



## ORIGINAL

# MED-IA: modelo educativo digital para la formación médica de especialidades clínicas, basado en inteligencia artificial



Nelson Iván Chávez Mostajo

Departamento de Medicina, Servicio Medicina Interna, Hospital Clínico Viedma, Cochabamba, Bolivia

Recibido el 21 de julio de 2025; aceptado el 5 de septiembre de 2025

Disponible en Internet el xxxx

## PALABRAS CLAVE

Inteligencia artificial;  
Tutoría virtual;  
Educación médica;  
Desempeño académico;  
Aprendizaje personalizado

## Resumen

**Introducción:** la digitalización de la educación médica exige modelos formativos capaces de personalizar la tutoría clínica. El modelo pedagógico MED-IA propone integrar inteligencia artificial (IA) generativa para acompañar a médicos residentes.

**Métodos:** se realizó un estudio mixto, longitudinal, con diseño investigación-acción. Participaron 27 residentes del área clínica de un hospital de tercer nivel en Bolivia. Se diseñó e implementó un programa didáctico basado en un tutor virtual personalizado, llamado Guard IA, sustentado en GPT-4o, que fue operado durante 8 semanas. Se midió el rendimiento académico según las notas de la evaluación sumativa y las percepciones de los usuarios mediante escalas Likert para su posterior análisis estadístico por las pruebas de Wilcoxon y correlaciones de Spearman. A partir de ese programa, se plantean las bases teóricas para el modelo pedagógico MED-IA.

**Resultados:** la calificación promedio aumentó de  $65,5 \pm 6,8$  a  $88,0 \pm 5,4$  ( $p < 0,001$ ) en quienes utilizaron el tutor virtual. El 84% de los usuarios mejoró su rendimiento frente al 33% de los no usuarios; la frecuencia de uso se correlacionó con la diferencia de nota ( $r = 0,54$ ). El 91% declaró alta satisfacción y el 76% recomendaría el tutor.

**Conclusión:** el modelo demostró eficacia pedagógica y aceptación, ofreciendo un acompañamiento adaptativo que fortalece el razonamiento clínico y la autonomía del aprendizaje.

© 2025 El Autor/Los Autores. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Correo electrónico: [amia.doctorchavez@gmail.com](mailto:amia.doctorchavez@gmail.com).

<https://doi.org/10.1016/j.edumed.2025.101116>

1575-1813/© 2025 El Autor/Los Autores. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

**KEYWORDS**

Artificial Intelligence;  
Virtual tutoring;  
Medical education;  
Academic  
performance;  
Personalized learning

**MED-IA: Digital educational model for clinical specialty medical training based on artificial intelligence****Abstract**

*Introduction:* The digitalization of medical education demands instructional models capable of personalizing clinical tutoring. The pedagogical model MED-IA proposes integrates generative artificial intelligence (AI) to support medical residents.

*Methods:* A mixed-method, longitudinal, action-research study was conducted. Twenty-seven residents from the clinical area of a tertiary hospital in Bolivia participated. A didactic program was designed and implemented, centered on a personalized virtual tutor named Guard IA, powered by GPT-4o, and operated over eight weeks. Academic performance was measured through summative evaluation scores, and user perceptions were assessed using Likert scales. Statistical analysis included Wilcoxon tests and Spearman correlations. Based on this program, the theoretical foundations for the MED-IA pedagogical model were established.

*Results:* The average score increased from  $65.5 \pm 6.8$  to  $88.0 \pm 5.4$  ( $p < 0.001$ ) among users of the virtual tutor. A total of 84% of users improved their performance, compared to 33% of non-users; usage frequency correlated with score improvement ( $r = 0.54$ ). Additionally, 91% of participants reported high satisfaction, and 76% would recommend the tutor.

*Conclusion:* The model demonstrated pedagogical effectiveness and user acceptance, offering adaptive support that strengthens clinical reasoning and learning autonomy.

