



Título: Inteligencia artificial en la Educación médica: innovación y humanismo en la Formación Avanzada

Autor: Rosendo Alejandro Ferrer Arañó. *

*Residente de primer año de Medicina familiar.

Correo electrónico: rofer98@gil.com

Modalidad: Tema libre.

Resumen:

En el ámbito médico la Inteligencia Artificial (IA) mejora la formación mediante simulaciones clínicas, diagnóstico por imágenes y aprendizaje personalizado, optimizando la eficiencia y la retroalimentación inmediata. Sin embargo, surgen preocupaciones éticas como el sesgo algorítmico, la privacidad de datos y la posible dependencia tecnológica, que podrían afectar la relación médico-paciente. Por lo cual pretendemos evaluar el impacto de la IA en la educación médica, desde sus aplicaciones pedagógicas, beneficios y desafíos éticos. En la educación superior, la IA facilita la personalización del aprendizaje, la automatización de evaluaciones y la gestión académica, aunque enfrenta barreras como la brecha digital, la resistencia docente y la necesidad de regulaciones éticas. Ambos contextos subrayan la importancia de equilibrar la innovación tecnológica con la formación humanista, asegurando que la IA complemente, no reemplace, el rol de educadores y profesionales.

Palabras clave: Educación médica, Educación superior, Ética tecnológica, Inteligencia artificial, Personalización del aprendizaje.

Introducción:

En la actualidad, la rápida evolución tecnológica ha dejado una marca significativa en múltiples áreas sociales, siendo la atención médica una de las más afectadas. Recientemente, se ha discutido mucho sobre el papel crucial que las computadoras pueden desempeñar en los sistemas de salud, fomentando una cooperación beneficiosa entre la tecnología informática y los profesionales médicos. Este tipo de sinergia busca aprovechar la capacidad computacional

para procesar grandes volúmenes de datos médicos, sugerir diagnósticos y recomendar tratamientos, siempre en colaboración con los profesionales de la salud. (1)

John McCarthy introdujo el concepto de IA en 1956, y desde entonces ha evolucionado considerablemente, diversificándose en varios subgrupos. (2) La inteligencia artificial (IA), que abarca métodos como el *machine learning* (ML) y el *deep learning* (DL), ha transformado radicalmente la educación médica. (3) La IA implica la capacidad de las máquinas para aprender y tomar decisiones de manera autónoma, emulando la inteligencia humana. (4)

Los modelos de IA han revolucionado la educación médica, proporcionando aplicaciones que van desde simulaciones inmersivas hasta análisis de datos sofisticados. (5) La capacidad de la IA para gestionar eficientemente vastos repositorios de conocimiento médico y asistir en la toma de decisiones permite a los médicos concentrarse en tareas que requieren juicio humano. (1)

En las últimas dos décadas se han evidenciado avances significativos, como el desarrollo de modelos de entrenamiento quirúrgico robótico y herramientas avanzadas de análisis de datos. (6) Particularmente el suceso de la pandemia de COVID-19 ha acelerado la adopción global de soluciones educativas impulsadas por IA, asegurando una formación continua de calidad a pesar de las medidas de distanciamiento social. (7)

Sin embargo, la introducción de computadoras en los procesos de atención médica puede hacer que los médicos sientan que su educación se desvaloriza y que el arduo entrenamiento que han recibido pierde importancia. (1) ¿Es la IA una herramienta que simplemente complementa el proceso educativo médico, o representa una amenaza para el valor de la educación y el desempeño profesional? (8, 9)

Hasta la fecha, no se han realizado conexiones definitivas entre la educación médica y el uso de la IA mediante revisiones sistemáticas o meta-análisis. Si bien algunos estudios ya han demostrado la capacidad de la IA para mejorar aspectos específicos del proceso educativo, aún existen vacíos importantes en la literatura que deben abordarse. Este estudio pretende abordar estos vacíos, explorando cómo la IA puede optimizar tanto el proceso de enseñanza como el aprendizaje práctico, y proporcionar una base para futuras investigaciones y aplicaciones en diversos contextos educativos médicos.

