlos desde cualquier ángulo, o incluso recrear escenarios clínicos para la práctica de habilidades de comunicación y diagnóstico. La Realidad Aumentada (RA), superponiendo información digital al mundo real, enriquecerá las experiencias de aprendizaje en el laboratorio de anatomía o en el quirófano, proporcionando datos adicionales o guías visuales durante los procedimientos [12,13].

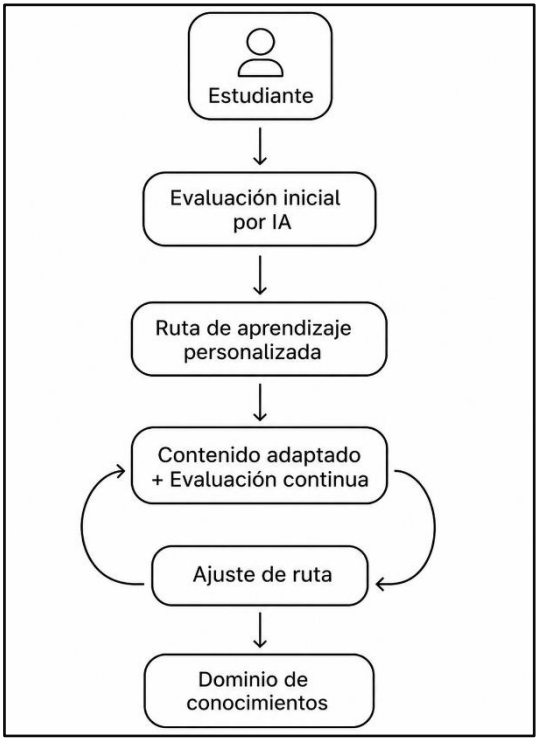
10.5. Secuenciación automática del aprendizaje mediante IA

La inteligencia artificial permitirá organizar el aprendizaje de forma automática y personalizada. Estos sistemas analizarán el rendimiento y las características de cada estudiante para adaptar el contenido y el ritmo de estudio en tiempo real. De este modo, los materiales, las actividades y las evaluaciones se ajustarán a las necesidades individuales, facilitando un aprendizaje más eficaz.

La IA podrá detectar dificultades concretas, sugerir recursos adicionales y proponer itinerarios de aprendizaje adecuados, asegurando que los estudiantes comprendan bien los conceptos antes de avanzar. Este enfoque adaptativo ayuda a superar las limitaciones de los currículos rígidos y favorece un aprendizaje más profundo y significativo, tanto para estudiantes como para docentes [14]. Este enfoque adaptativo promete superar las limitaciones de los currículos estandarizados, fomentando un aprendizaje más profundo y significativo.

El diagrama de flujo **(Figura 3)** representa el funcionamiento básico de un sistema de aprendizaje adaptativo basado en inteligencia artificial. El proceso se desarrolla de la siguiente manera:

Figura 3. sistema de aprendizaje adaptativo basado en IA



1. Estudiante

El proceso comienza con el estudiante, que accede al sistema de aprendizaje.

2. Evaluación inicial por IA

La inteligencia artificial realiza una evaluación diagnóstica inicial para identificar el nivel de conocimientos, habilidades previas y posibles carencias del estudiante.

3. Ruta de aprendizaje personalizada

A partir de los resultados de la evaluación, la IA diseña una ruta de aprendizaje individualizada, ajustada al nivel y ritmo del estudiante.

4. Contenido adaptado y evaluación continua

El estudiante recibe contenidos, actividades y evaluaciones adaptadas a su progreso. La IA monitoriza de forma continua el rendimiento y la comprensión de los conceptos.

5. Ajuste dinámico de la ruta de aprendizaje (bucle)

En función de los resultados obtenidos, el sistema ajusta la ruta de aprendizaje: refuerza contenidos, propone nuevos recursos o modifica el ritmo. Este paso se repite de forma cíclica.

6. Dominio de conocimientos

El proceso finaliza cuando el estudiante alcanza un dominio adecuado de los contenidos, garantizando una comprensión sólida antes de avanzar a nuevos temas.

10.6. Evaluación formativa continua y personalizada

La evaluación en la educación médica evolucionará hacia un modelo continuo y altamente personalizado gracias a la IA. Lejos de los exámenes tradicionales puntuales, la IA permitirá monitorizar el progreso del estudiante de forma constante, evaluando no solo el conocimiento, sino también las habilidades clínicas, el razonamiento y las competencias profesionales a lo largo del tiempo. Los sistemas de IA podrán analizar simulaciones, interacciones con pacientes virtuales y registros de rendimiento para proporcionar retroalimentación inmediata y específica, identificando áreas de mejora y personalizando futuros desafíos. Esta evaluación formativa constante permitirá intervenciones tempranas y un desarrollo de competencias más robusto y adaptado a las necesidades individuales del estudiante [2,15].

10.7. ¿Desaparecerán las clases magistrales?

Es poco probable que las clases magistrales desaparezcan por completo, pero sí cambiarán mucho en cómo y para qué se utilizan. En vez de ser la principal vía para transmitir información, las clases presenciales se transformarán en espacios interactivos para debatir, resolver problemas complejos y fomentar el pensamiento crítico. Los conocimientos básicos y los conceptos fundamentales se podrán adquirir mediante recursos en línea, módulos de IA y actividades previas a clase, lo que libera el tiempo en el aula para aplicar ese conocimiento, discutir casos clínicos y trabajar de forma colaborativa con profesores y compañeros. Este enfoque no solo respalda un aprendizaje más activo y significativo, sino que también aprovecha mejor el tiempo de interacción presencial, centrado en actividades de alto valor educativo.

La evidencia en educación médica muestra que modelos que ya hemos comentado en el capítulo 4 como el aula invertida (*flipped classroom*) están asociados a mejores resultados en el rendimiento y mayor satisfacción de los estudiantes en comparación con las clases tradicionales, al tiempo que facilitan el desarrollo de habilidades críticas y colaborativas en entornos clínicos y académico [16,17].

10.8. Enseñanza de la medicina en 2050: del profesor transmisor al profesor mentor, una nueva docencia médica

El papel del profesor de medicina en 2050 será muy distinto al de hoy. Lejos de ser únicamente quien transmite contenidos, el docente se convertirá en un diseñador de experiencias de aprendizaje, un mentor que acompaña al estudiante y un orientadors de recursos educativos de calidad. En un entorno potenciado por la inteligencia artificial, los profesores se dedicarán a diseñar entornos de aprendizaje enriquecidos, planificar currículos adaptativos y crear escenarios clínicos simulados que complementen las herramientas automatizadas. Su principal función será guiar a los estudiantes en su trayectoria personalizada, promoviendo el pensamiento crítico, la ética profesional y la resolución de problemas complejos que ningún sistema automatizado puede sustituir completamente.

Además, actuarán como filtros y guías de la información, seleccionando y contextualizando los recursos más relevantes y fiables, y facilitando una integración responsable y efectiva de la tecnología en la formación médica. Esta transformación reafirma la importancia de la supervisión humana en un marco educativo cada vez más digitalizado y colaborativo [18,19].

10.9. Riesgos futuros y salvaguardas éticas

La transformación de la educación médica por la IA no está exenta de riesgos (**Tabla 2)**. Será fundamental abordar las preocupaciones éticas relacionadas con la privacidad de los datos de los estudiantes, el posible sesgo algorítmico en las evaluaciones y las recomendaciones, y el riesgo de una excesiva dependencia de la tecnología que pueda mermar las habilidades de razonamiento clínico humano. Se requerirán marcos éticos y regulatorios robustos para asegurar un uso responsable de la IA, así como una formación continua para profesores y estudiantes sobre los principios de la IA ética. La necesidad de mantener la empatía, el juicio humano y la relación médico-paciente como pilares de la práctica médica será una salvaguarda ética primordial frente a la creciente automatización.

Tabla 2. Riesgos y Salvaguardas Éticas de la IA en Educación Médica

Riesgo Potencial	Descripción	Salvaguarda Ética y Educativa
Sesgo Algorítmico	Algoritmos que reproducen o amplifican sesgos existentes en los datos de entrenamiento (ej., raciales, de género).	Desarrollo de IA con conjuntos de datos diversos, revisión humana de resultados y formación en detección de sesgos.
Privacidad de Datos	Recopilación y uso de datos sensibles de estudiantes para personalización del aprendizaje y evaluación.	Regulaciones estrictas de protección de datos (GDPR, HIPAA), consentimiento informado y anonimización .
Dependencia Excesiva	Disminución del razonamiento crítico y la toma de decisiones sin asistencia de IA.	Énfasis pedagógico en juicio humano, escenarios formativos sin IA y pensamiento crítico.
Brecha Digital	Desigualdad en el acceso y competencia en herramientas de IA.	Acceso equitativo, alfabetización digital y formación continua.
Deshumanización	Reducción del componente humano y empático en la relación médico-paciente.	Currículos que refuercen comunicación, empatía, ética y role-playing clínico.

Referencias

1. Camarata T, Spizzieri A, Kulkarni A. Undergraduate medical education amidst volatility, uncertainty, complexity, ambiguity. Front Med (Lausanne). 2025 Oct 28;12:1666718
2. Ahsan Z. Integrating artificial intelligence into medical education: a narrative systematic review of current applications, challenges, and future directions. BMC Med Educ. 2025 Aug 23;25(1):1187.
3. Patel M. Changes to postgraduate medical education in the 21st century. Clin Med (Lond). 2016 Aug;16(4):311-4.

4. Ning Y, Ong JCL, Cheng H, Wang H, Ting DSW, Tham YC, Wong TY, Liu N. How can artificial intelligence transform the training of medical students and physicians? Lancet Digit Health. 2025 Oct;7(10):100900.

