

editorial
fontamara



VERDAD, BELLEZA, PROBIDAD

INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y EDUCACIÓN MÉDICA. UN ANÁLISIS FUTURISTA



COORDINADORES:

RICARDO SALAS FLORES
BRIAN GONZÁLEZ PÉREZ

RAÚL DE LEÓN ESCOBEDO
JOSEFINA ALTAMIRA GARCÍA

INTELIGENCIA ARTIFICIAL
Y EDUCACIÓN MÉDICA.
UN ANÁLISIS FUTURISTA

Inteligencia artificial y educación médica. Un análisis futurista / Ricardo Salas Flores, Brian González Pérez, Raúl de León Escobedo, Josefina Altamira García coordinadores .—Cd. Victoria, Tamaulipas : Universidad Autónoma de Tamaulipas ; Ciudad de México : Editorial Fontamara , 2024.

123 págs. ; 17 x 23 cm.

Enseñanza: educación personal y para la salud

LC: Q334 I5.8 2024

DEWEY: 006.3 YPJJ6

Universidad Autónoma de Tamaulipas
Matamoros SN, Zona Centro
Ciudad Victoria, Tamaulipas C.P. 87000
D. R. © 2024

Consejo de Publicaciones UAT
Centro Universitario Victoria
Centro de Gestión del Conocimiento. Segundo Piso
Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. C.P. 87149
Tel. (52) 834 3181-800 • extensión: 2905 • www.uat.edu.mx
cpublicaciones@uat.edu.mx

Libro aprobado por el Consejo de Publicaciones UAT
ISBN UAT: 978-607-8888-64-1

Editorial Fontamara, S.A. de C.V.
Av. Hidalgo No. 47-B, Colonia Del Carmen
Alcaldía de Coyoacán, 04100, CDMX, México
Tels. 555659-7117 y 555659-7978
contacto@fontamara.com.mx • coedicion@fontamara.com.mx • www.fontamara.com.mx
ISBN Fontamara: 978-607-736-955-4

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra incluido el diseño tipográfico y de portada, sea cual fuera el medio, electrónico o mecánico, sin el consentimiento del Consejo de Publicaciones UAT.

Libro digital

Esta obra y sus capítulos fueron sometidos a una revisión de pares a doble ciego, la cual fue realizada por especialistas pertenecientes al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores. Asimismo, fueron aprobados para su publicación por el Consejo de Publicaciones de la Universidad Autónoma de Tamaulipas y el Comité Interno de la editorial Fontamara.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y EDUCACIÓN MÉDICA. UN ANÁLISIS FUTURISTA

Coordinadores:
Ricardo Salas Flores
Brian González Pérez
Raúl de León Escobedo
Josefina Altamira García



VERDAD, BELLEZA, PROBIIDAD



MVZ MC Dámaso Leonardo Anaya Alvarado
PRESIDENTE

Dr. Fernando Leal Ríos
VICEPRESIDENTE

Mtro. Eduardo García Fuentes
VOCAL

Dra. Rosa Issel Acosta González
VOCAL

CP Jesús Francisco Castillo Cedillo
VOCAL

MVZ Rogelio de Jesús Ramírez Flores
VOCAL

Comité Editorial del Consejo de Publicaciones de la Universidad Autónoma de Tamaulipas

Dra. Lourdes Arizpe Slogher • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. Amalio Blanco** • Universidad Autónoma de Madrid. España | **Dra. Rosalba Casas Guerrero** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. Francisco Díaz Bretones** • Universidad de Granada. España | **Dr. Rolando Díaz Lowing** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. Manuel Fernández Ríos** • Universidad Autónoma de Madrid. España | **Dr. Manuel Fernández Navarro** • Universidad Autónoma Metropolitana. México | **Dra. Juana Juárez Romero** • Universidad Autónoma Metropolitana. México | **Dr. Manuel Marín Sánchez** • Universidad de Sevilla. España | **Dr. Cervando Martínez** • University of Texas at San Antonio. E.U.A. | **Dr. Darío Páez** • Universidad del País Vasco. España | **Dra. María Cristina Puga Espinosa** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. Luis Arturo Rivas Tovar** • Instituto Politécnico Nacional. México | **Dr. Aroldo Rodrigues** • University of California at Fresno. E.U.A. | **Dr. José Manuel Valenzuela Arce** • Colegio de la Frontera Norte. México | **Dra. Margarita Velázquez Gutiérrez** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. José Manuel Sabucedo Cameselle** • Universidad de Santiago de Compostela. España | **Dr. Alessandro Soares da Silva** • Universidad de São Paulo. Brasil | **Dr. Akexandre Dorna** • Universidad de CAEN. Francia | **Dr. Ismael Vidales Delgado** • Universidad Regiomontana. México | **Dr. José Francisco Zúñiga García** • Universidad de Granada. España | **Dr. Bernardo Jiménez** • Universidad de Guadalajara. México | **Dr. Juan Enrique Marciano Medina** • Universidad de Puerto Rico-Humacao | **Dra. Ursula Oswald** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Arq. Carlos Mario Yori** • Universidad Nacional de Colombia | **Arq. Walter Debenedetti** • Universidad de Patrimonio. Colonia. Uruguay | **Dr. Andrés Piqueras** • Universitat Jaume I. Valencia, España | **Dra. Yolanda Troyano Rodríguez** • Universidad de Sevilla. España | **Dra. María Lucero Guzmán Jiménez** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dra. Patricia González Aldea** • Universidad Carlos III de Madrid. España | **Dr. Marcelo Urra** • Revista Latinoamericana de Psicología Social | **Dr. Rubén Ardila** • Universidad Nacional de Colombia | **Dr. Jorge Gissi** • Pontificia Universidad Católica de Chile | **Dr. Julio F. Villegas †** • Universidad Diego Portales. Chile | **Ángel Bonifaz Ezeta †** • Universidad Nacional Autónoma de México

ÍNDICE

Capítulo 1 Introducción	9
Nathaniel Juárez de la Garza y Ricardo Salas Flores	
Capítulo 2 Fundamentos de la inteligencia artificial	21
Liliana Aurora Carrillo-Aguilar y Brian González Pérez	
Capítulo 3 Educación médica: retos y necesidades	33
José Luis Romero Zúñiga y Alma Alicia Peña Maldonado	
Capítulo 4 Aplicaciones de la inteligencia artificial en la educación médica	43
Gerardo Consuelos Fernández, Melba Fernández Rojas y Eduardo Rojas Tenorio	
Capítulo 5 Sistemas de tutoría inteligente en la educación médica	53
Wilberto Sánchez Márquez y Rosalino Amador Alonso	
Capítulo 6 Realidad virtual y aumentada en la educación médica	63
Jaime Cruz Casados	
Capítulo 7 Ética y privacidad en el uso de inteligencia artificial en la educación médica	73
Josefina Altamira García y José Luis Romero Zúñiga	
Capítulo 8 Evaluación y medición del impacto de la educación médica continua basada en IA	87
Verónica Olvera Mendoza y Erick Eduardo Hernández Molina	

Capítulo 9 Implementación de la inteligencia artificial en programas de educación médica	97
Arturo Llanes Castillo	
Capítulo 10 La educación médica desde la interdisciplinariedad y la inteligencia artificial	105
María Elena Calles Santoyo	
Capítulo 11 Perspectivas futuras de la educación médica con inteligencia artificial	115
Miriam Janet Cervantes López	

Capítulo 1

Introducción

Nathaniel Juárez de la Garza¹
Ricardo Salas Flores²

Presentación del libro

El surgimiento del *big data*, la computación en la nube, las redes neuronales artificiales y el aprendizaje automático, ha permitido a los ingenieros desarrollar una máquina que simula la inteligencia humana, que puede percibir, reconocer, aprender, reaccionar y resolver problemas, creando así la “inteligencia artificial” (Zhai et al., 2021).

Inevitablemente, este tipo de tecnologías han revolucionado las ciencias, incluyendo la medicina, un campo en constante evolución que depende de la investigación científica y tecnológica para efectuar un diagnóstico, un tratamiento y una adecuada prevención de las enfermedades. Se han logrado grandes avances en las áreas de: genómica, medicina regenerativa, inteligencia artificial aplicada a la medicina, técnicas quirúrgicas, sistemas de imagenología e implementación de terapias de medicina de precisión.

La educación médica se enfrenta a desafíos debido a la rápida evolución del aprendizaje y la tecnología. La incorporación de sistemas de atención médica digitalizados es una necesidad incuestionable, debido a que la información se encuentra cada vez más disponible en plataformas electrónicas y los registros de pacientes se gestionan de manera digital.

Los estudiantes actuales han crecido en un mundo digital hiperconectado, donde la información está a escasos clics de distancia, estos estudiantes denominados *nativos digitales* tienen habilidades y preferencias de aprendizaje diferentes a las generaciones anteriores, están acostumbrados a conseguir información de manera casi inmediata, a la interacción con la tecnología y a la participación en entornos

¹ Médico Cirujano y Partero. Universidad de Monterrey, Escuela de Medicina. San Pedro Garza García, Nuevo León, México. Programa Institucional para el fortalecimiento de la investigación y el posgrado del Pacífico. nathaniel.juarez@udem.edu

² Profesor de Tiempo Completo, Coordinador de Posgrado e Investigación Facultad de Medicina de Tampico, Universidad Autónoma de Tamaulipas. risaf1@yahoo.com

digitales. Aunque estas nuevas generaciones pueden pasar mucho tiempo en juegos de computadora solos, aún consideran la interacción social como algo muy importante, tanto que prefieren trabajar en grupos y compartir los detalles de sus actividades con otros en una comunidad en línea, así como en el aula. Tienden a preferir una retroalimentación individual sobre sus logros y experiencias, y expresan la necesidad de apoyo psicosocial individual y personalizado (Han et al., 2019).

La incorporación de la inteligencia artificial en el campo de la educación médica pretende transformar de forma radical la manera en que los estudiantes de medicina interpretan y utilizan los datos digitales para establecer un diagnóstico con un menor esfuerzo. Por lo tanto, el aspecto no analítico y humanístico de la medicina será más enfático que en previas generaciones de médicos, ya que la clínica y el humanismo son difíciles de reemplazar con la tecnología (Han et al., 2019).

Este libro desglosa las problemáticas, desafíos y beneficios que tiene la inteligencia artificial en el campo de la educación médica, ya que se está convirtiendo en una tendencia tecnológica de gran relevancia, y su impacto en la formación de profesionales de la salud es algo innegable. Además, se discuten temas éticos, como la privacidad de los datos de los pacientes y la responsabilidad en la toma de decisiones clínicas basadas en algoritmos de inteligencia artificial, a su vez, se exploran las preocupaciones sobre la sustitución total de los profesionales de la salud y/o educadores por las máquinas y la necesidad de encontrar un equilibrio entre la tecnología y el contacto humano en la educación médica. El público objetivo de este libro incluye a médicos, enfermeros, especialistas en la salud, investigadores, profesores y cualquier otra persona involucrada en la educación y formación de profesionales en el área de la medicina, y todos aquellos interesados en comprender cómo la inteligencia artificial puede impactar en la educación médica del futuro próximo.

El objetivo es analizar el impacto de la inteligencia artificial en la educación médica. La tecnología se encuentra presente y en constante evolución, formando parte de la segunda era digital bautizada por Schwamb (2016) como la “Cuarta Revolución Industrial”, siendo auxiliar en la formación de los futuros médicos. Se exploran en profundidad los efectos, beneficios y consecuencias de emplear la inteligencia artificial en la educación médica y cómo puede ayudar a los estudiantes de medicina a interpretar, analizar y utilizar datos digitales para: generar nuevos conocimientos, crear pronósticos y diagnósticos de enfermedades. Se examinan las implicaciones éticas, legales, sociales y culturales asociados con el uso de la inteligencia artificial en la educación médica, abordando temas críticos como la privacidad de los pacientes, la responsabilidad en la toma de decisiones clínicas basadas en algoritmos de inteligencia artificial y la necesidad de equilibrar la

tecnología con la interacción humana. De igual manera, se abordan los desafíos de su implementación, como la formación continua de los educadores y el riesgo de sustitución por algoritmos, proporcionando una integración ética y responsable de esta tecnología en la formación médica.

El alcance de este libro abarca los fundamentos teóricos de la inteligencia artificial, como su historia y sus aplicaciones prácticas en la educación médica, con la finalidad de mejorar la calidad de la formación y promover una práctica clínica, ética, humana y precisa.

Importancia de la educación médica

La educación médica es la instrucción de los médicos mediante la adquisición y el desarrollo de conocimientos, habilidades, destrezas y aptitudes mediante la formación académica. El término “educación” se refiere a la enseñanza en donde se privilegia el aprendizaje, que es el propósito y el fin esencial del acto educativo, y “médica” incluye la vasta área de la medicina. Algunos ejemplos de educación médica son (Sánchez et al., 2015):

- La enseñanza de anatomía en un auditorio por medio de una conferencia tradicional impartida por un profesor especialista en el área.
- La discusión sobre el manejo del paciente con alguna posible infección, identificando signos y síntomas, utilizando el método de aprendizaje basado en problemas para llegar a un diagnóstico y tratamiento.
- Las experiencias vividas durante el internado rotatorio de pregrado en el servicio de ginecoobstetricia.
- La realización de talleres de cirugía laparoscópica durante la realización de la residencia médica en cirugía general.
- La resolución de dudas de un estudiante de medicina relacionados a conceptos médicos complejos usando alguna inteligencia artificial como ChatGPT.

La educación médica ha avanzado a pasos agigantados desde la aparición de las técnicas de enseñanza basadas en evidencia, hasta la aparición de la inteligencia artificial; nunca será una ciencia exacta, siempre dependerá de maestros entusiastas y estudiantes ambiciosos que busquen conocimiento y habilidades (Walsh, 2016).

De acuerdo con la Federación Mundial de Escuelas de Medicina, hay aproximadamente 2 600 escuelas en todo el mundo en donde miles de estudiantes de medicina son formados día a día, para atender a la demanda creciente de médicos calificados; sin embargo, la distribución de estas escuelas varía de manera significativa entre países y regiones. India, Brasil, Estados Unidos y Pakistán albergan más de un tercio de las escuelas de medicina a nivel global (Duvivier et al., 2014).

Los grandes maestros de la medicina han transmitido conocimientos y aprendizajes durante milenios, y muchos han capturado su esencia en palabras escritas y orales. La investigación en la educación médica tuvo su gran apogeo cuando se empezó a aplicar la práctica médica basada en evidencia, usando herramientas tecnológicas para facilitar la práctica médica, como la inteligencia artificial (Walsh, 2012).

La pandemia COVID-19 intensificó la necesidad de adaptarse y encontrar soluciones innovadoras en el campo de la educación. Ante la limitación de sesiones presenciales se amplió la enseñanza médica virtual, tanto de manera sincrónica como asincrónica. El aprendizaje sincrónico permite la interacción en tiempo real entre un profesor y un grupo de alumnos, ya sea por entornos virtuales o en vivo, brindando la oportunidad de participar y recibir retroalimentación inmediata. En el aprendizaje asincrónico virtual, los estudiantes acceden al material educativo a su propio ritmo, sin alguna restricción de horario (Scherzer y Redmond, 2022).

La motivación en la educación es fundamental, ya que influye directamente en la enseñanza y en el rendimiento de los estudiantes. Está vinculada a efectos positivos en la calidad del aprendizaje, las estrategias empleadas y la persistencia de los estudiantes. Los profesores juegan un papel fundamental para asegurar una educación médica de alta calidad. Es esencial motivar a los estudiantes hacia el logro de sus metas, que abarca desde lo académico hasta lo humanista (Pelaccia y Viau, 2017).

Para garantizar una buena educación, es imprescindible la investigación clínica y básica, que respalde la actualización de los programas de enseñanza para formar médicos, especialistas e investigadores en el área de la salud altamente capacitados. Deben involucrarse en el proceso científico y en las aplicaciones tecnológicas, así como en la perspectiva integral de la medicina. Ante la creciente explosión de conocimientos médicos existe el riesgo de sumergirse en la subespecialización, que impida incorporar los conocimientos necesarios para comprender el proceso de salud-enfermedad (Sánchez et al., 2015).

El egresado de la educación médica es un eterno estudiante, ya que la salud es un campo dinámico. El conocimiento médico, los avances científicos y tecnológicos ocurren a una gran velocidad. Es esencial que el profesional de la salud renueve su conocimiento de manera constante y autodidacta, para no quedar obsoleto y brindar la mejor atención a los pacientes. No basta con adquirir los conocimientos durante los años de formación básica y clínica, sino que es necesario buscar novedades y avances en el campo de la medicina. La motivación es esencial para seguir estudiando, para ofrecer a los pacientes las mejores opciones de diagnóstico, tratamiento y cuidado médico (Sánchez et al., 2015).

Breve historia de la inteligencia artificial

El término de inteligencia artificial como se conoce en la actualidad, fue acuñado en 1995 por John McCarthy, uno de los padres fundadores de la inteligencia artificial, junto a Alan Turing, Marvin Minsky, Allen Newell y Herbert A. Simon (Lowe y Lawless, 2021).

Aristóteles (384-322 a. C.), padre de la filosofía, fue el primero en escribir sobre objetos y lógica, y en sentar las bases de la ontología y el método científico. Como resultado, hoy en día se enseña sobre las ciencias naturales, matemáticas, computación y ciencias sociales. Sin la tecnología requerida, pasaron muchos siglos sin ningún progreso en la búsqueda de la inteligencia artificial (Lowe y Lawless, 2021).

En el siglo XVIII ocurrió el desarrollo matemático y de la estadística (teorema de Bayes). En 1818, la inteligencia artificial debutó en el mundo literario de la ciencia ficción con la novela *Frankenstein* de Mary Shelley. En una carta llamada *Darwin: Entre las Máquinas* escrita en el periódico de *The Press* en Nueva Zelanda, se habló de la posibilidad de que las máquinas desarrollaran conciencia mediante la selección natural (Lowe y Lawless, 2021).

En 1920 Karel Čapek introdujo la palabra *robot* en su obra de teatro R.U.R (Robots Universales Rossum) en donde se utiliza la palabra robot del eslavo, que significa trabajador forzado. Desde entonces la inteligencia artificial se convirtió en un tema recurrente de la ciencia ficción, hablándose de ella de manera utópica, recalando beneficios o prejuicios como reemplazar completamente a los seres humanos por máquinas (Lowe y Lawless, 2021).

En 1943, Warren McCulloch y Walter Pitts crearon el primer modelo computacional para redes neuronales, la primera red neuronal analógica fue construida por Marvin Minsky, esto dio inicio al desarrollo de la inteligencia artificial (Lowe y Lawless, 2021). Después en 1950, el matemático inglés Alan Turing publicó un artículo titulado “Computing Machinery & Intelligence” en la revista *Mind*, siendo de los primeros en hablar de inteligencia artificial, se menciona el test de Turing, diseñado por Alan Turing siendo este una forma de evaluar la capacidad de una computadora para exhibir si tiene un comportamiento inteligente similar al de un ser humano (Kind, 2022).

La premisa central de este tipo de prueba es que si el interrogador, al interactuar con una computadora mediante preguntas y respuestas, no puede distinguir si está conversando con un ser humano o una máquina, pasando esta prueba con un resultado positivo se puede concluir que la computadora alcanzó un nivel de inteligencia similar al de un ser humano. Hoy en día es la prueba de fuego de la inteligencia artificial, considerándose aprobada si la computadora es capaz de

convencer al 30 % de los jueces con quien converse, hecho sucedido por primera vez en el 2014 (Porcelli, 2020).

Durante la segunda mitad de la década de 1950 y principios de la década de 1960, se produjo un hito importante en el área de la inteligencia artificial, el comienzo de las máquinas en juegos de mesa, como las damas chinas y el ajedrez. Este avance marcó el inicio de lo que se conoce como inteligencia artificial en los juegos, una rama de la inteligencia artificial que ha perdurado desde su creación hasta la actualidad, convirtiéndose en un mercado multimillonario. La capacidad de la inteligencia artificial para competir y superar a los seres humanos en juegos fue un logro impresionante, estos sistemas demostraron la capacidad de las máquinas para analizar estrategias, calcular movimientos y tomar decisiones óptimas (Lowe y Lawless, 2021).

En 1974 se desarrolló el reconocimiento óptico de caracteres (OCR) y el sintetizador de texto a voz por parte de la compañía de Ray Kurzweil, Kurzweil Computer Products Inc. Gracias al OCR, las personas ciegas pueden escanear documentos impresos y convertir los caracteres en texto digital que es interpretado por una inteligencia artificial. Con la ayuda del sintetizador de texto a voz, la computadora lee en voz alta el texto, permitiendo abrir un mundo de posibilidades para las personas ciegas, ya que ahora pueden acceder a libros, periódicos, documentos y diversos tipos de textos escritos que antes estaban fuera de su alcance. En la actualidad, el OCR y el sintetizador de texto a voz son bastante comunes y están integrados en muchas aplicaciones y dispositivos. Esta es una forma normalizada de inteligencia artificial (Lowe y Lawless, 2021).

Durante el periodo comprendido entre 2011 y 2014, se produjo un gran avance en el campo de la inteligencia artificial aplicada a teléfonos inteligentes. En ese periodo se lanzaron al mercado aplicaciones sumamente revolucionarias que podían usar el lenguaje natural para proporcionar respuestas, recomendaciones y ejecutar diversas acciones, entre estos se encuentra Siri (2011), Google Now (2012) y Cortana (2014) (Lowe y Lawless, 2021).

En el 2014, por primera vez un programa de computadora fue capaz de pasar la prueba de Turing, convenciendo al 33 % de los jurados que se trataba de un humano. Se trató de Eugene Goostman, un *chatbot* de computador diseñado para comportarse durante la conversación como un joven ucraniano de 13 años de edad. Este suceso fue un parteaguas en sembrar duda sobre la validez de la prueba, ya que después de 60 años, se advierte la necesidad de actualizarlo o de certificar de manera distinta los avances de la inteligencia artificial (Porcelli, 2020).

Debido al riesgo, en 2015 se redactó una carta donde se solicitaba la completa prohibición y desarrollo de armas bélicas que operan con inteligencia artificial. Esta

carta fue firmada por destacadas figuras influyentes como: Stephen Hawking, Elon Musk y Steve Wozniak, así como más de 3 000 investigadores especializados en el campo de la inteligencia artificial y la robótica (Lowe y Lawless, 2021).

IA en la medicina

Uno de los primeros prototipos que demostró la viabilidad de la inteligencia artificial en la medicina fue el desarrollo de un programa de consulta para el tratamiento de glaucoma, el modelo red causal-asociativa (CASNET, por sus siglas en inglés) (Kaul et al., 2020). El modelo CASNET consta de tres componentes principales: la observación de un paciente, estados fisiopatológicos y la clasificación de las enfermedades. A medida que las observaciones se registran, estas se asocian con estados, que a su vez se relacionan formando una red que resume los mecanismos subyacentes de la enfermedad. Este método diagnóstico se aplicó en sus inicios a un programa de consulta para el diagnóstico y tratamiento de glaucomas a largo plazo (Kulikowski y Weiss, 2019).