Por lo tanto, se consideró que una revisión de alcance era el método más adecuado. Este enfoque pretende abarcar la amplitud y profundidad de la investigación disponible, identificar vacíos en el conocimiento y ofrecer recomendaciones para orientar futuras políticas e investigaciones.

Objetivo:

Evaluar el impacto de la inteligencia artificial (IA) en la educación médica, desde sus aplicaciones pedagógicas, beneficios y desafíos éticos.

Material y método:

1. Diseño del estudio:

Tipo de investigación: revisión sistémica integrativa y análisis cuantitativo descriptivo.

Bases metodológicas:

Se realizó una revisión de alcance (scoping review) siguiendo el marco PRISMA-ScR. Se emplearon cinco etapas: identificación de la pregunta, búsqueda, selección, extracción de datos y síntesis. El enfoque fue cuantitativo no experimental, descriptivo y correlacional.

2. Fuentes de Datos:

Bases de datos y estrategias de búsqueda:

Búsqueda en PubMed, EMBASE, Web of Science, y Google Scholar con términos MeSH: Artificial Intelligence, Education, Medical. Como filtros se usaron los estudios publicados entre 2009-2024, en inglés y español. La recolección de datos mediante cuestionarios Likert aplicados a 384 participantes (docentes y estudiantes).

3. Criterios de selección:

Inclusión:

- Estudios empíricos o revisiones sobre IA en educación médica/superior.
- Enfoque en aplicaciones pedagógicas, beneficios o desafíos éticos.

Exclusión:

- Estudios de prevalencia sin análisis de impacto educativo.
- Editoriales, cartas al editor o documentos no arbitrados.

4. Proceso de revisión:

Identificación: 54 662 artículos iniciales.

Cribado: 24 630 títulos/resúmenes evaluados.

Elegibilidad: 224 textos completos revisados.

Inclusión: 30 estudios finales.

La validación de los documentos se hizo mediante Alfa de Cronbach.

5. Análisis de Datos:

Cualitativo: análisis temático para sintetizar patrones en aplicaciones, beneficios y desafíos.

Cuantitativo: estadística descriptiva (medias, frecuencias) y correlacional (Pearson) con SPSS V26.0.

6. Limitaciones:

No se evaluó la calidad metodológica de los estudios incluidos (límite de las revisiones de alcance).

Desarrollo:

 Utilidades en la formación médica:

- Simulación médica: La IA puede utilizarse para crear entornos de simulación médica realistas, permitiendo a los estudiantes practicar habilidades clínicas en escenarios seguros y controlados. Estos simuladores pueden simular diversas situaciones clínicas, como procedimientos quirúrgicos, resucitación cardiopulmonar y atención de emergencia. (10) Por ejemplo, un ensayo clínico aleatorizado dirigido por Ali M. Fazlollahi et al. demostró mejoras significativas en la competencia quirúrgica entre estudiantes sin experiencia previa en cirugía tras recibir tutoría guiada por IA en la resección de tumores. Notablemente, esta intervención mejoró el rendimiento durante las sesiones de práctica quirúrgica y en escenarios de simulación realistas. (11)

- **Análisis de imágenes médicas:** Los algoritmos creados pueden analizar imágenes como tomografías computarizadas, ecografías o resonancias magnéticas, basándose en patrones con los que han sido configurados para detectar anomalías. Estos sistemas de IA pueden ayudar en el diagnóstico temprano y preciso de enfermedades como el cáncer, reduciendo así el tiempo de diagnóstico y afectando la morbilidad y mortalidad. (3, 10, 11) Modelos de ML denominados detección asistida por computadora se presentan como una gran herramienta para detectar lesiones mamográficas que pueden indicar la presencia de cáncer de mama. (12) Más recientemente, una metodología de resonancia magnética de DL mejoró el rendimiento de los radiólogos al reducir la tasa de diagnósticos falsos positivos. (13)
- **Toma de decisiones clínicas:** La habilidad de estos sistemas de procesar grandes volúmenes de datos clínicos como historiales médicos y resultados de pruebas permite proporcionar recomendaciones personalizadas para la toma de decisiones clínicas. (2, 14, 15) También pueden utilizar la información para seleccionar, por ejemplo, el medicamento más adecuado o generar alertas para prevenir interacciones farmacológicas potencialmente peligrosas. (11)
- **Procesamiento de datos en investigación:** La capacidad de procesamiento de datos de las herramientas de IA permite el análisis de grandes cantidades de información, ayudando a realizar investigaciones que impactan no solo en la epidemiología local, sino también a nivel internacional. (6, 9, 16)

