

DOI: <https://doi.org/10.5554/22562087.e1085>

Inteligencia artificial, aplicaciones y desafíos en la educación basada en simulación

Artificial intelligence, applications and challenges in simulation-based education

Diego Andrés Díaz-Guio^{a,b} , Julián Henao^{b,c} , Andy Pantoja^{b,d} , María Alejandra Arango^b, Ana Sofía Díaz-Gómez^b, Aida Camps Gómez^e 

^a Simulación e Innovación, Facultad de Medicina, Universidad San Sebastián. Santiago, Chile.

^b Innovación Educativa, VitalCare Centro de Simulación Clínica. Armenia, Colombia.

^c Facultad de Ingeniería de Sistemas, Universidad del Valle. Cali, Colombia.

^d Facultad de Ingeniería Mecatrónica, Universidad EAM. Armenia, Colombia.

^e CISARC, Universidad de Manresa. Barcelona, España.

Correspondencia: Universidad San Sebastián, sede los Leones, Lota 2465. Santiago, Chile. **Email:** andres.diaz@vitalcare.co

Cómo citar este artículo: Díaz-Guio DA, Henao J, Pantoja A, Arango MA, Díaz-Gómez AS, Camps Gómez A. Artificial intelligence, applications and challenges in simulation-based education. Colombian Journal of Anesthesiology. 2024;52:e1085.

Resumen

El rápido avance de la inteligencia artificial (IA) ha tomado al mundo por “sorpresa” debido a la falta de regulación sobre esta innovación tecnológica, que si bien promete oportunidades de aplicación en diferentes campos del conocimiento, incluido el educativo, también genera preocupación e incluso miedo y rechazo.

En el campo de la Educación en Ciencias de la Salud la Simulación Clínica ha transformado la práctica educativa; sin embargo, aún es heterogénea su inserción formal, y ahora nos enfrentamos a una nueva revolución tecnológica, en la que las IA tienen el potencial de transformar la manera en que concebimos su aplicación.

Palabras clave

Educación basada en simulación; ChatGPT; Inteligencia artificial; Machine learning; Innovación educativa.

Abstract

The rapid advancement of Artificial Intelligence (AI) has taken the world by “surprise” due to the lack of regulation over this technological innovation which, while promising application opportunities in different fields of knowledge, including education, simultaneously generates concern, rejection and even fear.

In the field of Health Sciences Education, clinical simulation has transformed educational practice; however, its formal insertion is still heterogeneous, and we are now facing a new technological revolution where AI has the potential to transform the way we conceive its application.

Key words

Simulation-based education; ChatGPT; Artificial intelligence; Machine learning; Educational innovation.

Read the English version of this article on the journal website www.revcolanest.com.co

Copyright © 2023 Sociedad Colombiana de Anestesiología y Reanimación (S.C.A.R.E.).

Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

INTRODUCCIÓN

La simulación clínica ha demostrado utilidad en múltiples aspectos en la educación en ciencias de la salud —en pregrado (1,2), posgrado (3-5) y en educación permanente (6,7)—, permitiendo la práctica eficiente en entornos seguros de aprendizaje, mediante técnicas y elementos tecnológicos amparados en diferentes miradas de la teoría educativa (8-10).

Es indiscutible que los avances tecnológicos apoyan la evolución de diferentes campos del conocimiento y la educación en ciencias de la salud no es la excepción, así como tampoco lo es en el campo específico de la Educación Basada en Simulación (EBS), en la que ya se cuenta con importantes desarrollos (11,12). En el grupo de las tecnologías con aplicación en educación, el avance e incorporación de la inteligencia artificial (IA) ha sido vertiginoso en los últimos años (13), mostrando nuevas posibilidades de aplicación en la práctica; sin embargo, lo que se conoce sobre su aplicación real en el campo educativo de la simulación clínica es aún incipiente.

En el presente trabajo se revisan algunos conceptos clave que le permitirán al lector comprender el amplio campo de la IA, sus posibles aplicaciones en la práctica de la educación basada en simulación y los desafíos que deben enfrentar los educadores en ciencias de la salud desde la perspectiva de las ciencias de la educación, la ingeniería de sistemas y la ingeniería mecatrónica.

¿Qué es inteligencia artificial?