© 2025 The Author(s). Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

**Introducción**

Los programas de residencia en Latinoamérica continúan apoyándose en metodologías clásicas de tipo presencial, develando cada vez más las limitaciones del modelo clásico frente al avance tecnológico, la creciente información médica y las limitaciones pedagógicas que la creciente demanda asistencial provoca en el tiempo que los tutores médicos pueden dedicar a las actividades educativas con los médicos residentes<sup>1,2</sup>.

Los modelos pedagógicos basados en tutoría virtual mediante inteligencia artificial (IA) en la formación de médicos especialistas se centran principalmente en el uso de sistemas inteligentes de tutoría (*Intelligent Tutoring Systems*, ITS), integrados en plataformas de simulación virtual y aprendizaje basado en casos clínicos<sup>3</sup>. Estos modelos emplean algoritmos de aprendizaje automático y procesamiento de lenguaje natural para analizar el desempeño del estudiante, identificar patrones de error y proporcionar retroalimentación personalizada y adaptativa, optimizando así el proceso de adquisición de competencias clínicas y técnicas<sup>4</sup>.

El modelo educativo MED-IA surge como propuesta teórico-práctica al integrar IA generativa con principios de constructivismo social, aprendizaje autorregulado y pedagogía adaptativa digital. La IA actúa como mediadora cognitiva que ajusta la complejidad de los casos clínicos y entrega retroalimentación instantánea<sup>5</sup>, permitiendo al residente aprender a su propio ritmo sin perder el contacto con la realidad asistencial.

El modelo teórico propuesto surge a partir del desarrollo de un estudio de enfoque epistemológico interpretativo, de diseño investigación acción cuali-cuantitativo, donde la hipótesis planteaba que la implementación de un modelo

de tutoría virtual basado en inteligencia artificial (Tutor Guard IA) impactaría positivamente en la calidad de los procesos de enseñanza y aprendizaje de médicos residentes del área clínica de un hospital de tercer nivel. Como objetivo, el estudio tuvo como propósito central evaluar el impacto de la inteligencia artificial como estrategia de tutoría virtual en la formación de médicos residentes de áreas clínicas, mediante la implementación y el análisis de un entorno virtual de aprendizaje durante la gestión académica 2024. Para alcanzar este objetivo general, se plantearon 3 objetivos específicos: primero, caracterizar el estado situacional de la formación de los residentes en el marco de la educación virtual con un enfoque en la inteligencia artificial; segundo, diseñar e implementar un entorno de aprendizaje a través de sistemas de inteligencia artificial; y tercero, interpretar el impacto de esta estrategia pedagógica a partir tanto de las percepciones de los actores involucrados como de su desempeño académico.

**Material y métodos**

Se propone un modelo teórico educativo MED-IA, que surge en sus fundamentos de los resultados que se obtuvieron a partir de la tesis doctoral *Tutoría virtual basada en inteligencia artificial como método de apoyo en los procesos de enseñanza y aprendizaje de médicos residentes del área clínica en el Hospital clínico Viedma*<sup>6</sup>.

El estudio siguió 3 fases:

**Diagnóstico:** caracterización del estado situacional de la formación de los médicos residentes en el contexto de la educación virtual, con enfoque en la inteligencia artificial, evaluando sus conocimientos, actitudes y prácticas. A partir de encuestas y entrevistas.

**Implementación:** diseño e implementación de un entorno virtual de aprendizaje que promueva la interacción, colaboración y construcción conjunta de conocimiento entre médicos residentes basado en sistemas de inteligencia artificial; se aplicaron estrategias activas virtuales para la instrucción de los residentes en instrumentos didácticos basados en modelos de IA.

A partir de las percepciones y resultados obtenidos por encuestas y entrevistas estructuradas, se personalizó y diseñó el tutor virtual (Guard IA), en formato GPT de ChatGPT en su modelo 4o, que operó a disposición de los usuarios, resolviendo dudas, sugiriendo lecturas y generando simulaciones clínicas dialogadas. La población de estudio se muestreó por censo y la selección de usuarios se dio según la evolución del estudio y la elección personal de los residentes para usar el tutor virtual.