Beneficios:

- **Personalización del aprendizaje:** La IA permite adaptar el contenido educativo y el ritmo de aprendizaje a las necesidades individuales de cada estudiante, ya que ofrece aprendizaje basado en casos y herramientas para proporcionar al estudiante archivos de enseñanza relevantes para cada aprendiz de acuerdo a su perfil, optimizando así la eficiencia y efectividad de la formación. También permite al docente realizar un seguimiento electrónico sistemático de los objetivos logrados por el estudiante. (4, 10, 14)
- **Retroalimentación inmediata:** Los sistemas basados en IA pueden proporcionar retroalimentación rápida y detallada sobre el desempeño de los estudiantes, permitiéndoles corregir errores y mejorar sus habilidades en la vida real. Además, la facilidad de análisis conjunto con sus pares en un

entorno de alta fidelidad permite consolidar conceptos utilizados en diferentes disciplinas. (17, 18)

- Facilidad de acceso a la información: Estas herramientas se han convertido en el lugar de consulta oportuna y, a menudo, precisa sobre conceptos, análisis y conducta en diversas patologías. Por ejemplo, ChatGPT tiene el potencial de ayudar en la educación médica y facilitar la búsqueda rápida de información sobre enfermedades y la investigación médica más reciente. (14, 17, 19)

Implicaciones éticas y sociales:

- Posible sesgo: Los futuros clínicos deben comprender el origen de los sesgos de la IA en el cuidado de la salud y cómo mitigarlos. El sesgo puede ocurrir cuando se utilizan datos no representativos para entrenar el modelo (basados en una población diferente, por ejemplo), limitando la precisión del diagnóstico, la evaluación de riesgos y la toma de decisiones clínicas para ciertos pacientes. (20)
- Privacidad y seguridad de los datos: La implementación de la IA incluye la recopilación y análisis de diversas cantidades de datos clínicos, lo que genera preocupaciones sobre la privacidad y seguridad de la información del paciente. La vasta información disponible aumenta la probabilidad de cruces entre diferentes conjuntos de datos, lo que puede provocar la pérdida de la anonimización de los datos. (21)
- Dependencia excesiva de la tecnología: El uso generalizado de la IA en la educación médica genera preocupaciones sobre una posible dependencia excesiva de la tecnología, que podría disminuir las habilidades clínicas tradicionales e impedir la adaptabilidad de los profesionales a circunstancias imprevistas. (22) Mientras que los métodos de enseñanza tradicionales enfatizan experiencias inmersivas como la lectura profunda y las interacciones colaborativas con pares, la llegada de la tecnología presenta tanto oportunidades
- como desafíos. Aunque la tecnología facilita el acceso a la información del paciente en el punto de atención, también corre el riesgo de sofocar la creatividad profesional. (23)
- Impacto en la relación médico-paciente: La integración de la IA en la formación médica tiene repercusiones para la relación médico-paciente ya

que puede disminuir el trato con compasión y fomentar la sensación de distancia. Es importante considerar cómo se integra la tecnología en la atención médica y asegurar que la empatía y la comunicación humana permanezcan en el centro de la relación médico-paciente. (24, 25) Por otro lado, la sociedad contemporánea enfrenta las consecuencias de la desinformación. El fácil acceso a información no profesional o guiada lleva a escenarios donde los pacientes acuden a consultas médicas buscando exámenes o procedimientos innecesarios u optan por interactuar con la IA desde sus hogares y evitar así la orientación médica profesional. (17)