5. Chávez-Martínez O, Ragacini LA. Educación médica e inteligencia artificial: perspectivas y desafíos éticos [Medical education and artificial intelligence: perspectives and ethical challenges]. Rev Med Inst Mex Seguro Soc. 2025 Aug 14;63(5):e6736.

6. Aravazhi PS, Gunasekaran P, Benjamin NZY, Thai A, Chandrasekar KK, Kolanu ND, Prajjwal P, Tekuru Y, Brito LV, Inban P. The integration of artificial intelligence into clinical medicine: Trends, challenges, and future directions. Dis Mon. 2025 Jun;71(6):101882.

7. Shan G, Chen X, Wang C, Liu L, Gu Y, Jiang H, Shi T. Comparing Diagnostic Accuracy of Clinical Professionals and Large Language Models: Systematic Review and Meta-Analysis. JMIR Med Inform. 2025 Apr 25;13:e64963

8. Sivakumar R, Lue B, Kundu S. FDA Approval of Artificial Intelligence and Machine Learning Devices in Radiology: A Systematic Review. JAMA Netw Open. 2025 Nov 3;8(11):e2542338.

9. Obuchowicz R, Lasek J, Wodziński M, Piórkowski A, Strzelecki M, Nurzynska K. Artificial Intelligence-Empowered Radiology-Current Status and Critical Review. Diagnostics (Basel). 2025 Jan 24;15(3):282.

10. Rincón EHH, Jimenez D, Aguilar LAC, Flórez JMP, Tapia ÁER, Peñuela CLJ. Mapping the use of artificial intelligence in medical education: a scoping review. BMC Med Educ. 2025 Apr 12;25(1):526.

11. Tene T, Vique López DF, Valverde Aguirre PE, Orna Puente LM, Vacacela Gomez C. Virtual reality and augmented reality in medical education: an umbrella review. Front Digit Health. 2024 Mar 14;6:1365345.

12. Mondal H, Mondal S. Adopting augmented reality and virtual reality in medical education in resource-limited settings: constraints and the way forward. Adv Physiol Educ. 2025 Jun 1;49(2):503-507

13. Suresh D, Aydin A, James S, Ahmed K, Dasgupta P. The Role of Augmented Reality in Surgical Training: A Systematic Review. Surg Innov. 2023 Jun;30(3):366-382.

14. Varga Z, Pótó Z, Czopf L, Füzesi Z. Do we need special pedagogy in medical schools? - Attitudes of teachers and students in Hungary: a cross-sectional study. BMC Med Educ. 2020 Nov 26;20(1):472.

15. Krumsvik RJ. GPT-4's capabilities for formative and summative assessments in Norwegian medicine exams-an intrinsic case study in the early phase of intervention. Front Med (Lausanne). 2025 Apr 10;12:1441747

16. Spaic D, Bukumiric Z, Rajovic N, Markovic K, Milin-Lazovic J, Grubor N, et al. *The flipped classroom in medical education: systematic review and meta-analysis*. J Med Internet Res. 2025;27:e60757. PMID: 40803672.

17. Mishall PL. *The application of flipped classroom strategies in medical education: theory and evidence-based insights*. Med Educ. 2024;48(3):123-9.

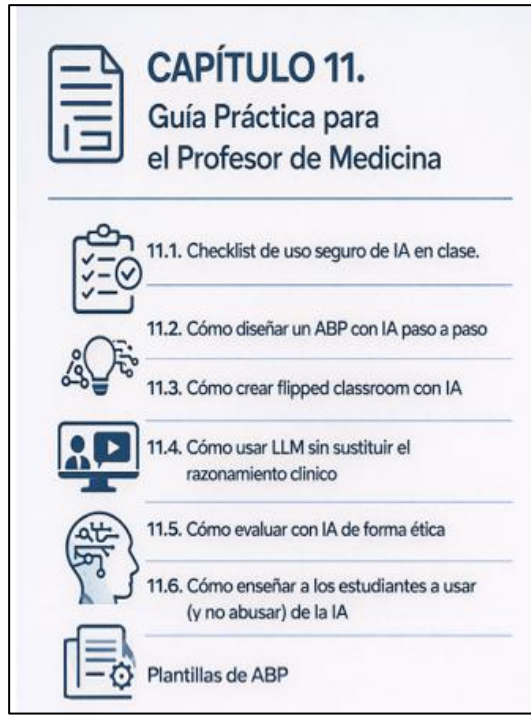
18. Mehta N, Mehta S, Rubenstein A, Wood SK. Not Replaced, but Reinvented: AI Education Pathways to Prepare Future Physicians to Lead Healthcare Transformation. Perspect Med Educ. 2025 Nov 21;14(1):849-859

19. Ali M. The Role of AI in Reshaping Medical Education: Opportunities and Challenges. Clin Teach. 2025 Apr;22(2):e70040

20. Turner L, Hashimoto DA, Vasisht S, Schaye V. Demystifying AI: Current State and Future Role in Medical Education Assessment. Acad Med. 2024 Apr 1;99(4S Suppl 1):S42-S47.

11.

GUÍA PRÁCTICA PARA EL PROFESOR DE MEDICINA



Como hemos venido comentando a lo largo de los capítulos anteriores, la integración de la inteligencia artificial en la educación médica presenta tanto oportunidades transformadoras como desafíos significativos. Para los profesores de medicina, comprender cómo implementar la IA de manera efectiva, ética y segura es crucial para preparar a la próxima generación de profesionales de la salud. Vamos a proporcionar guías y herramientas para avanzar en este nuevo camino, asegurando que la tecnología potencie el aprendizaje sin comprometer la integridad académica ni el desarrollo del razonamiento clínico.

11.1. Checklist de uso seguro de IA en clase.

Para garantizar un uso seguro y ético de la inteligencia artificial en el aula, especialmente en medicina, los profesores deben contar con una lista de verificación práctica y comprensible, que combine principios éticos básicos con acciones concretas para enseñar y supervisar el uso de IA **(Tabla 1).**

Tabla 1. Lista de verificación para un uso seguro de IA en el aula de medicina

Aspecto	Descripción	Verificación
Transparencia y políticas	Tener normas claras sobre el uso aceptable de IA y compartirlas con toda la clase.	¿Todos los estudiantes conocen las reglas sobre IA?
Verificación de contenido	Enseñar a evaluar críticamente la información generada por IA y buscar fuentes primarias.	¿Se enfatiza la verificación de datos y el uso de fuentes confiables?
Privacidad de datos	Sensibilizar sobre el manejo seguro de datos sensibles al usar IA.	¿Se discute la privacidad y el riesgo de fuga de información?
Identificación de sesgos	Formar en la detección de sesgos en resultados de IA.	¿Se instruye sobre los sesgos algorítmicos y cómo mitigarlos?
Desarrollo de habilidades	Fomentar que la IA apoye, pero no sustituya, el pensamiento crítico.	¿Se promueve el pensamiento crítico y la toma de decisiones humana?
Citación y atribución	Enseñar cómo y cuándo citar la asistencia de IA.	¿Los estudiantes saben cómo documentar el uso de IA en sus trabajos?

Es fundamental que los profesores ayuden a los estudiantes a diferenciar entre información generada por IA y pensamiento

original, y que les enseñen a verificar toda la información producida por herramientas de IA con fuentes confiables. Además, hay que establecer políticas claras sobre el uso de IA en trabajos y exámenes, y fomentar que los estudiantes sean transparentes sobre cuándo y cómo utilizan estas herramientas. La protección de la privacidad de los datos es especialmente crítica cuando se maneja información sensible de pacientes o estudiantes. Finalmente, los docentes deben guiar a los alumnos para que desarrollen competencias en alfabetización de IA, de modo que puedan identificar sesgos y comprender las limitaciones inherentes a los modelos de IA.

Esto está en línea con las recomendaciones que surgen de la investigación en educación médica y ética de la IA, que subrayan la importancia de integrar consideraciones éticas como autonomía, beneficencia, no maleficencia, justicia y transparencia en los programas educativos donde se usa IA [1].

11.2. Cómo diseñar un ABP con IA paso a paso

El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) puede enriquecerse significativamente con la IA, pero su diseño requiere una planificación cuidadosa. Aquí se presenta una guía paso a paso **(Figura 1).**

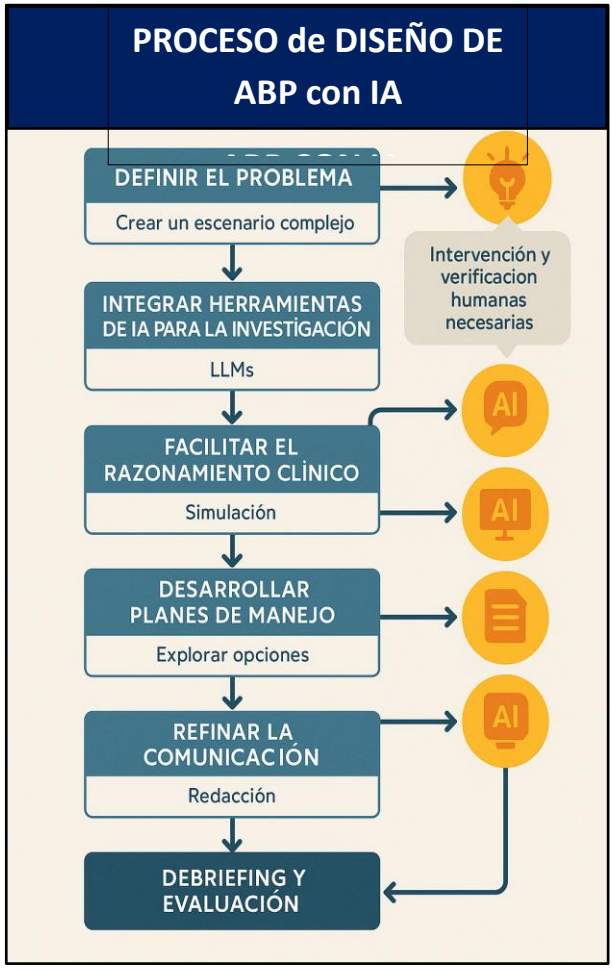
1. **Definir el problema:** Crear escenarios clínicos realistas y complejos que requieran investigación, análisis y toma de decisiones. La IA puede ayudar a generar variaciones de casos o complejizar los existentes.