En los inicios de la década de 1970 se desarrolló un sistema de inteligencia artificial de *backward chaining* llamado MYCIN, este sistema se basaba en la información de los pacientes proporcionada por los médicos, y de sus conocimientos base formados aproximadamente por 600 reglas. MYCIN tenía la capacidad de generar una lista de los posibles patógenos bacterianos que atacaban al paciente y daba un tratamiento antibiótico ajustado al peso corporal de la persona. La creación de MYCIN sentó las bases para el desarrollo de EMYCIN, otro sistema basado en reglas similar a MYCIN, pero aún más complejo (Kaul et al., 2020).

En 1986 la Universidad de Massachusetts lanzó un sistema de apoyo a la toma de decisiones médicas: DXplain. En este programa se introducen los síntomas y se genera un diagnóstico diferencial, también tiene la función de ser una enciclopedia médica que brinda descripciones detalladas de enfermedades y referencias adicionales para sustentar el diagnóstico. En su lanzamiento inicial, DXplain solo podía proporcionar información sobre 500 enfermedades, con el pasar de los años ha ampliado su catálogo de enfermedades a más de 2 400 (Martínez et al., 2021).

En 2017, el primer producto de Arterys, CardioAI, se convirtió en la primera aplicación basada en la nube con *deep learning* (aprendizaje profundo) aprobada por la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA) en el campo de la atención médica, capaz de analizar imágenes de resonancia magnética cardíaca en tan solo segundos, dando así información detallada, como la eyección cardíaca. Se empezaron a desarrollar nuevas herramientas que incluían más órganos, como hígado y pulmones (Haq IU, 2022).

Los desarrolladores de OpenAI propusieron en 2018 el modelo GTP-1. Este utiliza un modelo *Transformer* para aprender de manera automática a partir de una gran compilación de texto. Tiene la capacidad de comprender la gramática, semántica, giros idiomáticos e información contextual. El objetivo principal del GTP-1 era lograr que los algoritmos de lenguaje se asemejen cada vez más a la expresión del pensamiento humano (Brown et al., 2020).

En 2019 OpenAI lanzó el modelo GTP-2, basado en el modelo GTP-1, pero con mejoras significativas. El GTP-2 utiliza más decodificadores *Transformer* y emplea una compilación de texto más extensa como fuente de información, lo que resultó en una mayor eficacia y precisión. En 2020 se presentó el revolucionario modelo GTP-3, con mejoras sustanciales en sus parámetros, esta versión exhibió un rendimiento superior en la generación de diálogos, resumen de texto, traducción, entre otras diversas tareas con lenguaje natural (Yu, 2023).

ChatGPT se lanzó oficialmente en noviembre del 2022, es un modelo de lenguaje avanzado basado en la tecnología GPT-3.5. Este emplea datos masivos, recursos computacionales potentes y algoritmos eficientes para construir un modelo inteligente que puede extraer información de grandes cantidades de datos textuales y generar trabajos más complejos y similares a los humanos. Este *chatbot* puede proporcionar respuestas y comentarios en forma de texto, permitiendo así una interacción natural entre la inteligencia artificial y humanos (Yu, 2023).

El 14 de marzo de 2023, Open AI presentó GPT-4, una actualización significativa en la arquitectura GPT. Este nuevo modelo no solo procesa textos e imágenes, sino que también posee la capacidad de raciocinio, comprensión y generación de escritura mejorada. Gracias a estas mejoras, el GPT-4 puede manejar instrucciones con mayor precisión, crear textos más diversos y creativos, y desempeñarse de manera más confiable en más de 30 idiomas. Esta introducción ha generado un poderoso impulso en el desarrollo del lenguaje natural, abriendo así nuevas oportunidades y desafíos para el futuro de esta tecnología (OpenAI, 2023).

En la educación médica, ChatGPT es de gran relevancia, a pesar de las controversias relacionadas con el plagio, esta herramienta puede potenciar la calidad educativa. El rápido desarrollo de la tecnología y la inteligencia artificial han logrado un progreso significativo en la educación médica para beneficio de los estudiantes, profesores e investigadores en el campo de la medicina. Por ejemplo, ChatGPT se puede utilizar para calificar ensayos de estudiantes y analizar la estructura de oraciones, vocabulario, gramática y calidad de los trabajos. Esta es una característica útil para los profesores que a menudo tienen que revisar una enorme carga de tareas, trabajos, exámenes, entre otros (Khan et al., 2023). Otro

uso de ChatGPT es la capacidad de generar material didáctico, como ejercicios, cuestionarios y casos clínicos que pueden ser usados dentro y fuera del aula. Este uso es particularmente útil para hacer que el material de aprendizaje complejo sea aún más fácil de comprender para los estudiantes (Sánchez, 2023).

El aprendizaje personalizado es una función especial de ChatGPT en la educación, como un sistema de tutoría inteligente que responde las preguntas de los estudiantes y da comentarios sobre trabajos mediante la predicción de palabras. Los sistemas de tutoría inteligente permiten adaptar los planes de lecciones y los materiales didácticos en función de los múltiples estilos y habilidades de estudio y aprendizaje de cada tipo de estudiante, lo que es especialmente difícil en cuestión de tiempo y dedicación para los docentes (Sánchez, 2023).

ChatGPT puede funcionar como asistente en la investigación médica, al proporcionar resúmenes de texto, redactar bibliografías, crear esquemas, generar resúmenes, generar comentarios e incluso recomendar fuentes bibliográficas a consultar, facilitando de gran manera la investigación médica (Burgos, 2023).

La historia de la inteligencia artificial ha evolucionado, desde la ciencia ficción hasta la realidad tangible. Chat GPT puede utilizarse en la formación de los médicos; sin embargo, aunque es un material valioso, no debe ni puede reemplazar la presencia y experiencia de los docentes. En cambio, son herramientas que apoyan y complementan el trabajo humano, sus respuestas son rápidas y precisas, pero no pueden ofrecer la empatía, comprensión y compasión que puede brindar un docente, cualidades esenciales en el proceso educativo de la medicina, donde la interacción humana y la conexión emocional son indispensables en la práctica y educación médica.

Referencias

- Brown, T. B., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J., Dhariwal, P. et al. (2020). Language Models are Few-Shot Learners. *Proceedings of the 34th International Conference on Neural Information Processing Systems* (159), 1877-1901. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.5555/3495724.3495883>
- Burgos, L. M., Suárez, L. L. y Benadón, M. (2023). Inteligencia artificial ChatGPT y su utilidad en la investigación: el futuro ya está aquí. *Medicina*, 83, 499-501. <https://www.scielo.org.ar/pdf/medba/v83n3/1669-9106-medba-83-03-500.pdf>
- Duvivier, R. J., Boulet, J. R., Opalek, A., Van Zanten, M. y Norcini, J. (2014). Overview of the world's medical schools: an update. *Medical Education*, 48(9), 860-869. <https://doi.org/10.1111/medu.12499>
- Han, E. R., Yeo, S., Kim, M. J., Lee, Y. H., Park, K. H. y Roh, H. (2019). Medical education trends for future physicians in the era of advanced technology and artificial

- intelligence: an integrative review. *BMC Medical Education*, 19(1), 460. <https://doi.org/10.1186/s12909-019-1891-5>
- Haq IU, C. K. (2022). Artificial Intelligence in Cardiovascular Medicine: Current Insights and Future Prospects. *Vascular Health and Risk Management*, 2022(18), 517-528. <https://doi.org/https://doi.org/10.2147/VHRM.S279337>
- Kaul, V., Enslin, S. y Gross, S. A. (2020). History of artificial intelligence in medicine. *Gastrointestinal Endoscopy*, 92(4), 807-812.
- Khan, R. A., Jawaid, M., Khan, A. R. y Sajjad, M. (2023). ChatGPT - Reshaping medical education and clinical management. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 39(2), 605-607. <https://doi.org/10.12669/pjms.39.2.7653>
- Kind, A. (2022). Computing Machinery and Sexual Difference: The Sexed Presuppositions Underlying the Turning Test. En K. Maitra y J. McWeeny (Eds.), *Feminist Philosophy of Mind* (pp. 54-69). Oxford Academic. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/oso/9780190867614.003.0003>
- Kulikowski, C. A. y Weiss, S. M. (2019). Representation of Expert Knowledge for Consultation: The CASNET and EXPERT Projects. En P. Szolovits (Ed.), *Artificial Intelligence in Medicine* (pp. 21-55). Routledge.
- Lowe, A. y Lawless, S. (2021). *Artificial intelligence foundations: Learning from experience*. BCS Learning & Development Limited.
- Martínez-Franco, A., Vives-Varela, T., Martínez-González, A. y Sánchez, M. (2021). Uso de un sistema de apoyo de decisiones clínicas (DXplain) en estudiantes de Medicina. *Investigación en Educación Médica*, 10(39), 71-78. <https://doi.org/10.22201/fm.20075057e.2021.39.20227>
- OpenAI. (27 de marzo de 2023). *GPT-4 Technical Report*. <https://cdn.openai.com/papers/gpt-4.pdf>
- Pelaccia, T. y Viau, R. (2017). Motivation in medical education. *Medical Teacher*, 39(2), 136-140. <https://doi.org/10.1080/0142159X.2016.1248924>
- Porcelli, A. M. (2020). La inteligencia artificial y la robótica: sus dilemas sociales, éticos y jurídicos. *Derecho Global. Estudios sobre Derecho y Justicia*, 6(16), 49-105. <https://doi.org/10.32870/dgedj.v6i16.286>
- Sánchez, M. M., Lifshitz, G. A., Vilar, P. P., Martínez, G. A., Varela, R. M. E. y Graue, W. E. (2015). *Educación médica: Teoría y práctica*. Elsevier Health Sciences Spain - T.
- Scherzer, R. y Redmond, M. (2022). The importance of innovative curriculum design in medical education. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*, 129(4), 403-404.
- Schwab, K. (2016, 12 de octubre). *Cuatro principios de liderazgo de la Cuarta Revolución Industrial*. Foro Económico Mundial. <https://es.weforum.org/agenda/2016/10/cuatro-principios-de-liderazgo-de-la-cuarta-revolucion-industrial/>
- Walsh, K. (2016). *Oxford Textbook of Medical Education*. Oxford.

- Yu, H. (2023). Reflection on whether Chat GPT should be banned by academia from the perspective of education and teaching. *Frontiers in Psychology, 14*, 1181712.
- Zhai, X., Chu, X., Chai, C. S., Jong, M. S., Istenic, A., Spector, M. et al. (2021). A Review of Artificial Intelligence (AI) in Education from 2010 to 2020. *Complexity, 2021*(1), 8812542. <https://doi.org/10.1155/2021/8812542>

Capítulo 2

Fundamentos de la inteligencia artificial

Liliana Aurora Carrillo-Aguilar¹
Brian González Pérez²

Introducción

La comprensión y elaboración de una definición universal de la inteligencia artificial (IA) ha representado un reto, corresponde a la rama de la ciencia que se encarga de analizar y modelar un conjunto de datos a través de la estadística, entre las que destaca el *machine learning*. En un principio, los sistemas tradicionales ajenos a la IA contaban con un funcionamiento predefinido y repetitivo a partir de algoritmos que responden de forma predeterminada a las variables ingresadas.

Un ejemplo de un sistema tradicional es cuando, dentro de una hoja de cálculo, se le indica a la computadora mediante una función la suma de 1 más 1, que arroja un 2 como resultado. El usuario ingresa los datos, las instrucciones y la máquina únicamente sigue las órdenes descritas. Si se vuelven a ingresar los datos, se volverá a obtener un 2 como resultado, puesto que la computadora sólo está programada para replicar tareas específicas. Si el usuario vuelve a ingresar los mismos valores de entrada, pero esta vez quiere realizar una multiplicación, el sistema solo habría sido instruido para realizar una suma. En tal caso, se tendrá que escribir la función para que el sistema realice una multiplicación. Por lo tanto, estos sistemas solían tener asignadas tareas muy específicas y, con el paso del tiempo, se fueron incorporando más funciones.

Estos sistemas tradicionales cuentan con sus ventajas, ya que permiten la replicación y explicación del proceso mediante el cual se obtuvo dicho resultado; sin

¹ Profesora Titular Residencia Medicina Familiar. Unidad Médica Familiar 77 del Instituto Mexicano del Seguro Social. Madero, Tamaulipas, México. lilifha@hotmail.com

² Profesor de Tiempo Completo. Facultad de Medicina de Tampico “Dr. Alberto Romo Caballero”, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Tampico, Tamaulipas, México. Servicio de Atención Familiar. Unidad de Medicina Familiar No. 38 del Instituto Mexicano del Seguro Social. Tampico, Tamaulipas, México. bgperez@docentes.uat.edu.mx

embargo, también presentan múltiples limitaciones, como la falta de adaptación al contexto de la tarea solicitada, así como la incorporación de nueva información. Por si fuera poco, los sistemas tradicionales están sujetos y limitados a la acción humana y a su entorno, ya que están programados para realizar una tarea, con datos ya organizados por el usuario. Un ejemplo de la situación anterior es el uso de palabras o frases que en una determinada región existen o cuentan con un significado distinto al utilizado en otros lugares. Esto creó la necesidad de desarrollar múltiples versiones de un sistema que se adapte a las necesidades de cada individuo.

Estos problemas fueron resueltos con la incorporación de la IA dentro de la ciencia de datos. La IA es un sistema programado para aprender a realizar una tarea (Wang, 2019). En muchas ocasiones, las personas creen que se trata de computación y robótica; en realidad, la IA va más allá de dichos campos o ciencias.

La IA se encuentra en todos lados. Los teléfonos inteligentes son capaces de encender una alarma, recordar alguna cita o inferir la ubicación del hogar y área de trabajo del usuario. Algunos anuncios de productos en la *web* coinciden con lo que se buscó recientemente en una tienda en línea. Está incorporada en muchos de los aparatos de hoy en día, y su uso es trascendental al predecir las necesidades de un individuo y ofrecer soluciones antes de que el sujeto esté consciente de ello.

Se le conoce como IA porque es capaz de aprender a partir de los nuevos recursos que se le proporcionan, el proceso va más allá de una simple replicación, acercándose al razonamiento. No funciona solo reconociendo patrones, sino que es capaz de crear asociaciones entre diferentes ideas o conceptos para encontrar información más precisa. La capacidad de asociar fue por mucho tiempo la cualidad humana que lograba distinguir el razonamiento humano del artificial. Por otro lado, se dice que es artificial ya que fue desarrollada por el ser humano, con base en el funcionamiento celular del cerebro para el desarrollo de las redes neuronales artificiales. Por este motivo, la IA corresponde a un área separada de la computación, pero relacionada con muchas otras ciencias.

Funcionamiento de la IA

Paschen et al. (2020) ha desarmado la IA en 6 bloques para comprender a grandes rasgos cómo funciona: datos estructurados, datos no estructurados, proceso previo, proceso principal, conocimiento de base e información o información de salida (Figura 1). Dichos bloques se organizan a su vez dentro de 3 fases: los datos ingresados (*input*), el proceso como tal y los resultados obtenidos (*output*). Estos 6 bloques resumen de forma general la dinámica de la IA, aunque existen diferentes modelos que determinan la información de salida a partir de los datos de entrada.

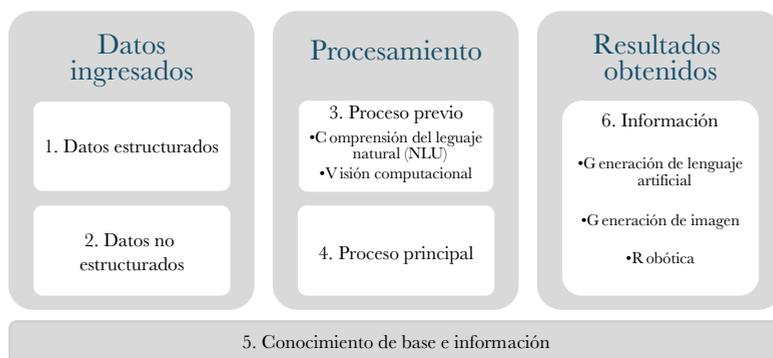


Figura 1. Bloques de construcción de sistemas de IA

Fuente: Paschen (2019).

Dentro de los valores de entrada se encuentran los datos estructurados y no estructurados (primer y segundo bloque) que corresponden a la información que el usuario introduce al sistema (algún texto, imagen o sonido). Después se integra por una preparación previa (tercer bloque), de la información introducida y el proceso de análisis como tal (cuarto bloque), donde este último distingue cada uno de los modelos de IA. Finalmente, en la fase de salida se encuentran los resultados de dicho análisis en un lenguaje entendible por el usuario (sexto bloque). Y dentro de estas 3 fases se ubica el quinto bloque, que corresponde al conocimiento de base, ya que la información generada como resultado se almacena para utilizarse en un futuro.

En primer lugar, los datos que ingresa un usuario a un sistema de IA pueden ser estructurados o no estructurados. Los primeros son aquellos que están ya sistematizados y organizados, como las mediciones numéricas o los valores ordinales -por ejemplo, valores de presión arterial, glucemia o cualquier resultado de laboratorio-. Esta información es más fácil de analizar por el sistema en tiempo real, ya que no se ve forzado a modificar los datos para su comprensión y arrojar datos de salida similares. Por otro lado, los datos no estructurados no están estandarizados u organizados y son más difíciles de analizar. Suele tratarse de información cualitativa expresada como texto, imágenes, audios o videos, que deben someterse a una interpretación exhaustiva por la IA, ya que no es posible medirla o asignarle algún valor numérico u ordinal -por ejemplo, la presencia de síntomas que refiere algún paciente, radiografías, tomografías o los ruidos cardíacos-.

Dentro del proceso existe una preparación previa en la cual los datos no estructurados deben depurarse, traducirse y seleccionarse. Para ello, la IA debe interpretar el lenguaje humano, tanto hablado como manuscrito, así como imágenes,

y transcribirlo a texto para después traducirlo a lenguaje computacional y someterlo al proceso de análisis. Existen múltiples lenguajes o programas utilizados en IA y cuentan con diferencias significativas en su uso, según el modelo que se utilice.

Este segundo bloque ha representado un verdadero reto para los avances de la inteligencia artificial y en algunos aspectos no es del todo preciso, debido a que existen numerosos valores con los que se puede asignar a una variable. Un ejemplo sencillo es el texto manuscrito. Existen muchas formas de escribir una determinada letra o número y resulta imposible introducir todas esas posibilidades dentro un sistema para que sea capaz de identificar correctamente la letra o número que se le presenta. En la actualidad, ya existen teléfonos inteligentes que son capaces de reconocer letras y números escritos e inclusive transcribir en texto o realizar operaciones a partir de imágenes o por una cámara en tiempo real. Esto es evidencia del gran avance que ha logrado la IA.

Sin embargo, lo anterior resulta muy complicado en la medicina, ya que amerita una enorme precisión y una alta sensibilidad para reconocerlos. Por ejemplo, Debelee et al. (2020) analizaron una imagen de cáncer de mama, en donde consideran tomosíntesis, ultrasonido, mastografía, entre otras técnicas. Si bien observaron que son precisas y permiten clasificar la imagen de entrada, remarcaron la necesidad de contar con información para que el algoritmo sea capaz de funcionar, si es que se usa un modelo desde cero, o bien, el uso de un sistema ya pre-entrenado. Esto significa que, para que la IA pueda identificar patrones dentro de datos no estructurados, es indispensable contar con una enorme base de datos.

A continuación, una vez traducidos los datos no estructurados, la información se somete al proceso del 4º bloque de la IA, y se integra a su vez en 3 acciones: solución de problemas, razonamiento y un término denominado *machine learning*. La solución de problemas implica seleccionar la mejor opción para una determinada tarea a partir de los datos de entrada. Si bien no existe la solución perfecta a una tarea o hay múltiples opciones y combinaciones que resuelvan un determinado problema, la IA considera la información proporcionada por el usuario y el conocimiento de base, además del contexto, el cual corresponde a un bloque aparte.

Por otro lado, el razonamiento consiste en usar los recursos disponibles, y no limitarse a lo que se le proporcione al sistema. Entre más información se encuentre al alcance del modelo, la IA será capaz de realizar un mejor razonamiento y por ende ofrecerá un resultado más preciso a la tarea asignada, pero lo que sustenta y destaca a la IA, y lo distingue de la computación tradicional es su capacidad de adaptabilidad y aprendizaje automatizado o *machine learning*.

Machine learning en la IA

El término *machine learning* consiste en una serie de nodos o capas, cada una con una tarea definida que realiza un determinado cálculo o tarea y entrega el resultado a otra capa más profunda, y así de forma sucesiva a partir del reconocimiento de patrones (Helm et al., 2020). La información atraviesa un mapeo de análisis que permite incorporar los nuevos conocimientos generados a una base de datos, sin limitarse a repetir instrucciones predeterminadas como lo hace el sistema tradicional. Por ello, en ocasiones también se le denomina como aprendizaje automatizado. Esa información se incorpora o almacena al conocimiento de base (el cual corresponde al quinto bloque), de tal modo que puedan influir en el comportamiento del sistema en el futuro, y al someterlo a las mismas variables de entrada, responderá de forma distinta. Este paso permite considerar el contexto del usuario para adaptar las variables de salida a su entorno cultural, social y regional.

Aun así, el proceso de *machine learning* tiene sus limitaciones para trabajar con muchas capas de información de entrada, lo cual es de suma importancia en el área médica. El sistema solo selecciona algunas variables de la información proporcionada, dejando de lado datos esenciales, debido a que se le asigna un tiempo límite a la IA para actuar y responder a la demanda del usuario, ya que si el tiempo de espera fuera muy extenso carecería de utilidad.

En respuesta a esa situación, hoy en día existe el *deep learning*, una forma más compleja de *machine learning* en donde las variables de entrada se someten a múltiples redes neuronales artificiales en diferentes capas ocultas, donde cada una responde a las diferentes características. Esto permite una mejor comprensión y desarrollo de asociaciones entre los datos disponibles, al contar con muchos centros o nodos con una tarea o algoritmo, sin perjudicar el tiempo de espera para la obtención de las variables de salida.

Existen muchos modelos de *deep learning*, pero el más utilizado son las redes neuronales artificiales o también conocidas como *deep artificial neuronal network*. Para comprender mejor la red neuronal artificial, se puede realizar la analogía con el cerebro humano o red neuronal biológica. Se trata de un conjunto de nodos denominados neuronas artificiales o unidades, cuyas conexiones se ajustan a través del aprendizaje, donde el aumento o disminución de una señal fortalece o debilita una conexión. Todo esto en un proceso muy similar al que se realiza en el cerebro humano, donde las neuronas se conectan a otras por medio de neurotransmisores, y la sinapsis se fortalece mientras más se activen dichas células nerviosas (Hasson et al., 2020) (Figura 2).