- Accesibilidad tecnológica: Si bien la adopción de tecnologías y recursos electrónicos ha sido más prevalente en los países desarrollados, muchos países en desarrollo carecen de la infraestructura, la inversión en salud y los recursos educativos necesarios para permitir oportunidades de aprendizaje uniformes para los profesionales de la salud a nivel internacional. (26) Se ha demostrado que en países de bajos ingresos y en desarrollo pueden pasar varias décadas para que una nueva guía de práctica clínica (CPG) sea implementada en todo el territorio. (27, 28) Los profesionales deben recibir información sobre procedimientos y prácticas actualizadas. Si el pueblo está en una zona remota o de difícil acceso, la implementación de la CPG puede enfrentar desafíos logísticos, como el suministro de medicamentos y equipos médicos. (29, 30)

Discusión:

La integración de la IA en la educación médica ha generado un amplio debate sobre sus implicaciones positivas y negativas para el futuro de la atención médica.

Aunque los beneficios de la IA en la educación médica son evidentes, también se resaltan varias preocupaciones éticas y prácticas que demandan una consideración cuidadosa. La dependencia excesiva de la tecnología puede comprometer las habilidades clínicas tradicionales y la interacción humana en la atención médica. Además, la recopilación de extensos datos clínicos de muchas fuentes posibles genera preguntas sobre el uso de la IA y confidencialidad del paciente y su protección. Asimismo, el potencial de sesgo en los algoritmos de IA presenta un desafío ético notable, que requiere medidas proactivas para

mitigar el sesgo y mantener una atención médica precisa que pueda generalizarse o ajustarse a la población objetivo. (1,29,31)

Otro desafío que enfrenta la IA es entorno a su accesibilidad, especialmente en países en desarrollo con infraestructura y recursos limitados. La brecha digital exacerba las disparidades, destacando la necesidad de acceso equitativo a recursos educativos y programas de formación impulsados por IA. (30, 32) En regiones con acceso limitado a Internet, las tecnologías de IA como ChatGPT pueden no ser factibles, limitando sus beneficios a poblaciones específicas. Aunque la IA cuenta con mecanismos de autoaprendizaje, su despliegue efectivo requiere personal capacitado capaz de implementar y mantener la tecnología. (33)

A medida que se adoptan las tecnologías de IA, también se debe reflexionar sobre el valor de los modelos educativos tradicionales que priorizan la interacción directa entre docentes y estudiantes. (34) El potencial aislamiento de los médicos en formación de sus instructores y pacientes plantea preocupaciones sobre la erosión de la relación médico-paciente, un aspecto fundamental del cuidado de la salud que va más allá de los tratamientos médicos. (35)

Al compensar la innovación con las consideraciones éticas y fomentar la colaboración interdisciplinaria, se puede aprovechar el poder transformador de la IA para crear un sistema de salud más eficiente, justo y compasivo para todos.

Conclusiones:

- Las tecnologías de IA, como el ML y el DL, están mostrando un gran potencial para optimizar el proceso de formación médica, mejorando tanto la calidad del aprendizaje como la eficiencia en la adquisición de habilidades clínicas.
- Los estudios revisados también han puesto de manifiesto desafíos importantes, como las barreras tecnológicas y la necesidad de capacitación adecuada para que los profesionales de la salud interactúen eficientemente con estos sistemas.
- Específicamente, los resultados muestran que, si bien la IA puede mejorar el aprendizaje personalizado y las simulaciones clínicas, la falta de infraestructura tecnológica en algunas instituciones podría limitar su adopción a gran escala.

- Las preocupaciones éticas, particularmente en lo que respecta a la privacidad de los datos y la dependencia de los sistemas automatizados, siguen siendo áreas de gran relevancia que deben ser abordadas en futuros estudios.