2. **Integrar herramientas de IA para la investigación:** Los estudiantes pueden usar LLMs para generar ideas iniciales, resumir literatura relevante o identificar posibles diagnósticos diferenciales, siempre bajo la supervisión humana y la necesidad de verificación.

3. **Facilitar el razonamiento clínico:** La IA puede actuar como un "paciente virtual" con el que los estudiantes interactúan, respondiendo preguntas sobre síntomas o pruebas, o como un "asistente de diagnóstico" que sugiere consideraciones. Sin

embargo, el análisis y la síntesis final deben ser realizados por el estudiante, justificando cada paso de su razonamiento.

Figura 1. ABP con IA



4. **Desarrollar planes de manejo:** Los estudiantes pueden utilizar la IA para explorar opciones de tratamiento o estrategias de comunicación con el paciente, evaluando la evidencia detrás de cada recomendación.

5. **Refinar la comunicación:** La IA puede ayudar a los estudiantes a redactar informes de casos o planes de tratamiento,

mejorando la claridad y la precisión del lenguaje médico.

6. **Debriefing y evaluación:** Durante el debriefing, los profesores deben guiar la discusión sobre cómo la IA ayudó (o dificultó) el proceso, y cómo se verificó y se integró la información generada por la IA en el razonamiento clínico final. La IA también puede ofrecer retroalimentación automatizada sobre el progreso del estudiante.

Al final de este capítulo 11 el lector puede ver un caso práctico de PLANTILLA DE ABP – Insuficiencia cardiaca en paciente anciano

11.3. Cómo crear flipped classroom con IA

El modelo de "flipped classroom" , del que ya hemos hablado en el capítulo 4, se beneficia enormemente de la IA, permitiendo una personalización y eficiencia aún mayores [2,3].

1. **Contenido pre-clase mejorado por IA:** Utilizar la IA para generar o adaptar materiales didácticos (videos, lecturas, cuestionarios) basados en el nivel y las necesidades de los estudiantes Los LLMs pueden crear resúmenes de temas complejos o explicar conceptos difíciles de diferentes maneras para atender a diversos estilos de aprendizaje
2. **Actividades interactivas en clase asistidas por IA:** Durante la sesión presencial, la IA puede facilitar debates, organizar sesiones de preguntas y respuestas o actuar como un tutor virtual que ofrece explicaciones adicionales. Los estudiantes pueden usar herramientas de IA para investigar rápidamente dudas que surjan en clase o para simular escenarios prácticos
3. **Personalización del aprendizaje:** La IA puede rastrear el progreso de los estudiantes en los materiales pre-clase, identificando áreas de dificultad. Esta información permite al profesor enfocar las actividades en el aula en las necesidades específicas de los estudiantes, en lugar de repasar contenido que ya
4. **Retroalimentación instantánea:** Los sistemas de IA pueden proporcionar retroalimentación inmediata sobre ejercicios o simulaciones, permitiendo a los estudiantes corregir errores en tiempo real y al profesor intervenir en las áreas donde se necesita más apoyo.

5. **Evaluación continua:** La IA puede apoyar la evaluación formativa, monitoreando la participación y el desempeño de los estudiantes en actividades pre-clase y en el aula, proporcionando datos valiosos para adaptar futuras intervenciones docentes.

11.4. Cómo usar LLM sin sustituir el razonamiento clínico

Los Large Language Models son herramientas poderosas, pero su uso en la educación médica debe ser cuidadosamente dirigido para complementar, no reemplazar, el desarrollo del razonamiento clínico:

1. **Rol de asistente de información, no decisor:** Los LLMs deben ser presentados como herramientas para acceder y organizar información, generar hipótesis o resumir literatura. Los estudiantes deben aprender a formular preguntas precisas a los LLMs y a evaluar críticamente sus respuestas, buscando siempre la evidencia subyacente y validando con fuentes fiables.
2. **Desarrollo de escenarios y casos:** Los profesores pueden usar LLMs para generar una variedad de escenarios clínicos complejos o pacientes virtuales que los estudiantes deben diagnosticar y manejar, practicando así el razonamiento clínico en un entorno simulado.
3. **Estimulación del pensamiento crítico:** En lugar de aceptar las respuestas de un LLM, los estudiantes deben ser desafiados a desglosar el proceso de razonamiento que llevó a esa respuesta, identificar posibles sesgos o lagunas en la información, y argumentar por qué una alternativa podría ser más apropiada.
4. **Enfocarse en la interpretación y síntesis:** Los LLMs pueden proporcionar datos, pero la interpretación de esos datos en el contexto de un paciente individual y la síntesis de un plan de tratamiento coherente siguen siendo responsabilidades humanas fundamentales. La educación debe centrarse en estas habilidades de orden superior.
5. **Debate y discusión ética:** Facilitar discusiones en el aula sobre los límites de los LLMs, los riesgos de la "dependencia algorítmica" y la importancia de mantener la autonomía del juicio clínico.

11.5. Cómo evaluar con IA de forma ética

La IA puede transformar la evaluación en medicina, pero su

implementación debe ser ética y justa:

1. **Evaluación formativa y retroalimentación:** La IA puede proporcionar retroalimentación instantánea y personalizada sobre el rendimiento de los estudiantes en simulaciones o tareas prácticas, permitiéndoles corregir errores y mejorar sus habilidades de manera continua. Esto alivia la carga del profesor y proporciona un feedback más rápido y consistente.
2. **Detección de plagio y uso indebido de IA:** Utilizar herramientas de IA para detectar cuándo los estudiantes han usado IA de forma inapropiada, pero con precaución y siempre con revisión humana, ya que estas herramientas no son infalibles y pueden tener falsos positivos.
3. **Evaluación de habilidades no cognitivas:** La IA puede ayudar a evaluar habilidades de comunicación, empatía o profesionalismo en simulaciones con pacientes virtuales, ofreciendo una evaluación más objetiva y consistente.
4. **Mitigación de sesgos algorítmicos:** Ser consciente de que los algoritmos de IA pueden contener sesgos inherentes que podrían afectar la equidad de la evaluación. Es crucial probar los sistemas de IA con datos diversos y asegurar la revisión humana de los resultados para corregir posibles injusticias [4].
5. **Transparencia y explicabilidad:** Los estudiantes tienen derecho a entender cómo se les evalúa. Los sistemas de IA utilizados para la evaluación deben ser transparentes en sus procesos y capaces de explicar las razones detrás de una calificación o retroalimentación [4].

11.6. Cómo enseñar a los estudiantes a usar (y no abusar) de la IA

Enseñar a los estudiantes a utilizar la inteligencia artificial (IA) de forma eficaz, crítica y ética constituye hoy una responsabilidad clave del profesorado en medicina:

1. **Alfabetización en IA:**

Insistimos de nuevo en su importancia. Proporcionar formación explícita sobre qué es la IA, cómo funcionan los grandes modelos de lenguaje (LLMs), cuáles son sus capacidades y, de forma crucial, sus limitaciones y riesgos (alucinaciones, sesgos algorítmicos, falta de explicabilidad). Esta alfabetización es

esencial para un uso seguro y responsable de la IA en el ámbito clínico y educativo [5].

2. **Desarrollar el juicio crítico:**

Es fundamental enseñar a los estudiantes a no aceptar de manera acrítica la información generada por sistemas de IA, sino a cuestionarla, contrastarla con fuentes fiables, validarla mediante evidencia científica y contextualizarla dentro de su conocimiento médico y del razonamiento clínico [6].

3. **Casos de estudio y dilemas éticos:**

El uso de casos prácticos y dilemas reales permite explorar los desafíos éticos asociados a la IA en medicina —como la privacidad de los datos, los sesgos, la responsabilidad profesional y la toma de decisiones asistida por algoritmos—, fomentando la discusión reflexiva y el desarrollo de un marco ético personal en los futuros médicos [7].

4. **Promover la transparencia:**

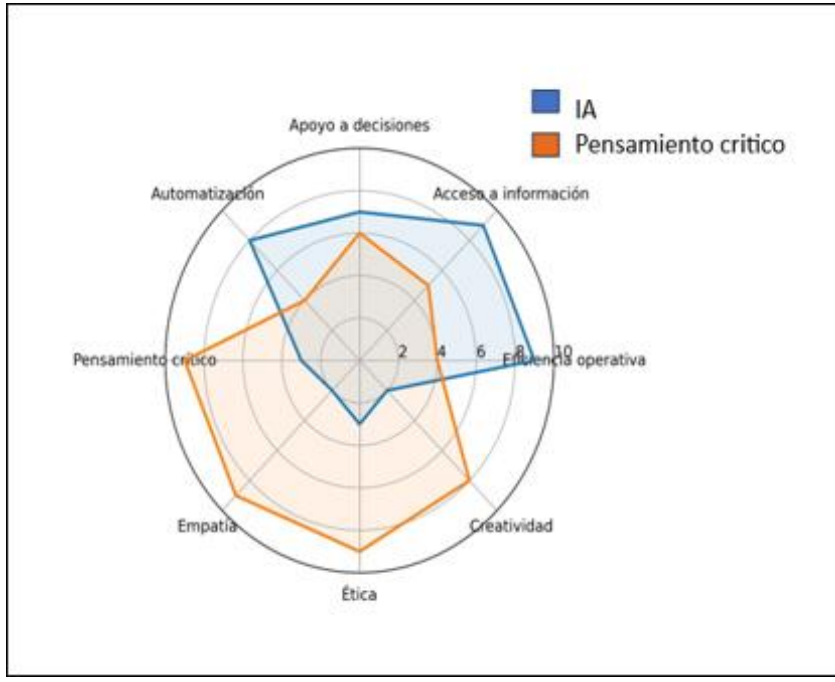
Se debe fomentar la honestidad académica respecto al uso de herramientas de IA, enseñando a los estudiantes a declarar y citar adecuadamente cuándo han utilizado estos sistemas como apoyo, de forma análoga a otras fuentes de información o tecnologías de asistencia.