El tutor virtual se generó a partir de la ingeniería de *prompts* complejos diseñados por los autores, se alimentó el GPT con archivos de contenido médico, que sirvieran como marco teórico y técnico para las consultas de los residentes. Para mejorar la validez del contenido, el tutor virtual fue probado por un panel de expertos educativos (docentes clínicos con posgrado en educación superior, jefe de enseñanza hospitalario y director de posgrado universitario); a quienes luego se les aplicó una encuesta estructurada, que fue sometida a un análisis interpretativo de resultados, mismo que concluyó en que el tutor virtual, desde la perspectiva de los expertos cumplía unánimemente los criterios de «utilidad» en la formación clínica de los residentes; «satisfacción» en términos de precisión, actualización y facilidad de uso; y que ellos recomendarían este tutor virtual como una herramienta eficaz en la formación de médicos residentes.

**Evaluación:** se evaluó el impacto de la estrategia pedagógica a partir de las percepciones de los residentes y su desempeño académico objetivo; por el diseño del estudio no se guardaron datos de las interacciones de los usuarios en servidores externos a los de OpenAI. Tras 8 semanas de uso libre del tutor virtual, se compararon las calificaciones de las pruebas clínicas objetivas rutinarias de los programas académicos de formación y se recogieron percepciones mediante un cuestionario tipo Likert (1–5) de 18 ítems, cuyas categorías se describen en el apartado de resultados. El análisis cuantitativo empleó prueba de rangos con prueba de Wilcoxon para calificaciones y correlaciones de Spearman para vincular la frecuencia de uso con resultados y satisfacción ( $\alpha = 0,05$ ). El análisis cualitativo temático trianguló discursos sobre utilidad, barreras y oportunidades.

## Resultados

En el análisis descriptivo la muestra presentó una ligera mayoría femenina (55,2%), diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ). La mayoría de los participantes (65,5%) tenía entre 25 y 30 años, frente a un 34,5% de entre 31 y 40 años; esta diferencia también fue significativa ( $p < 0,05$ ), lo que indicó una mayor concentración de residentes jóvenes. La edad promedio fue de  $30,96 \pm 3,63$  años, lo que reflejó homogeneidad etaria. En cuanto a las especialidades de los residentes: medicina interna predominó con un 72,4%, seguida de geriatría (20,7%) y hematología (6,9%), con diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

**Tabla 1** Variables demográficas de los médicos residentes

		N	%	p
Género	Hombre	13	44,80	<0,05
	Mujer	16	55,20	
Rango de edad	25 a 30	19	65,50	<0,05
	31 a 40	10	34,50	
Edad	Media	30,96		<0,05
	Desviación	3,63		
Especialidad	Medicina interna	21	72,40	<0,05
	Geriatría	6	20,70	
	Hematología	2	6,90	
Año de residencia	1.° año	11	37,90	<0,05
	2.° año	8	27,60	
	3.° año	10	34,50	
Uso el tutor	Sí	21	77,70	<0,05
	No	6	22,30	
guardia durante el periodo de estudio				

Esta tabla muestra la distribución de frecuencia para las variables demográficas de los médicos residentes, N = 29.

a favor de la primera. Según el año de formación, el 37,9% cursaba primer año, el 27,6% segundo año y el 34,5% tercer año (tabla 1).

**Desempeño académico:** la mediana de mejora en las calificaciones fue de 22,5 puntos; la prueba de Wilcoxon arrojó  $Z = -3,87$  ( $p < 0,001$ ) (tabla 2). El uso del tutor se asoció a una razón de ventajas (odds ratio) de 2,67 para alcanzar mejoría en el aprovechamiento académico (tabla 3).