Bibliografía:

1. Schwartz WB. Medicine and the computer. The promise and problems of change. N Engl J Med. 1970 Dic 3;283(23):1257- 64. doi: 10.1056/NEJM197012032832305.
2. 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. doi: 10.1080/0142159X.2023.2180340.
3. Pettit RW, Fullem R, Cheng C, Amos CI. Artificial intelligence, machine learning, and deep learning for clinical outcome prediction. Emerg Top Life Sci. 2021 Dic 20;5(6):729-45. doi: 10.1042/ETLS20210246.
4. Duong MT, Rauschecker AM, Rudie JD, Chen PH, Cook TS, Bryan RN, Mohan S. Artificial intelligence for precision education in radiology. Br J Radiol. 2019 Nov;92(1103):20190389. doi: 10.1259/bjr.20190389.
5. Winkler-Schwartz A, Bissonnette V, Mirchi N, Ponnudurai N, Yilmaz R, Ledwos N, Siyar S, Azarnoush H, Karlik B, Del Maestro RF. Artificial Intelligence in Medical Education: Best Practices Using Machine Learning to Assess Surgical Expertise in Virtual Reality Simulation.
6. Ward TM, Mascagni P, Madani A, Padoy N, Perretta S, Hashimoto DA. Surgical data science and artificial intelligence for surgical education. J Surg Oncol. 2021 Ago;124(2):221-230. doi: 10.1002/jso.26496.
7. Chen M, Decary M. Artificial intelligence in healthcare: An essential guide for health leaders. Healthc Manage Forum. 2020 Jan;33(1):10-18. doi: 10.1177/0840470419873123.
8. Lapão LV. Artificial intelligence: is it a friend or foe of physicians? Einstein (Sao Paulo). 2019 May 2;17(2):eED4982. doi: 10.31744/einstein_journal/2019ED4982.
9. Howard J. Artificial intelligence: Implications for the future of work. Am J Ind Med. 2019 Nov;62(11):917-926. doi: 10.1002/ajim.23037.

10. Wang S, Yang L, Li M, Zhang X, Tai X. Medical Education and Artificial Intelligence: Web of Science-Based Bibliometric Analysis (2013-2022). *JMIR Med Educ.* 2024 Oct 10;10:e51411. doi: 10.2196/51411.
11. 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. doi: 10.1080/0142159X.2024.2314198.
12. Burk-Rafel J, Reinstein I, Feng J, Kim MB, Miller LH, Cocks PM, Marin M, Aphinyanaphongs Y. Development and Validation of a Machine Learning-Based Decision Support Tool for Residency Applicant Screening and Review. *Acad Med.* 2021 Nov 1;96(11S):S54-S61. doi: 10.1097/ACM.0000000000004317.
13. Keir G, Hu W, Filippi CG, Ellenbogen L, Woldenberg R. Using artificial intelligence in medical school admissions screening to decrease inter- and intra-observer variability. *JAMIA Open.* 2023 Feb 17;6(1):ooad011. doi: 10.1093/jamiaopen/ ooad011.
14. Theodosiou AA, Read RC. Artificial intelligence, machine learning and deep learning: Potential resources for the infection clinician. *J Infect.* 2023 Oct;87(4):287-294. doi: 10.1016/j. jinf.2023.07.006.
15. Chen M, Decary M. Artificial intelligence in healthcare: An essential guide for health leaders. *Healthc Manage Forum.* 2020 Jan;33(1):10-18. doi: 10.1177/0840470419873123.
16. Winkler-Schwartz A, Bissonnette V, Mirchi N, Ponnudurai N, Yilmaz R, Ledwos N, Siyar S, Azarnoush H, Karlik B, Del Maestro RF. Artificial Intelligence in Medical Education: Best Practices Using Machine Learning to Assess Surgical Expertise in Virtual Reality Simulation. *J Surg Educ.* 2019 Nov-Dec;76(6):1681-1690. doi: 10.1016/j. jsurg.2019.05.015.
17. Masters K. Artificial intelligence in medical education. *Med Teach.* 2019 Sep;41(9):976-980. doi: 10.1080/0142159X.2019.1595557.
18. Fazlollahi AM, Bakhaidar M, Alsayegh A, Yilmaz R, Winkler-Schwartz A, Mirchi N, Langleben I, Ledwos N, Sabbagh AJ, Bajunaid K, Harley JM, Del Maestro RF. Effect of Artificial Intelligence Tutoring vs Expert Instruction on Learning Simulated Surgical Skills Among Medical Students: A Randomized