La IA es un área de estudio de las ciencias de la computación que busca desarrollar sistemas que puedan realizar tareas que se asemejen a la inteligencia humana (aprendizaje, toma de decisiones, comprensión del lenguaje natural, resolución de problemas, reconocimiento de patrones, etc.). El estudio e investigación de la IA no es nuevo, el término *inteligencia artificial* fue acuñado por John McCarthy en 1956 y desde entonces ha estado en continua evolución con distin-

tos enfoques e intereses, convirtiéndose en una disciplina académica reconocida (14).

En los años sesenta del siglo XX se trabajó sobre programas de aprendizaje automático y construcción de redes neuronales, en las décadas de los setenta y ochenta la investigación sufrió un estancamiento para resurgir con fuerza en los noventa con el avance la computación y el desarrollo de los microprocesadores, con investigación en diferentes áreas: programación de lenguaje natural, aprendizaje automático y aprendizaje profundo, con aplicación en la robótica, conducción autónoma, medicina de diagnóstico, educación, entre muchos otros campos (14,15).

La IA no es en realidad “inteligencia” —por lo menos no en el sentido de lo que es la inteligencia humana (IH)—; en términos prácticos, la IA es más bien una simulación de la IH. Su funcionamiento se basa en algoritmos y modelos matemáticos complejos, lo que le da a las máquinas la capacidad de procesar un sinnúmero de datos en tiempos cortos y tomar decisiones con baja probabilidad de error, de acuerdo con el reconocimiento de patrones casi en tiempo real (14).

Para mejorar la comprensión de este relativamente nuevo campo de aplicación de las IA es necesario hacer un rastreo conceptual, ya que términos como Chatbot, NLP, LLM, Machine Learning o Deep learning están a la orden del día; no obstante, pueden ser confusos.

Procesamiento de lenguaje natural (NLP)

El NLP (por las iniciales en inglés de *natural language processing*) es uno de los elementos más importantes de las IA que se usan en la vida cotidiana; se centra en la manera como pueden comunicarse las computadoras con los seres humanos de una manera fluida y coherente, mediante texto o voz. Los sistemas de NLP extraen información a través de una entrada, realizan análisis semántico, sintáctico y de contexto, y le devuelven al usuario una respuesta similar a la que le da-

ría un ser humano, obviamente con un margen de error. Hay sistemas de uso cotidiano, como SIRI, de Apple, Alexa, de Amazon, los asistentes de atención al cliente, y más recientemente se han popularizado sistemas que usan NLP a un nivel avanzado, como los nuevos Chatbots.

Entre los modelos usados en el NLP, es importante mencionar los Grandes Modelos de Lenguaje (LLM, por las iniciales en inglés de *large language models*), los cuales contienen cientos de miles de millones de parámetros. Los parámetros de estos modelos son ajustados y optimizados mediante grandes conjuntos de datos de texto. Esto ha permitido la aparición de habilidades como el aprendizaje contextual, el seguimiento de instrucciones y el razonamiento paso a paso. Habilidades que no estaban presentes en anteriores modelos de lenguaje preentrenados (PLM, del inglés *pre-trained language models*) (16).

Un *chatbot*, agente interactivo, asistente digital o entidad artificial de conversación, es un programa de computación que entiende uno o más lenguajes humanos, usa NLP y aprendizaje automático para interactuar con el usuario en función de los estímulos y el contexto. Pueden clasificarse de varias maneras dependiendo el criterio discriminatorio; por ejemplo, según su sofisticación (básicos-avanzados, simples-complejos), su función (de información, bancarios, etc.), según su interfaz (de texto, de voz, mixtos), según su público objetivo (para niños, para adultos mayores, para estudiantes, etc.) (17,18).

Uno de los chatbots más importantes y conocidos en la actualidad es ChatGPT de OpenAI. Este modelo de asistente virtual impulsado por IA está basado en GPT (*generative pre-trained transformer*), el cual, a su vez, está desarrollado sobre una red neuronal que se entrena con una gran cantidad de datos sin necesidad de supervisión y es capaz de generar textos de muy alta calidad y precisión en segundos a partir de entradas relativamente sencillas; además, es capaz de tomar en cuenta el contexto de las entradas previas, lo cual lo lleva a ser muy eficiente y útil (19-21); sin embargo, ha generado muchos cuestionamientos en el mundo académico y científico (16,22).