5. **Enfocarse en habilidades complementarias:**

Es importante resaltar que la IA puede liberar tiempo cognitivo y operativo, permitiendo que los médicos se concentren en habilidades humanas insustituibles como la empatía, la comunicación clínica, el razonamiento ético y la toma de decisiones complejas en contextos ambiguos, donde la tecnología actúa como apoyo y no como sustituto [8] .

En la **Figura 2** puede verse el balance ideal entre el uso de inteligencia artificial y el desarrollo de habilidades humanas en la formación médica. La IA potencia la eficiencia, la automatización y el acceso a la información, mientras que el pensamiento crítico, la empatía, la ética y la creatividad adquieren un papel central e insustituible bajo supervisión humana

Figura 2. Balance ideal entre el uso de inteligencia artificial y el desarrollo de habilidades humanas



EJEMPLO DE PLANTILLA DE ABP

Insuficiencia cardiaca en paciente anciano con comorbilidad

Programa: Grado en Medicina / Máster
Metodología: Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) con apoyo de IA
Duración: 3 sesiones (2–3 horas cada una)
Número de estudiantes: 6–10 por grupo
Rol del profesor: Facilitador (no experto que "resuelve")

1. DATOS GENERALES DEL CASO
Título del caso:
"Disnea nocturna en un paciente de 82 años"

Competencias que se trabajan

- Razonamiento clínico y toma de decisiones
- Integración de comorbilidades (DM, HTA, edad avanzada)
- Uso crítico y ético de herramientas de IA
- Comunicación clínica con paciente y familia
- Trabajo en equipo y aprendizaje autodirigido

2. SESIÓN 1 – PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA Y GENERACIÓN DE HIPÓTESIS

2.1. Escenario clínico inicial

Varón de 82 años, con antecedentes de diabetes mellitus tipo 2, hipertensión arterial y dislipemia. En tratamiento crónico. Consulta por disnea progresiva de varios días, peor al acostarse, con episodios de despertar nocturno por sensación de ahogo. Refiere edemas en tobillos y aumento de peso reciente.

Constantes:

- TA 168/92 mmHg
- FC 104 lpm
- $SatO_2$ 90% aire ambiente

Exploración:

- Crepitantes bibasales
- Edema maleolar bilateral
- Ingurgitación yugular leve

2.2. Trabajo del grupo (sin IA inicialmente)

Tareas obligatorias

1. Lista de problemas clínicos
2. Hipótesis diagnósticas iniciales (mínimo 5)
3. Diagnóstico más probable y diagnósticos alternativos
4. Información adicional necesaria (anamnesis y exploración)
5. Pruebas complementarias iniciales justificadas

El grupo nombra:

- Un **moderador**
- Un **secretario**
- Un **portavoz**

2.3. Uso guiado de IA (fase exploratoria)

Instrucción al alumnado

Utilizad un LLM para responder a **UNA** de las siguientes preguntas:

- "Diagnóstico diferencial de disnea aguda en anciano"
- "Causas frecuentes de descompensación de insuficiencia cardiaca"
- "Preguntas clave en la anamnesis de insuficiencia cardiaca"

Reglas

- No copiar respuestas literalmente
- Identificar **al menos 2 posibles errores o sesgos** de la IA
- Contrastar con conocimientos previos

2.4. Cierre de la sesión 1

Producto final

- Mapa de hipótesis
- Lista de objetivos de aprendizaje individuales (cada estudiante elige 1–2 temas para estudiar)

3. SESIÓN 2 – PROFUNDIZACIÓN, DATOS CLÍNICOS Y RAZONAMIENTO

3.1. Nueva información (TRIGGER 2 y 3)

Historia ampliada

- Uso reciente de AINEs
- Dieta rica en sal
- Oliguria leve

Pruebas

- Rx tórax: cardiomegalia y congestión pulmonar
- NT-proBNP elevado
- Creatinina elevada respecto a basal
- ECG: taquicardia sinusal, HVI

3.2. Trabajo del grupo

Tareas

1. Revisión del diagnóstico inicial

2. Identificación del factor desencadenante
3. Valoración de gravedad
4. Diagnóstico sindrómico final

3.3. Uso de IA para razonamiento clínico

Actividad estructurada

Pedir al LLM:

- "Plan diagnóstico-terapéutico inicial de insuficiencia cardiaca aguda"

Análisis crítico obligatorio

- ¿Qué recomendaciones son correctas?
- ¿Cuáles habría que adaptar por edad, función renal o diabetes?
- ¿Qué NO haríamos y por qué?

El profesor guía para evitar:

- Iatrogenia
- Sobretratamiento
- Confianza ciega en IA

3.4. Cierre de la sesión 2

Producto final

- Diagnóstico final razonado
- Plan terapéutico inicial consensuado
- Preguntas abiertas para la siguiente sesión

4. SESIÓN 3 – MANEJO INTEGRAL, COMUNICACIÓN Y REFLEXIÓN

4.1. Evolución clínica (TRIGGER 4)

Tras diurético IV:

- Mejora de disnea
- Buena diuresis
- Estabilidad hemodinámica

4.2. Trabajo del grupo

Tareas

1. Decisión de ingreso vs alta

2. Ajuste de tratamiento crónico
3. Prevención de nuevas descompensaciones
4. Consideraciones geriátricas (fragilidad, adherencia, cuidador)

4.3. Comunicación clínica

Role-play

- Explicar diagnóstico y plan a paciente y familia
- Resolver dudas
- Dar recomendaciones de alta

Uso de IA

- Redactar un informe de alta
- Comparar versión IA vs versión del grupo

5. DEBRIEFING FINAL (CLAVE EN ABP + IA)

Preguntas guiadas

- ¿Cómo ayudó la IA al aprendizaje?
- ¿Dónde podía habernos inducido a error?
- ¿Qué tuvimos que verificar?
- ¿Quién toma la decisión final: IA o médico?

6. EVALUACIÓN (RÚBRICA RESUMIDA)

Área	Excelente	Adecuado	Insuficiente
Razonamiento clínico	Hipótesis bien priorizadas	Hipótesis correctas pero poco jerarquizadas	Diagnóstico acrítico
Uso de IA	Crítico y verificado	Uso parcial	Uso acrítico
Trabajo en equipo	Participación activa	Participación irregular	Pasividad
Comunicación	Clara y empática	Correcta	Confusa

Referencias

1. Itani A, Gronseth SL, Musaad S, Nguyen T, Mirabile Y, Beech BM. Ethical considerations for teaching with artificial intelligence: a scoping review in medical education settings. Int J Educ Technol High Educ. 2025;22(1):68. doi: 10.1186/s41239-025-00563-9

2. Sánchez-Gonzalez M, Terrell M. *Flipped Classroom with Artificial Intelligence: Educational Effectiveness of Combining Voice-Over Presentations and AI.* Cureus. 2023;15(11):e48354.

3. López-Villanueva D, et al. *Flipped Learning and Artificial Intelligence.* Electronics. 2024;13(17):3424.)

4. Yang J, Soltan AAS, Eyre DW, Clifton DA. Algorithmic fairness and bias mitigation for clinical machine learning with deep reinforcement learning. Nat Mach Intell. 2023;5(8):884-894.

5. . Mann S, et al. Artificial intelligence in medical education: a scoping review. *Med Educ*. 2024;58(2):134-146.

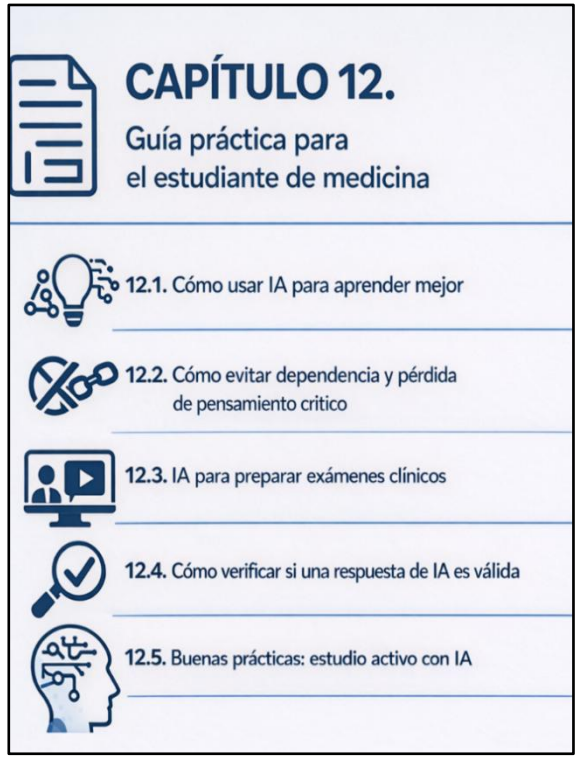
6. Masters K. Artificial intelligence in medical education. *Med Teach*. 2019;41(9):976-980. doi:10.1080/0142159X.2019.1595557. PMID: 30957607.