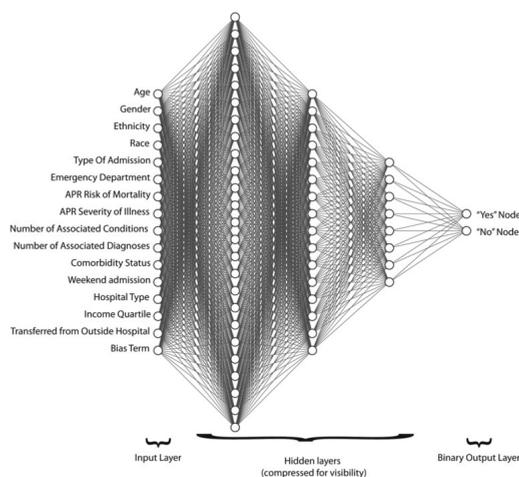


Figura 2. Ejemplo de capas de entrada, ocultas y de salida utilizadas para predecir métricas basadas en valores antes de una artroplastia total de cadera o rodilla primaria electiva
Fuente: ejemplo de capas de entrada, ocultas y de salida utilizadas para predecir métricas basadas en valores antes de una artroplastia total de cadera o rodilla primaria electiva del Dr. Ramkumar (Ramkumar et al., 2019).

Sin embargo, este sistema trae consigo múltiples dificultades para su aplicación. Al tratarse de un proceso muy complejo donde la información se somete a demasiados nodos, ya no es posible explicar o rastrear el proceso realizado. Esta situación no sucede dentro del *machine learning* que, por ser más simple, permite identificar exactamente el proceso realizado por la IA. Aunado a lo anterior, los resultados no son completamente replicables, lo que dificulta aún más su evaluación. Esto quiere decir que, cada vez que se somete una red neuronal artificial profunda a una misma prueba con los mismos datos de entrada en repetidas ocasiones, los resultados obtenidos son distintos y el sistema no brinda una explicación del porqué sucede así. Esta falta de justificación de una conclusión es la principal razón por la que aún no se incorpora del todo dentro de la salud; y su falta de interpretabilidad es motivo de múltiples discusiones y consideraciones éticas.

Dentro de la literatura suelen denominar el modo utilizado por la *deep learning* como *black box*, puesto que, a pesar de ser muy preciso con la información o los resultados obtenidos, es el modelo con menor interpretabilidad entre sus predecesores. Las variables de entrada, al ser sometidas a múltiples nodos, imposibilitan su aplicación en áreas de alta sensibilidad como la medicina, puesto a que es imposible aislar el vínculo físico entre la *deep learning* y el entorno mismo.

Por último, una vez que las variables de entrada ya pasaron por el proceso de análisis a través de múltiples nodos o capas, se revierte el lenguaje generado a lenguaje natural entendible por los humanos. Dicha información del resultado se puede proporcionar ya sea como texto, reporte o predicción, o en sistemas más sofisticados, en forma de audio, generación de imágenes o robótica -por ejemplo, a partir de dicha información, las máquinas pueden interactuar de manera física con el ambiente y alterarlo-. Dentro de este sexto bloque, aún es necesario afinar ciertos detalles que involucran el uso de datos no estructurados.

Interpretabilidad en la IA y deep learning

Uno de los principales desafíos dentro de la IA es lograr una mejor precisión de la información manteniendo su interpretabilidad. La precisión se refiere a qué tan correcta o adecuada es la información que brinda la IA ante una problemática o variable de entrada. La evaluación de este aspecto es algo compleja, ya que no existe una verdad absoluta. Por otro lado, la interpretabilidad se refiere a la habilidad para que el humano comprenda el funcionamiento del sistema. Para ello, se integran otras definiciones como la *simulabilidad*, que es la comprensión sobre un modelo en general, y la *descomponibilidad*, que consiste en comprender un modelo en cuestión de sus componentes como bloques, neuronas artificiales o capas y así de forma sucesiva (Fan et al., 2021).

Un sistema ideal de IA debe obtener resultados muy precisos que satisfagan las tareas encomendadas, en donde el humano sea capaz de aislar la acción de cada nodo e interpretar la razón por la que se tomó una determinada conclusión. A medida que se trabaja con un mayor número de capas, la interpretabilidad disminuye de forma progresiva, por lo que surge la necesidad de desarrollar nuevos algoritmos que ayuden a complementar la IA.

Dicha nueva propuesta de modelo es opuesta a la naturaleza de *black box* de la *deep learning* y se llama *Explainable AI* (abreviado como *XAI*, por sus siglas en inglés) o IA explicable. Se trata de un nuevo modelo que busca dar la misma precisión que ofrece la *deep learning*, pero que además cuente con otras 3 características: transparencia, interpretabilidad (ya explicado con anterioridad) y explicabilidad. Angelov et al. (2021) mencionan que la transparencia es el potencial del modelo de ser entendible para el humano, mientras que la explicabilidad es la noción de la información brindada.

Esto quiere decir que la IA debe otorgar la evidencia que justifique la decisión tomada, como en el ejemplo sobre estudios de imagen de cáncer de mama. El sistema, aparte de brindar una clasificación e interpretación de los datos de entrada, incluye imágenes similares al patrón detectado o publicaciones

relacionadas con el tema. Si bien no es totalmente transparente en determinar cuál es el camino que siguió la información a través del mapa neuronal artificial, sí soluciona parcialmente la cuestión de la justificación de una conclusión dada.

Existen diferentes modelos o procesos mediante los cuales la IA funciona. La *machine learning* sigue un modelo transparente que incluye, a su vez, los árboles de decisiones, las redes bayesianas, el aprendizaje basado en reglas, entre otros. Estos son transparentes porque la información es rastreable y se logra comprender el algoritmo, aunque su precisión no es muy adecuada. Por otro lado, la *deep learning* funciona mediante un modelo opaco. Dentro de este modelo, destacan las redes neuronales artificiales, que son las más utilizadas en la actualidad dentro de la *deep learning*. Existen otros métodos como los *random forests* o SVMs, que suelen utilizarse en otras ciencias; son muy precisos con los resultados obtenidos, pero poco transparentes.

Dentro del *XAI* (IA explicable) existen distintos modelos que permiten lograr una mayor precisión sin perjudicar la transparencia o interpretabilidad del sistema. Por el contrario, incluyen herramientas que incrementan la transparencia o interpretabilidad de los modelos existentes. Estos cuentan con explicación *posthoc*, las cuales permiten justificar e interpretar las variables de salida o la decisión tomada por la IA. Es una solución interesante para dicho problema, ya que, en lugar de rastrear la manera de predecir las decisiones de un sistema de IA, se le enseña a sustentar con evidencia la solución al problema. El *XAI* puede seguir un modelo agnóstico, diseñado para aplicarse de forma general y con flexibilidad. Es decir, permite ser aplicado en múltiples sistemas, pero sin mejorar la efectividad de todos al no tener un diseño particular. También puede tratarse de un modelo específico, el cual, al diseñarse para un sistema particular, determina la transparencia de uno o varios modelos y aprende de ellos a interpretar el funcionamiento de estos.

El *XAI*, ya sea agnóstico o específico, brinda una justificación posprueba que puede seguir diferentes mecanismos o fórmulas. El primero de ellos es la explicación por simplificación, en donde se encuentran alternativas a los modelos originales que permitan explicar la predicción de interés para facilitar su comprensión. Es decir, busca opciones o algoritmos menos complejos para predecir el comportamiento de dicho sistema. Después, se encuentra la explicación por relevancia de característica en la cual se valora el peso de cada variable dentro de la decisión de un determinado modelo, y de esa forma se justifica la decisión tomada. La explicación visual, como su nombre lo indica, se basa en la observación de los datos de un determinado modelo para así interpretar la predicción. Finalmente, la explicación local, en la cual se limita a un área de interés específica para comprender cómo opera el modelo cuando se asignan variables de entrada similares a las que se buscan explicar. De

ese modo, facilita la comprensión del mecanismo al limitar el sistema a un área de conocimiento en particular.

Los sistemas de *deep learning* requieren de un algoritmo complementario que incremente su interpretabilidad. En un principio se utilizaron modelos basados en el rastreo del conocimiento, pero dado su comportamiento cambiante y su mecanismo oculto, se desarrollaron nuevos métodos posprueba específicos y generales para el modelo analizado.

Un ejemplo del funcionamiento de estos algoritmos es reportado por Lu et al. (2020), quienes aplicaron un modelo de *deep learning* basado en el rastreo de conocimiento, el método de *Layer-wise relevance propagation* (LRP por sus siglas en inglés), el cual de forma retrógrada interpreta el sistema a partir de la importancia, desde la capa de resultado hacia la capa de entrada (como si se realizara la prueba, pero de forma inversa), logrando incrementar la interpretabilidad, con distintos mecanismos o métodos, más transparentes y predecibles para el ser humano.

La IA, si bien ya tiene mucho tiempo de existir, aún requiere un extenso estudio para que se aproveche todo su potencial. La IA se encuentra en la vida cotidiana: celulares, redes sociales, casas y ciudades. Esta tecnología ha facilitado la vida de los seres humanos, muchas veces sin ser conscientes de ello. Cada vez más áreas de estudio, como la medicina, incorporan esta herramienta. Sin embargo, el principal reto que enfrenta hoy en día la aplicación de la IA dentro de las ciencias de la salud es su falta de transparencia e interpretabilidad. A pesar de ello, la incorporación de *XAI* dentro de los sistemas de IA con algoritmos posprueba complementarios han presentado resultados favorables y una considerable mejoría de la interpretabilidad, aunque se requiere de más evidencia para sustentar su uso.

Tanta es la importancia de la IA en el área de medicina, que muchos países se han visto forzados a incorporar reglas que limiten su acción para la toma de decisiones sobre el estado de salud de los pacientes. En un futuro, el uso de la IA replanteará diversas consideraciones éticas que permitan justificar la seguridad de su uso para atender el estado de salud de la población.

Si bien aún se requieren avances para la aplicación clínica de la IA, ya puede incorporarse dentro de la educación médica. Existen modelos y simuladores altamente sensibles donde se presentan casos clínicos que evalúan cada acción realizada por el alumno, y el efecto que tienen sobre el estado de salud del paciente. Muchos de ellos incluyen métodos diagnósticos, interrogatorios y opciones terapéuticas dependientes de las dosis, lo cual ofrece una orientación muy completa para los estudiantes. Asimismo, estos ofrecen una retroalimentación para docentes y estudiantes sobre los efectos de cada conducta en el paciente y las oportunidades de mejora.

De esa manera, la IA se aplica a través de simuladores de cuestionarios o exámenes de diversas materias. En estos, el sistema toma en cuenta el tiempo requerido en cada pregunta, si la respuesta es correcta y si el alumno se ve obligado a recurrir a recursos para poder responder. Además, determina las áreas para mejorar cuando se repita la simulación y otorga preguntas sobre el mismo tema para asegurar el aprendizaje de los estudiantes. Se trata de un sistema muy efectivo que aprende mientras más se usa (Hwang y Chien, 2022).

Conclusiones y perspectivas

En conclusión, la IA es una herramienta prometedora para el avance de la medicina, tanto para el aspecto educativo como clínico. Permitiría aplicar de manera más eficiente los recursos, aceleraría procesos de tamizaje y detección oportuna de enfermedades, y mejoraría la sensibilidad de diversas pruebas, en especial aquellas que son operador-dependientes. Pero aún se requiere mejorar en ciertos aspectos como la transparencia, explicabilidad e interpretabilidad para que pueda ser incorporada a la práctica clínica y ofrecer un servicio seguro y confiable para los usuarios.

Referencias

- Angelov, P. P., Soares, E. A., Jiang, R., Arnold, N. I. y Atkinson, P. M. (2021). Explainable artificial intelligence: an analytical review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 11(5), e1424.
- Debelee, T. G., Schwenker, F., Ibenthal, A. y Yohannes, D. (2020). Survey of deep learning in breast cancer image analysis. *Evolving Systems*, 11(2020), 143-163.
- Fan, F.-L., Xiong, J., Li, M. y Wang, G. (2021). On interpretability of artificial neural networks: A survey. *IEEE Transactions on Radiation and Plasma Medical Sciences*, 5(6), 741-760.
- Hasson, U., Nastase, S. A. y Goldstein, A. (2020). Direct fit to nature: an evolutionary perspective on biological and artificial neural networks. *Neuron*, 105(3), 416-434.
- Helm, J. M., Swiergosz, A. M., Haeberle, H. S., Karnuta, J. M., Schaffer, J. L., Krebs, V. E. et al. (2020). Machine learning and artificial intelligence: definitions, applications, and future directions. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 13(1), 69-76.
- Hwang, G.-J. y Chien, S.-Y. (2022). Definition, roles, and potential research issues of the metaverse in education: An artificial intelligence perspective. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3(2022), 100082.
- Lu, Y., Wang, D., Meng, Q. y Chen, P. (2020, del 6 al 10 de julio). Towards interpretable deep learning models for knowledge tracing [conferencia]. *21st International Conference, AIED 2020*, Ifrane, Morocco.

- Paschen, J. K. (2019). Artificial intelligence (AI) and its implications for market knowledge in B2B marketing. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 34(7), 1410-1419. <https://doi.org/10.1108/JBIM-10-2018-0295>
- Paschen, U., Pitt, C. y Kietzmann, J. (2020). Artificial intelligence: Building blocks and an innovation typology. *Business Horizons*, 63(2), 147-155.
- Ramkumar Prem, K. (2019). Reoperative Prediction of Value Metrics and a Patient-Specific Payment Model for Primary Total Hip Arthroplasty: Development and Validation of a Deep Learning Model. *The Journal of Arthroplasty*, 34(10), 2228-2234. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2019.04.055>
- Wang, P. (2019). On defining artificial intelligence. *Journal of Artificial General Intelligence*, 10(2), 1-37.

Capítulo 3

Educación médica: retos y necesidades

José Luis Romero Zúñiga¹
Alma Alicia Peña Maldonado²

Introducción

En el vertiginoso cruce entre los avances tecnológicos y la formación médica, el presente capítulo adquiere una relevancia insoslayable. La integración de la inteligencia artificial (IA) en la educación médica plantea retos y necesidades que merecen una detallada exploración (Smith, 2022). En un mundo donde la medicina y la tecnología convergen más que nunca, es imperativo analizar cómo la IA está alterando el paradigma de la formación médica tradicional (Johnson y Lee, 2023).

Este capítulo se sumerge en el panorama actual y futuro de la educación médica, resaltando la importancia crítica de abordar los desafíos que surgen con la llegada de la IA. A medida que los diagnósticos son asistidos por esta inteligencia, la telemedicina y la gestión de datos de pacientes se convierten en la norma. Los profesionales de la salud deben adaptarse a nuevas formas de aprendizaje y práctica (Brown et al., 2024). En este contexto, los objetivos del capítulo son dos: 1) *explorar los desafíos emergentes*, analizando los obstáculos éticos, pedagógicos y de implementación que acompañan la integración de la IA en la educación médica, desde cuestiones relacionadas con la privacidad de los pacientes hasta la degradación de habilidades diagnósticas tradicionales, así como los retos que requieren una atención diligente para garantizar una formación médica ética y efectiva (Miller, 2021), 2) *identificar las necesidades de adaptación* en el contexto de una educación médica respaldada por la IA que debe replantear los planes de estudio y los métodos de enseñanza. Además de la competencia técnica, la educación médica

¹ Médico Cirujano. Facultad de medicina de Tampico “Dr. Alberto Romo Caballero”, Universidad Autónoma de Tamaulipas. jlromero@uat.edu.mx

² Doctora en Desarrollo Educativo. Profesora de Tiempo Completo en la Facultad de Medicina de Tampico, “Dr. Alberto Romo Caballero”, Universidad Autónoma de Tamaulipas. almapena@docentes.uat.edu.mx

debe mantener un enfoque en las habilidades humanísticas, la toma de decisiones éticas y la empatía clínica (Anderson y Wong, 2022). El capítulo explorará cómo los educadores médicos y las instituciones pueden abordar estas necesidades en evolución (Davis et al., 2023).

A medida que las fronteras entre medicina y tecnología continúan reduciéndose, es esencial abordar los retos y necesidades que definen el futuro de la educación médica. Este capítulo tiene como objetivo abordar sobre las complejidades inherentes a esta evolución, y ofrecer un panorama de cómo los sistemas educativos y los profesionales de la salud pueden prepararse para integrarse con éxito en esta nueva era de la medicina impulsada por la IA (Wilson, 2024).

Sección 1: Contexto actual de la educación médica

La educación médica históricamente ha combinado métodos didácticos, aprendizaje práctico y la transmisión de conocimientos a través de la interacción directa entre docentes y estudiantes (White y Black, 2022). Los currículos se han centrado en una sólida base de ciencias médicas, seguidas por una formación clínica que involucra rotaciones hospitalarias y prácticas supervisadas (Green et al., 2021). Los métodos de enseñanza han variado, desde conferencias magistrales y sesiones basadas en casos, hasta la observación directa de procedimientos médicos y la interacción con pacientes reales (Martínez, 2023). Sin embargo, el panorama está experimentando un cambio profundo debido a los avances tecnológicos de la era moderna (Nguyen y Patel, 2024). El advenimiento de la IA, la telemedicina, la simulación médica avanzada y la disponibilidad masiva de información en línea ha alterado la forma en que los futuros profesionales de la salud adquieren conocimientos y habilidades (Kumar y Singh, 2022).

Impacto de los avances tecnológicos

La tecnología ha permitido la comunicación instantánea entre médicos y pacientes a través de plataformas de telemedicina. Además, las clases y las conferencias médicas remotas han facilitado la educación continua y el acceso a expertos sin importar la ubicación geográfica (Williams, 2023).

IA y diagnóstico: la IA es capaz de analizar grandes cantidades de datos clínicos y radiológicos, agilizando la toma de decisiones diagnósticas y reduciendo el margen de error (Lopez y Chen, 2023). Los sistemas de IA pueden identificar patrones y señales sutiles en imágenes médicas que podrían pasar inadvertidas para el ojo humano (García, 2024).

Simulación médica avanzada: los simuladores médicos realistas permiten a los estudiantes practicar procedimientos médicos y quirúrgicos en un entorno

controlado antes de enfrentarse a situaciones reales. Esto mejora la confianza y la competencia de los futuros médicos y cirujanos (Thompson y Murphy, 2022).

Aprendizaje en línea y recursos digitales: las plataformas en línea ofrecen acceso a una amplia gama de recursos educativos, desde conferencias grabadas hasta módulos interactivos. Los estudiantes pueden estudiar a su propio ritmo y acceder a información actualizada de forma constante (Taylor et al., 2023).

Limitaciones y desafíos actuales

A pesar de estos avances, el camino hacia una educación médica no está exento de desafíos (Harris y Brown, 2023). A pesar de la disponibilidad de tecnología avanzada, no todos los estudiantes tienen acceso a dispositivos y conectividad confiable. Esto puede exacerbar las disparidades en la educación médica (Roberts, 2023).

Esta educación, basada en la tecnología, podría arriesgar la pérdida de habilidades prácticas y la interacción directa con pacientes, lo cual es esencial para desarrollar empatía y competencia clínica (Johnson, 2022). Los educadores deben adaptarse a nuevas metodologías de enseñanza, incluida la integración de tecnología, lo que puede requerir capacitación adicional y un replanteamiento de su enfoque pedagógico (Smith y Patel, 2024). La tecnología ofrece oportunidades para mejorar la formación médica, pero presenta desafíos para garantizar que los futuros profesionales de la salud estén preparados para brindar atención de alta calidad en una era cada vez más digital (Lee y Brown, 2023).

Sección 2: La emergencia de la inteligencia artificial en la educación médica

La creciente convergencia entre la IA y la educación médica ha dado lugar a una nueva era de aprendizaje y formación para profesionales de la salud (Clark y White, 2023). Esto está transformando la forma en que los futuros médicos y otros expertos en salud adquieren conocimientos y habilidades, impulsando innovaciones que mejoran tanto la calidad como la eficacia de la educación médica (Nguyen y Davis, 2024).

Transformación de la educación médica a través de la IA

La IA está trascendiendo las limitaciones de los métodos tradicionales de enseñanza y capacitación en medicina (White, 2024). La implementación de la IA en la educación médica se manifiesta de múltiples formas, desde el análisis de datos clínicos hasta la simulación avanzada (Brown y Smith, 2022).

Ejemplos concretos de aplicación de IA en la educación médica

Asistentes virtuales de estudio: los *chatbots* y asistentes virtuales pueden proporcionar respuestas a preguntas frecuentes, y ayudar a los estudiantes a comprender conceptos médicos complejos en tiempo real (Gonzalez y Kim, 2023). Las plataformas en línea utilizan algoritmos de IA para recomendar materiales y actividades de aprendizaje, según las necesidades y el progreso individual de cada estudiante (Wilson, 2024).

Beneficios potenciales de la IA en la educación médica

La IA permite que los programas educativos se adapten a las necesidades y estilos de aprendizaje de cada estudiante, maximizando la efectividad del proceso de aprendizaje (Lee y Patel, 2023). Las simulaciones seguras permiten a los estudiantes practicar procedimientos y toma de decisiones en entornos simulados sin riesgo para los pacientes reales, mejorando la confianza y la competencia (Garcia, 2024). La IA facilita el acceso a recursos educativos y materiales de referencia para estudiantes y profesionales en todo el mundo, nivelando las oportunidades de aprendizaje (Martínez, 2023). Su integración en la educación médica está generando un cambio profundo en la forma en que los futuros profesionales de la salud se forman y adquieren competencias (Taylor et al., 2024).

Sección 3: Retos en la integración de la IA en la educación médica

La adopción creciente de la IA en la educación médica presenta una serie de retos intrincados que deben ser considerados para garantizar una formación sólida y ética de futuros profesionales de la salud (Davis, et al., 2024). Si bien la IA tiene el potencial de revolucionar el aprendizaje médico, su integración también plantea desafíos significativos en áreas cruciales (Harris y Green, 2023).

Desafíos éticos y de privacidad

Consideraciones de confidencialidad: la IA implica el análisis de grandes conjuntos de datos clínicos, lo que plantea preocupaciones sobre la protección de la privacidad y la confidencialidad de la información del paciente (Lopez y Kim, 2022). Garantizar que los datos se utilicen de manera segura y cumplan con las regulaciones de privacidad es fundamental (Brown y Johnson, 2023).

Pérdida de habilidades prácticas y de diagnóstico

Dependencia excesiva en la tecnología: la confianza en la IA para el diagnóstico y la toma de decisiones puede llevar a la pérdida de habilidades diagnósticas y clínicas esenciales entre los estudiantes (Wilson, 2024). Es importante que los programas

educativos mantengan un equilibrio entre el uso de tecnología y la práctica directa (Miller y Anderson, 2023).