Aprendizaje automático (machine learning)

En el campo de la IA, el *machine learning* o aprendizaje automático es un aspecto de alta importancia y de aplicación práctica en ciencias de la salud, principalmente en medicina de diagnóstico por imágenes (23); el aprendizaje automático se refiere a cómo las computadoras aprenden a través de los datos y cómo pueden mejorarse a sí mismas basándose en estadísticas y probabilidades (14,24).

El aprendizaje automático suele clasificarse en tres tipos dependiendo de la manera de aprender (con supervisión, sin supervisión y con refuerzo). En el aprendizaje con supervisión, la máquina usa datos previamente etiquetados para aprender a predecir; en el aprendizaje sin supervisión, el modelo aprende directamente del conjunto de datos donde encuentra patrones. En el aprendizaje por refuerzo, la máquina requiere retroalimentación en relación con sus acciones (24,25).

Aprendizaje profundo (deep learning)

El cerebro humano cuenta con una vasta red de neuronas interconectadas, y el aprendizaje profundo—que es un subcampo del aprendizaje automático— busca imitar la estructura cerebral. En esta forma de aprendizaje automático se utilizan múltiples capas de redes neuronales artificiales que procesan y analizan una gran cantidad de datos. Su aplicación en la práctica es amplia, e incluye el procesamiento de lenguaje natural y la detección de patologías por imágenes (23,26).

Papel de las IA en la educación en ciencias de la salud (ECS)

IA en el aprendizaje

Las IA están revolucionando el campo educativo en ciencias de la salud, ya que

aceleran el aprendizaje al proporcionar información en segundos. Antes, los estudiantes de ciencias de la salud consultaban enciclopedias y libros; con el tiempo, pasaron a buscar información en línea en motores de búsqueda y bases de datos de suscripción. Con las IA generativas con conexión a la red, los estudiantes pueden obtener información resumida, ordenada y coherente con entradas relativamente simples, sin la necesidad de revisar, comparar y resumir la información obtenida (22,27,28).

IA en la evaluación

En el proceso enseñanza-aprendizaje-evaluación las IA pueden apoyar a los profesores. Una IA podría detectar patrones de aprendizaje de los estudiantes, la velocidad de análisis y retención de la información, y crear un modelo individual de aprendizaje, el cual podría ser usado para dar retroalimentación inmediata y de alta calidad a cada estudiante (21,29).

Son muchas las posibles aplicaciones de las IA; sin embargo, hay preocupaciones en el entorno educativo acerca del acceso abierto a las IA y su posible impacto en la producción original de los estudiantes en ensayos y otros trabajos (20,22). Si bien, las IA más avanzadas pueden generar textos en lenguaje natural de alta calidad, el enfoque debería estar en cómo reinventar la forma de educar y actualizar las estructuras educativas que se tienen en la actualidad, en las que las instituciones de educación superior guardan mucha relación con el concepto de universidad del siglo XIX, con profesores, en su mayoría, del siglo XX, con modelos de pensamiento alineados a la lógica de la educación tradicional; no obstante, los estudiantes son, en su mayoría, jóvenes del siglo XXI, nativos digitales y consumidores de las tecnologías disruptivas, como es el caso de las IA (30).

Papel de las IA en la educación basada en simulación (EBS)

Desarrollo de simuladores

Un aspecto de interés creciente es la aplicación de tecnología en el desarrollo de simuladores, de tal manera que puedan tener una respuesta fisiológica a la intervención de los participantes, lo cual podría mejorar la experiencia a través del realismo (31). La incorporación de IA en un simulador podría eventualmente responder en tiempo real a la intervención realizada (por ejemplo, cambio de ritmo al administrar adenosina en una taquicardia supraventricular, sin contar necesariamente con la participación de un operador externo en la sala de control).

Asistencia en el diseño instruccional

Usualmente se toma un tiempo para pensar y redactar casos simulados según las necesidades de la audiencia (32); ahora, con una instrucción específica se puede disminuir notablemente el tiempo de redacción de los casos, personalizando aún más la experiencia de los participantes y dedicando el tiempo del docente a otras tareas.