7. Char DS, Shah NH, Magnus D. Implementing machine learning in health care—addressing ethical challenges. *N Engl J Med*. 2018;378(11):981-983.

8. Jonnalagadda SR, et al. Text mining of clinical notes for medical decision support: a systematic review. *J Biomed Inform*. 2015;58(Suppl):S112-S120.

12.

GUÍA PRÁCTICA PARA EL ESTUDIANTE DE MEDICINA



Para el estudiante de medicina, la IA representa una herramienta poderosa que, si se utiliza de manera consciente y responsable, puede mejorar significativamente el proceso de aprendizaje.

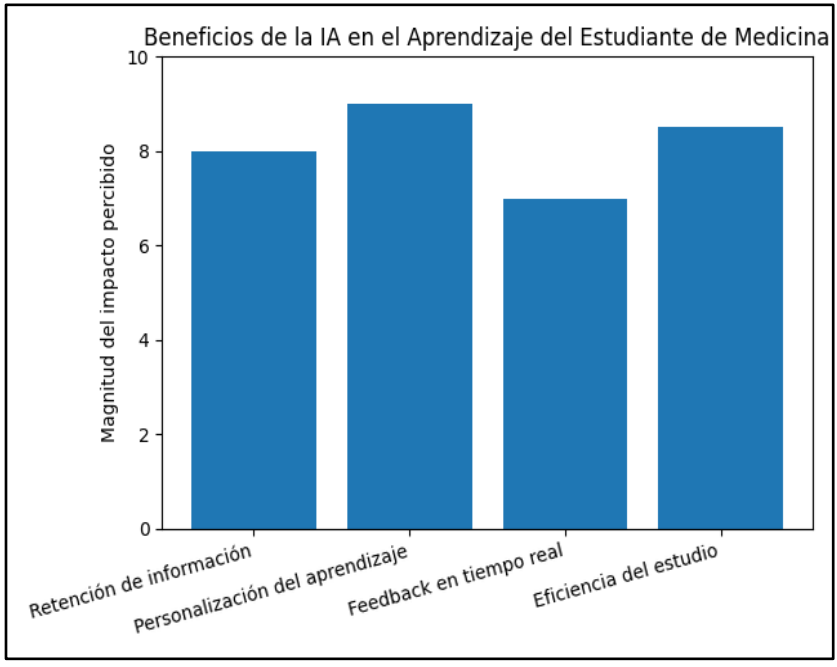
12.1. Cómo usar IA para aprender mejor

La IA puede ser un aliado formidable en su trayectoria académica, ofreciendo oportunidades para personalizar y optimizar su aprendizaje. Estas herramientas proporcionan retroalimentación interactiva y en tiempo real, lo que ayuda a identificar sus puntos

fuertes y débiles. Puede utilizar la IA para generar tests, crear nemotécnicos y señales visuales, facilitando así la retención de información. Además, las herramientas de IA pueden adaptarse a sus necesidades individuales, guiándote a través de escenarios complejos y reforzando su comprensión mediante conversaciones interactivas. Al aprovechar estas capacidades, pueden enfocar su estudio de manera más eficiente y efectiva, promoviendo un aprendizaje autodirigido y personalizado [1].

La **Figura 1** representa el impacto percibido del uso de herramientas de Inteligencia Artificial en distintos aspectos del aprendizaje del estudiante de medicina, incluyendo retención de información, personalización del aprendizaje, feedback en tiempo real y eficiencia del estudio [2].

Figura 1. Beneficios de la IA en el Aprendizaje del Estudiante de Medicina

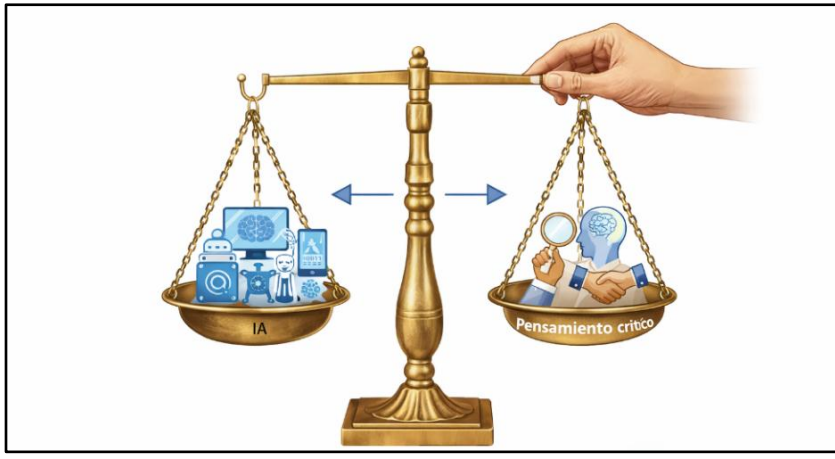


12.2. Cómo evitar dependencia y pérdida de pensamiento crítico

Aunque la IA es una herramienta valiosa, es crucial evitar la dependencia excesiva para no menoscabar el desarrollo del pensamiento crítico y autonomía cognitiva.[3]. La IA imita la comunicación humana, y es su responsabilidad como futuro médico juzgar el valor de sus resultados para dirigir con seguridad la gestión de pacientes. Los estudios sugieren que la educación debe enfatizar los elementos exclusivamente humanos de la medicina, como la relación médico-paciente, la empatía y la atención centrada en el paciente El estudiante debe aprender a analizar críticamente el contenido generado por la IA en busca de posibles sesgos, y cultivar una perspectiva crítica para analizar sus resultados Es fundamental que se entienda que la IA no "entiende" la verdad de la misma manera que un humano, sino que su objetivo principal es generar texto coherente, no necesariamente verdadero [4].

Podemos resumirlo en la **Figura 2** donde vemos una balanza en la que un platillo representa las herramientas de IA y el otro el pensamiento crítico, con una mano humana ajustando la balanza para mantener el balance.

Figura 2. Balanza del Aprendizaje: IA vs. Pensamiento Crítico



12.3. IA para preparar exámenes clínicos

La IA ha demostrado un potencial considerable como herramienta de estudio para la preparación de exámenes, incluyendo el *United States Medical Licensing Examination* (USMLE). Modelos como ChatGPT han alcanzado o superado el umbral de aprobación en exámenes que simulan el USMLE, lo que indica su utilidad en la preparación para evaluaciones de alto riesgo [5-7] Además, se ha comprobado su eficacia en exámenes de especialidades avanzadas y en la educación médica de pregrado, especialmente en preguntas que requieren un razonamiento de orden superior en materias como la bioquímica. Si bien la IA puede ser un recurso complementario prometedor, es importante reconocer que existen inconsistencias en su rendimiento entre especialidades y tipos de pregunta. Por tanto, debe usarse con precaución, pero aprovechar para generar preguntas, simular escenarios clínicos y obtener información actualizada y basada en evidencia.

En la **Tabla** 1 se muestran las aplicaciones de la IA para la preparación de exámenes clínicos

12.4. Cómo verificar si una respuesta de IA es válida

Dada la naturaleza de los LLMs, que pueden generar información plausible pero incorrecta ("alucinaciones"), la verificación es una habilidad esencial.[8] Los sistemas de IA a menudo carecen de transparencia en sus procesos de toma de decisiones, lo que dificulta comprender cómo se llega a conclusiones específicas. [9] En entornos formativos, se ha observado que los alumnos pueden tener dificultades para detectar errores o "alucinaciones" en respuestas generadas por IA en escenarios clínicos simulados, lo que refuerza la necesidad de alfabetización en IA y pensamiento crítico.

Para verificar la validez de una respuesta de IA:

1. Contrasta con fuentes fiables: Siempre cruza la información generada por IA con libros de texto, artículos revisados por pares y bases de datos clínicas de confianza. [8,11]
2. Identifica las fuentes: Si la IA proporciona fuentes, revísalas para asegurarte de que son legítimas y que el contenido

citado es preciso. Ten en cuenta que la IA puede inventar o distorsionar referencias y citas [8].

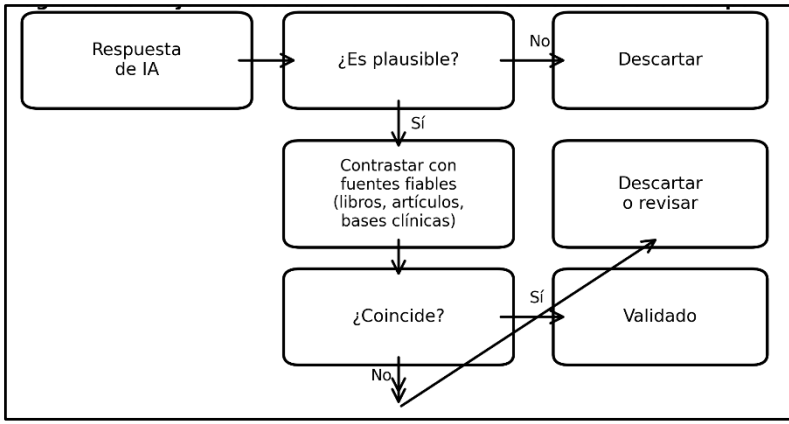
Tabla 1. aplicaciones de la IA para la preparación de exámenes clínicos

Tipo de Examen / Habilidad	Cómo la IA puede ayudar	Precauciones
Exámenes de Conocimientos	Generación de preguntas de práctica, explicación de conceptos, simulación de pruebas.	Verificar la precisión de las respuestas, la IA puede "alucinar" información.
Razonamiento Clínico	Simulación de casos clínicos, generación de diagnósticos diferenciales, análisis de la información del paciente.	Desarrollar tu propio razonamiento, no solo aceptar las sugerencias de la IA.
Habilidades de Comunicación	Role-playing con pacientes virtuales, retroalimentación sobre la interacción.	No sustituir la práctica real con pacientes y la interacción humana.
Revisión de Temas Específicos	Resúmenes de literatura, elaboración de mnemotécnicos, explicaciones de terminología.	Contrastar con fuentes fiables y tu propio material de estudio.

