

Inteligencia artificial como espejo del razonamiento médico: ecosistemas cognitivos para una educación clínica inteligente

Carlos E. HERNÁNDEZ-BORROTO, Orquidia REYES-DE HERNÁNDEZ, Yuri MEDRANO-PLANA, Verónica A. FRANCO-SOLÓRZANO

Resumen. El desarrollo del juicio clínico es clave en la formación de profesionales de la salud, aunque los sesgos cognitivos siguen causando errores frecuentes. Ante esto, la educación médica ha implementado estrategias de reflexión y supervisión, aunque varían según el contexto. La inteligencia artificial (IA) promete revolucionar la enseñanza del razonamiento clínico, proponiendo su uso como un 'espejo cognitivo' que ayuda a identificar patrones sesgados en el pensamiento del estudiante y fomentar la metacognición. Proponemos integrar la IA en un ecosistema de aprendizaje inteligente adaptativo, que combine arquitectura educativa interdisciplinaria y ética. En este marco, el razonamiento clínico se conceptualiza como procesos duales: intuitivo y heurístico (sistema 1); y analítico y deliberativo (sistema 2). Autores como Flavell y Crowsley han destacado la importancia de la metacognición para identificar sesgos y mejorar la toma de decisiones clínicas. La IA se emplearía para reflejar el pensamiento del estudiante, permitiéndole explorar sus patrones y errores mediante simulaciones clínicas y tutorías. Herramientas como el motor de retroalimentación metacognitiva analizan decisiones y sugieren reflexiones metacognitivas, promoviendo a los estudiantes a reconsiderar sus decisiones sin sobrevalorar el análisis deliberado. El ecosistema de aprendizaje inteligente adaptativo también ofrece soporte emocional y conexiones globales, fortaleciendo competencias clínicas en un entorno de aprendizaje flexible y personalizado. Sin embargo, este enfoque requiere consideración ética sobre la privacidad de datos, transparencia algorítmica y formación docente. La conjunción de IA y ecosistema adaptativo representa un avance hacia una educación médica más crítica y globalmente conectada.

Palabras clave. Educación médica. Inteligencia artificial. Juicio clínico. Metacognición. Razonamiento clínico. Sesgos cognitivos.

Artificial intelligence as a mirror of medical reasoning: cognitive ecosystems for intelligent clinical education

Abstract. The development of clinical judgment is crucial in the training of healthcare professionals, though cognitive biases continue to lead to frequent errors. In response, medical education has implemented strategies such as reflection and supervision, though these vary depending on the context. Artificial intelligence (AI) promises to revolutionize the teaching of clinical reasoning by proposing its use as a 'cognitive mirror' to help identify biased patterns in students' thinking and foster metacognition. I propose integrating AI into an adaptive intelligent learning ecosystem that combines interdisciplinary and ethical educational architecture. In this framework, clinical reasoning is conceptualized as dual processes: intuitive and heuristic (system 1) and analytical and deliberative (system 2). Authors like Flavell and Crowsley have emphasized the importance of metacognition in identifying biases and improving clinical decision-making. AI would be used to reflect on the student's thinking, allowing them to explore their patterns and mistakes through clinical simulations and tutorials. Tools like the metacognitive feedback engine analyze decisions and suggest metacognitive reflections, encouraging students to reconsider their decisions without overvaluing deliberate analysis. The adaptive intelligent learning ecosystem also provides emotional support and global connections, strengthening clinical competencies in a flexible and personalized learning environment. However, this approach requires ethical consideration regarding data privacy, algorithmic transparency, and educator training. The combination of AI and adaptive ecosystem represents a step forward toward more critical and globally connected medical education.

Key words. Artificial intelligence. Clinical judgment. Clinical reasoning. Cognitive biases. Medical education. Metacognition.

Universidad Médica de Villa Clara. Santa Clara, Cuba (C.E. Hernández-Borrito). Departamento de Diagnóstico Médico. Grupo Médico de Ecodiagnóstico. Caracas, Venezuela (O. Reyes-de Hernández). Escuela de Medicina. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Manta, Ecuador (Y. Medrano-Plana, V.A. Franco-Solórzano).

Correspondencia:

Dr. Carlos Enrique Hernández Borrito. Universidad Médica de Villa Clara. Carr. Acueducto y Circunvalación, s/n. Santa Clara, Cuba.