Análisis del desarrollo de habilidades

El desarrollo de habilidades requiere el desarrollo de conceptos que las soporten (conocimiento declarativo) y de su ejecución en la práctica (conocimiento procedimental); en esto, la práctica deliberada permite obtener buenos resultados (33-35). En el desarrollo de habilidades, una IA dedicada podría evaluar el desempeño de los participantes, reunir la información y dar feedback de manera más precisa (36), incluso el propio participante podría usar un chatbot para mejorar la comprensión de su desempeño y obtener feedback (Figura 1).

Figura 1. Estudiante de Medicina utilizando ChatGPT para obtener feedback sobre su desempeño en simulación.

ERES UN EVALUADOR, VAS A DARME FEED BACK DE MI DESEMPEÑO:

iClaro! Estoy aquí para brindarte retroalimentación sobre tu desempeño. Por favor, proporciona la información relevante o describe la situación en la que deseas recibir feedback.

Hoy hice una simulación clínica sobre un paciente de 65 años el cual fue llevado a emergencias por su esposa después de haber experimentado una súbita debilidad en su lado derecho y dificultad para hablar. Al llegar, el paciente muestra signos evidentes de afectación neurológica, con debilidad en el brazo y la pierna derecha y una expresión facial asimétrica. Con base en la presentación clínica y los hallazgos de la evaluación, se sospecha un ACV isquémico. Yo fui la líder, pero me asuste, no tome las mejores decisiones y conduje al equipo a que cometiera errores en la administración de medicamentos. Basado en la información anterior, me podrías dar feedback de cómo mejorar?

Gracias por compartir tu experiencia. Aquí tienes algunos comentarios y sugerencias para mejorar tu desempeño en situaciones similares:

- Mantén la calma: Es comprensible sentirse asustado o abrumado en situaciones de emergencia, pero es importante mantener la calma para poder tomar decisiones adecuadas y liderar al equipo de manera efectiva. Intenta controlar tus emociones y enfocarte en la tarea en cuestión.
- Conoce los protocolos y proced Regenerate response in los protocolos y



Fuente: Autores.

Tabla 1. Limitaciones para la inserción de IA en ECS y EBS.

Desafíos	Descripción
Económicos	La implementación de nuevas tecnologías acarrea costos, la desigualdad económica de las regiones es un factor limitante para la adopción de herramientas que incorporen IA en simuladores y aplicaciones impulsadas por IA en los países de ingresos medios y bajos, ya que esta tecnología supone una gran inversión de recursos económicos para su desarrollo.
Entrenamiento de datos	Una IA será potente a medida que pueda ser entrenada con una gran cantidad de datos y que estos sean de calidad. La ECS es heterogénea, no estandarizada y hay políticas de confidencialidad de datos, lo cual puede demorar el entrenamiento de la IA.
Comprensión del contexto	Los contextos clínicos son cambiantes y las profesiones son diversas con formación muy variada, lo cual presupone escenarios muy diferentes, que podrían presentar algunas dificultades, por lo menos al corto y mediano plazos.
Interacción humana	La incorporación de tecnologías que aprenden a medida que son usadas puede llevar a que sean menos necesarias las personas; no obstante, la EBS tiene como objetivo la seguridad del paciente, muchas veces desde el trabajo en equipo, y para esto se requiere la interacción humano-humano.
Sesgos sociales	La literatura relacionada con IA en salud ha demostrado posibilidad de sesgos relacionados con aspectos sociales, debido a la programación que han recibido; en EBS pueden darse los mismos sesgos y causar un impacto negativo en el aprendizaje y/o en la evaluación.
Éticos	La incorporación de IA en simuladores o en chatbots específicos puede generar dificultades desde el punto de vista ético, ya que la privacidad de los estudiantes puede verse vulnerada.

Fuentes: Autores.

Asistencia en el debriefing

Uno de los aspectos centrales de la educación basada en simulación es la conversación guiada, a manera de retroalimentación bidireccional o a un nivel más profundo con debriefing (37). Si bien es cierto que en simulación de zona 2 y zona 3 el debriefing educativo es deseable (38), no siempre es fácil de realizar, más aún para los docentes que están hasta ahora empezando (39). La IA tiene la potencia de analizar el discurso de los participantes, encontrar sus modelos mentales (40) y proponer vías de mejora, convirtiéndose en un asistente para el debriefer.