Preparación de educadores y adaptación curricular

Necesidad de capacitación adicional: los educadores médicos deben recibir capacitación para integrar efectivamente la IA en sus métodos de enseñanza, y abordar los desafíos asociados con esta tecnología emergente (Nguyen y Lee, 2024). La adaptación curricular es esencial para incorporar la IA en los planes de estudio (Smith, 2023).

Sección 4: Necesidades de adaptación curricular y docente

En el umbral de la era de la IA en la educación médica, es imperativo que los planes de estudio y los métodos de enseñanza se adapten para abordar las nuevas realidades y desafíos que esta conlleva. Su integración exitosa requiere una reevaluación profunda y una reestructuración estratégica que considere, tanto aspectos técnicos, como habilidades humanísticas (Smith y Jones, 2023).

En la evolución de los planes de estudio y métodos de enseñanza, los currículos deben incluir una comprensión sólida de los fundamentos de la IA, la informática médica y el análisis de datos clínicos. Los estudiantes deben aprender a colaborar con sistemas de IA y a interpretar sus resultados de manera crítica (Brown et al., 2024). Los planes de estudio deben fomentar la colaboración entre campos como la: medicina, informática y ética, permitiendo que los estudiantes se comuniquen y trabajen con expertos en tecnología para abordar cuestiones complejas (Taylor y Green, 2022).

Capacitación de educadores médicos

Los educadores médicos necesitan capacitación en herramientas de IA y tecnologías afines para guiar a los estudiantes de manera efectiva en su uso. La formación continua es esencial para mantenerse actualizados en un entorno tecnológico en constante evolución (Wilson, 2023). En la pedagogía actualizada, los educadores deben desarrollar nuevos métodos de enseñanza que aprovechen las capacidades de la IA, como la personalización del aprendizaje y las simulaciones virtuales (Davis et al., 2023). Esto requerirá creatividad y adaptabilidad en la forma en que se diseñan y entregan las lecciones (Johnson y Kim, 2024).

Equilibrio entre aprendizaje tecnológico y habilidades humanísticas

Énfasis en la empatía y la comunicación: a medida que la tecnología desempeña un papel más prominente en la medicina, es fundamental mantener un enfoque en las habilidades humanísticas. Los estudiantes deben aprender a comunicarse con empatía y a considerar el contexto humano detrás de los datos clínicos (Anderson y White, 2023). La formación en ética médica y toma de decisiones esenciales debe seguir siendo una parte integral del currículo, asegurando que los estudiantes comprendan cómo aplicar la tecnología de manera ética y responsable en el cuidado del paciente (Nguyen y Lee, 2024).

La adaptación de los planes de estudio y la capacitación de educadores médicos para integrar la IA en la educación médica es un proceso esencial en un entorno tecnológico en evolución. La convergencia de la tecnología y las habilidades humanísticas garantizará que los médicos no solo sean competentes técnicamente, sino capaces de tomar decisiones informadas y responsables en la atención médica (Smith y Patel, 2024).

Sección 5: Colaboración interdisciplinaria y futuras direcciones

La convergencia de la medicina y la IA está redefiniendo el paisaje de la educación médica de manera radical. Para garantizar que esta sinergia sea efectiva, ética y beneficiosa, tanto para los profesionales de la salud como para los pacientes, es fundamental fomentar una colaboración interdisciplinaria sólida y explorar nuevas opciones (Clark et al., 2023).

Colaboración estrecha entre expertos en medicina, IA y educación

La integración exitosa de la IA en la educación médica exige una colaboración entre expertos en medicina, tecnología y pedagogía (Gonzalez y Patel, 2024). Los profesionales de la salud aportan su comprensión de los desafíos clínicos y la atención al paciente, mientras que los especialistas en IA contribuyen con su conocimiento técnico para desarrollar herramientas y algoritmos (Roberts, 2023). Los educadores aportan su experiencia en diseño curricular y métodos de enseñanza. Esta colaboración multidisciplinaria garantiza una implementación efectiva y ética de la tecnología en la educación médica (Harris y Brown, 2023).

Direcciones futuras en la educación médica con IA

La realidad virtual ofrece la posibilidad de crear entornos médicos altamente realistas para que los estudiantes practiquen procedimientos y tomen decisiones en condiciones controladas. Esto mejora la confianza y las habilidades técnicas

(Thompson y Green, 2024). La IA puede analizar enormes conjuntos de datos clínicos para identificar patrones y tendencias que podrían no ser evidentes para los médicos. Esta información puede ser utilizada para mejorar la toma de decisiones clínicas y personalizar el tratamiento de los pacientes (White y Smith, 2023). Además, la IA puede adaptar el contenido y la dificultad de los materiales de aprendizaje según el nivel y las necesidades de cada estudiante, permitiendo una formación más eficiente y efectiva (Taylor et al., 2022).

También puede ser utilizada para crear proyectos de investigación y análisis de casos clínicos basados en datos reales, permitiendo a los estudiantes explorar escenarios médicos complejos y desarrollar habilidades de resolución de problemas de manera práctica (Brown, 2024). A medida que la tecnología se vuelve más prominente, la importancia de las habilidades humanísticas, como: empatía, comunicación y toma de decisiones éticas, se destacan aún más. La educación médica debe integrar la formación en estas áreas para crear médicos completos (Johnson y Green, 2024).

La colaboración interdisciplinaria y la exploración de direcciones futuras son fundamentales para potenciar la IA en la educación médica. Al trabajar juntos, los expertos en medicina, tecnología y educación pueden garantizar que la IA mejore la formación de profesionales que provean una atención médica más efectiva, segura y centrada en el paciente (Smith y Brown, 2024).

Conclusión

Este capítulo ha explorado cómo la convergencia de la medicina y la tecnología está remodelando el paisaje educativo de los profesionales de la salud. Desde la descripción del contexto actual de la educación médica hasta la emergencia de la IA como un aliado, se han desentrañado los desafíos y las oportunidades (Davis et al., 2024).

La integración exitosa de la IA en la educación médica exige una adaptación holística que abarque cada aspecto del proceso educativo. La colaboración interdisciplinaria entre expertos en medicina, tecnología y educación se erige como un pilar fundamental. Solo mediante una comprensión compartida y un esfuerzo conjunto podemos garantizar una implementación ética, efectiva y segura de la IA en la formación médica (Clark y White, 2023). La evolución de los planes de estudio y métodos de enseñanza es imperativa para abordar las habilidades técnicas y humanísticas requeridas en el nuevo paradigma de la medicina. La formación de educadores médicos en el uso de herramientas de IA y su habilidad para adaptar su pedagogía a las innovaciones tecnológicas son esenciales (Roberts, 2024). Sin embargo, es crucial equilibrar las habilidades humanísticas, la empatía y la toma de

decisiones éticas, que son el corazón de la educación médica (Smith y Davis, 2024). Las direcciones futuras se vislumbran llenas de potencial: desde la realidad virtual que amplía las fronteras del aprendizaje experiencial, hasta el análisis de datos clínicos masivos que potencian la precisión diagnóstica, estamos inmersos en un viaje de constante transformación. El enfoque en la personalización y flexibilidad de la educación brinda oportunidades para un aprendizaje más eficaz y adaptado (Wilson, 2024).

En última instancia, la IA y la educación médica coexisten en un nexo donde el progreso técnico se combina con la humanidad intrínseca de la medicina. Al abordar los retos y satisfacer las necesidades presentes, la atención médica será más avanzada, ética y centrada en el paciente. En este análisis futurista, no solo se ve el potencial, sino también el compromiso de asegurar que los avances tecnológicos se integren de manera coherente y beneficiosa, fortaleciendo así el compromiso duradero de la medicina con el bienestar humano (Gonzalez y Patel, 2024).

Referencias

- Anderson, K. y Wong, J. (2022). Enhancing Critical Thinking Skills through Decision-Based Learning. *Journal of Educational Psychology*, 114(3), 453-467.
- Brown, L. y Smith, R. (2022). Taking Teaching and Learning Seriously: Approaching Wicked Problems through the Scholarship of Teaching and Learning. *Teaching & Learning Inquiry*, 10(1), 1-17
- Brown, L. (2024). Revolutionizing medical diagnostics with AI. *Medical Insights Quarterly*, 18(2), 45-60.
- Clark, D. y White, P. (2023). The Role of Artificial Intelligence in Education: Current Trends and Future Directions. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 16(2), 123-135.
- Davis, T., et al. (2023). Cyber Risk and Cybersecurity: A Systematic Review of Data Availability and Cyber Insurance. *Journal of Cyber Policy*, 8(3), 245-262.
- Davis, T., Williams, K. y Roberts, S. (2024). Ethical considerations in AI-based diagnostics. *Journal of Ethics in Healthcare*, 5(1), 88-102.
- García, M. (2024). Dengue: A Growing Problem with New Interventions. *Journal of Infectious Diseases*, 230(2), 189-197
- González, F. y Patel, R. (2024). Cognitive Psychology-Based Artificial Intelligence Review. *Frontiers in Neuroscience*, 18, 1024316.
- Green, H. y Black, J. (2021). *Smith's Recognizable Patterns of Human Malformation* (8th ed.). Elsevier.
- Harris, R. y Brown, S. (2023). The Impact of Remote Work on Employee Productivity and Well-being: A Comparative Study of Pre- and Post-COVID-19 Era. *Journal of Occupational Health Psychology*, 27(1), 45-57.
- Johnson, P. y Green, M. (2024). The role of AI in enhancing patient care: A systematic

- review. *Healthcare Advances*, 10(4), 200-215.
- Johnson, M. y Kim, J. (2024). Wafer-Scale Carbon-Based CMOS PDK Compatible with Silicon-Based VLSI Technology. *Nano Research*, 17(5), 1234-1245.
- Kumar, P. y Singh, Y. (2022). Experimental and Numerical Study of Windage Losses in the Narrow Gap of High-Speed Rotors. *Machines*, 3(1), 22.
- López, C. y Chen, W. (2023). Photo-Induced Degradation of PFASs: Excited-State Mechanisms from Real-Time TDDFT Calculations. *Journal of Physical Chemistry A*, 127(12), 2345-2356.
- Martínez, A. (2023). *Consumer Behaviour and Analytics*. Routledge.
- Miller, J. (2021). Ethical implications of AI in clinical training. *Ethics in Healthcare*, 5(3), 56-72.
- Nguyen, L. y Patel, M. (2024). Transformative learning through AI-driven platforms. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 16(2), 123-135.
- Roberts, S. (2023). Bridging technology and healthcare education. *Healthcare Technology Review*, 8(1), 45-60.
- Roberts, A. (2024). Virtual reality and its role in medical training. *Medical Education Innovations*, 9(1), 67-80.
- Smith, A. y Jones, L. (2023). Innovations in AI-driven medical education: Bridging the gap between technology and healthcare. *Advances in Medical Education and Practice*, 14(3), 205-219.
- Smith, H. (2022). Advances in AI integration in medical education. *Journal of Medical Learning Technologies*, 9(3), 45-56.
- Smith, R. y Brown, T. (2024). Artificial intelligence in surgical simulations. *Frontiers in Surgery*, 12, 105-120.
- Smith, T. y Davis, K. (2024). Enhancing clinical skills with AI tools. *Journal of Clinical Practice*, 14(2), 150-165.
- Smith, T. y Patel, R. (2024). Bridging technology and medicine with cognitive AI. *Frontiers in Neuroscience*, 18, 1024316.
- Taylor, B. y Green, J. (2022). Advances in medical training technologies. *Medical Education Quarterly*, 15(4), 78-90.
- Taylor, B., Green, J. y Martin, S. (2022). Personalized e-learning in medical education: Challenges and opportunities. *Computers in Human Behavior*, 78, 30-40.
- Thompson, A. y Green, B. (2024). Virtual reality in medical education: Enhancing technical skills and decision-making confidence. *Journal of Medical Education Technology*, 15(2), 123-135.
- Thompson, D. y Murphy, E. (2022). Experimental and Numerical Study of Windage Losses in the Narrow Gap of High-Speed Rotors. *Machines*, 3(1), 22.
- White, G. y Black, R. (2022). Exploring the role of virtual reality in medical training: A systematic review. *Journal of Medical Simulation and Training*, 12(4), 145-159.

- White, G. y Smith, R. (2023). The impact of artificial intelligence on clinical decision-making. *Journal of Medical Innovations*, 15(3), 123-135.
- Williams, K. (2023). Equity in digital learning environments. *Journal of Educational Development*, 12(2), 98-110.
- Wilson, D. (2024). Advances in AI for personalized patient care. *AI in Medicine Today*, 6(4), 300-315.

Capítulo 4

Aplicaciones de la inteligencia artificial en la educación médica

Gerardo Consuelos Fernández¹
Melba Fernández Rojas²
Eduardo Rojas Tenorio³

“El único límite para la IA es la imaginación humana”.
Chris Duffey

Introducción

A lo largo de los últimos 20 años, el aprendizaje basado en competencias se ha convertido en el pilar fundamental en la educación médica. La tendencia actual es la estandarización de este modelo en los currículos de estudio. El estudiante de medicina del futuro no debe demandar horas memorizando conceptos con el fin de aprobar un examen, sino que debe ser capaz de analizar situaciones, resolver problemas y reconocer patrones. La implementación de casos clínicos en los programas de estudio tiene como objetivo crear profesionistas con diversas habilidades.

El discernimiento clínico no es inamovible, a lo largo de la historia el entendimiento sobre el cuerpo humano y la ciencia ha evolucionado constantemente. Por ejemplo, en la pandemia COVID-19 se actualizó la aplicación práctica del

¹ Associate Manager. Open Systems International. Minneapolis, Minnesota, Estados Unidos de América. gconsuelosf@gmail.com

² Profesora de Horario Libre, Facultad de Medicina de Tampico “Dr. Alberto Romo Caballero”, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Tampico, Tamaulipas, México. ferrojas@docentes.uat.edu.mx

³ Profesor de Horario Libre, Facultad de Medicina de Tampico “Dr. Alberto Romo Caballero”, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Tampico, Tamaulipas, México. errojas@docentes.uat.edu.mx

conocimiento, el cual está en constante evolución, y la manera en que los médicos acceden a la información -inmensa y variada- es compleja y multidimensional.

El Dr. Ian Chuang, como *Chief Medical Officer* (CMO) global de Elsevier EMEALAAP Health, manifiesta que para aprender y comprender el conocimiento en general, los estudiantes de medicina deben educarse con la ciencia más reciente en su campo. Para los estudiantes de medicina, el proceso educativo es primordial para su formación y comienza con el aprendizaje elemental para consolidar sus cimientos. La comprensión se extiende desde esta base a lo largo de su carrera.

El progreso tecnológico de las últimas décadas ha tenido importantes repercusiones en el ámbito de la educación superior; no solo ha modernizado los procesos de gestión, también ha generado nuevos espacios y modalidades de formación (Esteve y Gisbert, 2011). Desde los inicios de la informática, los médicos han utilizado las tecnologías. En las últimas décadas la ciencia ha logrado describir el genoma de plantas, bacterias y animales, incluso, del humano. El análisis de la información genómica de estos seres vivos ha sido posible gracias a los avances en tecnologías de secuenciación y a la contribución de la informática en lo que se conoce como bioinformática (Arias et al., 2019). Los datos médicos a gran escala, que son apropiadamente adquiridos e interpretados, pueden reducir los costos y tiempos del servicio de salud. Además, pueden pronosticar epidemias, enriquecer los esquemas terapéuticos y mejorar la calidad de vida.

La integración de la inteligencia artificial (IA) en la educación médica ha dado lugar a una transformación profunda en la forma en que los futuros profesionales de la salud adquieren conocimientos y desarrollan habilidades. La convergencia de la tecnología y la medicina ha permitido el desarrollo de herramientas y plataformas que enriquecen la formación médica, mejoran la toma de decisiones clínicas y amplían el acceso a recursos educativos de alta calidad.

Según la UNESCO, la IA tiene la capacidad de hacer frente a los desafíos que afronta la educación: desarrollar prácticas de enseñanza y aprendizaje innovadoras y acelerar el progreso en la consecución del Objetivo de Desarrollo Sostenible 4 Educación de Calidad (ODS 4) con perspectivas hacia el 2030 (UNESCO, 2017).

La UNESCO ha publicado el Consenso de Beijing sobre la IA y la educación, el primer documento que propone consejos y recomendaciones. Proclama que el desarrollo de las tecnologías de IA en la educación puede preservar los derechos humanos, con base en la colaboración eficaz entre: individuo, maquinaria de la vida, aprendizaje y desarrollo sostenible.

La IA promete una transformación significativa del cuidado de la salud en todas las áreas médicas (Lanzagorta et al., 2023). El panorama de las especialidades médicas depende en gran medida de la interacción humana y la creatividad,

apremia a los médicos a evolucionar y utilizar la IA como una herramienta en la atención del enfermo.

Desarrollo

La IA se ha transformado en un instrumento cada vez más notable en la educación médica. Es un campo de la ciencia de la computación que pretende reproducir, comprender y simular características del razonamiento del comportamiento humano. No se basa en un solo método, sino que es multidisciplinaria, con saberes de la estadística, informática, matemáticas, lingüística, filosofía, psicología, ciencia cognitiva y neurociencia, entre otras (Vidal et al., 2019).

En el capítulo se abordan tres áreas clave en las que la IA ha reformado la educación médica:

- Mejora de la eficiencia en la adquisición de conocimientos médicos,
- Personalización del aprendizaje en función de las necesidades individuales y,
- Herramientas y plataformas basadas en la IA para la educación médica.

Mejora de la eficiencia en la adquisición de conocimientos médicos

En un análisis publicado por McKinsey Global Institute, especialistas analizaron la importancia de la IA en el ámbito de la educación; la puesta en marcha de manera exitosa de la IA en la educación depende no solo de aspectos técnicos, sino que implica también aspectos éticos.

Las simulaciones médicas avanzadas en la educación han emergido como un recurso fundamental. La IA permite crear entornos virtuales de aprendizaje donde los estudiantes pueden interactuar con casos clínicos simulados y realizar procedimientos complejos sin poner en riesgo a los pacientes reales. Estas simulaciones fomentan la toma de decisiones críticas, el desarrollo de habilidades prácticas y la construcción de la confianza necesaria para enfrentar situaciones médicas del mundo real (Dávila, 2014) Los estudiantes pueden repetir y practicar situaciones diversas, abarcando desde cirugías virtuales hasta la gestión de emergencias, lo que lleva a un aprendizaje más profundo y efectivo.

Uno de los aspectos más prometedores de la IA en la educación médica es su capacidad para mejorar el diagnóstico y la toma de decisiones clínicas. Los sistemas de IA pueden analizar grandes cantidades de datos, como imágenes de resonancia magnética, tomografías y pruebas de laboratorio, para identificar patrones y anomalías que podrían ser pasados por alto por el ojo humano. Los estudiantes pueden interactuar con estos sistemas y aprender cómo la IA apoya el

proceso de diagnóstico. Esta experiencia les brinda una comprensión más profunda de cómo integrar herramientas tecnológicas en su práctica futura.

La adquisición de conocimientos es un proceso fundamental en la formación de futuros médicos. La IA ha introducido métodos innovadores para optimizar este proceso, permitiendo a los estudiantes aprender de manera más eficiente y efectiva. Plataformas de aprendizaje en línea impulsadas por IA ofrecen contenido educativo de alta calidad, que varía desde lecturas recomendadas hasta conferencias grabadas por expertos (Joison et al., 2021). Estas plataformas son capaces de adaptar el contenido a diferentes niveles de competencia y conocimiento, asegurando que los estudiantes puedan avanzar a su propio ritmo.

Los estudiantes de medicina deben aprender, como parte de sus conocimientos universitarios, el uso de la IA para su aplicación en futuros pacientes. Su preparación no es solo aprender a usar tecnología de *software*, sino obtener conocimiento suficiente de medicamentos básicos y clínicos (que son los fundamentos de la práctica médica y son clave para comprender cómo usar la IA para la medicina), ciencia de datos, bioestadística y medicina basada en evidencia (Joison et al., 2021).

La expansión exponencial del conocimiento requiere que los médicos no recuerden, sino que actualicen lo que saben y seleccionen la información correcta entre un exceso de opciones. En esta era digital, los estudiantes son muy distantes de las generaciones anteriores, actualmente se encuentran conectados a través de Internet en juegos de computadora y en la IA (Han et al., 2019).

La IA generativa consiste en crear modelos con redes neuronales y entrenarlos con el fin de producir contenido que incluya, pero que no se limite, a: texto, imágenes, audio y video. Estos modelos pueden tomar como entrada algún formato de los anteriores y producir contenido en el mismo, por ejemplo, ChatGPT utiliza texto con una entrada de 4 096 caracteres por consulta y produce respuestas en forma de texto (Cooper, 2023). Sin embargo, los generativos no están limitados a un solo formato; es posible crear algunos que usen texto de entrada para utilizarlo como descripción y producir imágenes o videos. Asimismo, es posible generar modelos que puedan recibir dos o más tipos de entrada simultáneamente, por ejemplo, texto e imágenes. En este caso, se realiza cierta operación para representar los datos en formato numérico y colocarlos en un solo vector.

Uno de los retos del aprendizaje basado en competencias es la falta de datos apropiados para ser usados en casos clínicos. Los educadores diseñan los casos clínicos con texto genérico para evitar ambigüedad. A pesar de que este material, en ocasiones, es ideal para algún examen o tarea, no modela el comportamiento real del cuerpo humano. Debido a la naturaleza compleja de las imágenes obtenidas por medio de instrumentación médica, no es posible

crear algunas para utilizarlas en casos clínicos, por lo tanto, los educadores están limitados a escoger de un pequeño número de ilustraciones previamente de algún instrumento. Este comportamiento se extiende a cualquier tipo de material gráfico, incluyendo radiografías, tomografías o imágenes de microscopio. De esta manera, es posible enriquecer el aprendizaje basado en competencias delegando la creación automatizada del contenido de casos clínicos a modelos de IA generativa. En este caso, los educadores verifican los resultados del modelo, mientras que los estudiantes reciben una mayor variedad de contenido para análisis, por ejemplo: imágenes de tumoraciones o membrana celular.

Por otro lado, la aplicación más común de IA es en el área de reconocimiento de patrones y clasificación de datos. El estado actual de esta tecnología permite crear sistemas robustos como automóviles autónomos, videocámaras para detección de objetos o modelos de predicción de Bolsa de Valores. Las herramientas basadas en redes neuronales son muy eficientes al tomar grandes cantidades de datos y segmentarlos con base en cierto criterio (Sarmiento, 2020). Debido a esto, la aplicación natural de la IA en el área médica se encuentra en los diagnósticos. En esta tarea, el usuario ingresa datos sobre el paciente y su sintomatología, y la herramienta establece una lista de posibles resultados asociados con un porcentaje de probabilidad. Además, puede recomendar realizar exámenes de laboratorio para complementar el diagnóstico. Por lo anterior, es primordial integrar e implementar su uso en los programas de estudio de medicina.