E-mail:

cehborrito@gmail.com

Recibido:

15.05.25.

Aceptado:

22.07.25.

Conflicto de intereses:

Ninguno.

Competing interests:

None.

Cómo citar este artículo:

Hernández-Borrito CE, Reyes-de Hernández O, Medrano-Plana Y, Franco-Solórzano VA. Inteligencia artificial como espejo del razonamiento médico: ecosistemas cognitivos para una educación clínica inteligente. FEM 2025; 28: 73-9. doi:10.33588/fem.283.1173.

© 2025 FEM



Artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

ISSN: 2014-9832

ISSN (ed. digital): 2014-9840

Introducción

El desarrollo del juicio clínico es una de las competencias más complejas e importantes en la formación de profesionales de la salud. A pesar de los avances pedagógicos, los errores derivados de sesgos cognitivos siguen siendo una causa frecuente de diagnósticos incorrectos y decisiones subóptimas [1]. La educación médica ha abordado este problema con estrategias basadas en la reflexión, la discusión de casos y la supervisión experta, pero estos enfoques son heterogéneos y dependen en gran medida del contexto institucional y del formador [2].

La irrupción de la inteligencia artificial (IA) en la medicina ha generado un entusiasmo generalizado, especialmente por su capacidad para automatizar tareas diagnósticas, predecir complicaciones o personalizar tratamientos. No obstante, su aplicación en la formación del razonamiento clínico ha sido limitada y, en su mayor parte, instrumental [3]. En este artículo se propone una nueva visión: considerar la IA como un espejo cognitivo, es decir, como una herramienta capaz de detectar patrones sesgados en el pensamiento del estudiante, promover la metacognición y generar retroalimentación que favorezca el aprendizaje autorregulado y la mejora continua del juicio clínico. Asimismo, se plantea un ecosistema de aprendizaje inteligente adaptativo que integre estos avances en una arquitectura educativa más amplia, interdisciplinaria, ética y emocionalmente sensible [4,5].

Perspectivas epistemológicas y cognitivas del razonamiento clínico en la práctica médica

El razonamiento clínico ha sido conceptualizado desde diversas tradiciones. Los enfoques cognitivistas han identificado en él procesos duales: un sistema rápido, intuitivo y heurístico (sistema 1), y otro más lento, analítico y deliberativo (sistema 2), como han descrito Kahneman y Tversky en su teoría de los sistemas de pensamiento [6]. La enseñanza del razonamiento clínico exige, por tanto, no solo transmitir conocimientos médicos, sino también promover habilidades de reflexión sobre el propio pensamiento (metacognición), reconocimiento de sesgos y desarrollo de criterios de juicio clínico en contextos de incertidumbre [7,8].

Autores como Flavell y Zimmerman han sido fundamentales para entender cómo los individuos monitorizan, controlan y regulan sus procesos cognitivos. La metacognición en medicina, aplicada al

razonamiento clínico, permite a los estudiantes identificar cuándo están utilizando un atajo heurístico, cuándo es necesario ralentizar el pensamiento o cuándo puede haber un sesgo de anclaje o confirmación que distorsione su juicio [9,10]. En este marco, las contribuciones de Jerome Kasser han sido decisivas al introducir y sistematizar el uso de estrategias de razonamiento clínico, incluyendo el modelo de *script theory*, desarrollado en colaboración con expertos en educación médica. Esta teoría describe cómo los clínicos organizan y acceden a redes de conocimiento previamente estructuradas para enfrentar situaciones clínicas específicas, contribuyendo así a una toma de decisiones más eficiente y contextualizada [11-14].

Uno de los aportes más significativos en las últimas décadas ha sido el de Patricia Croskerry, quien ha profundizado en los factores que afectan a la toma de decisiones médicas, especialmente en lo relacionado con el error diagnóstico. Croskerry ha señalado que una gran parte de estos errores se originan en sesgos cognitivos no detectados y ha propuesto una serie de intervenciones educativas para desarrollar una 'higiene cognitiva' que favorezca el razonamiento clínico seguro. En sus trabajos, destaca la necesidad de enseñar explícitamente a los estudiantes a identificar y contrarrestar los sesgos más comunes, como el de anclaje, disponibilidad o confirmación, promoviendo una actitud reflexiva que permita revisar y corregir el propio pensamiento [1,15].