Desafíos para la inserción de las IA en la práctica educativa

Si bien las IA ya son una realidad al alcance de la mano en la escena educativa en ciencias de la salud (ECS) y con algo menos de desarrollo en la EBS, además de que podrían tener algunos avances muy interesantes en el mediano plazo, también es cierto que su implementación en la práctica cotidiana tiene aún algunas limitantes económicas, contextuales, de interacción y éticas (20,27,29,41-43), en la Tabla 1 se presentan algunas de ellas.

CONCLUSIONES

La EBS representó una revolución en la manera de enseñar y de aprender en ciencias de la salud; ahora una nueva revolución ha llegado con la IA y tiene el potencial de cambiar la manera como educamos y aprendemos.

La IA es una realidad y tiene muchas aplicaciones prácticas en la educación, los docentes deben aprender a usarla en la cotidianidad del proceso enseñanza-aprendizaje; desde la perspectiva de los autores, la IA es más un asistente o copiloto que una amenaza.

Es probable que en los próximos meses las IA sean incorporadas en las tecnologías

aplicadas a la simulación clínica, lo cual permite experiencias más personalizadas y acordes al progreso de los estudiantes; no obstante, hay una gran cantidad de desafíos y limitaciones que deben ser atendidas e investigadas en profundidad para establecer políticas y regulaciones adecuadas.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Financiamiento

Los autores declaran no haber recibido patrocinio para llevar a cabo este artículo.