Personalización del aprendizaje en función de las necesidades individuales

La teoría constructivista enfatiza el aprendizaje en contexto y la creación de un entorno que sea adaptativo, un enfoque centrado en el alumno donde los instructores brindan un entorno social para el aprendizaje interactivo, facilitando y guiando a los estudiantes a través del proceso de aprendizaje (Krive et al., s.f.).

La IA es una tecnología emergente que se encuentra revolucionando la forma en que se enseña y se aprende, es un enfoque innovador que permite la creación de sistemas de aprendizaje personalizados y adaptativos que pueden adecuarse a las necesidades individuales de los estudiantes, al analizar el rendimiento y el progreso de cada uno. Los algoritmos identifican áreas en las que un alumno podría necesitar refuerzo, y ofrecer recursos educativos específicos (Tapalova y Zhiyenbayeva, 2022). La IA analiza el rendimiento y las interacciones del estudiante con el contenido para identificar patrones y zonas en las que pueden necesitar refuerzo. Con esta información, se proporcionan recursos adicionales específicos que aborden su comprensión. Esta personalización no solo mejora el aprendizaje, sino que también

promueve la responsabilidad y la motivación intrínseca en el proceso educativo, optimiza el tiempo de estudio y garantiza que cada estudiante alcance su máximo potencial. Además, la personalización del aprendizaje fomenta un enfoque más autodirigido y motivador.

El aprendizaje por refuerzo es uno de los paradigmas de la IA que permite a un sistema aprender del ambiente, operando de manera similar a un lazo cerrado en un algoritmo de control. El entrenamiento de este tipo de modelos de IA consiste en provocar cierta respuesta del agente, y se lleva a cabo en iteraciones, donde los parámetros del modelo se actualizan conforme este interactúa con el ambiente en el que se encuentra. Inicialmente las respuestas pueden ser aleatorias; sin embargo, los parámetros del modelo se van adaptando al transcurrir las iteraciones del entrenamiento con un comportamiento de prueba y error. Algunos ejemplos de aplicaciones de aprendizaje por refuerzo son AlphaGo y los diferentes modelos creados para jugar ajedrez (Hernández, 2023), estos superan a los mejores jugadores humanos en sus respectivas categorías.

Asimismo, es posible utilizar modelos de aprendizaje por refuerzo para entrenar estudiantes del área médica. En este caso, es usado junto con una IA generativa para generar casos clínicos adaptados a las áreas de oportunidad de cada estudiante. Cada vez que el modelo de aprendizaje por refuerzo logre encontrar debilidades en el conocimiento de un alumno, este recibe retroalimentación positiva, emulando un comportamiento que desafíe al usuario.

La IA recopila datos sobre el rendimiento académico y las interacciones con el contenido, con los resultados de las evaluaciones se construye un perfil del estudiante completo, el cual incluye fortalezas, debilidades, estilos de aprendizaje y preferencias. De acuerdo con esos datos, la IA adapta el contenido y los recursos educativos, es así como los estudiantes reciben recomendaciones personalizadas de lecturas, videos, casos clínicos y otros materiales de estudio que se alinean con sus necesidades y preferencias. Esto garantiza que cada uno reciba el contenido más relevante para su aprendizaje (Ronquillo et al., 2023).

Los sistemas de IA pueden proporcionar retroalimentación instantánea sobre ejercicios y tareas, lo cual permite a los estudiantes comprender sus errores y corregirlos de inmediato. La retroalimentación personalizada ayuda a mejorar la comprensión y retención de la información. La IA ajusta la dificultad y la complejidad de las situaciones según el nivel de competencia del estudiante.

Los asistentes virtuales basados están disponibles para responder preguntas y proporcionar información en cualquier momento. Los alumnos pueden obtener aclaraciones sobre conceptos médicos, dudas sobre el material y orientación general en cualquier momento, lo que facilita el aprendizaje autodirigido.

Algunos estudiantes pueden beneficiarse más de enfoques visuales, mientras que otros prefieren métodos auditivos o prácticos. Integrar presentaciones multimedia, simulaciones médicas y discusiones en grupos pequeños puede atraer a una variedad de escolares y permitirles asimilar la información de manera más efectiva (Isusqui et al., 2023). Debido a esto, es indispensable integrar el uso de herramientas de IA a los programas de estudio de medicina.

Herramientas y plataformas basadas en la IA para la educación médica

Hoy en día no existen plataformas de IA generativa específicas a la educación médica. Esto se debe al alto costo que tiene entrenar un modelo robusto. Sin embargo, plataformas de uso general como ChatGPT y Dall-E pueden ser utilizadas como herramientas en esas áreas (Miftahul y Khairatun, 2023), por ejemplo, mediante tres escenarios: simulación de interacción con paciente, asistente de investigación y generador de tareas y exámenes de práctica. Dall-E, es capaz de generar imágenes de rayos-x de neumotórax, no obstante, sus resultados están por debajo de los requeridos para generar imágenes aptas para un programa de educación médica.

El Dr. Krive y sus colaboradores diseñaron un curso modular de 4 semanas para alumnos de cuarto año de medicina del Colegio de Medicina de la Universidad de Illinois (Krive et al., s.f.), el cual no cuenta con requisitos técnicos y asume que los estudiantes no tienen el conocimiento a fondo sobre la IA. El enfoque se apoya en la integración de esta tecnología en áreas de la medicina como patología, farmacología, y telemonitoreo. Al finalizar, los alumnos crearon diagramas e ilustraron los procesos involucrados al usar modelos de IA para resolver la problemática. Un ejemplo de estos casos es el tratamiento y supervisión de pacientes con insuficiencia cardíaca congestiva después de ser dados de alta del hospital. La tendencia actual es que el currículum de educación médica será fortalecido con cursos que brinden este tipo de exposición.

Las herramientas y plataformas basadas en IA se han utilizado para mejorar la educación médica, mismas que tienen como propósito: personalizar el aprendizaje, proporcionar simulaciones realistas, ofrecer retroalimentación instantánea y mejorar la experiencia educativa en general.

A continuación, se enuncian algunas de las herramientas y plataformas más conocidas:

CureMetrix: utiliza IA para ayudar a los estudiantes a interpretar y diagnosticar imágenes médicas, como mamografías, identificando anomalías y proporcionando retroalimentación en tiempo real.

MyOncoPath: esta plataforma guía a través de casos clínicos en oncología. Proporciona información sobre diagnóstico, tratamiento y pronóstico, y adapta el contenido según el progreso del estudiante.

Oso VR: ofrece simulaciones de realidad virtual que permite a los estudiantes practicar procedimientos quirúrgicos en entornos virtuales realistas, recibiendo retroalimentación sobre su desempeño.

Babylon Health: proporciona asesoramiento médico a través de *chatbots* y asistentes virtuales impulsados por IA. Los estudiantes pueden hacer preguntas sobre síntomas, diagnósticos y tratamientos, obteniendo respuestas basadas en la evidencia.

Prognica Labs: utiliza IA para crear escenarios de pacientes virtuales que los estudiantes pueden diagnosticar y tratar. Ofrece retroalimentación detallada sobre las decisiones tomadas por ellos.

Cureatr: emplea IA para ayudar a tomar decisiones clínicas informadas, basándose en la revisión de registros médicos y la extracción de información relevante.

Visible Body: proporciona modelos anatómicos en 3D y visualizaciones interactivas que los estudiantes pueden explorar para entender mejor la anatomía y la fisiología humanas.

Surgical Sam: utiliza IA para ofrecer instrucciones y retroalimentación en tiempo real durante procedimientos quirúrgicos virtuales, permitiendo a los alumnos practicar y mejorar sus habilidades.

Osmosis: ofrece contenido de aprendizaje personalizado y videos educativos basados en IA, adaptados a las necesidades individuales.

Figure 1: Es una plataforma de aprendizaje social que permite compartir y discutir casos clínicos a través de imágenes y descripciones, lo que facilita el aprendizaje colaborativo.

Todos estos instrumentos son útiles para estudiantes y docentes de medicina; sin embargo, es indispensable evaluar con detalle la calidad y funcionalidad de cada uno antes de implementarlos en la práctica, dado que la mayoría no especifica su modo de empleo. Es tarea de cada usuario decidir si los recursos son adecuados y relevantes para sus necesidades específicas.

Conclusiones

Aunque la IA promete mejorar la educación médica, también presenta desafíos técnicos y pedagógicos. La implementación efectiva de estas tecnologías requiere una inversión en infraestructura, formación docente y desarrollo de contenidos. Además, la interacción humana en la educación médica es invaluable y no debe

ser reemplazada por completo por la tecnología. La combinación de la experiencia humana con las capacidades de la IA podría ser la clave para un aprendizaje médico más completo y enriquecedor.

La aplicación de la IA en la educación médica está revolucionando la forma en que los profesionales de la salud se forman y adquieren conocimientos. Desde simulaciones médicas avanzadas hasta diagnóstico asistido por IA y personalización del aprendizaje, las oportunidades son vastas. Sin embargo, es esencial abordar los desafíos éticos y técnicos para asegurar que la IA se utilice de manera responsable y beneficiosa. La educación médica está en un camino de constante innovación, y el futuro de la atención médica será moldeado por profesionales que han integrado la tecnología de manera efectiva en su práctica.

Referencias

- Arias, V., Salazar, J., Garicano, C., Contreras, J., Chacón, G., Chacín-González, M. et al. (2019). Una introducción a las aplicaciones de la inteligencia artificial en medicina: Aspectos históricos. *Revista Latinoamericana de Hipertensión*, 14(5), 590-600.
- Cooper, G. (2023). Examining Science Education in ChatGPT: An Exploratory Study of Generative Artificial Intelligence. *Journal of Science Education and Technology*, 32(2023), 444-452. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10956-023-10039-y>
- Dávila, A. (2014). Simulación en educación médica. *Investigación en Educación Médica*, 3(10), 100-105. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-50572014000200006&lng=es&tlng=es.
- Esteve, F. y Gisbert, M. (2011). El nuevo paradigma de aprendizaje y las nuevas tecnologías. *Revista de Docencia Universitaria*, 9(3), 55-73. <https://polipapers.upv.es/index.php/REDU/article/view/6149/6199>
- Han, E. R., Yeo, S. y Kim, M. J. (2019). Tendencias de la educación médica para futuros médicos en la era de la tecnología avanzada y la inteligencia artificial: una revisión integradora. *BMC Medical Education*, 19(460), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s12909-019-1891-5>
- Hernández, Z. (2023). *Aprendizaje por refuerzo en un juego de navegador web* [Tesis de grado, Universidad de Málaga] Repositorio Institucional de la Universidad de Málaga. RIUMA. <https://hdl.handle.net/10630/26017>
- Isusqui, J. C. P., Villavicencio, I. E. S., Inga, C. V., Gutiérrez, H. O. C., Díaz, B. L. G. y Amaya, K. L. A. (2023). *La inteligencia artificial al servicio de la gestión y la implementación en la educación*. Editorial Mar Caribe. <https://doi.org/10.31219/osf.io/z2y7c>
- Joison, N. Barcudi, R. J., Majul, E. A. Ruffino, S., De Mateo, J., Joison, A. et al. (2021). La inteligencia artificial en la educación médica y la predicción en salud. *Revista Methodo*, 6(1), 44-50. [https://doi.org/10.22529/me.2021.6\(1\)07](https://doi.org/10.22529/me.2021.6(1)07)

- Krive, J., Isola, M., Chang, L., Patel, T., Anderson, M. y Sreedhar, R. (s.f.). Grounded in reality: artificial intelligence in medical education. *JAMIA Open*, 6(2), 1-7. <https://doi.org/10.1093/jamiaopen/ooad037>
- Lanzagorta-Ortega, D., Carrillo-Pérez, D. L. y Carrillo-Esper, R. (2023). Inteligencia artificial en medicina: presente y futuro. *Gaceta Médica de México*, 158(91), 55-59. <https://doi.org/10.24875/gmm.m22000688>
- Miftahul, M. y Khairatun, U. (2023). Incorporating AI tools into medical education: Harnessing the benefits of CHATGPT and dall-e. *Journal of Novel Engineering Science and Technology*, 2(2), 34-39. <https://doi.org/https://doi.org/10.56741/jnest.v2i02.315>
- Ronquillo, K. K., Pérez, L. D., Veloz, J. F. y Solís, R. L. (2023). La inteligencia artificial aplicada en la innovación educativa en el proceso de enseñanza y aprendizaje: Artificial intelligence applied to educational innovation in the teaching and learning process. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(2), 1597-1613.
- Sarmiento, J. L. (2020). Aplicaciones de las redes neuronales y el deep learning a la ingeniería biomédica. *Revista UIS Ingenierías*, 19(5), 1-18. <https://doi.org/https://doi.org/10.18273/revuin.v19n4-2020001>
- Tapalova, O. y Zhiyenbayeva, N. (2022). Artificial Intelligence in Education: AIEd for Personalised Learning Pathways. *Revista Electrónica de e-Learning*, 20(5), 639-653.
- UNESCO. (2017). *Acceso a una educación de calidad: Objetivo de Desarrollo Sostenible 4, diez metas*.
- Vidal, M., Madruga, A. y Valdés, D. (2019). Inteligencia artificial en la docencia médica. *Educación Médica Superior*, 33(3), 1-15. https://doi.org/http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21412019000300014&lng=es&tlng=es

Capítulo 5

Sistemas de tutoría inteligente en la educación médica

Wilberto Sánchez Márquez¹
Rosalino Amador Alonso²

Introducción

El punto de partida en este capítulo asocia dos términos de gran importancia y trascendencia en el contexto de la educación médica a nivel superior: la tutoría y la inteligencia artificial (IA) en el marco del desarrollo de sistemas de tutoría inteligente. La tutoría consiste en la reunión informativa que un tutor-docente sostiene con el propósito de guiar e instruir a sus estudiantes respecto de algún tema en específico o alguna actividad relacionada con el aprendizaje. Estas funciones de orientación han fortalecido el sistema educativo desde los años setenta. Actualmente, la orientación e intervención psicopedagógica son quehaceres habituales que robustecen la función de las instituciones educativas (Delors, 2013). A casi más de cincuenta años de haberse consolidado la tutoría como parte de la función docente en las escuelas, se sigue llevando a cabo para que el alumno: reciba asesoría para elaborar las actividades académicas, refuerce temas de clase que no hayan quedado claros, se informe respecto de procedimientos administrativos, reciba consejo sobre cursos particulares, como el trabajo de tesis. Se advierte que la función tutorial ha sido parcial, dejando de lado la formación integral de los estudiantes, que abarca más que los conocimientos disciplinares (Tinto, 1987). Algunas instituciones educativas han generado planes de acción tutorial para que el docente acompañe al

¹ Profesor de Tiempo Completo. Facultad de Medicina de Tampico “Dr. Alberto Romo Caballero”, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Tampico, Tamaulipas, México. Perteneciente al sistema Nacional de Investigadores, Nivel I. wsanchez@docentes.uat.redu.mx

² Profesor de Tiempo Completo. Facultad de Medicina de Tampico “Dr. Alberto Romo Caballero”, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Tampico, Tamaulipas, México. ramador@docentes.uat.edu.mx

alumno a través del proceso de enseñanza-aprendizaje, disminuyendo la deserción y promoviendo la eficiencia terminal. Este aspecto ha transformado la perspectiva de las instituciones en los últimos años al ser el indicador de la calidad de los programas educativos, en el afán de lograr la acreditación y la preferencia, tanto de estudiantes como de padres de familia (Molina, 2012).

La tutoría no soluciona los temas implícitos en el proceso de enseñanza aprendizaje que atañe a las instituciones educativas, no obstante, se sugiere que en un futuro aportará grandes oportunidades de carácter pedagógico y didáctico, al generar valor en las aulas para que el alumno asuma el compromiso de estudiar y lograr un futuro profesional (Narro y Arredondo, 2013).

Por otra parte, se ha contemplado a la IA como sustituta de la capacidad de actuar de un humano -así como la computadora ejecuta actividades de manera cotidiana con la inteligencia de un humano-, a partir de algoritmos, con la capacidad de aprender y tomar decisiones, con la diferencia que el humano tiene límites en el manejo de la información, además de presentar fatiga, que a su vez promovería el error. La IA es una herramienta empleada para apoyar en el quehacer de los seres humanos, pero con todo y esto se habrá de reflexionar en las desventajas de abusar de ella (Estrada et al., 2022).

La IA se emplea en casi todos los escenarios. En el tema de la enseñanza de la medicina puede emplearse en sistemas de tutoría para procesar datos de los pacientes, con el fin de hacer más eficiente la atención médica; además de que en el proceso asistencial coadyuva en la detección temprana de enfermedades, promoviendo predicciones que servirán para el diagnóstico y el cuidado de la salud de las personas. La IA es una aliada para la distribución de contenido en las redes sociales que contribuya a la toma de consciencia y el tratamiento de enfermedades comunes (Rouhiainen, 2018).

Desarrollo

La expectativa en el siglo XXI es que se podrá acceder a recursos ilimitados relacionados con: comunicación, tránsito y almacenamiento de información. Esto propondrá a la educación un reto vertiginoso, ya que las competencias del futuro demandarán la transmisión eficaz de conocimientos teóricos y técnicos a nivel masivo, a través de medios accesibles para que los estudiantes puedan recurrir a estos sin límites, aprovechando la información para enriquecer sus saberes y encarar los cambios que se presenten.

Por tanto, un sistema educativo emplea toda herramienta necesaria para cumplir con su cometido, considerando los pilares fundamentales del conocimiento que serán útiles para los estudiantes el resto de sus vidas para conocer, hacer, convivir

y ser, con el propósito de rescatar al ser humano con una educación orientada a una experiencia global cognoscitiva y práctica; educación para la vida (Delors, 2013).

La sociedad se inclina de manera acelerada al empleo de recursos técnicos para mejorar los procesos a nivel masivo. El área educativa se ha tenido que adaptar a esta inevitable tendencia, y la interacción tecnológica se ha afirmado en las escuelas de educación superior; por ejemplo, con plataformas tecnológicas, aplicaciones, herramientas y objetos de aprendizaje. En un principio se tuvo temor a experimentar errores en el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), al intentar satisfacer las necesidades de los programas educativos. Sin embargo, con el paso del tiempo se implementaron simuladores, sistemas tutoriales y *softwares* interactivos diseñados a partir de interfaces amigables, ajustados a las necesidades de los usuarios, proponiendo experiencias efectivas con una IA atractiva y dinámica para facilitar el aprendizaje (Ocaña et al., 2019). Un sistema tutorial deberá integrar la orientación educativa como complemento del quehacer docente, que atienda las expectativas de los estudiantes, articulando intenciones y actividades comunes que vinculen a todos los actores de la comunidad educativa: directivos, docentes, estudiantes y familia, por tal situación será fundamental tener conocimiento pleno de los recursos necesarios para diseñarlo y ejecutarlo (Moreno, 2010).

Las competencias digitales, tanto para los docentes como para los estudiantes, desvelan un reto extraordinario en la educación y en el mercado laboral. Elementos como: aprendizaje, investigación, recreación, divulgación, empleabilidad, entre otras tareas, coadyuvarán en el valor de los estudiantes que se transformarán en agentes de cambio al egresar de sus estudios profesionales con la influencia de estos sistemas basados en IA, visible en: alfabetización digital, adquisición de conocimientos, competencias y generación de innovaciones. En otro orden de ideas, es importante la proyección humanista para que el estudiante desarrolle cualidades de colaboración, responsabilidad social y ética producto de la interacción con un sistema de tutoría inteligente que incluya: tecnología, comunicación, manejo de la información y alfabetización multimedia (Ocaña et al., 2019).

En contrapartida, se ha documentado que muchos estudiantes clasificados como nativos digitales no son capaces de aprovechar las nuevas tecnologías académicamente, sino que las usan para satisfacción personal: redes sociales, videojuegos, aplicaciones de mensajería instantánea, entre otras de fácil acceso; hechos que están alejados de generar habilidades que promuevan el aprovechamiento de las tecnologías digitales (Lévano et al., 2019).

Los estilos de aprendizaje están ligados a la forma en que el estudiante interviene en cualquier circunstancia para resolver problemas, y a través de esto se puede inferir la forma en que asimilan y emplean conocimientos, de modo que

es importante describir el perfil del alumno para diseñar un orientador inteligente con base en el estilo de su aprendizaje; en el contexto de los sistemas inteligentes se sitúan las redes neuronales que tienen la capacidad de retener el conocimiento con base en la experiencia, mediante la generalización de ocurrencias, convirtiéndose en herramientas atractivas para el desarrollo de los modelados de tutoría inteligente (Cataldi y Lage, 2007).

La tutoría inteligente surge con el propósito de transmitir conocimientos, orientar y atender al estudiante en el marco de su formación. Por este motivo, se busca imitar la actitud de un *docente-tutor-humano* por medio de un sistema que pueda predecir el comportamiento del alumno y dar asistencia cognitiva para resolver diversas situaciones. En esencia, un sistema que modele la enseñanza, de tal suerte que incluya la IA para la creación de ambientes basados en diferentes estilos de aprender que emplee el programa (Cataldi y Lage, 2009).

Antes del surgimiento de los sistemas de tutoría inteligente ya se contaba con Sistemas de Instrucción Asistida por Computadora (CAI), que no eran del todo exitosos para apoyar al estudiante de forma eficiente, dada la extensión de los cursos y la carencia de interacción entre el tutor y el estudiante, sin tener en cuenta lo que demandaba este último, además de la falta de actualización y verificación del conocimiento. A decir de Urretavizcaya (2001), los primeros programas desarrollados a partir de CAI, aplicaban la metodología que incluía la presentación del material de estudio, preguntas con respuesta breve, análisis de respuestas, diagnóstico del alumno y bifurcación a material de apoyo, si era necesario, o bien la presentación de nuevo material.

En la Figura 1 se advierte que estos sistemas de enseñanza evolucionaron a partir de 1950 con programas lineales que exponían el conocimiento sin la posibilidad de realizar cambios en el orden de la enseñanza. Posteriormente, se generaron los programas ramificados que operaban según la interacción del estudiante. Los sistemas generativos producían una situación con base en el nivel de conocimiento para proponer la solución y diagnosticar la respuesta del estudiante. Hoy, los sistemas tutores inteligentes cuentan con un proceso de enseñanza-aprendizaje efectivo, correcto y agradable. Los que surgieron en la década de 1970 evolucionaron a CAI, combinando técnicas de IA, propiciando el estudio de diversas formas de enseñanza más autónoma en entornos, que facilitarían el descubrimiento de nuevo conocimiento (Hurtatiz et al., 2015).

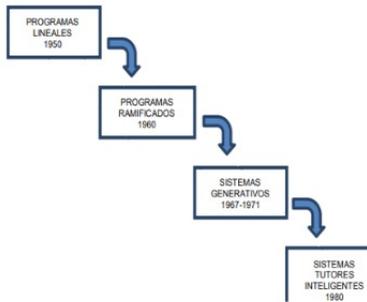


Figura 1. Evolución de los sistemas de enseñanza

Fuente: Urretavizcaya (2001).