**Relación uso-impacto:** la frecuencia de consultas (diarias, 3–5 veces/semana, 1–2 veces/semana) correlacionó positivamente con la diferencia de nota ( $r = 0,54$ ;  $p = 0,004$ ) (tabla 2).

**Satisfacción y recomendación:** la percepción de los residentes mostró como variables de mayor satisfacción con el tutor virtual la actualización de la información del tutor (media 4,38), la relevancia de la información obtenida (media 4,43) y la facilidad de uso (media 4,76), que fueron los ítems mejor valorados. El 91% calificó su satisfacción global como buena y el 76% recomendaría incorporar Guard IA a los programas de residencia médica.

**Tabla 2** Prueba de hipótesis para la relación entre el uso del tutor virtual y la diferencia en la evaluación

Resumen de contrastes de hipótesis			
Hipótesis nula	Prueba	Sig. <sup>a,b</sup>	Decisión
La mediana de diferencias entre uso de tutor y diferencia de nota es igual a 0	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	0,000	Rechace la hipótesis nula

Esta tabla muestra la prueba de hipótesis de Wilcoxon para muestras relacionadas entre la relación del uso del tutor virtual Guard IA y la diferencia en la calificación de la evaluación periódica de los residentes.

<sup>a</sup> El nivel de significación es de 0,50.

<sup>b</sup> Se muestra la significación asintótica.

**Tabla 3** Estimación para la ocurrencia de mejoría en la evaluación por el uso del tutor virtual

	Valor	Intervalo de confianza de 95%	
		Inferior	Superior
Razón de ventajas para uso de tutor (No/Sí)	2,667	0,327	21,733
N de casos válidos	27		

Esta tabla cruzada muestra la prueba de estimación de riesgo relativo entre el uso del tutor virtual Guard IA y la mejoría en las notas de evaluación académica.

**Hallazgos cualitativos:** los residentes destacaron la rapidez, la disponibilidad y la profundidad de las respuestas, así como el impulso a la reflexión diagnóstica. Las barreras se centraron en la versión gratuita limitada y la necesidad de ampliar ejemplos multimedia (tabla 4).

### Fundamento teórico del modelo MED-IA

La propuesta del modelo teórico educativo MED-IA articula 4 principios: a) la autonomía del residente, quien gestiona sus itinerarios; b) la adaptabilidad algorítmica, que regula la carga cognitiva mediante análisis de desempeño en tiempo real; c) la contextualización clínica, basada en problemas reales o simulados y d) la equidad formativa, al ofrecer tutoría continua incluso en entornos con limitada disponibilidad de docentes. La arquitectura combina 3 componentes: pedagógico (objetivos y actividades), clínico (casos y guías) y tecnológico (motor GPT-4o conectado a un banco de escenarios generativos). Esta tríada busca desarrollar competencias cognitivas, metacognitivas, procedimentales y ético-profesionales, alineando la formación con las demandas de la medicina contemporánea.

**Tabla 4** Correlaciones bivariantes relacionadas al uso del tutor y la nota de evaluación

Variable 1	Variable 2	Coefficiente de correlación	Significación (bilateral)
Uso de tutor	Frecuencia de uso	0,772	0,000
	Diferencia de nota	0,458	0,016
	Diferencia de nota	0,542	0,004
Frecuencia de uso	En general, el tutor virtual proporciona un valor significativo en su formación académica como médico residente	0,470	0,032
Diferencia de nota	Mejoría en evaluación	0,694	0,000

En esta tabla se muestra la correlación bivariable de Spearman para el uso y la frecuencia de uso del tutor virtual y la mejora en la calificación académica antes y después del uso del tutor Guard IA.

El modelo educativo se basa en una combinación coherente de 3 enfoques pedagógicos principales, los cuales se integran para sustentar la estructura y dinámica del modelo:

#### a) Constructivismo social (Vygotsky)

Se concibe el aprendizaje como un proceso activo y colaborativo, donde el estudiante construye significado a partir de la interacción con otros y con su contexto clínico<sup>7</sup>.