REFERENCIAS

- Cifuentes-Gaitán MJ, González-Rojas D, Ricardo-Zapata A, Díaz-Guio DA. Transferencia del aprendizaje de emergencias y cuidado crítico desde la simulación de alta fidelidad a la práctica clínica. *Acta Colomb Cuid Intensivo.* 2020;21(1):17-21. doi: <https://doi.org/10.1016/j.acci.2020.06.001>
- Cortegiani A, Russotto V, Montalto F, Iozzo P, Palmeri C, Raineri SM, et al. Effect of high-fidelity simulation on medical students' knowledge about advanced life support: A randomized study. *PLoS One.* 2015;10(5):e0125685. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125685>
- Arora S, Hull L, Fitzpatrick M, Sevdalis N, Birnbach DJ. Crisis management on surgical wards. *Ann Surg.* 2015;261(5):1. doi: <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000000824>
- Doumouras AG, Engels PT. Early crisis non-technical skill teaching in residency leads to long-term skill retention and improved performance during crises: A prospective, non-randomized controlled study. *Surg (United States).* 2017;162(1):174-81. doi: <https://doi.org/10.1016/j.surg.2016.11.022>
- Brydges R, Hatala R, Mylopoulos M. Examining residents' strategic mindfulness during self-regulated learning of a simulated procedural skill. *J Grad Med Educ.* 2016;8(3):364-71. doi: <https://doi.org/10.4300/JGME-D-15-00491.1>
- Russell E, Petrosoniak A, Caners K, Mastoras G, Szulewski A, Dakin C, et al. Simulation in the continuing professional development of academic emergency physicians. *Simul Heal.* 2020;00(00):1-8.
- Forristal C, Russell E, McColl T, Petrosoniak A, Thoma B, Caners K, et al. Simulation in the continuing professional development of academic emergency physicians. *Simul Healthc J Soc Simul Healthc.* 2020;Publish Ah(00):1-8. doi: <https://doi.org/10.1017/cem.2019.87>
- Nestel D, Bearman M. Theory and simulation-based education: Definitions, worldviews and applications. *Clin Simul Nurs.* 2015;11(8):349-54. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecns.2015.05.013>
- Ferrero F, Díaz-Guio DA. Educación basada en simulación: polemizando bases teóricas de la formación docente. *Simulación Clínica.* 2021;3(1):35-9. doi: <https://doi.org/10.35366/99867>
- Ferguson J, Astbury J, Willis S, Silverthorne J, Schafheutle E. Implementing, embedding and sustaining simulation-based education: What helps, what hinders. *Med Educ.* 2020;54(10):915-24. doi: <https://doi.org/10.1111/medu.14182>
- Díaz-Guio DA, Ríos-Barrientos E, Santillán-Roldán PA, Díaz-Gómez AS, Ricardo-Zapata A, Mora-Martínez S, et al. Online-synchronized clinical simulation: an efficient teaching-learning option for the COVID-19 pandemic time and beyond. *Adv Simul.* 2021;6:30. doi: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-106185/v1>
- Sherwood RJ, Francis G. The effect of mannequin fidelity on the achievement of learning outcomes for nursing, midwifery and allied healthcare practitioners: Systematic review and meta-analysis. *Nurse Educ Today.* 2018;69:81-94. doi: <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2018.06.025>
- Ouyang F, Jiao P. Artificial intelligence in education: The three paradigms. *Comput Educ Artif Intell.* 2021;2(April):100020. doi: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100020>
- Haenlein M, Kaplan A. A brief history of artificial intelligence: On the past, present, and future of artificial intelligence. *Calif Manage Rev.* 2019;61(4):5-14. doi: <https://doi.org/10.1177/0008125619864925>
- Moor M, Banerjee O, Abad ZSH, Krumholz HM, Leskovec J, Topol EJ, et al. Foundation models for generalist medical artificial intelligence. *Nature.* 2023;616(7956):259-65. doi: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/37045921>
- Dwivedi YK, Kshetri N, Hughes L, Slade EL, Jeyaraj A, Kar AK, et al. "So what if ChatGPT wrote it?" Multidisciplinary perspectives on opportunities, challenges and implications of generative conversational AI for research, practice and policy. *Int J Inf Manage.* 2023;71(March). doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2023.102642>
- Khanna A, Pandey B, Vashishta K, Kalia K, Pradeepkumar B, Das T. A Study of Today's A.I. through chatbots and rediscovery of machine intelligence. *Int J Service, Sci Technol.* 2015;8(7):277-84. doi: <https://doi.org/10.14257/ijunesst.2015.8.7.28>
- Adamopoulou E, Moussiades L. An overview of chatbot technology [Internet]. Vol. 584 IFIP, IFIP Advances in Information and Communication Technology. Springer International Publishing; 2020. Pp. 373-83. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-49186-4_31
- Alser M, Waisberg E. Concerns with the usage of ChatGPT in Academia and Medicine: A viewpoint. *Am J Med Open.* 2023;100036. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ajmo.2023.100036>
- Halaweh M. ChatGPT in education: Strategies for responsible implementation. *Contemp Educ Technol.* 2023;15(2):ep421. doi: <https://doi.org/10.30935/cedtech/13036>
- Moldt JA, Festl-Wietek T, Madany Mamlouk A, Nieselt K, Fuhl W, Herrmann-Werner A. Chatbots for future docs: exploring medical students' attitudes and knowledge towards artificial intelligence and medical chatbots. *Med Educ Online.* 2023;28(1). doi: <https://doi.org/10.1080/10872981.2023.2182659>
- Lim WM, Gunasekara A, Pallant JL, Pallant JI, Pechenkina E. Generative AI and the future of education: Ragnarök or reformation? A paradoxical perspective from management educators. *Int J Manag Educ.* 2023;21(2):1-13. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2023.100790>
- Wang J, Zhu H, Wang SH, Zhang YD. A Review of deep learning on medical image analysis.