Geoffrey Norman, por su parte, ha desarrollado investigaciones empíricas que cuestionan algunas de las suposiciones tradicionales sobre cómo piensan los médicos. Ha mostrado que los expertos no siempre siguen un razonamiento analítico sistemático, sino que muchas veces recurren a patrones almacenados en su memoria (*scripts*), basados en la experiencia previa. Norman ha demostrado que el sistema 1 no debe entenderse como una forma inferior de pensamiento, sino como un proceso adaptativo que, cuando se entrena y afina con la experiencia, se convierte en una herramienta poderosa para el diagnóstico clínico rápido y preciso. Además, ha advertido contra la sobrevaloración del análisis deliberado como único camino hacia decisiones clínicas correctas, abogando por una integración flexible de ambos sistemas [16,17].

Complementariamente, desde una perspectiva más filosófica y educativa, Donald Schön ha aportado el concepto de reflexión en la acción, que ha sido fundamental para comprender cómo los profesionales desarrollan conocimiento práctico en situaciones reales. Según Schön, el clínico competen-

te no solo aplica conocimientos previamente adquiridos, sino que reflexiona de forma activa y continua mientras actúa, ajustando sus decisiones al contexto cambiante y a las respuestas del paciente. Esta reflexividad práctica es clave para enseñar razonamiento clínico en escenarios auténticos, y se articula bien con el enfoque metacognitivo propuesto por otros autores [18,19].

En los últimos años, además, han cobrado relevancia los aportes de la teoría de la cognición situada y del pensamiento complejo. Desde la primera, el razonamiento clínico no puede entenderse fuera del contexto en que se produce: los entornos clínicos reales, con su carga de incertidumbre, relaciones interpersonales y limitaciones materiales, moldean los procesos cognitivos. Por su parte, el pensamiento complejo (Morin) aporta una visión integradora y no reduccionista, subrayando la necesidad de articular distintos niveles de análisis (biológico, psicológico, social o ético) en la toma de decisiones clínicas. Esta mirada resulta particularmente útil para comprender cómo la IA, al modelar datos y generar respuestas, puede tanto enriquecer como empobrecer el juicio clínico, dependiendo de cómo se utilice [20,21].

Espejo cognitivo: una herramienta para la reflexión metacognitiva

El concepto de 'espejo cognitivo' alude a la posibilidad de utilizar herramientas de IA para reflejar y problematizar los propios procesos de pensamiento de los estudiantes. En lugar de actuar como una fuente de verdad o como un sustituto del juicio clínico, la IA podría funcionar como un interlocutor artificial que devuelve al estudiante una representación externa de su razonamiento, ayudándole a identificar inconsistencias, vacíos de conocimiento o sesgos implícitos [22-26].

Inspirado en los modelos de Donald Schön [18,19] ('reflexión en la acción') y el enfoque de doble proceso (sistema 1, intuitivo, frente a sistema 2, analítico), se plantearía un modelo triádico de interacción:

- Estudiante: emite decisiones clínicas, construidas desde su conocimiento y experiencia.
- Caso clínico simulado: contexto controlado que presenta información clínica progresiva.
- IA metacognitiva: agente inteligente que analiza las decisiones del estudiante, identifica posibles sesgos y sugiere preguntas autorreflexivas.

Este modelo buscaría que el estudiante no solo acierte o falle, sino que comprenda cómo pensó, por qué

decidió lo que decidió y cuáles son sus patrones de error. Además, se incorporarían tecnologías de visualización de datos para representar los patrones de pensamiento y sesgos individuales mediante mapas cognitivos interactivos y trayectorias de decisión. Estas herramientas favorecerían una comprensión más profunda del proceso de razonamiento y permitirían el seguimiento longitudinal de la evolución del pensamiento clínico.

Por ejemplo, si un estudiante presenta un caso clínico a un sistema de IA y este genera una lista de diagnósticos diferenciales que el estudiante no había considerado, se abre una oportunidad para la reflexión: ¿por qué no consideré ese diagnóstico?, ¿estoy sobrevalorando una hipótesis inicial (sesgo de anclaje)?, ¿qué datos omití o interpreté incorrectamente? Así, el sistema no ofrecería solo información, sino una provocación cognitiva [15,27].