La inteligencia artificial actúa como un mediador simbólico que apoya al residente en la zona de desarrollo próximo (ZDP), facilitando la comprensión progresiva de conceptos clínicos complejos.

Se promueve la construcción del conocimiento entre pares, tutores humanos y sistemas inteligentes.

#### b) Aprendizaje autorregulado (Zimmerman, Pintrich)

El modelo fomenta la autonomía cognitiva del residente, permitiéndole gestionar sus objetivos, estrategias y evaluación del propio aprendizaje<sup>8</sup>.

Se incluye retroalimentación inmediata y personalizada proporcionada por el tutor IA, lo cual estimula la metacognición y el ajuste continuo de estrategias.

Se potencia la capacidad del estudiante para planificar, monitorear y regular sus procesos formativos, con un enfoque reflexivo y proactivo.

#### c) Pedagogía adaptativa digital

Se incorporan principios del aprendizaje adaptativo, donde el entorno ajusta dinámicamente los contenidos, la dificultad y los recursos según el perfil, progreso y necesidades del aprendiz<sup>9</sup>.

El tutor IA proporciona itinerarios formativos personalizados, adecuando el nivel de complejidad de los casos clínicos al desempeño previo. Abordando la problemática que representa la necesidad de inclusión tecnológica equitativa, utilizando la IA como estrategia para compensar la escasez de tutores humanos en ciertos contextos clínicos.

### Discusión

Los resultados indican que modelos educativos impulsados por inteligencia artificial como MED-IA, podrían potenciar el aprendizaje clínico, enlazando teoría y práctica mediante tutoría adaptativa. La mejora significativa de las calificaciones y la alta aceptación validan la hipótesis de que la IA generativa puede complementar, no sustituir, al tutor humano, ampliando la retroalimentación sin aumentar la carga docente. Los principios del modelo coinciden con la literatura internacional que subraya la eficacia de la personalización algorítmica y la evaluación formativa continua<sup>10,11</sup>.

El modelo MED-IA se inscribe en un paradigma epistemológico interpretativo, que reconoce que el conocimiento médico no es una entidad objetiva y absoluta, sino una construcción situada, contextual y dinámica<sup>6</sup>. Desde esta perspectiva:

- El conocimiento clínico se genera a partir de la interacción significativa entre el sujeto (médico residente) y el entorno de aprendizaje (casos, pacientes,



herramientas tecnológicas). Como expone Kolachalama y Garg (2018), la práctica médica moderna requiere no solo conocimientos clínicos, sino también la capacidad de adaptarse rápidamente a nuevas informaciones y tecnologías. El modelo MED-IA, tal como se ha implementado en este estudio, prepara a los médicos residentes para estos desafíos, propiciando un escenario adaptativo entre las dinámicas educativas del residente y su entorno de aprendizaje<sup>6,12</sup>.

- El proceso educativo es entendido como una coconstrucción del saber entre actores (estudiantes, tutores, inteligencia artificial) mediante la mediación tecnológica. Los resultados de este estudio corroboran la teoría de la personalización del aprendizaje, que sugiere que los métodos educativos que se adaptan a las necesidades individuales de los estudiantes son más efectivos<sup>5</sup>. Así como la evidencia existente sobre los sistemas de aprendizaje colaborativo, que respaldan la idea de que las plataformas que facilitan la comunicación y el intercambio de ideas pueden mejorar significativamente el aprendizaje<sup>13</sup>. En nuestro caso se proporcionó un espacio virtual de discusión académica<sup>6</sup>.
- Se reconoce la existencia de múltiples formas válidas de aprender, enfatizando la reflexión, la metacognición y el juicio clínico como ejes centrales de la formación médica.

El modelo parte de la idea de que el conocimiento se construye a través de la experiencia, el diálogo y la interacción crítica con los saberes previos, articulando una comprensión del aprendizaje como fenómeno complejo y no lineal.