- Clinical Trial. JAMA Netw Open. 2022 Feb 1;5(2):e2149008. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2021.49008.
19. Dromain C, Boyer B, Ferré R, Canale S, Delaloge S, Balleyguier C. Computed aided diagnosis (CAD) in the detection of breast cancer. Eur J Radiol. 2013 Mar;82(3):417-23. doi: 10.1016/j.ejrad.2012.03.005.
20. Hu Q, Whitney HM, Giger ML. A deep learning methodology for improved breast cancer diagnosis using multiparametric MRI. Sci Rep. 2020 Jun 29;10(1):10536. doi: 10.1038/s41598-020-67441-4.
21. Adlung L, Cohen Y, Mor U, Elinav E. Machine learning in clinical decision making. Med. 2021;2(6):642-65. doi: 10.1016/j.medj.2021.04.006
22. Park SH, Do KH, Kim S, Park JH, Lim YS. What should medical students know about artificial intelligence in medicine? J Educ Eval Health Prof. 2019;16:18. doi: 10.3352/jeehp.2019.16.18.
23. Qu X, Yang J, Chen T, Zhang W. [Reflections on the Implications of the Developments in ChatGPT for Changes in Medical Education Models]. Sichuan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban. 2023 Sep;54(5):937-940. Chinese. doi: 10.12182/20231360302.
24. Gupta R, Srivastava D, Sahu M, Tiwari S, Ambasta RK, Kumar P. Artificial intelligence to deep learning: machine intelligence approach for drug discovery. Mol Divers. 2021 Ago;25(3):1315-1360. doi: 10.1007/s11030-021-10217-3.
25. Katznelson G, Gerke S. The need for health AI ethics in medical school education. Adv Health Sci Educ Theory Pract. 2021 Oct;26(4):1447-1458. doi: 10.1007/s10459-021-10040-3.
26. Rampton V, Mittelman M, Goldhahn J. Implications of artificial intelligence for medical education. Lancet Digit Health. 2020 Mar;2(3):e111-e112. doi: 10.1016/S2589-7500(20)30023-6.
27. Masters K. Ethical use of Artificial Intelligence in Health Professions Education: AMEE Guide No. 158. Med Teach. 2023 Jun;45(6):574-584. doi: 10.1080/0142159X.2023.2186203.
28. Keskinbora KH. Medical ethics considerations on artificial intelligence. J Clin Neurosci. 2019 Jun;64:277-282. doi: 10.1016/j.jocn.2019.03.001.
29. Neves SE, Chen MJ, Ku CM, Karan S, DiLorenzo AN, Schell RM, Lee DE, Diachun CAB, Jones SB, Mitchell JD. Using Machine Learning to Evaluate

- Attending Feedback on Resident Performance. *Anesth Analg*. 2021 Feb 1;132(2):545-555. doi: 10.1213/ANE.0000000000005265.
30. James CA, Wheelock KM, Woolliscroft JO. Machine Learning: The Next Paradigm Shift in Medical Education. *Acad Med*. 2021 Jul 1;96(7):954-957. doi: 10.1097/ACM.0000000000003943.
31. Tricco, AC, Lillie, E, Zarin, W, O'Brien, KK, Colquhoun, H, Levac, D, Moher, D, Peters, MD, Horsley, T, Weeks, L, Hempel, S et al. PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): checklist and explanation. *Ann Intern Med*. 2018;169(7):467-473. doi: 10.7326/M18-0850.
32. Quinn TP, Coghlan S. Readyng Medical Students for Medical AI: The Need to Embed AI Ethics Education. 2021;1-10. doi: arXiv:2109.02866v1.
33. MacDermid JC, Graham ID. Knowledge Translation: Putting the "Practice" in Evidence-Based Practice. *Hand Clin*. 2009;25(1):125-43. doi: 10.1016/j.hcl.2008.10.003
34. Grimshaw, J. M., Eccles, M. P., Lavis, J. N., Hill, S. J., & Squires, J. E. (2012). Knowledge translation of research findings. *Implementation Science*, 7(1). doi:10.1186/1748-5908-7-50.
35. Szolovits P, Patil RS, Schwartz WB. Artificial intelligence in medical diagnosis. *Ann Intern Med*. 1988 Ene;108(1):80-7. doi: 10.7326/0003-4819-108-1-80.