3. Analiza la coherencia lógica**:** Evalúa si la respuesta tiene sentido dentro de tu conocimiento médico y si se alinea con principios fundamentales.
4. Busca la justificación: Pídele que explique su razonamiento; esto puede ayudarte a detectar saltos lógicos o afirmaciones no sustentadas.
5. Consulta a expertos: En caso de duda, discute la respuesta con profesores o compañeros para validación humana experta [9,10].

En la **Figura 3** se observa como verificar el contenido generado por la IA

Figura 3. Proceso de Verificación de Contenido Generado por IA



12.5. Buenas prácticas: estudio activo con IA

El estudio activo, potenciado por la IA, puede transformar la forma de aprender y retener información. [2,12].

1. **Personalización del estudio:** Utiliza herramientas de IA para crear rutas de aprendizaje personalizadas que se adapten a su estilo y ritmo. La IA puede identificar áreas de debilidad y recomendar recursos específicos para reforzarlas
2. **Generación de resúmenes y preguntas:** Emplea LLMs para generar resúmenes de textos complejos o para formular preguntas de autoevaluación sobre el material que se está estudiando. Esto fomenta la recuperación activa de información, una técnica de estudio altamente efectiva
3. **Simulaciones interactivas:** Participar en simulaciones de pacientes virtuales o escenarios clínicos creados con IA. Esto permite practicar la toma de decisiones, el diagnóstico y el tratamiento en un entorno seguro, recibiendo retroalimentación instantánea
4. **Tutoría inteligente:** Algunos sistemas de IA pueden funcionar como tutores, proporcionando explicaciones detalladas y

ayudando a comprender conceptos difíciles mediante un diálogo interactivo

5. **Desarrollo de habilidades de prompt engineering:** Aprende a formular preguntas y comandos efectivos a la IA. Una buena "ingeniería de prompts" permitirá obtener respuestas más precisas y útiles, convirtiendo la IA en una extensión más eficiente de tus capacidades de investigación

6. **Colaboración con IA:** Considerar la IA como un colaborador. Utilizarla para organizar el estudio, planificar el tiempo o generar ideas, pero siempre manteniendo el rol principal como el pensador crítico y el responsable del aprendizaje.

Referencias

1. Gordon M, Daniel M, Ajiboye A, Uraiby H, Xu NY, Bartlett R, Hanson J, Haas M, Spadafore M, Grafton-Clarke C, Gasiea RY, Michie C, Corral J, Kwan B, Dolmans D, Thammasitboon S. A scoping review of artificial intelligence in medical education: BEME Guide No. 84. Med Teach. 2024 Apr;46(4):446-470.

2. Chen Y. Evaluation of the impact of AI-driven personalized learning platform on medical students' learning performance. Front Med (Lausanne). 2025 Sep 12;12:1610012.

3. Izquierdo-Condoy JS, Arias-Intriago M, Tello-De-la-Torre A, Busch F, Ortiz-Prado E. Generative Artificial Intelligence in Medical Education: Enhancing Critical Thinking or Undermining Cognitive Autonomy? J Med Internet Res. 2025 Nov 3;27:e76340

4. Naqvi WM, Ganjoo R, Rowe M, Pashine AA, Mishra GV. Critical thinking in the age of generative AI: implications for health sciences education. Front Artif Intell. 2025 May 21;8:1571527.

5. Kung TH, Cheatham M, Medenilla A, Sillos C, De Leon L, Elepaño C, Madriaga M, Aggabao R, Diaz-Candido G, Maningo J, Tseng V. Performance of ChatGPT on USMLE: Potential for AI-assisted medical education using large language models. PLOS Digit Health. 2023 Feb 9;2(2):e0000198

6. Penny P, Bane R, Riddle V. Advancements in AI Medical Education: Assessing ChatGPT's Performance on USMLE-Style Questions Across Topics and Difficulty Levels. Cureus. 2024 Dec 24;16(12): e 76309;

7. Zhang R, Cai Q, Sartori A, Gayed N, Collette H. Comparing Artificial Intelligence Large Language Models in Medical

Training: A Performance Analysis of ChatGPT and DeepSeek on United States Medical Licensing Examination (USMLE) Style Questions. Cureus. 2025 Aug 16;17(8):e90212

8. Alkaissi H, McFarlane SI. Artificial Hallucinations in ChatGPT: Implications in Scientific Writing. Cureus. 2023 Feb 19;15(2):e35179. doi: 10.7759/cureus.35179

9. Amann J, Vetter D, Blomberg SN, Christensen HC, Coffee M, Gerke S, Gilbert TK, Hagendorff T, Holm S, Livne M, Spezzatti A, Strümke I, Zicari RV, Madai VI; Z-Inspection initiative. To explain or not to explain? -Artificial intelligence explainability in clinical decision support systems. PLOS Digit Health. 2022 Feb 17;1(2): e 0000016)

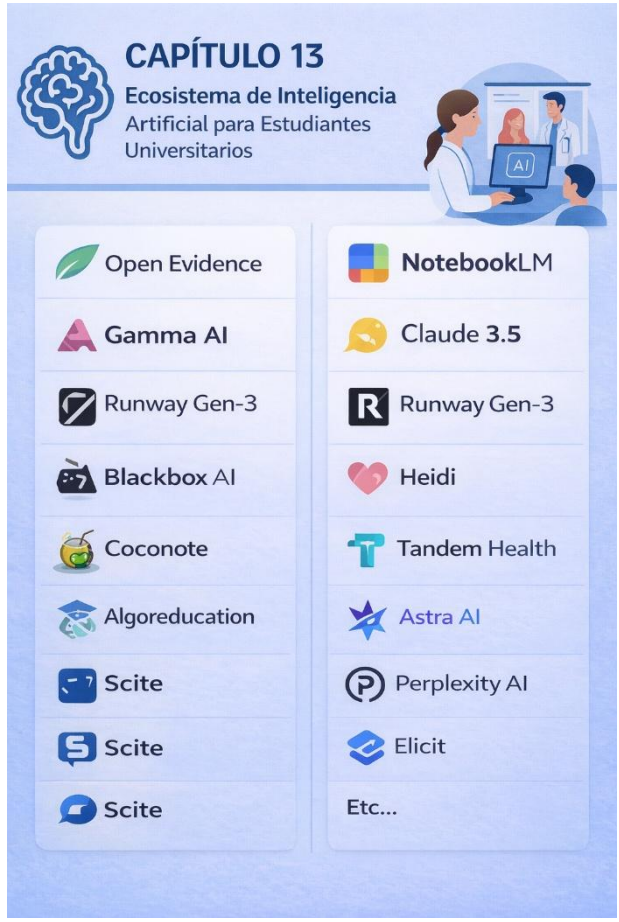
10. Zhou J, Zhang J, Wan R, Cui X, Liu Q, Guo H, Shi X, Fu B, Meng J, Yue B, Zhang Y, Zhang Z. Integrating AI into clinical education: evaluating general practice trainees' proficiency in distinguishing AI-generated hallucinations and impacting factors. BMC Med Educ. 2025 Mar 19;25(1):406

11. Johnson D, Goodman R, Patrinely J y cols Assessing the Accuracy and Reliability of AI-Generated Medical Responses: An Evaluation of the Chat-GPT Model. Res Sq [Preprint]. 2023 Feb 28: rs.3.rs-2566942

12. Hamilton A, Molzahn A, McLemore K. The Evolution from Standardized to Virtual Patients in Medical Education. Cureus. 2024 Oct 10;16(10):e71224

13

ECOSISTEMA DE IA PARA ESTUDIANTES DE MEDICINA



La inteligencia artificial tiene un impacto particular en la formación médica, ya que permite integrar herramientas de apoyo al aprendizaje clínico, análisis de literatura científica y simulación

de escenarios clínicos. El ecosistema de IA para estudiantes de medicina puede organizarse en varias categorías.

Herramientas de análisis de literatura científica

Plataformas como Open Evidence, Elicit, Consensus, Scite o Connected Papers permiten explorar la literatura biomédica, identificar artículos relevantes y comprender cómo se relacionan diferentes estudios.

Herramientas de estudio y síntesis de contenidos

Aplicaciones como NotebookLM, Coconote o Mindgrasp ayudan a transformar libros, artículos o clases grabadas en resúmenes estructurados, mapas conceptuales y preguntas de autoevaluación.

Asistentes clínicos basados en IA

Sistemas como Heidi, Tandem Health o Abridge permiten generar documentación clínica automática a partir de conversaciones médicas. Estas herramientas están comenzando a utilizarse también en entornos docentes.

IA multimodal y tutoría interactiva

Proyectos emergentes como Astra AI o modelos multimodales permiten analizar imágenes, gráficos o estructuras anatómicas y ofrecer explicaciones inmediatas.

Producción de contenidos educativos

Herramientas como Gamma, Canva AI o Runway permiten crear presentaciones, vídeos educativos y materiales docentes de manera rápida.

A continuación, se presenta una Tabla ampliada con herramientas de IA utilizadas habitualmente por estudiantes.