Esta función de la IA podría integrarse en dispositivos pedagógicos, como tutorías clínicas, simulaciones, actividades de reflexión escrita o análisis de casos. Incluso podría utilizarse para generar explicaciones alternativas, cuestionar razonamientos lineales o explicitar los supuestos epistémicos de ciertas decisiones. En todos estos casos, el docente desempeña un papel clave como mediador, facilitando la interpretación crítica de las respuestas de la IA y promoviendo la toma de conciencia sobre los procesos de pensamiento involucrados [28].

Ejemplos clínicos ilustrativos del uso de IA como espejo cognitivo son los siguientes:

- *Caso 1.* Un estudiante evalúa a una paciente con dolor torácico y, tras una anamnesis breve y un electrocardiograma normal, concluye rápidamente que se trata de una causa ansiosa. Al introducir los datos en un sistema de IA, este sugiere como posibles diagnósticos un síndrome coronario atípico, una disección aórtica o una embolia pulmonar. Esto motiva al estudiante a revisar su razonamiento inicial, reconociendo que se dejó llevar por el sesgo de disponibilidad y por una heurística de representatividad errónea.
- *Caso 2.* Un residente propone iniciar un antibiótico específico para una paciente con fiebre y disuria, sin considerar alergias previas. Al ingresar el caso en un chatbot médico, este indica la necesidad de evaluar antecedentes de hipersensibilidad. Este 'detalle omitido' lleva al residente a revisar su rutina de interrogatorio clínico, identificando un patrón de omisión cognitiva repetida.
- *Caso 3.* En un seminario de razonamiento clínico, unos estudiantes son invitados a comparar sus hipótesis diagnósticas con las de una IA. Posteriormente, reflexionan grupalmente sobre

las diferencias. En muchos casos, emergen patrones como el sesgo de confirmación, la tendencia a descartar datos contradictorios o el exceso de confianza en una sola fuente. El análisis comparado entre razonamientos humanos y artificiales estimula la discusión crítica y la toma de conciencia metacognitiva.

La propuesta de utilizar la IA como espejo cognitivo tiene implicancias profundas. En términos epistemológicos, obliga a cuestionar la naturaleza del conocimiento clínico, su relación con la experiencia y su vulnerabilidad a sesgos. En términos pedagógicos, abre nuevas formas de enseñanza centradas en la reflexión, el diálogo y la exploración de la incertidumbre. Y en términos éticos, plantea el deber de enseñar a usar la IA con juicio crítico, evitando tanto la dependencia acrítica como el rechazo tecnofóbico [13].

Asimismo, esta propuesta requiere una redefinición del papel del docente. Lejos de ser un transmisor de información, el docente se convierte en un facilitador de procesos metacognitivos, en un mediador entre el estudiante y las múltiples fuentes de conocimiento (incluyendo la IA). Requiere, además, una formación docente específica, capaz de integrar saberes pedagógicos, tecnológicos y éticos.

Entre las limitaciones de esta propuesta se encuentran la necesidad de contar con recursos tecnológicos adecuados, la brecha digital entre estudiantes y docentes, y los riesgos asociados al uso de IA con datos clínicos reales. Además, no todos los estudiantes se beneficiarían por igual de este enfoque: algunos podrían experimentar ansiedad, y otros podrían utilizar la IA como atajo y no como herramienta reflexiva.

Por ello, su implementación debe ser cuidadosa, contextualizada y acompañada de evaluaciones formativas que incluyan la reflexión crítica como criterio central. También se requiere una alfabetización digital y epistémica que permita a los estudiantes interpretar las respuestas de la IA en su justo valor: como construcciones probabilísticas, no como verdades absolutas [14].

Como hemos visto, los sesgos cognitivos son atajos mentales (heurísticos) que, si bien facilitan la toma rápida de decisiones, pueden inducir a errores sistemáticos [29]. Entre los más comunes en medicina se encuentran:

- Sesgo de anclaje: fijación en una hipótesis inicial sin revisarla ante una nueva evidencia.
- Sesgo de disponibilidad: tendencia a valorar diagnósticos más frecuentes o recientes.