Los modelos educativos que integran inteligencia artificial, en este caso el modelo propuesto MED-IA, representa un paso hacia la modernización de la educación médica especializada, al ofrecer un acompañamiento virtual capaz de elevar el desempeño académico y la satisfacción de los residentes. Su implementación demuestra viabilidad en hospitales públicos con recursos limitados y abre la puerta a estudios multicéntricos que exploren su impacto en otras especialidades y contextos latinoamericanos.

### Características esenciales del modelo MED-IA como teoría educativa

**Base epistemológica:** interpretativo-constructivista, centrado en la comprensión del proceso formativo en su contexto.

**Modelo de aprendizaje:** autorregulado, adaptativo y mediado por IA en un entorno clínico.

**Relación entre los actores educativos:** estudiante (médico residente) como sujeto activo, autorregulado, con autonomía progresiva; tutor humano como acompañante, evalúa y supervisa; sistema de IA como mediador pedagógico, que adapta el proceso formativo en función del desempeño; entorno clínico como escenario real o simulado donde se aplica el conocimiento médico y la institución formadora que regula, monitorea y garantiza la calidad del modelo.

**Fundamentación pedagógica y psicológica:** teorías como el constructivismo, aprendizaje autorregulado, adaptabilidad pedagógica, cognitivismo, equidad formativa; y psicológicas, como motivacional y metacognitiva.

**Contextualización:** se ajusta a la educación médica especializada en América Latina.

**Relación teoría-práctica:** el modelo se concreta en la tutoría virtual personalizada con IA y el uso de simulación adaptativa.

**Finalidad educativa explícita:** el de formar médicos residentes con capacidades clínicas, metacognitivas y autorreguladas mediante IA.

**Capacidad de evaluación y mejora:** aunque no siempre cuantificable, podrá ser evaluado por desempeño clínico, mejora en la autorregulación, satisfacción del residente y desarrollo del pensamiento crítico.

### Conclusión

El estudio evidenció que la tutoría virtual basada en inteligencia artificial tuvo un impacto positivo y significativo en la formación de los médicos residentes. La implementación del tutor virtual se asoció con una mejora estadísticamente significativa en el desempeño académico, con una mediana de incremento de 22,5 puntos ( $p < 0,001$ ) y una razón de ventajas (odds ratio) de 2,67, siendo mayor el beneficio entre quienes realizaron consultas frecuentes ( $r = 0,54$ ;  $p = 0,004$ ). La satisfacción global fue elevada: un 91% valoró la experiencia como positiva y un 76% recomendaría su incorporación a los programas de residencia, destacando la facilidad de uso, la relevancia y la actualización de la información. En conjunto, los resultados confirman que la tutoría virtual con IA constituye una estrategia innovadora y eficaz para fortalecer el aprendizaje autónomo, el pensamiento crítico y la toma de decisiones clínicas, con potencial de integración en los programas de posgrado médico en América Latina.

A partir de esta experiencia, el modelo teórico educativo MED-IA surge como una respuesta pedagógica e innovadora ante los retos contemporáneos de la educación médica especializada. Este modelo articula la tutoría virtual inteligente y adaptativa mediante inteligencia artificial (IA), centrado en el desarrollo del aprendizaje autorregulado, la personalización del proceso formativo y la adaptación contextual a entornos clínicos complejos. Propone ser una herramienta valiosa dentro de la formación clínica. Su aporte principal radica en el fortalecimiento de la toma de decisiones médicas y del aprendizaje autónomo, al ofrecer respuestas rápidas, sustentadas en evidencia científica y acompañadas de retroalimentación que estimula el pensamiento crítico de los residentes. Asimismo, se propone como un recurso complementario a los métodos tradicionales de enseñanza, especialmente en escenarios caracterizados por una elevada carga asistencial y limitaciones de tiempo, al garantizar un acceso continuo a información actualizada. No obstante, plantea también áreas de mejora relevantes, particularmente en aspectos de usabilidad relacionados con responsabilidades éticas y de accesibilidad tecnológica.