IA	Tipo de herramienta	Función principal	Uso académico habitual
Open evidence	Literatura médica	Consulta	Validada sin alucinaciones
NotebookLM	Estudio basado en documentos	Analiza PDFs y materiales	Resúmenes, guías de estudio
Gamma AI	Presentaciones	Genera diapositivas automática mente	Exposiciones académicas
Claude 3.5	LLM avanzado	Análisis y redacción	Ensayos y análisis de papers
ChatGPT	LLM general	Explicación y generación de contenido	Estudio general
Perplexity AI	Buscador IA	Respuestas con fuentes	Investiga ción
Elicit	Literatura científica	Encuentra y resume artículos	Revisiones bibliográficas
Scite	Análisis de citas	Evalúa citaciones científicas	Investiga ción
Consensus	Búsqueda científica	Respuestas basadas en papers	Investigación académica
ELNA	Literatura Médica	Consulta	Validada
Connected Papers	Visualización científica	Mapas de artículos relacionados	Investiga ción

Runway Gen-3	Generación de vídeo	Produce vídeos desde texto	Proyectos multimedia
Pika Labs	Vídeo IA	Creación de clips animados	Presentaciones
Synthesia	Vídeo educativo	Avatares que explican contenido	Material docente
Play.ht	Síntesis de voz	Texto a audio	Escuchar apuntes
ElevenLabs	Voz IA	Narración realista	Material audiovisual
Otter AI	Transcripción	Convierte voz en texto	Apuntes de clase
Fireflies AI	Transcripción reuniones	Resumen automático	Trabajo en grupo
Coconote	Apuntes IA	Convierte clases en notas	Estudio
Algoreducation	Aprendizaje	Mapas mentales y tests	Preparación de exámenes
Mindgrasp	Tutor IA	Resúmenes y flashcards	Estudio rápido
Quizgecko	Generador de test	Preguntas automáticas	Autoevaluación
Notion AI	Gestión de conocimiento	Organiza notas	Planificación
Mem AI	Gestión de notas	Memoria inteligente	Organización de conocimiento
Blackbox AI	Programación	Genera y explica código	Aprendizaje programación
Github Copilot	Programación	Autocompletado de código	Proyectos software

Codeium	Programación	Asistente de desarrollo	Ingeniería informática
Emergent.sh	Generación de apps	Crea software desde texto	Proyectos tecnológicos
Heidi	Asistente clínico	Transcripción médica	Formación médica
Tandem Health	IA sanitaria	Documentación clínica	Prácticas clínicas
Abridge	Documentación médica	Resumen de consultas	Educación médica
Verahealth.ai	IA sanitaria	Análisis clínico	Investigación médica
Glass AI	IA médica	Genera notas clínicas	Educación sanitaria
Astra AI	Asistente multimodal	Comprensión visual	Tutor interactivo
Gemini	LLM multimodal	Análisis texto e imágenes	Estudio
DeepL Write	Redacción	Mejora estilo	Ensayos
Grammarly	Corrección escritura	Gramática y estilo	Redacción académica
Quillbot	Parafraseo	Reescritura de textos	Ensayos
Canva Magic Write	Contenido visual	Texto e imágenes	Presentaciones
Tome AI	Presentaciones IA	Storytelling automático	Exposiciones
Skywork AI	Presentaciones	Slides automáticas	Seminarios

SlidesAI	Presentaciones	Convierte texto en diapositivas	Clases
Thetawave AI	Tutor STEM	Explica conceptos técnicos	Apoyo académico
Wolfram Alpha AI	Cálculo y ciencia	Resolución matemática	Ingeniería
Explainpaper	Explicación papers	Simplifica artículos	Investigación
Scholarcy	Resúmenes científicos	Síntesis de papers	Investigación

Descripción de las principales herramientas

Open Evidence

Es una plataforma de inteligencia artificial especializada en el sector salud que permite realizar búsquedas avanzadas en la literatura biomédica. Utiliza modelos de lenguaje de última generación para sintetizar evidencia científica de fuentes confiables como PubMed, ofreciendo respuestas directas y fundamentadas. Su valor principal reside en la capacidad de citar cada afirmación con estudios específicos, lo que garantiza la trazabilidad y reduce el riesgo de alucinaciones de la IA. Está diseñada para ayudar a clínicos e investigadores a mantenerse actualizados, facilitando la toma de decisiones médicas basada en datos objetivos. En esencia, actúa como un asistente inteligente que transforma miles de artículos técnicos en información clínica accionable y verificada.

NotebookLM

NotebookLM es una herramienta desarrollada para el aprendizaje basado en documentos. Permite a los estudiantes cargar artículos científicos, capítulos de libros o apuntes personales y analizar su contenido mediante inteligencia artificial. El sistema genera resúmenes estructurados, preguntas de autoevaluación y esquemas conceptuales basados exclusivamente en los documentos

proporcionados. Esta característica resulta especialmente útil en disciplinas que requieren el estudio de grandes volúmenes de información, como medicina, derecho o ciencias sociales.

Gamma AI

Gamma AI es una plataforma diseñada para la creación automatizada de presentaciones. A partir de una simple descripción del tema, la inteligencia artificial genera la estructura narrativa, el contenido de las diapositivas y el diseño visual. Este tipo de herramientas permite reducir significativamente el tiempo dedicado a la preparación de exposiciones académicas, permitiendo a los estudiantes centrarse en la comprensión del contenido más que en el diseño gráfico.

Claude 3.5

Claude 3.5 es un modelo de lenguaje de gran escala capaz de analizar documentos extensos y sintetizar información compleja. Su capacidad para procesar textos largos lo convierte en una herramienta útil para el análisis de artículos científicos, la redacción de ensayos y la generación de resúmenes académicos. Muchos estudiantes lo utilizan para comprender literatura científica y para mejorar la estructura argumentativa de sus trabajos.

Runway Gen-3

Runway es una plataforma de inteligencia artificial orientada a la generación de contenido audiovisual. Su tecnología permite producir vídeos a partir de descripciones textuales o imágenes. En el ámbito educativo se utiliza para la elaboración de materiales visuales, presentaciones dinámicas y proyectos multimedia que facilitan la comunicación de conceptos complejos.

Blackbox AI

Blackbox AI es un asistente de programación basado en inteligencia artificial que permite generar código, interpretar fragmentos de programas y detectar errores. Esta herramienta resulta especialmente útil para estudiantes de informática, ingeniería o ciencia de datos, ya que facilita el aprendizaje de

lenguajes de programación y el desarrollo de proyectos tecnológicos.

Coconote

Coconote es una plataforma diseñada para convertir clases grabadas o vídeos educativos en material de estudio estructurado. A partir del audio de una clase, la inteligencia artificial genera apuntes organizados, resúmenes y cuestionarios. Esta funcionalidad permite optimizar el tiempo de estudio y facilita la revisión de contenidos impartidos en el aula.

Algoreducation

Algoreducation utiliza inteligencia artificial para transformar contenidos educativos en mapas mentales, esquemas y cuestionarios interactivos. Su objetivo es mejorar la comprensión de conceptos complejos mediante representaciones visuales del conocimiento, favoreciendo así procesos de aprendizaje más activos.

Heidi

Heidi es un asistente clínico basado en inteligencia artificial diseñado para automatizar la documentación médica durante las consultas. La herramienta puede transcribir la conversación entre médico y paciente y generar automáticamente notas clínicas estructuradas. Esto permite reducir el tiempo dedicado a tareas administrativas y facilita la organización de la historia clínica, siendo útil tanto para profesionales sanitarios como para estudiantes de medicina que aprenden a estructurar la información clínica.

Tandem Health

Tandem Health es una plataforma de inteligencia artificial orientada a optimizar la gestión de la documentación clínica y el flujo de trabajo en entornos sanitarios. La herramienta permite generar resúmenes médicos, organizar informes clínicos y estructurar la información procedente de consultas o registros médicos. Estas capacidades ayudan a mejorar la eficiencia en la práctica clínica y pueden servir como apoyo educativo para estudiantes de medicina interesados en comprender la organización y análisis de la información clínica.

Astra AI

Astra AI es un proyecto de inteligencia artificial multimodal diseñado para interactuar con el entorno en tiempo real. A diferencia de los asistentes basados únicamente en texto, Astra puede analizar información visual procedente de cámaras o dispositivos móviles y combinarla con lenguaje natural. En el ámbito educativo, este tipo de tecnología podría permitir a los estudiantes mostrar un gráfico, un problema matemático o un modelo anatómico y recibir una explicación inmediata. Por ello, Astra representa una evolución hacia asistentes educativos capaces de actuar como tutores interactivos.

Perplexity AI

Perplexity AI es un buscador basado en inteligencia artificial que proporciona respuestas acompañadas de referencias a las fuentes utilizadas. Esto facilita la verificación de la información y resulta particularmente útil para la investigación académica.

Elicit

Elicit es una herramienta diseñada para apoyar revisiones de literatura científica. Permite localizar artículos relevantes, resumir resultados y comparar evidencias entre distintos estudios. Este tipo de herramientas resulta especialmente valioso para estudiantes de posgrado o investigadores que realizan revisiones sistemáticas.

Scite

Scite es una plataforma que analiza cómo se citan los artículos científicos dentro de la literatura académica. Su sistema permite identificar si un estudio ha sido apoyado o cuestionado por investigaciones posteriores, lo que ayuda a evaluar la solidez de la evidencia científica.

Conclusión

El uso de herramientas de inteligencia artificial por parte de estudiantes universitarios está creciendo rápidamente y abarca múltiples ámbitos del proceso educativo: desde la búsqueda de información y la organización del conocimiento hasta la

producción de contenidos y el análisis de literatura científica. Estas tecnologías no solo facilitan el acceso al conocimiento, sino que también promueven nuevas formas de aprendizaje más interactivas y personalizadas.