- Cierre prematuro: aceptación de la primera explicación sin agotar otras opciones.
- Sesgo de confirmación: búsqueda de datos que apoyen la hipótesis inicial, ignorando los contradictorios.

La metacognición, entendida como la capacidad de reflexionar sobre el propio pensamiento, se considera una herramienta clave para mitigar estos sesgos. Sin embargo, enseñarla y evaluarla representa un reto didáctico considerable. En este contexto, la IA podría tener un nuevo papel, no como generadora de conocimiento, sino como facilitadora de conciencia metacognitiva, permitiendo al estudiante observar su pensamiento en acción y modificarlo en función de la retroalimentación.

La inteligencia artificial no posee pensamiento crítico genuino como el de un ser humano, ya que carece de conciencia, intencionalidad y juicio moral. Sin embargo, puede ejecutar procesos funcionalmente análogos –como análisis, síntesis, evaluación de argumentos o razonamiento lógico– mediante algoritmos entrenados con grandes volúmenes de datos y reglas predefinidas. Aunque estos procesos imitan aspectos del pensamiento crítico, no surgen de una comprensión profunda ni de una autoconciencia reflexiva. La IA responde a patrones estadísticos, sin valores propios, emociones ni interpretación cultural auténtica.

La tabla sintetiza las diferencias esenciales entre el pensamiento crítico humano y las operaciones de la IA.

Implementación propuesta: motor de retroalimentación metacognitiva

Se plantearía la creación de un motor de retroalimentación metacognitiva basado en algoritmos de procesamiento de lenguaje natural y aprendizaje automático supervisado, que funcione integrado a plataformas de simulación clínica. Sus funciones incluirían:

- Análisis del lenguaje: utilizado por el estudiante para identificar anclajes, generalizaciones o evasiones.
- Registro de decisiones diagnósticas y terapéuticas, así como su secuencia temporal y argumentos justificativos.
- Retroalimentación personalizada con preguntas metacognitivas como: ‘¿Consideraste diagnósticos alternativos?’, ‘¿Qué dato omitiste?’, ‘¿Por qué descartaste esta posibilidad?’.
- Perfil de sesgos individuales: dinámico y actualizable, que permite ajustar futuros escenarios de

simulación y diseñar intervenciones pedagógicas específicas.

Adicionalmente, se podría integrar un enfoque de gamificación, introduciendo desafíos o misiones que motiven a los estudiantes a identificar y corregir sesgos para avanzar en los niveles de simulación, incrementando así el compromiso, la retención del aprendizaje y la motivación intrínseca. También se plantearía la integración de avatares virtuales que representen mentores cognitivos, favoreciendo la interacción social simulada y el modelaje del razonamiento experto.

Ecosistema de aprendizaje inteligente adaptativo

El ecosistema de aprendizaje inteligente adaptativo se concebiría como un entorno de aprendizaje personalizable que se adapte continuamente a las necesidades y progresos de cada estudiante [30-41]. Sus principales componentes incluirían:

- Análisis predictivo de progreso académico: utilizando modelos de IA se podría prever el rendimiento futuro del estudiante y generar rutas de aprendizaje personalizadas que consideren sus fortalezas, debilidades, ritmo y estilo cognitivo.
- Inteligencia artificial emocional: esta IA detectaría y respondería a las emociones durante el proceso de aprendizaje, ofreciendo apoyo emocional, técnicas de manejo del estrés y estrategias de afrontamiento cognitivo, mejorando así el bienestar integral del estudiante.
- Simulaciones dinámicas de escenarios clínicos: estas simulaciones utilizarían IA para adaptar los casos clínicos de acuerdo con el progreso del estudiante, creando desafíos adecuados y ofreciendo experiencias de aprendizaje personalizadas que evolucionan a su ritmo y promueven el aprendizaje significativo.
- Conexiones globales automatizadas: mediante el uso de plataformas de IA, los estudiantes podrían interactuar con colegas de todo el mundo, emparejándose automáticamente con los que compartan intereses, contextos clínicos o desafíos similares, generando comunidades de práctica internacionalizadas.
- Evaluación continua de competencias: implementación de sistemas inteligentes que medirían las competencias clínicas en tiempo real, proporcionando retroalimentación inmediata y longitudinal para mejorar constantemente las habilidades prácticas, teóricas, comunicativas y éticas.