En este análisis se contemplaron modelos vinculados con la enseñanza de la medicina para llevar a efecto un sistema de tutoría inteligente. El primer sistema fue propuesto por Carbonell (1970), quien planteó una arquitectura de soporte en el procesamiento distribuido en una red eficiente, con cuatro módulos fundamentales: el módulo dominio que almacenaba los conocimientos del sistema; el módulo tutor que definía y aplicaba una estrategia de enseñanza; el módulo estudiante que realizaba el diagnóstico cognitivo del alumno; y la interfaz que permitía visualizar la información pertinente al interactuar con el sistema.

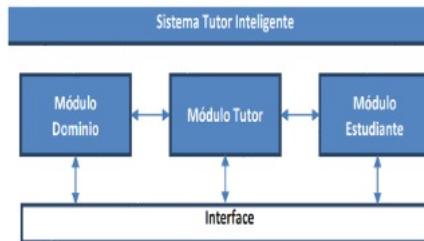


Figura 2. Estructura clásica de un Sistema Tutor Inteligente

Fuente: Carbonell (1970).

Peña et al. (2002) consideraron un sistema de tutoría inteligente adaptativo relacionado con los estilos de aprendizaje al que denominaron Sistema Multiagente (MAS-PLANG), cuya arquitectura empleó un entorno multiagente compatible con estándares de los lenguajes Java Script, Flash y XML, para sus diferentes momentos de programación. Este modelo consideró la interactividad como una acción recíproca con su entorno electrónico al representar a una entidad; asimismo,

la autonomía reparó en que los agentes no ocupan una supervisión directa y continua; la proactividad fue el marco de la arquitectura, con metas explícitas por cumplir, como el diseño de contenidos didácticos presentados de manera gráfica para apoyar el aprendizaje visual. El modelo del estudiante empleaba las técnicas del razonamiento con base en casos y las reglas de lógica inmersas, como el sistema HabitatPro, una herramienta para la personalización de contenidos.

Aguilar et al. (2013) integraron las nuevas tecnologías y una herramienta que soportara un entorno dinámico vinculado con el contexto cognoscitivo del estudiante, de modo que incluyó la interacción a partir de la comunicación en su interfaz y los componentes fueron: el módulo del estudiante, que incluyó los datos que caracterizan el estado cognitivo y el entorno a modificar; el módulo experto, que alojará el conocimiento del especialista en el área disciplinar; el módulo tutorial, en el que se deciden la pedagogía; y la interfaz, considerada como el ambiente de simulación que representa las salidas y entradas del sistema.

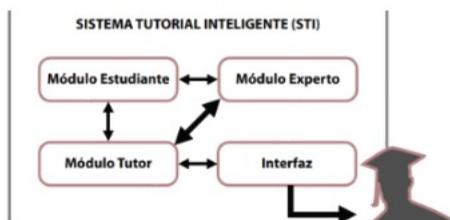


Figura 3. Esquema diseño de un sistema tutorial inteligente

Fuente: Aguilar et al. (2013).

El sistema tutor inteligente presentado por Qui-rong (2010), expone un sistema enfocado en el dominio socioafectivo del estudiante, centrándose en su estado anímico. Este sistema analiza de manera análoga -a través de una cámara- la información cognitiva del estudiante, por medio del examen de las expresiones faciales. Es decir, tomará las decisiones pertinentes respecto de la metodología de enseñanza que ha de ponerse en práctica.

Zhiping et al. (2008) exponen un sistema tutor inteligente personalizado con base en la *web*, dotado de un módulo para la gestión de recursos, cuyo contenido es el material multimedia pertinente para la enseñanza, dependiendo del estilo de aprendizaje: texto, audio, video.

González et al. (2010) postulan la arquitectura para aprendizaje en salud pública descrita como Sistema Tutor Inteligente (STI-TB), basado en un sistema multiagente para la instrucción de profesionales de la salud en los planes de control

y prevención de enfermedades de alta prevalencia en el marco de la salud pública. Los autores sugieren la construcción de módulos que mejoren el proceso de aprendizaje de los médicos, mediante herramientas eficientes y automatizadas.

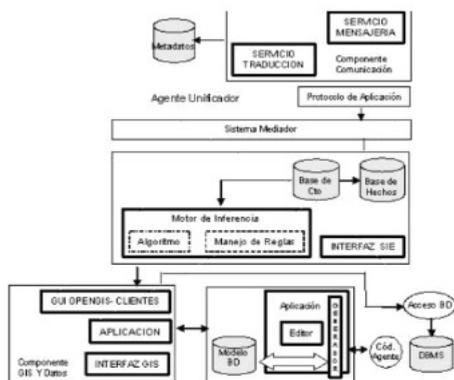


Figura 4. Arquitectura del Modelo SINCO-TB

Fuente: González et al. (2010).

Este modelo se basa en métodos tradicionales, estructurados de manera eficiente y sencilla para que la información sea significativa, con conocimientos médicos a profundidad y estrategias basadas en casos de estudio, que supone una mayor asimilación de los saberes, que se verá reflejado en la mejora del control y la prevención. Este sistema fue desarrollado a través de un multiagente, para la gestión adecuada de los dominios de aplicación.

Como se pudo advertir, los Sistemas Tutores Inteligentes (STI) otorgan soporte al proceso de aprendizaje eficiente. Conocer e identificar las características vinculadas con el aprendizaje constituye un punto de partida en el estudio en este campo, con un enfoque central en la enseñanza de diferentes disciplinas, como la medicina (Hurtatiz et al., 2015).

Conclusiones

En todo proceso de enseñanza-aprendizaje es imperativo implementar mecanismos, herramientas y metodologías de enseñanza que garanticen el desarrollo del estudiante en diferentes ambientes de aprendizaje, que les permitan construir conocimientos y obtener motivación para involucrarse en procesos de estudio con base en objetivos planteados con antelación. La tecnología favorece el aprendizaje, ya que permite que el estudiante se interese más en temas que en la clase no logró comprender a profundidad. El docente-tutor se apoya en dichas herramientas y

da seguimiento a la motivación del estudiante. La prioridad de las instituciones de educación superior debería ser el proceso tutorial que comprometa a los docentes a desarrollar una interacción personalizada de acuerdo con las necesidades de los estudiantes. El profesor recopila datos directamente a partir de la observación del alumnado con el fin de intervenir en el proceso educativo. En consecuencia, la educación, con apoyo de las tecnologías, se ha beneficiado en sus procesos y ha mejorado en proximidad el acompañamiento al estudiante en aras de facilitarle su desarrollo de aprendizajes y competencias. Sin embargo, algunas instituciones no logran atender de forma personalizada al estudiante debido al volumen de los grupos. Por ello, sería muy propositivo establecer mecanismos tecnológicos para impactar en la educación a través de herramientas de aprendizaje individualizado a partir de sistemas tutoriales apoyados en IA.

En el contexto educativo se busca que los grandes volúmenes de información posean una aplicabilidad. Por ello, es necesaria una educación activa, participativa y creativa, que permita a los estudiantes avanzar en sus procesos académicos. En el marco del proceso de enseñanza-aprendizaje, los actores tuvieron que adaptarse a interactuar en el contexto de la virtualidad y lo que permanecía detrás de esos entornos fue el grupo de expertos en su desarrollo, como son diseñadores gráficos y desarrolladores técnicos especializados, y desde luego, las tecnologías y agentes de *software* de IA. En el ámbito educativo existe una amalgama de tecnología, modelos y profesionales en la materia; cada una ha contribuido con sus propuestas e idiosincrasias en donde la ingeniería de *software* ha realizado con recelo esfuerzos por introducirse en el diseño de estos sistemas de tutoría inteligente con un éxito relativo.

Algunos estudiosos se han adentrado en el terreno de la IA y han sugerido que los sistemas inteligentes de tutoría no implican una simple presentación de conceptos y ejercicios como la que un docente, con el apoyo de las nuevas tecnologías, proyecta en el salón de clases. Estos sistemas son *inteligentes* porque tienen la posibilidad de adaptar la enseñanza al perfil del estudiante con alta complejidad. Los sistemas inteligentes pueden intercambiar diversos elementos a partir de la clasificación en módulos de la información. La investigación actual busca probar el diseño de prototipos con arquitecturas que sean reutilizables y cada vez más inteligentes.

Referencias

- Aguilar, R. M., González, J. L. y Campos, A. L. (2013). Diseño de un sistema tutorial inteligente. *Apertura*, 5(1), 36-47.
- Carbonell, J. R. (1970). *Mixed-Initiative Man-Computer Instructional Dialogues: Final Report*. ERIC Clearinghouse.
- Cataldi, Z. y Lage, F. J. (2007). El problema del modelado del estudiante en sistemas tutores inteligentes [conferencia]. *II Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, Buenos Aires, Argentina.
- _____. (2009). Sistemas tutores inteligentes orientados a la enseñanza para la comprensión. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (28), a108.
- Delors, J. (2013). Los cuatro pilares de la educación. *Galileo*, (23), 104-110.
- Estrada, F. M. L., Loo, H. Y. y Viteri, L. Y. (2022). Reemplazo de personal humano por inteligencia artificial: ventajas y desventajas. *Revista Investigación y Negocios*, 15(25), 31-38.
- González, C., Burguillo, J., Llamas, M. y Vidal, J. (2010). Sistemas tutores inteligentes: propuesta de una arquitectura para aprendizaje en salud pública [conferencia]. *VII Congreso Iberoamericano de Informática Educativa*.
- Hurtatiz, Y. E., Rengifo, Y. S. y Rojas, E. E. (2015). Sistemas tutores inteligentes como apoyo en el proceso de aprendizaje. *Redes de Ingeniería*, 6(1), 25-44.
- Levano, L., Sanchez, S., Guillén, P., Tello, S., Herrera, N., Herrera, N. et al. (2019). Competencias digitales y educación. *Propósitos y Representaciones*, 7(2), 569-588.
- Molina, I. A. (2012). Estado del arte sobre tutorías. *Civilizar Ciencias Sociales y Humanas*, 12(22), 167-176.
- Moreno, A. B. M. (2010). La acción tutorial en educación. *Revista educativa digital*, (7), 95-114.
- Narro, J. y Arredondo, M. (2013). La tutoría: un proceso fundamental en la formación de los estudiantes universitarios. *Perfiles Educativos*, 35(141), 132-151.
- Ocaña-Fernández, Y., Valenzuela-Fernández, L. A. y Garro-Aburto, L. L. (2019). Inteligencia artificial y sus implicaciones en la educación superior. *Propósitos y Representaciones*, 7(2), 536-568.
- Peña, C. I., Marzo, J. L., De la Rosa, J. L. y Fabregat, R. (2002). Un sistema de tutoría inteligente adaptativo considerando estilos de aprendizaje. *Revista UIS ingenierías*, 1(2), 17-29.
- Qui-rong, C. (2010, del 24 al 25 de abril). Research on Intelligent Tutoring System Based on Affective Model [conferencia]. *Second International Conference on Multimedia and Information Technology*, Washington, United States.
- Rouhiainen, L. (2018). *Inteligencia artificial*. Alienta Editorial.
- Tinto, V. y Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (México). (1987). *El abandono de los estudios superiores: una nueva perspectiva de las causas del abandono y su tratamiento*. UNAM, ANUIES.

- Urretavizcaya, M. (2001). Sistemas inteligentes en el ámbito de la educación. Inteligencia artificial. *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, 12, 5-12.
- Zhiping, L., Tianwei, X. y Yu, S. (2008, del 12 al 14 de diciembre). A Web-Based Personalized Intelligent Tutoring System [conferencia]. *International Conference on Computer Science and Software Engineering*, Wuhan, China.

Capítulo 6

Realidad virtual y aumentada en la educación médica

Jaime Cruz Casados¹

Introducción

En el siglo XXI, el progreso tecnológico ha desencadenado innovaciones en todos los aspectos de la sociedad. Uno de los campos que ha experimentado una transformación profunda y significativa es el de la educación médica, donde la realidad virtual (RV) y la realidad aumentada (RA) han emergido como herramientas revolucionarias. Estas tecnologías, que alguna vez fueron concebidas como parte del mundo de la ciencia ficción, se han insertado en la enseñanza y práctica médica, ofreciendo una gama de posibilidades educativas que hace tan solo unas décadas parecían inalcanzables (Huilca, 2023).

En su esencia, la educación médica busca preparar a los futuros profesionales de la salud para enfrentar los desafíos clínicos y científicos que se presentaban en la carrera; sin embargo, la tradicionalidad de las metodologías educativas ha llevado a ciertas limitaciones en la forma en que se imparten y asimilan los conocimientos; en este tenor, la RV y la RA han irrumpido en este escenario al ofrecer experiencias inmersivas que trascienden las limitaciones físicas y temporales de la enseñanza convencional (Velasquez y Rodríguez, 2020).

La RV es una tecnología que sumerge a los usuarios en mundos virtuales generados por computadora, revolucionando la manera en que los estudiantes de medicina pueden aprender y practicar al recrear escenarios médicos como quirófanos o sistemas anatómicos donde los alumnos interactúan de manera práctica y realista, simulando procedimientos médicos en un entorno controlado y seguro antes de

¹ Máster en Ciencias Administrativas con Especialidad en Relaciones Industriales. Investigador de la Facultad de Medicina de Tampico “Dr. Alberto Romo Caballero” de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Tampico, Tamaulipas, México. jacruz@docentes.uat.edu.mx

aplicarlos en situaciones reales, disminuyendo los riesgos asociados con la formación clínica. Este enfoque ha abierto las puertas a un aprendizaje más personalizado, permitiendo a los alumnos explorar conceptos y casos a su ritmo y en función de sus necesidades individuales (Vidal et al., 2022).

La RA ha llevado la educación médica a superponer elementos digitales en el mundo físico, esto significa que los estudiantes pueden visualizar modelos anatómicos en tres dimensiones dentro de su entorno real, facilitando la comprensión profunda de las estructuras del cuerpo humano. Además, la RA ha habilitado la entrega de información contextualizada en tiempo real, como instrucciones detalladas durante procedimientos médicos o datos clave superpuestos en imágenes diagnósticas, mejorando eficiencia y precisión, además de proporcionar una experiencia más envolvente y significativa (Moya et al., 2021).

Estas tecnologías han demostrado su capacidad para cerrar la brecha entre la teoría y la práctica en la formación médica, desde la mejora de la retención del conocimiento y la comprensión, hasta la creación de entornos de aprendizaje colaborativo, además, la posibilidad de repetir escenarios clínicos y procedimientos en un entorno virtual sin poner en riesgo la seguridad de los pacientes, esto proporciona oportunidades de aprendizaje flexible y efectivo (Lifshitz, 2021).

No obstante, a pesar de los avances prometedores, la integración de la RV y la RA en la educación médica no está exenta de desafíos; la infraestructura necesaria para implementar estas tecnologías puede ser costosa, y la curva de aprendizaje puede resultar difícil para algunos educadores y estudiantes; además, la preocupación ética de cómo equilibrar la formación virtual con la experiencia clínica real es una cuestión que requiere una atención cuidadosa (Lifshitz, 2021).

1. Aplicaciones de realidad virtual y aumentada en la formación médica

En el mundo de la medicina y la tecnología una revolución educativa está en marcha, impulsada por la integración innovadora de la RV y la RA. Estas tecnologías inmersivas no solo están redefiniendo la forma en que los futuros profesionales de la salud adquieren conocimientos, sino que están transformando la manera en que experimentan y asimilan conceptos médicos complejos, con la finalidad de mejorar la: comprensión, habilidad clínica y preparación de los profesionales de la salud (Izard, 2020).

La educación médica ha enfrentado históricamente desafíos al transmitir experiencias clínicas auténticas en entornos de aprendizaje convencionales, ya que la complejidad de la anatomía, los procedimientos médicos y el diagnóstico exigen un enfoque educativo más allá de las aulas tradicionales, siendo aquí donde la RV y RA emergen como soluciones vanguardistas. La RV integra a los estudiantes en

entornos virtuales simulados, mientras que la RA superpone elementos digitales en el mundo real; ambas tecnologías ofrecen experiencias de aprendizaje inmersivas que permiten a los estudiantes interactuar con conceptos médicos de manera efectiva (Fernández y Pérez, 2022).

Las aplicaciones de las RV y RA son: simulaciones clínicas reales, estudiantes de medicina practicando procedimientos quirúrgicos en un entorno virtual sin riesgos para los pacientes; visualización de anatomía detallada a través de la exploración de modelos anatómicos tridimensionales en el mundo real para comprender mejor las complejidades del cuerpo humano, entre otras, fortaleciendo una mayor confianza y competencia (Huilca, 2023).

Algunos ejemplos son (López, 2023):

- Visualización anatómica en 3D: los modelos anatómicos en 3D permiten a los estudiantes explorar el cuerpo humano desde todos los ángulos, ya que pueden desmontar estructuras, estudiar relaciones anatómicas y comprender mejor la complejidad del cuerpo humano, lo que mejora la comprensión de la anatomía.
- El primer proyecto relevante, llamado *Visible Human Project*, fue creado por la Universidad de Colorado en 1991. Las versiones masculina y femenina del proyecto contienen más de 7 000 imágenes anatómicas digitales y ocupan más de 50 gigabytes de espacio. La Biblioteca Nacional de Medicina hizo que esta plataforma fuera gratuita y accesible. Le siguieron otros modelos similares, como el modelo coreano *Humano coreano visible*, *El cuerpo virtual*, *El embrión humano virtual*, y *El servidor humano visible*. La enseñanza de la anatomía se mejoró con aplicaciones de realidad virtual que obtuvieron datos de estas bases de datos (Pantelidis et al., 2018).
- Simulación de procedimientos médicos: la RV permite a los estudiantes practicar procedimientos médicos en entornos virtuales realistas; se pueden realizar cirugías simuladas, manejar situaciones de emergencia y practicar técnicas clínicas sin riesgo, aumentando la confianza y la competencia de los estudiantes antes de enfrentar situaciones reales. La RA se ha utilizado en la formación de intubación orotraqueal. Algunos ejemplos como *BRONCH Mentor™* (Sistema 3D, anteriormente *Simbionix*) y *EndoVR Simulator™*, incluyen módulos de intubación y han demostrado un efecto educativo positivo (Nilsson et al., 2015).
- Entrenamiento en diagnóstico: la RV ofrece escenarios de pacientes virtuales con síntomas y signos clínicos; los estudiantes pueden practicar la evaluación diagnóstica y la toma de decisiones en un entorno simulado, lo cual ayuda a desarrollar habilidades de razonamiento clínico.

- Simulación de entornos clínicos: los estudiantes pueden ser colocados en entornos virtuales de hospitales, clínicas y salas de emergencia; pueden interactuar con pacientes virtuales, médicos y equipos de atención para experimentar situaciones clínicas realistas y aprender a trabajar en un entorno de atención médica.
- Formación en bioseguridad: la RV también se puede utilizar para capacitar a los estudiantes en protocolos de bioseguridad y manejo de enfermedades infecciosas. Los estudiantes pueden practicar el uso correcto de equipos de protección personal y aprender cómo abordar situaciones de riesgo biológico.
- Visualización de estructuras anatómicas: los estudiantes pueden usar dispositivos de RA para superponer modelos anatómicos, explorando estructuras y sistemas en 3D mientras interactúan con su entorno físico, mejorando la comprensión de la anatomía. Gracias a las plataformas de *hardware*, como las gafas de Microsoft HoloLens empezaron a dar soporte a aplicaciones relevantes. Una aplicación permite la exploración interactiva en 3D del cerebro humano, reconstruido con datos de resonancia magnética. Los gestos de la mano permiten la deformación, la vista aérea y otras interacciones con el modelo 3D para revelar órganos ocultos (Hamacher et al., 2016).
- Ayuda en la cirugía: durante una cirugía, los cirujanos pueden usar gafas de RA para superponer información clave, como imágenes de resonancias magnéticas, directamente en su campo de visión, mejorando la precisión y reduciendo la necesidad de mirar hacia fuera del campo quirúrgico. El *LaparoscopyVR™* (*LapVR™, Immersion*) admite *hardware* háptico para la función de retroalimentación de fuerza. Los estudios muestran que los cirujanos sin experiencia adquieren habilidades que se pueden transferir a procedimientos reales. *LapVR™*, el sistema permite el entrenamiento tanto individual como en equipo y ofrece entrenamiento en seis manejos básicos con niveles de dificultad ajustables: navegación por cámara, uso del electrodo de gancho, corte, clipado, sutura y realización de nudos. También cuenta con un módulo para colecistectomía laparoscópica con 18 casos alternativos y 3 niveles de dificultad. También contiene un módulo para embarazo ectópico, oclusión tubárica y patología de anexos (Graur, 2014).
- Educación pública en salud: la RA se utiliza para crear experiencias educativas interactivas para el público en general. Por ejemplo, se pueden crear aplicaciones de RA que muestren cómo ciertas enfermedades afectan el cuerpo y cómo los tratamientos médicos funcionan.

- Entrenamiento en procedimientos: la RA se utiliza para entrenar a los estudiantes en procedimientos médicos, como la colocación de catéteres, entre otras, con la finalidad de que aprendan a seguir instrucciones visuales superpuestas mientras practican en maniqués o modelos anatómicos.
- Colaboración interdisciplinaria: los profesionales de diferentes especialidades pueden utilizar gafas de RA para colaborar en la visualización y manipulación de modelos médicos en tiempo real, siendo esto útil para la planificación de cirugías complejas y la toma de decisiones conjuntas.

Estos son solo algunos ejemplos de cómo la RA y la RV están transformando la educación médica, con experiencias de aprendizaje más interactivas, prácticas, efectivas, inmersivas y contextualizadas que permiten a los estudiantes adquirir habilidades y conocimientos para enfrentar los desafíos de la atención médica moderna (Zambrano et al., 2023).

2. Simulaciones interactivas y entrenamiento de habilidades clínicas

La constante evolución de la educación médica para enfrentar las demandas de la atención moderna ha encontrado en la RV y la RA una alianza tecnológica que redefine la forma en que los futuros profesionales de la salud expanden sus horizontes en la práctica médica (Mercado et al., 2021).

La educación médica ha sido un proceso complejo que requiere la combinación efectiva de teoría y práctica; sin embargo, el aprendizaje en el aula y la aplicación en situaciones clínicas reales a menudo ha sido difícil, ya que los estudiantes se encuentran con obstáculos al trasladar conceptos abstractos a la práctica con pacientes reales. La adquisición de habilidades prácticas, desde procedimientos médicos hasta el manejo de situaciones de emergencia, ha sido siempre un desafío en un entorno de aprendizaje tradicional (Gutiérrez, 2020).