EPÍLOGO

Hemos llegado al final del libro y es momento para algunas reflexiones. La irrupción de la inteligencia artificial en el ámbito de la medicina no es una mera evolución tecnológica, sino una redefinición fundamental de cómo entendemos la práctica, la enseñanza y la investigación en salud. Como hemos explorado en los capítulos anteriores, la IA está configurando un futuro donde la eficiencia, la precisión y la personalización alcanzan niveles sin precedentes. Sin embargo, en medio de esta vorágine de transformación, es crucial mantener anclados los principios que han definido la medicina a lo largo de su historia.

La medicina cambia, el humanismo permanece

La esencia de la medicina, profundamente arraigada en el humanismo, debe persistir inalterable a pesar de los avances tecnológicos [1]. La relación médico-paciente, construida sobre la empatía, la confianza y la comprensión, sigue siendo el pilar fundamental de una atención sanitaria de calidad [2]. Aunque la IA puede optimizar diagnósticos, tratamientos y procesos administrativos, la capacidad de conectar con el sufrimiento humano, de ofrecer consuelo y de tomar decisiones éticas complejas en contextos ambiguos, es y seguirá siendo una prerrogativa humana [3].

Hay muchos estudios que sugieren que, a pesar de la ayuda de la IA, los pacientes valoran la relación médico-paciente y esta no debe ser comprometida por el uso de máquinas. Si bien la IA puede generar respuestas empáticas, la percepción de la empatía por parte de los pacientes puede diferir, lo que subraya la necesidad de adaptar la comunicación clínica [4]. Es importante que la educación médica continúe enfatizando elementos como la comunicación, la compasión y el profesionalismo, que son esenciales para una atención centrada en la persona. Además, se ha observado que explicar eficazmente un diagnóstico puede mejorar

la adherencia al tratamiento y fortalecer la relación médico-paciente [5].

La IA como herramienta, nunca como sustituto

La inteligencia artificial es una herramienta poderosa, un asistente capaz de expandir las capacidades del médico, pero nunca debe ser concebida como un sustituto del juicio clínico humano. Su valor reside en su capacidad para procesar vastos volúmenes de datos, identificar patrones y generar información que apoya la toma de decisiones clínicas [6]. Sin embargo, la responsabilidad final de esas decisiones, la interpretación contextual de los datos y la integración de la ciencia con la sabiduría práctica recaen en el profesional de la salud [7].

La IA está destinada a aumentar el rendimiento de los profesionales de atención médica y simplificar sus procesos de toma de decisiones, no a reemplazarlos [8]. Se ha demostrado que la asistencia de la IA, como los grandes modelos de lenguaje, puede mejorar el rendimiento de los médicos en tareas de atención al paciente [9]. Sin embargo, el exceso de confianza en la IA puede llevar a que se acepten recomendaciones incorrectas. Por lo tanto, el uso de la IA debe diseñarse de manera que promueva o, al menos, mantenga la autonomía de decisión del médico [10]. La medicina implica un razonamiento intrincado, habilidades interpersonales y consideraciones éticas que la IA actualmente no posee. La colaboración entre la IA y la experiencia humana no solo mejora la precisión diagnóstica, sino que también permite a los profesionales de la salud centrarse en la atención al paciente y la empatía Es fundamental que los humanos conserven la supervisión y la autonomía en los sistemas de soporte de decisiones de la IA [11].

Un futuro más justo, seguro y ético

Construir un futuro donde la IA en medicina sea verdaderamente beneficiosa exige un compromiso colectivo con la justicia, la seguridad y la ética [12]. Esto implica desarrollar algoritmos libres de sesgos, garantizar la privacidad y seguridad de los datos de los pacientes, y asegurar un acceso equitativo a estas tecnologías avanzadas para evitar la ampliación de las disparidades en salud [13].

Los algoritmos sesgados pueden conducir a un tratamiento desigual y a imprecisiones diagnósticas, afectando desproporcionadamente a ciertos grupos de pacientes [14]. Es esencial que las directrices éticas aborden la protección de la autonomía humana, la promoción del bienestar y la seguridad, la transparencia, la explicabilidad y la responsabilidad.

La protección de la privacidad de los datos mediante el cifrado, la anonimización y técnicas como el aprendizaje federado es crucial para salvaguardar la información sensible del paciente [15]. Además, es necesario que existan mecanismos de rendición de cuentas cuando se producen errores, y se deben establecer directrices claras para el uso responsable de la IA, con el fin de mantener la importancia de la interacción humana y la empatía en la atención al paciente. La IA tiene el potencial de mitigar los sesgos y mejorar la atención centrada en el paciente si se implementa éticamente, manteniendo el juicio moral humano en el centro del avance tecnológico. Un entorno normativo flexible y una evaluación continua son fundamentales para el despliegue seguro y eficaz de la IA.

En la **Tabla 1** pueden verse los principios éticos clave para la aplicación de la IA en Medicina.

Tabla 1. Principios Éticos Clave para la IA en Medicina

Principio Ético	Descripción	Impacto en la Medicina
Justicia y Equidad	Asegurar que la IA no exacerbe las disparidades en salud y beneficie a todos los pacientes equitativamente.	Prevención de sesgos algorítmicos, acceso universal a la tecnología.
Transparencia y Explicabilidad	Comprender cómo la IA llega a sus decisiones para generar confianza y permitir la revisión humana.	Facilita la adopción por parte de médicos y pacientes, permite la validación.
Privacidad y Seguridad	Proteger la información sensible del paciente de accesos no autorizados y usos indebidos.	Cumplimiento normativo, mantenimiento de la confianza del paciente.
Responsabilidad y Rendición de Cuentas	Establecer quién es responsable cuando la IA comete errores y cómo se corrige el daño.	Marco legal y ético claro, protección del paciente y del profesional.
Humanismo	Mantener la empatía, la compasión y la relación médico-paciente como pilares de la atención.	Evita la deshumanización, asegura una atención integral y de calidad.

Referencias

1. Drummond D. Between competence and warmth: the remaining place of the physician in the era of artificial intelligence. NPJ Digit Med. 2021 May 14;4(1):85

2. Akingbola, A.; Adeleke, O.; Idris, A.; Adewole, O.; Adegbesan, A. Artificial Intelligence and the Dehumanization of Patient Care. *J. Med. Surg. Public Heal.* **2024**, *3*.

3. Li W, Ge X, Liu S, Xu L, Zhai X, Yu L. Opportunities and challenges of traditional Chinese medicine doctors in the era of artificial intelligence. Front Med (Lausanne). 2024 Jan 11;10:1336175; Ostherr K. Artificial Intelligence and Medical Humanities. J Med Humanit. 2022 Jun;43(2):211-232.

4. Chen D, Chauhan K, Parsa R, Liu ZA, Liu FF, Mak E, Eng L, Hannon BL, Croke J, Hope A, Fallah-Rad N, Wong P, Raman S. Patient perceptions of empathy in physician and artificial intelligence chatbot responses to patient questions about cancer. NPJ Digit Med. 2025 May 13;8(1):275.

5. Guo W, Chen Y. Investigating Whether AI Will Replace Human Physicians and Understanding the Interplay of the Source of Consultation, Health-Related Stigma, and Explanations of Diagnoses on Patients' Evaluations of Medical Consultations: Randomized Factorial Experiment. J Med Internet Res. 2025 Mar 5;27:e66760

6. Khosravi M, Zare Z, Mojtabaeian SM, Izadi R. Artificial Intelligence and Decision-Making in Healthcare: A Thematic Analysis of a Systematic Review of Reviews. Health Serv Res Manag Epidemiol. 2024 Mar 5;11:23333928241234863

7. Saadeh M, Janhonen J, de Beer ES, et al. Automation complacency: risks of abdicating medical decision making. J Med Syst. 2025;49:1-11.

8. Stawicki SP, Papadimos TJ, Salibi M, et al. Introductory Chapter: Artificial Intelligence in Healthcare – Where Do We Go from Here? Adv Med Educ Pract. 2023;12:1-10.

9. Goh E, Gallo RJ, Strong E, Weng Y, Kerman H, Freed JA, Cool JA, Kanjee Z, Lane KP, Parsons AS, Ahuja N, Horvitz E, Yang D, Milstein A, Olson APJ, Hom J, Chen JH, Rodman A. GPT-4 assistance for improvement of physician performance on patient care tasks: a randomized controlled trial. Nat Med. 2025 Apr;31(4):1233-1238.

10. Funer F, Wiesing U. Physician's autonomy in the face of AI support: walking the ethical tightrope. Front Med (Lausanne). 2024 Mar 28;11:1324963. .

11. Castner N, Arsiwala-Scheppach L, Mertens S, Krois J, Thaqi E, Kasneci E, Wahl S, Schwendicke F. Expert gaze as a usability indicator of medical AI decision support systems: a preliminary study. NPJ Digit Med. 2024 Jul 27;7(1):199. doi: 10.1038/s41746-024-01192-8.

12. Lekadir K, Frangi AF, Porras AR, et al FUTURE-AI Consortium. FUTURE-AI: international consensus guideline for trustworthy and deployable artificial intelligence in healthcare. BMJ. 2025 Feb 5;388:e081554. doi: 10.1136/bmj-2024-081554. Erratum in: BMJ. 2025 Feb 17;388:r340.

13. Khaled A, Sabir M, Qureshi R, et al. Leveraging MIMIC Datasets for Better Digital Health: A Review on Open Problems, Progress Highlights, and Future Promises. Sensors. 2025;25:1172.

14. Khaled et al., 2025; Zhang F, Zhai D, Bai G, Jiang J, Ye Q, Ji X, Liu X. Towards fairness-aware and privacy-preserving enhanced collaborative learning for healthcare. Nat Commun. 2025 Mar 23;16(1):2852.

15. Fahim YA, Hasani IW, Kabba S, Ragab WM. Artificial intelligence in healthcare and medicine: clinical applications, therapeutic advances, and future perspectives. Eur J Med Res. 2025 Sep 23;30(1):848.