Tabla. Pensamiento crítico humano frente a procesamiento análogo en la inteligencia artificial.

Dimensión	Ser humano	Inteligencia artificial
Juicio ético-moral	Basado en valores, experiencia, empatía y normas sociales	No posee; puede simular decisiones éticas siguiendo algoritmos
Emoción e intuición	Integra emociones, afecto e intuición en el razonamiento	No tiene emociones; no puede intuir, solo calcula
Metacognición auténtica	Reflexiona sobre sus propios procesos de pensamiento	Solo emula metacognición mediante modelos predefinidos
Contexto social y cultural	Interpreta significados desde su historia, cultura e interacción social	Limitado a los datos y sesgos presentes en su entrenamiento
Reflexión crítica autónoma	Cuestiona supuestos, genera nuevos marcos interpretativos	No es autónoma; sigue instrucciones y patrones del entrenamiento
Propósito e intención	Dirige su pensamiento hacia fines personales, sociales o éticos	Carece de intencionalidad propia
Adaptabilidad compleja	Puede adaptar su pensamiento creativamente ante incertidumbre o ambigüedad	Limitada a respuestas dentro de sus parámetros y entrenamiento
Conciencia de sí (autoconciencia)	Posee sentido del yo, conciencia y responsabilidad	No tiene conciencia ni identidad

Implementación sinérgica del espejo cognitivo y el ecosistema de aprendizaje inteligente adaptativo

La integración del espejo cognitivo dentro del ecosistema de aprendizaje inteligente adaptativo crearía un ecosistema en el que la metacognición y la personalización trabajan en conjunto. Este modelo triádico de interacción –compuesto por el estudiante, los casos clínicos simulados y la IA metacognitiva– se ve enriquecido por el análisis predictivo, la respuesta emocional, el perfil cognitivo y las conexiones globales. La IA metacognitiva analizaría las decisiones clínicas, identificando sesgos y sugiriendo reflexiones autorregulativas, mientras que el ecosistema de aprendizaje inteligente adaptativo ajustaría el contenido, las simulaciones y las estrategias pedagógicas en respuesta a estas reflexiones, asegurando una mejora continua en competencias clínicas esenciales, la conciencia del error y el desarrollo de una práctica médica más empática, crítica y basada en la evidencia [3,8-10,42].

Impacto y oportunidades interdisciplinarias

Este enfoque abriría nuevas posibilidades de integración entre diversas disciplinas:

- Psicología cognitiva y neuroeducación: la aplica-

ción de teorías de errores y procesos duales del pensamiento se combinaría con indicadores fisiológicos de error (*neurofeedback*), activando una respuesta emocionalmente consciente al aprendizaje y facilitando la neuroplasticidad del juicio clínico.

- Filosofía de la medicina: estimularía la humildad epistémica, el reconocimiento del error como parte del conocimiento, la ética de la incertidumbre y una actitud crítica hacia los límites del conocimiento clínico.
- IA generativa y tecnología educativa: modelos de lenguaje como ChatGPT permitirían la creación de tutores virtuales que interactúen de manera reflexiva con los estudiantes, brindando soporte constante, generando preguntas desafiantes, estimulando la autoconciencia y permitiendo escenarios alternativos de simulación.
- Culturalidad y diversidad: al comprender cómo los contextos socioculturales influyen en los sesgos cognitivos, se podría trabajar en el diseño de una educación médica más inclusiva, culturalmente segura y capaz de preparar a médicos para un entorno global, equitativo y éticamente informado.

Desafíos éticos, pedagógicos y técnicos

Implementar este modelo conllevaría retos significativos:

- Privacidad y ética de datos: necesidad de proteger los datos cognitivos y emocionales del estudiante, asegurando su consentimiento informado, el control sobre su información personal y la supervisión ética de su uso por parte de instituciones educativas.
- Transparencia algorítmica: comprender y explicar cómo la IA toma decisiones es esencial para confiar en sus recomendaciones, evitar sesgos algorítmicos y fomentar la rendición de cuentas.
- Formación y capacitación docente: los educadores deben estar preparados para interpretar los datos generados, traducirlos en intervenciones pedagógicas efectivas y acompañar al estudiante en su proceso metacognitivo sin delegar su función formativa en la IA.
- Equilibrio entre IA y pensamiento humano: fomentar que la IA complemente, pero no reemplace, el razonamiento humano, promoviendo un equilibrio saludable entre automatización y reflexión manual, evitando la dependencia tecnológica y estimulando la autonomía intelectual del futuro médico.