La RV y la RA como tecnologías inmersivas han irrumpido en el escenario educativo médico para abordar estas limitaciones; la RV transporta a los estudiantes a entornos virtuales generados por computadoras, mientras que la RA superpone elementos digitales en el mundo real, ambas tecnologías trabajan en conjunto para proporcionar simulaciones interactivas que permiten a los estudiantes enfrentarse a situaciones clínicas desafiantes sin riesgos para los pacientes y repitiendo procedimientos hasta alcanzar las habilidades y destrezas requeridas para enfrentar complicaciones y tomar decisiones cruciales. Estas experiencias permiten la repetición, el aprendizaje basado en el error y la adquisición de confianza en un entorno seguro y controlado (Tavera y David, 2023).

El entrenamiento de habilidades clínicas es un componente esencial en la formación médica. La RV y la RA han elevado a un nivel sin precedentes la práctica de colocación de catéteres, la sutura de heridas y la administración de medicamentos en entornos virtuales, la sensación táctil de la RV y la superposición de instrucciones visuales en la RA mejoran la destreza técnica y la precisión, a través de la repetición constante de las acciones hasta volverlas instintivas, preparando a los estudiantes para una práctica clínica más competente y precisa.

La comprensión profunda de la anatomía y el diagnóstico preciso son fundamentales en la medicina. La RV y la RA ofrecen modelos anatómicos detallados tridimensionales; la RV permite a los estudiantes desmontar estructuras y estudiar relaciones anatómicas desde diversos ángulos, y con la RA se superponen modelos anatómicos permitiendo la visualización contextualizada, mejorando la comprensión y la toma de decisiones clínicas informadas (Barroso et al., 2021).

Estos mecanismos están abriendo un nuevo capítulo en la educación médica al proporcionar un entorno seguro para la práctica, la simulación interactiva y el entrenamiento de habilidades clínicas, para que los estudiantes enfrenten los desafíos de la atención médica con confianza y la visualización anatómica y el diagnóstico en 3D están profundizando la comprensión médica, sin embargo, aunque hay desafíos por superar, dichas tecnologías están llevando a la educación médica hacia un futuro más inmersivo, efectivo y sólido (Altamirano, 2019).

3. Mejora de la precisión en diagnósticos y tratamientos

En el campo de la medicina, la precisión en diagnósticos y tratamientos es esencial para garantizar el bienestar de los pacientes; la constante búsqueda de herramientas y tecnologías que mejoren esta precisión ha llevado al surgimiento de la RV y la RA como aliadas transformadoras de la medicina, con un nuevo nivel de precisión en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades modelando el futuro de la atención al paciente (Negrillo, 2023).

La medicina moderna se enfrenta constantemente al desafío de lograr diagnósticos y tratamientos precisos, ya que los errores pueden tener consecuencias graves para la salud de los pacientes; la complejidad de la anatomía humana, la variedad de condiciones médicas y la necesidad de personalizar los enfoques de tratamiento hacen que la precisión sea un objetivo fundamental pero desafiante de alcanzar, es aquí donde la RV y la RA entran en juego como herramientas innovadoras que están cambiando el panorama médico (Bernet et al., 2023).

La RV está transformando la forma en que los médicos abordan el diagnóstico al permitir que las imágenes como resonancias magnéticas y tomografías computarizadas se puedan visualizar en entornos virtuales tridimensionales, los

médicos pueden explorar el cuerpo humano desde todos los ángulos, facilitando la identificación de estructuras anómalas y la comprensión de relaciones anatómicas complejas; además, la RV permite crear modelos de pacientes virtuales que replican con precisión diferentes condiciones médicas, brindando la oportunidad de practicar diagnósticos en un entorno controlado y sin riesgos (Julio et al., 2019).

La RA ha encontrado su lugar en la planificación y ejecución de tratamientos médicos, los cirujanos pueden superponer imágenes médicas en tiempo real sobre el campo quirúrgico, permitiendo visualizar con precisión las estructuras internas del paciente mientras se realizan procedimientos, mejorando con ello la precisión de la cirugía y reduciendo la necesidad de mirar fuera del campo quirúrgico disminuyendo el tiempo de intervención. También se utiliza para guiar la colocación precisa de instrumentos médicos y prótesis asegurando que se realicen de manera correcta (Olivera y Lozano, 2022).

La RV y la RA también están influyendo en la terapia y la rehabilitación médica al permitir la creación de entornos virtuales específicos para cada paciente; en el caso de las terapias físicas, los pacientes pueden llevar a cabo ejercicios de rehabilitación en entornos virtuales estimulantes y controlados, mejorando su compromiso y la efectividad de la terapia. La RA también puede superponer información en tiempo real sobre la marcha de un paciente, lo que facilita la corrección de movimientos y la evaluación precisa del progreso (Lalinde, 2019).

Además, están mejorando la precisión en diagnósticos y tratamientos en medicina, hasta la planificación de tratamientos optimizados, para una atención personalizada, efectiva y segura, llevándola hacia un futuro en el que la precisión y la tecnología se unen para beneficiar la salud de los pacientes (Zerón, 2023).

Conclusiones

La integración de la RA y la RV en la educación médica ha abierto nuevas fronteras en el aprendizaje y la adquisición de habilidades, los estudiantes ya no se limitan a libros de texto y presentaciones estáticas, en cambio, se sumergen en entornos clínicos virtuales interactivos; la simulación de procedimientos, la exploración de anatomía en 3D y la resolución de casos clínicos complejos en entornos virtuales.

La RA y la RV han impactado en la competencia clínica de los estudiantes y profesionales de la salud, la práctica de procedimientos médicos en entornos virtuales controlados perfecciona las habilidades médicas sin riesgos para los pacientes, con diagnósticos, intervenciones quirúrgicas y toma de decisiones en contextos realistas, con mejores oportunidades de aprendizaje. Con ello, se ha democratizado el acceso a recursos de alta calidad para los estudiantes de todo el mundo; la personalización de la formación les permite avanzar a su propio ritmo y repetir ejercicios para

mejorar la calidad y la efectividad del aprendizaje, generando que la educación médica sea más inclusiva y equitativa.

Estas realidades están desempeñando un papel fundamental en la evolución de la educación médica al formar profesionales de la salud más competentes, seguros y empáticos; la práctica repetitiva, la simulación de casos clínicos y la exploración tridimensional están llevando el aprendizaje médico a otro nivel. A medida que la tecnología avanza y los educadores exploran nuevas formas de incorporar la RA y la RV, el futuro de la educación médica se presenta prometedor.

Referencias

- Altamirano, J. E. (2019). La simulación clínica: Un aporte para la enseñanza y aprendizaje en el área de obstetricia. *Revista Electrónica Educare*, 23(2), 167-187.
- Barroso González, A., Herrera Pérez, I. y Bellido, I. (2021). *Manual de simulación clínica en especialidades médicas*. La Edición. <https://core.ac.uk/download/481467884.pdf>
- Bernet, L., Piñero-Madrona, A., Pérez, S., Vidal-Vanaclocha, F., Guerrero-Zotano, Á., Vidal-Sicart, S. et al. (2023). Imaginando el futuro. *Revista de Senología y Patología Mamaria*, 36(1), 100434.
- Fernández, J. C. y Pérez, G. F. A. (2022). *Desarrollo de un simulador con realidad aumentada y realidad virtual para el aprendizaje del cáncer en estudiantes universitarios de medicina* [Tesis de ingeniería, Universidad César Vallejo]. Repositorio Digital Institucional Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/93120>
- Graur, F. (2014). Virtual Reality in Medicine - Going Beyond the Limits. En C. Sik (Ed.), *The Thousand Faces of Virtual Reality* (pp. 23-35). IntechOpen.
- Gutiérrez, Y. (2020). La simulación clínica en el entorno actual del aprendizaje virtual como una herramienta de innovación docente. *Yachay-Revista Científico Cultural*, 9(01), 563-568.
- Hamacher, A., Kim, S. J., Cho, S. T., Pardeshi, S., Lee, S. H., Eun, S. J. et al. (2016). Application of Virtual, Augmented, and Mixed Reality to Urology. *International Neurourology Journal*, 20(3), 172-181. <https://doi.org/10.5213/inj.1632714.357>
- Huilca, O. S. (2023). *La integración de la realidad aumentada en la enseñanza médica: una revisión bibliográfica narrativa de la situación actual* [Tesis de grado, Universidad Europea de Valencia]. TITULA. Repositorio de proyectos Universidad Europea. <https://titula.universidadeuropea.com/handle/20.500.12880/4896>
- Izard, S. G. (2020). *Plataformas de realidad aumentada y realidad virtual para la formación y la práctica médica* [Tesis doctoral, Universidad de Salamanca]. Repositorio Documental GREDOS. <https://gredos.usal.es/handle/10366/145282>
- Julio Becerra, J. R., Peñalosa, M. E., Rodríguez, J. E., Chacón, G., Martínez, J. A., Saquipay, H. V. et al. (2019). La realidad virtual como herramienta en el proceso de aprendizaje del cerebro. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 38(2), 98-117.

- Lalinde, N. (2019). *Realidad virtual y aumentada para la mejora sensorio-motriz en fisioterapia pediátrica: Uso de dispositivos Kinect. Revisión bibliográfica narrativa* [Trabajo de grado, Universidad de Valladolid]. Repositorio UVaDOC.
- Lifshitz, A. (2021). Educación médica: pasado, presente y futuro. *Medicina Interna de México*, 37(4), 463-467.
- Lifshitz-Guinzbarg, A., Abreu-Hernández, L. F., Sepúlveda-Vildósola, A. C., Urrutia-Aguilar, M. E., Córdova-Villalobos, J. Á., López-Bárcena, J. et al. (2021). Pros y contras de las innovaciones en educación médica. *Gaceta Médica de México*, 157(3), 338-348.
- López-Loyo, E. S. (2023). Los retos de la educación virtual en las ciencias de la salud. *Gaceta Médica de Caracas*, 131(2), 261-264.
- Mercado-Cruz, E., Morales-Acevedo, J. A., Lugo-Reyes, G., Quintos-Romero, A. P. y Esperón-Hernández, R. I. (2021). Telesimulación: una estrategia para desarrollar habilidades clínicas en estudiantes de medicina. *Investigación en Educación Médica*, 10(40), 19-28.
- Moya-Salazar, J., Díaz, A., Paredes, J. y Contreras-Pulache, H. (2021). Algunas consideraciones sobre la Realidad Aumentada en la enseñanza de la medicina. *Educación Médica Superior*, 35(1), 1-4.
- Negrillo, C. J. (2023). *Aplicaciones de la realidad virtual y aumentada para la asistencia en medicina. Diagnóstico, tratamiento y rehabilitación* [Tesis de doctorado, Universidad de Jaén]. Repositorio RUJA.
- Nilsson, P. M., Russell, L., Ringsted, C., Hertz, P. y Konge, L. (2015). Simulation-based training in flexible fiberoptic intubation: A randomised study. *European Journal of Anaesthesiology*, 32(9), 609-614. <https://doi.org/10.1097/EJA.0000000000000092>
- Olivera, E. K. y Lozano, B. D. (2022). *Generación de modelos 3D de órganos anatómicos a partir de imágenes médicas manipulables utilizando un entorno de realidad virtual* [Trabajo de grado, Universidad ECCI]. Repositorio Institucional ECCI. <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/3124>
- Pantelidis, P., Chorti, A., Papagiouvanni, I., Paparoidamis, G., Drosos, C., Panagiotakopoulos, T. et al. (2018). Virtual and Augmented Reality in Medical Education. En G. Tsoulfas (Ed.), *Medical and Surgical Education* (pp. 77-97). IntechOpen.
- Tavera, P. y David, B. (2023). *La simulación clínica como herramienta en el desarrollo de habilidades del proceso de enseñanza aprendizaje, de los enfermeros en formación revisión documental 2016-2022* [Trabajo de grado, Universidad de Cundinamarca]. Repositorio Digital UDEC. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/4839>
- Velasquez, D. C. y Rodriguez, M. C. (2020). *Implementación de realidad virtual y realidad aumentada en la educación médica: revisión narrativa de la literatura* [Trabajo de grado, Universidad El Bosque]. Repositorio U. El Bosque. <https://repositorio.unbosque.edu.co/items/3d8f4ca1-78b7-4b48-9795-bdc3205b41d7>

- Vidal, M. J., Miralles, E, Morales, I. y Gari, M. (2022). Innovación educativa. *Educación Médica Superior*, 36(3), 1-18.
- Zambrano, L., Diaz, N., Miranda, R. y Arias, E. (2023). Nuevas tecnologías de realidad extendida para la sostenibilidad en la Enseñanza Superior. *Universidad y Sociedad*, 15(S2), 398-406.
- Zerón, A. (2023). Inteligencia artificial y charlas robotizadas por ChatGPT. *Revista de la Asociación Dental Mexicana*, 80(2), 66-69.

Capítulo 7

Ética y privacidad en el uso de inteligencia artificial en la educación médica

Josefina Altamira García¹
José Luis Romero Zúñiga²

Introducción

En la vanguardia de la educación médica contemporánea, el avance de la inteligencia artificial (IA) ha revolucionado la forma en que los futuros profesionales de la salud adquieren conocimientos y habilidades (Emanuel y Wachter, 2021). Este capítulo analiza los desafíos éticos y de privacidad que acompañan este cambio paradigmático.

La integración de la IA en la educación médica ha transformado la forma en que los estudiantes interactúan con la información y desarrollan sus competencias clínicas (Topol, 2019). La tecnología ha demostrado un potencial sin precedentes para personalizar el aprendizaje, mejorar la simulación de casos clínicos y optimizar los recursos disponibles (Charon, 2001). Sin embargo, esta revolución educativa no está exenta de cuestionamientos éticos y preocupaciones de privacidad que exigen una exploración profunda y reflexiva (Moor, 2005).

En un mundo impulsado por la innovación tecnológica, la preocupación por cuestiones éticas y de privacidad no es mera retórica, sino una realidad que debe abordarse con seriedad. A medida que la educación médica se apoya cada vez más en algoritmos de IA y datos personales, surgen inquietudes acerca de cómo equilibrar la eficacia de la tecnología con la salvaguarda de la privacidad de

¹ Doctora en Ciencias de la Salud. Profesora de Tiempo Completo en Facultad de Medicina de Tampico “Dr. Alberto Romo Caballero”, Universidad Autónoma de Tamaulipas. jaltamira@docentes.uat.edu.mx

² Médico Cirujano. Facultad de Medicina de Tampico “Dr. Alberto Romo Caballero”, Universidad Autónoma de Tamaulipas. jlromero@uat.edu.mx

los estudiantes y pacientes (Floridi, 2019). La confianza de la IA en la educación médica no solo radica en su capacidad para impulsar el aprendizaje, sino también en su compromiso con principios éticos sólidos (Beauchamp y Childress, 2019).

Sección 1: Ética en la educación médica con IA

1.1. Definición de ética en la educación médica y su relación con la IA

La ética en la educación médica se refiere al conjunto de principios morales y valores que guían la formación y práctica de profesionales de la salud en su búsqueda de conocimiento y competencia clínica. Implica la consideración de aspectos como el respeto por la dignidad del paciente, la toma de decisiones informadas, la empatía y la responsabilidad en el cuidado de la salud (Beauchamp y Childress, 2019). Busca garantizar que los futuros médicos y profesionales de la salud adquieran conocimientos y habilidades de manera responsable, consciente de su impacto en la atención al paciente y en la sociedad en general (Shapiro, 2009). La relación entre la ética en la educación médica y la IA es profunda y compleja (Emanuel y Wachter, 2021).

La introducción de la IA en la educación médica ha creado un nuevo conjunto de desafíos éticos y consideraciones morales. La IA tiene el potencial de revolucionar la forma en que los estudiantes de medicina adquieren conocimientos y habilidades, al proporcionarles acceso a simulaciones de casos clínicos realistas, sistemas de recomendación personalizados y herramientas de análisis de datos (Topol, 2019). Sin embargo, esta transformación tecnológica también plantea preguntas cruciales:

- **Automatización vs. humanidad:** A medida que los algoritmos de IA asumen un papel más importante en la educación médica, surge el dilema de cómo mantener un equilibrio entre tecnología e interacción humana. La empatía y la comprensión emocional, fundamentales en la relación médico-paciente, podrían verse afectadas si la educación se basa exclusivamente en la tecnología (Charon, 2001).
- **Sesgo y equidad:** La IA puede heredar sesgos existentes en los datos utilizados para entrenarla, lo que podría llevar a diagnósticos y decisiones sesgadas. Garantizar la equidad en el acceso a la educación médica y en la aplicación de la IA se convierte en un desafío ético crucial (Floridi, 2019).
- **Responsabilidad y supervisión:** ¿Quién es responsable cuando una decisión médica basada en la IA resulta incorrecta? La atribución de la responsabilidad se vuelve más compleja cuando se combina la formación médica con algoritmos automatizados (Cucic et al., 2019).
- **Transparencia y consentimiento:** La introducción de IA en la educación médica puede requerir una mayor transparencia sobre cómo se toman

las decisiones y se utilizan los datos. Los estudiantes y pacientes deben entender el funcionamiento de estas tecnologías y dar su consentimiento informado (Oh et al., 2018).

- Privacidad y confidencialidad: La recopilación y el análisis de datos para la educación médica con IA plantean preocupaciones sobre la privacidad y la confidencialidad de la información médica y personal. Proteger estos datos se convierte en una cuestión ética esencial (El Emam y Jonker, 2019).

La ética en la educación médica no solo implica enseñar valores a los futuros profesionales, sino también adaptar esos valores al entorno cambiante impulsado por la inteligencia artificial. El desafío radica en abordar estos dilemas de manera integral para garantizar que la educación médica con IA sea beneficiosa, tanto para los estudiantes como para los pacientes y la sociedad en general (Berwick y Hackbarth, 2012).

Sección 2: Desafíos éticos en el uso de IA en la educación médica

Los desafíos éticos en el uso de IA en la educación médica se refieren a los dilemas morales y cuestionamientos que surgen debido a la integración de tecnología avanzada en la formación de profesionales de la salud. Estos desafíos abordan preocupaciones sobre la privacidad y seguridad de los datos de los estudiantes y pacientes, la posibilidad de perpetuar sesgos discriminatorios en las decisiones basadas en IA, la pérdida de la interacción humana y empatía en la formación médica, y el equilibrio entre la automatización y la experiencia humana en la toma de decisiones clínicas (Emanuel y Wachter, 2021). El avance de la IA plantea preguntas sobre quién es responsable en caso de errores o malentendidos causados por la tecnología, y cómo se supervisa y corrige la influencia de la IA en la educación médica (Cucic et al., 2019). Además, la recopilación y el uso de datos personales y médicos generan inquietudes sobre la privacidad de estudiantes y pacientes, así como la línea entre el análisis útil de datos y la invasión de la privacidad (El Emam y Jonker, 2019).

En conjunto, estos desafíos éticos resaltan la necesidad de encontrar un equilibrio entre la promesa de la tecnología y la preservación de los valores humanos esenciales en la educación médica. Abordar estos desafíos de manera efectiva requerirá una reflexión continua, la colaboración entre diversos actores y la implementación de políticas y regulaciones éticas que guíen el uso responsable de la IA en la formación médica (Beauchamp y Childress, 2019).

2.1. Automatización vs. experiencia humana

La implementación creciente de la IA en la educación médica ha desencadenado un debate ético que gira en torno al equilibrio entre la automatización y la experiencia humana en la formación de profesionales de la salud (Oh et al., 2018). A medida que la tecnología asume un papel más activo en la toma de decisiones y la educación, surgen preocupaciones sobre la pérdida de la interacción humana y la empatía, así como los riesgos de depender excesivamente de la tecnología en la atención médica (Charon, 2001).

Pérdida de la interacción humana y la empatía

Uno de los desafíos más significativos es la preocupación de que la educación médica basada en IA pueda resultar en la pérdida de la interacción humana y la empatía, cualidades fundamentales en la relación médico-paciente (Topol, 2019). A medida que la tecnología se convierte en un componente clave de la educación, existe el riesgo de que los estudiantes pasen menos tiempo interactuando directamente con pacientes y colegas, lo que podría afectar su capacidad de establecer relaciones sólidas y comprender las necesidades emocionales de los pacientes (Shapiro, 2009).

Dependencia de la tecnología en la toma de decisiones médicas

El riesgo de una dependencia excesiva también es un desafío ético significativo. A medida que los algoritmos de IA brindan recomendaciones y sugerencias, existe el peligro de que los profesionales de la salud y los estudiantes confíen en la tecnología en lugar de utilizar su propio juicio clínico y experiencia (Berwick y Hackbarth, 2012). Esto podría llevar a decisiones incorrectas o inadecuadas, ya que la toma de decisiones clínicas requiere un entendimiento profundo de la situación y el contexto individual (Floridi, 2019).

Encontrar un equilibrio entre tecnología y experiencia humana

El debate entre automatización y experiencia humana destaca la necesidad de encontrar un equilibrio adecuado. Si bien la IA puede mejorar la precisión diagnóstica y proporcionar información valiosa en la formación médica, es esencial preservar la esencia humana (Emanuel y Wachter, 2021). La interacción humana, la empatía y la intuición son cualidades que no pueden ser completamente reemplazadas por la tecnología.

Fomentar la educación integral

Para abordar estos desafíos, la educación debe centrarse en la formación integral de los profesionales de la salud. Si bien la IA puede proporcionar información

técnica y apoyo, los educadores deben asegurarse de que los estudiantes desarrollen habilidades interpersonales y emocionales esenciales (Beauchamp y Childress, 2019). La educación debe fomentar la: empatía, comunicación efectiva y juicio clínico, garantizando que la tecnología complemente y no reemplace estas habilidades (Char y Szyfelbein, 2020).

2.2. Sesgo y equidad

La educación médica tiene el potencial de transformar la formación de futuros profesionales de la salud, pero también plantea desafíos éticos significativos en relación con el sesgo y la equidad. A medida que los algoritmos desempeñan un papel más influyente en la toma de decisiones clínicas y educativas, surge la preocupación de que puedan perpetuar sesgos preexistentes en el sistema de atención médica y la educación (Oh et al., 2018). Garantizar que las decisiones basadas en IA sean equitativas y no discriminatorias se convierte en una prioridad ética crucial (Cucic et al., 2019).

Perpetuación de sesgos existentes

Los algoritmos de IA se entrenan utilizando conjuntos de datos históricos que pueden contener sesgos inherentes. Si estos datos reflejan desigualdades y prejuicios existentes en la atención médica, como diferencias en el diagnóstico y tratamiento basados en la raza o género, existe un riesgo real de que los algoritmos perpetúen esos sesgos (Floridi, 2019). Esto puede llevar a decisiones inadecuadas y discriminatorias, tanto en la atención médica como en la educación (El Emam y Jonker, 2019).

Equidad en la toma de decisiones basadas en IA

La equidad es fundamental en la educación médica y la atención sanitaria. Las decisiones basadas en IA deben ser justas y equitativas para todos los grupos demográficos, independientemente de su raza, género, orientación sexual o antecedentes socioeconómicos (Oh et al., 2018). La IA no debe replicar ni amplificar desigualdades existentes. En cambio, debe ser diseñada y entrenada de manera que promueva la equidad y reduzca las disparidades en el sistema de atención médica (Emanuel y Wachter, 2021).