### Responsabilidades éticas

El autor declara que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki.

## Consentimiento informado

El autor declara que los participantes firmaron el formulario de consentimiento informado.

## Financiación

El autor declara no tener fuentes de financiación.

## Conflicto de intereses

El autor declara que no tienen ningún conflicto de intereses.

## Bibliografía

1. Torres-Zapata ÁE, Brito-Cruz Tdel J, Moguel-Ceballos JE, Zarza-García AL. Transformación de la educación universitaria en salud a través de la inteligencia artificial. *Rev Metrop Cienc Apl*. 2024;7(3):79–86. doi:[10.62452/6chfdw81](https://doi.org/10.62452/6chfdw81).
2. Pimienta SX, Mosquera-Martínez ML. Consideraciones curriculares, tecnológicas y pedagógicas para la transición al nuevo modelo educativo en el campo de la salud soportado por inteligencia artificial. *Medicina (B Aires)*. 2021;43(4):540–54.
3. Fazlollahi AM, Bakhaider M, Alsayegh A, Yilmaz R, Winkler-Schwartz A, Mirchi N, et al. Effect of artificial intelligence tutoring vs expert instruction on learning simulated surgical skills among medical students: a randomized clinical trial. *JAMA Netw Open*. 2022;5(2):e2149008. doi:[10.1001/jamanetworkopen.2021.49008](https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2021.49008).
4. Ramírez-Domínguez CD, Alvarenga Somoza G, Olivares Guzmán NE, Cárcamo Trinidad MM, Salamanca Reyes AG. Avances en el uso de inteligencia artificial en la educación médica latinoamericana. *Alerta*. 2025;8(1):88–95. doi:[10.5377/alerta.v8i1.19194](https://doi.org/10.5377/alerta.v8i1.19194).
5. Chan KS, Zary N. Applications and challenges of implementing artificial intelligence in medical education: integrative review. *JMIR Med Educ*. 2019;5(1):e13930. doi:[10.2196/13930](https://doi.org/10.2196/13930).
6. Chavez-Mostajo NI. Tutoría virtual basada en inteligencia artificial como método de apoyo en los procesos de enseñanza y aprendizaje de médicos residentes del área clínica en el Hospital Clínico Viedma [tesis doctoral]. El Alto: Universidad Pública de El Alto; 2025.
7. Vygotsky LS. En: Cole M, John-Steiner V, Scribner S, Souberman E, editores. *Mind in society: development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press; 1978. doi:[10.2307/j.ctvjf9vz4](https://doi.org/10.2307/j.ctvjf9vz4).
8. Zimmerman BJ. Becoming a self-regulated learner: an overview. *Theory Into Pract*. 2002;41(2):64–70. doi:[10.1207/s15430421tip4102\\_2](https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102_2).
9. Salas CIL. De la teoría constructivista al aprendizaje adaptativo: una evolución pedagógica en el siglo XXI. *Rev Avante Cienc Soc Humanid*. 2023;3(1):45–56.
10. Iqbal S. Are medical educators primed to adopt artificial intelligence in healthcare system and medical education? *Health Prof Educ J*. 2022;5(1):7–8. doi:[10.53708/hpej.v5i1.1707](https://doi.org/10.53708/hpej.v5i1.1707).
11. Zawacki-Richter O, Marín VI, Bond M, Gouverneur F. Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? *Int J Educ Technol High Educ*. 2019;16(39):1–27. doi:[10.1186/s41239-019-0171-0](https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0).
12. Garg K, Venkatraman S. Machine learning and medical education. *NPJ Digit Med*. 2018;1:54. doi:[10.1038/s41746-018-0061-1](https://doi.org/10.1038/s41746-018-0061-1).
13. Laal M, Ghodsi SM. Benefits of collaborative learning. *Procedia Soc Behav Sci*. 2012;31:486–90. doi:[10.1016/j.sbspro.2011.12.091](https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.12.091).