- Validación y evaluación continua: necesidad de investigar empíricamente el impacto de estos sistemas sobre el aprendizaje, la ética profesional, la práctica clínica y la seguridad del paciente, estableciendo marcos de validación robustos y adaptativos.

Conclusiones y proyecciones

La combinación del espejo cognitivo y el ecosistema de aprendizaje inteligente adaptativo representaría un avance significativo hacia una educación médica más personalizada, reflexiva, crítica y conectada globalmente. Este modelo promete preparar a los futuros médicos para enfrentar los desafíos de un mundo en rápida evolución, combinando conocimiento técnico y competencias humanísticas en un enfoque holístico e innovador. La colaboración interdisciplinaria, la validación empírica y un enfoque ético, inclusivo y adaptativo son claves para hacer realidad esta visión futurista de la educación médica. Al integrar las capacidades de la IA con los fundamentos éticos y humanistas de la medicina, este enfoque propone no solo formar médicos competentes, sino verdaderos pensadores clínicos, emocionalmente conscientes y socialmente responsables.

Bibliografía

1. Croskerry P. The importance of cognitive errors in diagnosis and strategies to minimize them. *Acad Med* 2003; 78: 775-80.
2. Blumenthal-Barby JS, Krieger H. Cognitive biases and heuristics in medical decision making: a critical review using a systematic search strategy. *Med Decis Making* 2015; 35: 539-57.
3. Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med* 2019; 25: 44-56.
4. Topol EJ. Deep medicine: how artificial intelligence can make healthcare human again. New York: Basic Books; 2019.
5. Amann J, Blasimme A, Vayena E, Frey D, Madai VI. Explainability for artificial intelligence in healthcare: a multidisciplinary perspective. *BMC Med Inform Decis Mak* 2020; 20: 310.
6. Kahneman D, Tversky A. Judgment under uncertainty: heuristics and biases. *Science* 1974; 185: 1124-31.
7. Artino AR Jr, Dong T, DeZee KJ, Gilliland WR, Waechter DM, Cruess D, et al. Development and initial validation of a survey to assess students' self-regulated learning strategies in medical school. *Acad Med* 2012; 87: 1378-85.
8. Sandars J, Cleary TJ. Self-regulation theory: applications to medical education: AMEE Guide No. 58. *Med Teach* 2011; 33: 875-86.
9. Flavell JH. Metacognition and cognitive monitoring: a new area of cognitive-developmental inquiry. *Am Psychol* 1979; 34: 906-11.
10. Zimmerman BJ. Becoming a self-regulated learner: an overview. *Theory Pract* 2002; 41: 64-70.
11. Kassirer JP. Teaching clinical reasoning: case-based and coached. *Academic Medicine* 2010; 85: 1118-24.