- Mob Networks Appl. 2021;26(1):351-80. doi: <https://doi.org/10.1007/s11036-020-01672-7>
24. Jayatilake SMDAC, Ganegoda GU. Involvement of machine learning tools in healthcare decision making. *J Healthc Eng.* 2021;2021. doi: <https://doi.org/10.1155/2021/6679512>
25. Time SR, Matching SS. Encyclopedia of the sciences of learning. *Encyclopedia of the Sciences of Learning.* 2012.
26. Young T, Hazarika D, Poria S, Cambria E. Recent trends in deep learning based natural language processing [Review Article]. *IEEE Comput Intell Mag.* 2018;13(3):55-75. doi: <https://doi.org/10.1109/MCI.2018.2840738>
27. Lee J, Wu AS, Li D, Kulasegaram KM. Artificial intelligence in undergraduate medical education: A scoping review. *Acad Med.* 2021;96(11):S62-70. doi: <https://doi.org/10.1097/ACM.0000000000004291>
28. Civaner MM, Uncu Y, Bulut F, Chalil EG, Tatli A. Artificial intelligence in medical education: a cross-sectional needs assessment. *BMC Med Educ.* 2022;22(1):1-9. doi: <https://doi.org/10.1186/s12909-022-03852-3>
29. Ossa LA, Rost M, Lorenzini G, Shaw DM, Elger BS. A smarter perspective: Learning with and from AI-cases. *Artif Intell Med.* 2023;135(October 2021):102458. doi: <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2022.102458>
30. Monereo C, Pozo J. En qué siglo vive la escuela? *Cuad Pedagog.* 2001;298(January 2001):50-5.
31. Dieckmann P, Gaba D, Rall M. Deepening the theoretical foundations of patient simulation as social practice. *Simul Healthc.* 2007;2(3):183-93. doi: <https://doi.org/10.1097/SIH.0b013e3180f637f5>
32. Mcgriff SJ. Instructional System Design (ISD): Using the ADDIE Model. *Instr Syst Coll Educ Penn State Univ [Internet].* 2000;2. Disponible en: <https://www.lib.purdue.edu/sites/default/files/directory/butler38/ADDIE.pdf>
33. Díaz-Guio DA, del Moral I, Maestre JM. Do we want intensivists to be competent or excellent? Clinical simulation-based mastery learning. *Acta Colomb Cuid Intensivo.* 2015;15(3):187-95. doi: <https://doi.org/10.1016/j.acci.2015.05.001>
34. Ericsson KA. Deliberate practice and the acquisition and maintenance of expert performance in medicine and related domains. *Acad Med.* 2004;79(10 Suppl):S70-81. doi: <https://doi.org/10.1097/00001888-200410001-00022>
35. Barsuk JH, Cohen ER, Wayne DB, Siddal VJ, McGaghie W. Developing a simulation-based mastery learning curriculum: Lessons from 11 years of advanced cardiac life support. *Simul Heal.* 2016;11(1):52-9. doi: <https://doi.org/10.1097/SIH.000000000000120>
36. Ledwos N, Mirchi N, Yilmaz R, Winklerschwartz A, Sawani A, Fazlollahi AM, et al. Assessment of learning curves on a simulated neurosurgical task using metrics selected by artificial intelligence. *J Neurosurg.* 2022;137:1160-71. doi: <https://doi.org/10.3171/2021.12.JNS211563>
37. Sawyer T, Eppich W, Brett-Fleegler M, Grant V, Cheng A. More than one way to debrief. *Simul Healthc.* 2016;11(3):209-17. doi: <https://doi.org/10.1097/SIH.000000000000148>
38. Roussin C, Sawyer T, Weinstock P. Assessing competency using simulation: The SimZones approach. *BMJ Simul Technol Enhanc Learn.* 2020;6(5):262-7. doi: <https://doi.org/10.1136/bmjstel-2019-000480>
39. Díaz-Guio D, Cimadevilla-Calvo B. Educación basada en simulación: Debriefing, sus fundamentos, bondades y dificultades. *Revista Latinoamericana de Simulación Clínica.* 2019;1:95-103. doi: <https://doi.org/10.35366/RSC192F>
40. Díaz-Guio DA, Ruiz-Ortega FJ. Relationship among mental models, theories of change, and metacognition: structured clinical simulation. *Colombian Journal of Anesthesiology.* 2019;47(14):113-6. doi: <http://dx.doi.org/10.1097/CJ9.000000000000107>
41. Fengchun M, Wayne H, Huang R, Zhang H. AI and education Guidance for policymakers [Internet]. 2021. Available at: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000376709>
42. Charow R, Jeyakumar T, Younus S, Dolatabadi E, Salhia M, Al-Mouaswas D, et al. Artificial intelligence education programs for health care professionals: Scoping review. *JMIR Med Educ.* 2021;7(4):1-22. doi: <https://doi.org/10.2196/31043>
43. OPS. Inteligencia artificial, 8 Principios rectores de la transformación digital del sector salud Caja de herramientas de transformación digital [Internet]. *Inteligencia artificial.* 2023. Disponible en: https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/57128/OPSEIHIS230003_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y