12. Sox HC, Blatt MA, Higgins MC, Kassirer JP. Medical decision making. 2 ed. Philadelphia: ACP Press; 2007.
13. Chan KS, Zary N. Applications and challenges of implementing artificial intelligence in medical education: integrative review. *JMIR Med Educ* 2019; 5: e13930.
14. Park SH, Han K. Methodologic guide for evaluating clinical performance and effect of artificial intelligence technology for medical diagnosis and prediction. *Radiology* 2018; 286: 800-9.
15. Croskerry P. Cognitive forcing strategies in clinical decisionmaking. *Ann Emerg Med* 2003; 41: 110-20.
16. Norman G. Dual processing and diagnostic errors. *Adv Health Sci Educ Theory Pract* 2009; 14 (Suppl 1): S37-49.
17. Norman G. Research in clinical reasoning: past history and current trends. *Med Educ* 2005; 39: 418-27.
18. Schön DA. The reflective practitioner: how professionals think in action. New York: Basic Books; 1983.
19. Schön DA. Educating the reflective practitioner. San Francisco: Jossey-Bass; 1987.
20. Morin E. Introducción al pensamiento complejo. Barcelona: Gedisa; 1990.
21. Bordage G. Elaborated knowledge: a key to successful diagnostic thinking. *Acad Med* 1994; 69: 883-5.
22. Gonsalves R, Hung W, Schmidt HG. The case for metacognitive reflection: a theory integrative review. *Med Educ* 2024; 58: 122-32.
23. Larsen DP, Butler AC, Roediger HL 3rd. How cognitive psychology changed the face of medical education. *Perspect Med Educ* 2021; 10: 307-12.
24. Khan R, Khilji S, Shafi M, Qureshi AU, Rehman A. Cognitive simulation using mental rehearsal for procedural training in medical education: a scoping review. *J Med Educ Curric Dev* 2024; 11: 23821205251313728.
25. Löffler K, Möller A, Baier A, Heining SM, Teschner M, Döllinger M, et al. The benefits of an augmented reality magic mirror system for teaching anatomy—a pilot study. *Anat Sci Educ* 2023; 16: 838-50.
26. Fallarero F, Torkkeli A, Tamminen P, Schott N, Koskinen E. Faculty application and perceived effectiveness of cognitive learning principles in medical education. *BMC Med Educ* 2024; 24: 159.
27. Schmidt HG, Mamede S. How to improve the teaching of clinical reasoning: a narrative review and a proposal. *Med Educ* 2015; 49: 961-73.
28. London AJ. Artificial intelligence and black-box medical decisions: accuracy versus explainability. *Hastings Cent Rep* 2019; 49: 15-21.
29. Saposnik G, Redelmeier D, Ruff CC, Tobler PN. Cognitive biases associated with medical decisions: a systematic review. *BMC Med Inform Decis Mak* 2016; 16: 138.
30. Rodríguez-Suárez J, Fajardo-Dolci G, Ramírez-Solís ME. Sistema de aprendizaje adaptativo para la educación médica. *Gac Med Mex* 2006; 142: 65-70.
31. Schwartzstein R. Adaptive learning. *Harvard Med Mag* 2019; Summer: 1-5.
32. González A. Ecosistemas de aprendizaje: transformando la educación superior. Pearson Latam Blog. 2023. URL: <https://blog.pearsonlatam.com/educacion-del-futuro/ecosistemas-de-aprendizaje-transformando-la-educacion-superior>. Fecha última consulta: 23.04.2025.
33. Bayne S, Gallagher M. Adaptive Learning in medical education: the final piece of the puzzle? *Med Educ Online* 2018; 23: 152-8.
34. Tecnologías de Aprendizaje Adaptativo: una nueva frontera en la personalización del conocimiento. ISEP. 2024. URL: <https://www.isep.es/actualidad/tecnologias-de-aprendizaje-adaptativo-una-nueva-frontera-en-la-personalizacion-del-conocimiento/>. Fecha última consulta: 18.04.2025.
35. Zhang Y, Wang L, Li H. Artificial intelligence empowering public health education: prospects and challenges. *Front Public Health* 2024; 12: 11252473.
36. García-Peñalvo FJ, Conde MA. Aprendizaje adaptativo. Universidad de Valladolid; 2016. URL: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/21000/TFM-G648.pdf>. Fecha última consulta: 11.04.2025.
37. González C, Rodríguez M, Pérez J. Ecosistemas de aprendizaje inteligentes. *Rev Iberoam Educ Distancia* 2021; 24: 45-60.
38. Smith J, Lee K. Building an adaptive learning ecosystem for optimized patient care. *Intell HealthTech* 2025; 3: 12-20.
39. Téllez Garza P. Revolucionando la educación médica con realidad extendida y aprendizaje adaptativo. Observatorio de Innovación Educativa. 2023. URL: <https://observatorio.tec.mx/revolucionando-la-educacion-medica-con-realidad-extendida-y-aprendizaje-adaptativo/>. Fecha última consulta: 25.04.2025.
40. López D, Martínez A. Personalized adaptive learning in higher education: a scoping review. *Heliyon* 2024; 10: e15234.
41. Desai SV, Burk-Rafel J, Lomis KD, Caverzagie KJ, Richardson J. Precision education: the future of lifelong learning in medicine. *Acad Med* 2024; 99: 567-73.
42. Yu KH, Beam AL, Kohane IS. Artificial intelligence in healthcare. *Nat Biomed Eng* 2018; 2: 719-31.