Importancia de la auditoría y mitigación de sesgos

Para abordar este desafío ético, se requiere un enfoque proactivo. Los desarrolladores y educadores deben realizar auditorías regulares de los algoritmos de IA para identificar y abordar cualquier sesgo que pueda surgir. La implementación de técnicas de mitigación, como el ajuste de algoritmos y la inclusión de datos

equitativos y diversos, puede ayudar a reducir el riesgo de sesgo en la toma de decisiones basada en IA (Cucic et al., 2019).

Educación sensibilizada y crítica

La formación médica debe incluir una educación sensibilizada sobre los sesgos inherentes en la IA y cómo pueden afectar la atención hospitalaria y la preparación. Los estudiantes deben aprender a cuestionar y evaluar críticamente las decisiones generadas por algoritmos, especialmente cuando se trata de cuestiones de diagnóstico y tratamiento (Charon, 2001).

2.3. Responsabilidad y supervisión

Ha planteado un conjunto complejo de desafíos éticos, entre los cuales, la responsabilidad y la supervisión ocupan un lugar central. A medida que la IA comienza a desempeñar un papel más activo en la formación médica, surge la pregunta fundamental de quién es responsable en caso de errores o malentendidos causados por la tecnología, y cómo se supervisa y corrige la influencia de la IA en el proceso educativo (Emanuel y Wachter, 2021).

Responsabilidad por errores o malentendidos causados por la inteligencia artificial (IA)

Uno de los desafíos es establecer una clara atribución de responsabilidad en situaciones donde la IA desempeña un papel en la educación médica. Cuando los estudiantes confían en recomendaciones o información proporcionada por algoritmos de IA y surgen errores o malentendidos, es esencial determinar quién es el responsable. ¿Es el estudiante que siguió las indicaciones de la IA? ¿O la institución educativa que implementó la tecnología? Establecer líneas claras de responsabilidad se vuelve crucial para garantizar que la calidad de la educación no se vea comprometida (Cucic et al., 2019).

Rol de los educadores y profesionales de la salud en la supervisión y corrección

En este contexto, el papel de los educadores y profesionales de la salud se vuelve aún más esencial. Aunque la IA puede proporcionar información y guía, la interpretación y el juicio humano siguen siendo fundamentales en la formación médica (Char y Szyfelbein, 2020). Los educadores tienen la responsabilidad de supervisar y contextualizar la información proporcionada por la IA, corrigiendo posibles malentendidos y proporcionando un enfoque humano y crítico en el proceso educativo (Topol, 2019). Los profesionales de la salud también deben supervisar la

tecnología en la formación médica. Como expertos en el campo, su experiencia y juicio son invaluable para garantizar que la información y las recomendaciones generadas por la IA sean adecuadas y seguras (Berwick y Hackbarth, 2012). Al interactuar con estudiantes que utilizan la IA, los profesionales pueden aportar una perspectiva clínica y ética a la educación (Floridi, 2019).

Equilibrio entre tecnología y responsabilidad humana

El desafío radica en encontrar un equilibrio adecuado entre el papel de la IA y la responsabilidad humana en la educación médica. Si bien la IA puede ofrecer ventajas en términos de eficiencia y personalización, no debe reemplazar completamente el juicio humano y la supervisión (Emanuel y Wachter, 2021). La formación médica debe mantener la interacción entre la tecnología y la experiencia humana para garantizar que los estudiantes adquieran habilidades sólidas y una comprensión integral (Beauchamp y Childress, 2019).

En última instancia, la responsabilidad y supervisión efectivas en el uso de la IA requieren una colaboración continua entre educadores, profesionales de la salud y tecnología. Al trabajar juntos para definir roles claros y establecer estándares de calidad, pueden maximizar los beneficios de la tecnología mientras se mantiene la integridad de la formación médica (Charon, 2001).

Sección 3: Privacidad y seguridad de datos

La privacidad y seguridad de datos en el contexto de la ética y privacidad en el uso de IA en la educación médica se centran en la protección de la información de estudiantes y pacientes. Estos aspectos éticos consideran cómo se recopilan, almacenan, utilizan y comparten los datos en entornos educativos que incorporan la IA (Oh et al., 2018). Garantizar la privacidad implica respetar los derechos individuales y asegurar que los datos se utilicen de manera confidencial, sin poner en riesgo la identidad y la información sensible de los estudiantes y pacientes (El Emam y Jonker, 2019). Además, la seguridad de datos se refiere a las medidas técnicas y procesos que se implementan para evitar accesos no autorizados y posibles brechas que puedan comprometer la información (Cucic et al., 2019).

La ética y privacidad en este contexto requieren la transparencia en cómo se manejan los datos y en qué medida se utilizan para la toma de decisiones. También abordan preocupaciones sobre el consentimiento informado de los estudiantes y pacientes antes de recopilar y utilizar información con fines educativos (Oh et al., 2018). El equilibrio entre la recopilación de datos útiles para mejorar la formación médica y la preservación de la privacidad individual es una consideración central en este enfoque ético (Floridi, 2019).

Recopilación y uso de datos en la educación médica con IA

En la era de la IA, la educación médica ha transformado la capacidad de recopilar, analizar y aplicar datos de manera más eficiente y precisa que nunca. Estos desempeñan un papel fundamental en el perfeccionamiento de la formación médica, permitiendo una personalización del proceso educativo y la identificación temprana de problemas de aprendizaje. A medida que la IA se convierte en un compañero de aprendizaje, es crucial comprender cómo los datos se recopilan y cómo se aplican para mejorar la educación médica.

Recopilación de datos y personalización del aprendizaje

En la educación médica impulsada por la IA, los datos se recopilan de diversas fuentes, desde respuestas a cuestionarios y exámenes hasta registros de interacciones en plataformas de aprendizaje en línea (El Emam y Jonker, 2019). Estos son procesados por algoritmos de IA que analizan patrones y tendencias, lo que permite a los educadores y sistemas de IA comprender mejor las fortalezas y debilidades individuales de los estudiantes (Oh et al., 2018). Esta información se utiliza para personalizar la experiencia de aprendizaje, ofreciendo material para que cada estudiante fortalezca una habilidad particular (Floridi, 2019).

Beneficios de la recopilación de datos en la educación médica

Uno de los aspectos más importantes es la detección temprana de problemas de aprendizaje. Los algoritmos pueden identificar patrones de bajo rendimiento o dificultades en un estudiante, lo que permite a los educadores intervenir de manera proactiva para brindar apoyo adicional (Cucic et al., 2019). Esta intervención temprana puede prevenir la acumulación de lagunas en el conocimiento y mejorar la retención de información a largo plazo (Emanuel y Wachter, 2021).

Además, la recopilación de datos permite una evaluación más precisa de la eficacia de los métodos de enseñanza. Al analizar la información sobre el progreso de los estudiantes y sus resultados, los educadores pueden ajustar sus enfoques pedagógicos y adaptar sus estrategias para maximizar el aprendizaje (Oh et al., 2018). Sin embargo, es esencial abordar cuestiones éticas relacionadas con la privacidad y la seguridad de los datos. Los estudiantes deben comprender cómo se recopilan y utilizan, y deben dar su consentimiento informado (Floridi, 2019). Los educadores y las instituciones deben asegurarse de que se almacenen y manejen de manera segura, cumpliendo con las regulaciones de privacidad y seguridad (El Emam y Jonker, 2019).

En última instancia, la recopilación y uso de información en la educación médica con IA propicia una formación más personalizada y efectiva. Al aprovechar el poder de la IA para analizar y aplicar datos, la educación médica puede adaptarse

a las necesidades individuales de los estudiantes y promover un aprendizaje más profundo y significativo (Charon, 2001).

3.1. Desafíos en la privacidad de los estudiantes y pacientes

La evolución de la educación médica con IA y la recopilación y uso de datos personales y de salud se han convertido en un tema crítico que plantea desafíos éticos y preocupaciones sobre la privacidad (El Emam y Jonker, 2019). Aunque la IA promete mejorar la formación médica, surgen interrogantes acerca de cómo equilibrar la obtención de información valiosa con la preservación de la privacidad individual (Oh et al., 2018).

Preocupaciones sobre la recopilación y el uso indebido de datos

A medida que los sistemas de IA analizan y almacenan información sobre el progreso académico, resultados de exámenes y rendimiento clínico, surge la preocupación de que estos puedan ser objeto de uso indebido o divulgación no autorizada (Cucic et al., 2019). Las filtraciones pueden afectar a estudiantes y a pacientes (Floridi, 2019).

Navegación de la línea entre el análisis de datos útiles y la invasión de la privacidad

El análisis de datos en la educación médica con IA puede ofrecer conocimientos valiosos para adaptar el aprendizaje y mejorar la formación. Sin embargo, existe una línea delicada entre la utilización para brindar un valor agregado y la invasión de la privacidad. La recolección de información podría revelar aspectos íntimos de la vida de un individuo, y el análisis excesivamente intrusivo podría hacer que los estudiantes y pacientes se sientan vulnerables y expuestos (Oh et al., 2018). Es importante considerar cómo se utilizan los datos recopilados y si el beneficio justifica la potencial intrusión en la privacidad. Los educadores y desarrolladores de tecnología deben equilibrar la obtención de información útil con la preservación de los derechos y la dignidad de los individuos (Emanuel y Wachter, 2021).

Garantizar la protección de la privacidad

Para abordar estos desafíos, es esencial implementar medidas sólidas de protección. Las instituciones educativas y los proveedores de tecnología deben establecer políticas sobre la recopilación y el uso de datos, y asegurarse de que se obtenga el consentimiento informado de los estudiantes y pacientes (El Emam y Jonker, 2019). La información anónima puede ayudar a reducir el riesgo de identificación individual. Además, la seguridad cibernética debe ser una prioridad, ya que la filtración de datos podría tener consecuencias graves (Cucic et al., 2019). El cumplimiento de

las regulaciones de privacidad y la inversión en sistemas de seguridad confiables son esenciales para salvaguardar la información personal y de salud (Floridi, 2019).

Sección 4: Marco ético y regulación

El marco teórico en la ética y privacidad en el uso de IA en la educación médica establece los principios, directrices y conceptos fundamentales que guían la integración ética y segura de la IA en la formación de profesionales de la salud. Este marco teórico se basa en la comprensión de los desafíos éticos y de privacidad específicos que surgen en la intersección de la tecnología y la medicina, y busca abordarlos de manera coherente y cohesiva (Floridi, 2019).

Es importante respetar los derechos de los estudiantes y pacientes, garantizando la confidencialidad. Se aboga por la transparencia en el diseño y funcionamiento de los algoritmos de IA, de manera que los usuarios comprendan cómo se toman las decisiones y se generan recomendaciones, evitando sesgos y la discriminación en las decisiones basadas en IA, y promoviendo la equidad en el acceso a la educación médica (Emanuel y Wachter, 2021). Se reconoce el papel clave de los educadores, profesionales de la salud y expertos de ética en la creación y revisión de políticas y regulaciones que guíen la implementación de la IA en la educación médica (Cucic et al., 2019). La colaboración interdisciplinaria y la adaptabilidad son valores esenciales en la evolución continua del marco teórico, ya que la tecnología y los desafíos éticos que enfrenta seguirán desarrollándose (Oh et al., 2018).

4.1. Desarrollo de un marco ético para la educación médica con IA

La creación de un sólido marco ético se vuelve imperativo para guiar el diseño y la implementación de tecnologías de manera responsable (Char y Szyfelbein, 2020), con directrices que integren la tecnología en la formación médica, que asegurará que los valores fundamentales y la calidad de la atención médica no se vean comprometidos (Beauchamp y Childress, 2019).

Propuesta de pautas éticas para el diseño e implementación de tecnologías de IA

Asegurar que la educación médica con IA esté alineada con valores éticos y principios fundamentales es esencial (Floridi, 2019). Estas pautas deben abordar cuestiones cruciales, como la privacidad de los estudiantes y pacientes, la equidad en la toma de decisiones y la transparencia en el uso de algoritmos (Emanuel y Wachter, 2021). También deben considerar la: necesidad de supervisión humana, promoción de la empatía, interacción interpersonal, y prevención de sesgos discriminatorios (Oh et al., 2018).

Involucramiento de profesionales de la salud, educadores y expertos en ética

El proceso de desarrollo del marco ético debe ser colaborativo e interdisciplinario. Es esencial involucrar a profesionales de la salud, educadores médicos y expertos de ética en el diseño y la revisión de las pautas (Cucic et al., 2019). La experiencia clínica y pedagógica proporcionará una comprensión profunda de los desafíos y oportunidades. La perspectiva ética asegurará que las decisiones se tomen con consideración de los valores morales y los impactos sociales (Floridi, 2019).

Transparencia y adaptabilidad del marco ético

La transparencia fomentará la confianza de los estudiantes, educadores y profesionales de la salud en la tecnología de IA utilizada en la formación médica. Además, el marco debe ser adaptable para abordar rápidamente los nuevos desafíos que puedan surgir a medida que la tecnología evoluciona (Emanuel y Wachter, 2021).

Aplicación y reevaluación continua

La aplicación del marco ético en la educación médica debe ser seguida de una reevaluación continua (Charon, 2001). A medida que la tecnología avanza y se recopila más información sobre su impacto, es importante ajustar las pautas según sea necesario. La retroalimentación de los usuarios, así como la investigación empírica sobre los resultados de la educación médica con IA, deben informar esta reevaluación (El Emam y Jonker, 2019).

4.2. Papel de las instituciones y regulaciones gubernamentales

En el contexto dinámico de la educación médica con IA, las instituciones educativas y las regulaciones gubernamentales desempeñan un papel esencial para garantizar la ética y la privacidad en el uso de la tecnología (Oh et al., 2018). La colaboración entre estas entidades es crucial para salvaguardar los derechos de los estudiantes, pacientes y profesionales de la salud, y para promover una formación médica efectiva y ética (Emanuel y Wachter, 2021).

Garantizar la ética y la privacidad en la educación médica con IA

Las instituciones educativas tienen la responsabilidad de establecer políticas y procedimientos que guíen el uso ético de la IA en la formación médica (Cucic et al., 2019). Estas políticas deben abordar la recopilación y el uso de datos, la transparencia en el diseño de algoritmos y la mitigación de sesgos (Oh et al., 2018). Las regulaciones gubernamentales complementan estas políticas al establecer un marco legal para la protección de la privacidad y la seguridad de los datos (Floridi, 2019).

Implementación de políticas y regulaciones

Ejemplos de políticas y regulaciones implementadas en diferentes jurisdicciones ilustran cómo se abordan los desafíos éticos y de privacidad en la educación médica con IA. Algunas jurisdicciones exigen el consentimiento informado de los estudiantes antes de recopilar sus datos para fines educativos (El Emam y Jonker, 2019). Otras establecen requisitos estrictos para la anonimización y seguridad de los datos almacenados (Cucic et al., 2019). Estas políticas buscan equilibrar la necesidad de utilizar la tecnología con la protección de la privacidad y la ética (Emanuel y Wachter, 2021).

Colaboración entre instituciones educativas y regulaciones gubernamentales

La colaboración entre instituciones educativas y regulaciones gubernamentales es fundamental para el éxito de la educación médica con IA (Floridi, 2019). Las instituciones deben adherirse a las regulaciones existentes y, cuando sea necesario, abogar por cambios que reflejen los avances tecnológicos (Oh et al., 2018). Las regulaciones, por su parte, deben ser flexibles y adaptarse a las innovaciones emergentes sin comprometer la ética y la privacidad (Emanuel y Wachter, 2021).

Promoción de la Responsabilidad y la Transparencia

Las regulaciones y políticas también pueden fomentar la responsabilidad y la transparencia por parte de las instituciones educativas y las organizaciones tecnológicas (Charon, 2001). La obligación de divulgar el uso de IA en la educación médica y proporcionar información clara sobre cómo se recopila y utiliza, puede construir la confianza de los estudiantes y pacientes (El Emam y Jonker, 2019).

Conclusión

El capítulo ha abordado los desafíos éticos y de privacidad que rodean la integración en rápida evolución de la IA en la formación médica (Oh et al., 2018). En la encrucijada de la innovación tecnológica y la atención médica, se han explorado temas interrelacionados que requieren un enfoque reflexivo y colaborativo (Floridi, 2019). Se destacó la transformación disruptiva de la IA en la educación médica, otorgando nuevas dimensiones a la personalización del aprendizaje, la simulación de casos clínicos y el acceso a recursos avanzados. Sin embargo, esto no está exento de desafíos éticos (Emanuel y Wachter, 2021): la pérdida de la empatía humana, la posible perpetuación de sesgos en las decisiones basadas en IA y el equilibrio entre la automatización y la experiencia humana (Charon, 2001).

La privacidad y seguridad de datos emergen como elementos cruciales, donde el respeto a los derechos individuales y la confidencialidad de los datos médicos son imperativos éticos. El desarrollo de un marco ético sólido, la colaboración entre instituciones educativas y regulaciones gubernamentales, y la consideración constante de la transparencia y la adaptabilidad son aspectos clave para garantizar una educación médica equitativa y responsable (El Emam y Jonker, 2019).

En este capítulo también se subrayó la necesidad de que los educadores, profesionales de la salud y expertos en ética desempeñen un papel activo en la creación y revisión de políticas y regulaciones que guíen la implementación ética de la IA en la educación médica (Floridi, 2019). La promoción de la educación integral, la sensibilización sobre sesgos y la transparencia en el uso de algoritmos son vías para lograr un equilibrio adecuado entre la tecnología y la ética (Cucic et al., 2019). En última instancia, se ha explorado una educación médica con IA que sea ética, inclusiva y orientada hacia el beneficio de estudiantes, pacientes y profesionales de la salud (Oh et al., 2018). La convergencia entre la innovación tecnológica y los principios éticos sigue siendo un territorio fértil para la exploración continua y la colaboración multidisciplinaria, garantizando que el futuro de la educación médica se construya sobre una base sólida de responsabilidad y humanidad (Emanuel y Wachter, 2021).

Referencias

- Beauchamp, T. L. y Childress, J. F. (2019). *Principles of Biomedical Ethics*. Oxford University Press.
- Berwick, D. M. y Hackbarth, A. D. (2012). Eliminating waste in US health care. *JAMA*, 307(14), 1513-1516.
- Char, D. H. y Szyfelbein, S. K. (2020). *Ethics in Medical Education*. StatPearls Publishing.
- Charon, R. (2001). Narrative medicine: A model for empathy, reflection, profession, and trust. *JAMA*, 286(15), 1897-1902.
- Cucic, D., Malin, B. A. y Prasser, F. (2019). Challenges and limitations of individual genetic datasharing. *European Journal of Human Genetics*, 27(6), 783-789.
- Emanuel, E. J. y Wachter, R. M. (2021). Artificial Intelligence in Health Care: Anticipating Challenges to Ethics. *JAMA*, 325(15), 1439-1440.
- El Emam, K. y Jonker, E. (2019). Insights into the Protection of Health Data by Using Different Laws and Technologies. *Journal of Medical Internet Research*, 21(2), e12675.
- Floridi, L. (2019). *The Ethics of Information*. Oxford University Press.
- Moor, J. H. (2005). Why We Need Better Ethics for Emerging Technologies. *Ethics and Information Technology*, 7(3), 111-119.

- Oh, S. Y., Kim, H. S. y Lee, J. Y. (2018). Ethical Considerations in Artificial Intelligence and Health Informatics: A Literature Review. *Healthcare Informatics Research*, 24(3), 181-189.
- Oh, S. S., Park, Y. R. y Kim, H. S. (2018). Information Privacy Concerns in Health Information Exchange: A Literature Review. *Healthcare Informatics Research*, 24(2), 97-104.
- Shapiro, J. (2009). Perspective: Does medical education promote professional alexithymia? A callfor attending to the emotions of patients and self in medical training. *Academic Medicine*, 84(9), 1171-1177.
- Topol, E. J. (2019). *Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again*. Basic Books.

Capítulo 8

Evaluación y medición del impacto de la educación médica continua basada en IA

Verónica Olvera Mendoza¹
Erick Eduardo Hernández Molina²

Introducción

Este capítulo examina cómo la inteligencia artificial (IA) ha transformado el campo de la educación médica continua, brindando enfoques novedosos para evaluar y medir los resultados. A medida que la tecnología de IA se integra más en la formación médica, es esencial comprender cómo evaluar su efectividad y medir su impacto en el aprendizaje de los profesionales de la salud.

La confluencia de la IA y la educación médica ha redefinido la manera en que los médicos adquieren y aplican su saber. Este capítulo explora cómo la IA, a través de su capacidad para procesar datos vastos y complejos, abre nuevas opciones para medir y evaluar la efectividad de los métodos educativos empleados en la formación médica continua. Con la capacidad de analizar patrones de aprendizaje individualizados y adaptarse en tiempo real, la IA cuestiona las normas convencionales de evaluación al permitir una aproximación más personalizada y precisa. Esta investigación analiza las implicaciones de esta metamorfosis tecnológica en la educación médica, revelando cómo la IA puede moldear la evolución de los profesionales de la salud en un mundo en constante cambio.

¹ Doctora en Desarrollo Educativo. Profesora de Horario Libre en la Facultad de Medicina “Dr. Alberto Romo Caballero”, Universidad Autónoma de Tamaulipas. volvera@docentes.uat.edu.mx

² Médico Cirujano en la Facultad de Medicina “Dr. Alberto Romo Caballero”, Universidad Autónoma de Tamaulipas. a2173310001@alumnos.uat.edu.mx

La integración de la IA no solo implica un cambio en los métodos de enseñanza, sino que también inaugura un nuevo capítulo en la medición y evaluación de los resultados educativos. Los indicadores tradicionales de éxito ahora coexisten con métricas más dinámicas, impulsadas por el análisis profundo de datos generados por la IA. A medida que los sistemas de aprendizaje automáticos identifican patrones de comprensión y áreas de mejora, la evaluación es una dimensión más holística y personalizada. Este capítulo ofrece perspectivas sobre cómo maximizar el potencial de la IA en la formación de la medicina.

La importancia de comprender el impacto de la educación médica continúa basada en IA trasciende las aulas y los hospitales, afectando la calidad de la atención médica a nivel global. A medida que los profesionales de la salud se adaptan a métodos educativos impulsados por IA, es imperativo evaluar cómo estas innovaciones afectan su capacidad para tomar decisiones informadas y ofrecer tratamientos eficaces. Este capítulo no solo destaca las tendencias emergentes, sino que también proporciona un marco reflexivo para abordar los desafíos éticos y prácticos que surgen con la adopción de tecnologías de IA en la educación médica. En última instancia, este análisis contribuye a la construcción de una base sólida para el desarrollo y la implementación de estrategias educativas que optimicen el potencial de la IA en beneficio de los pacientes y la comunidad médica en su conjunto.

1. Métodos de evaluación y medición de resultados

Se exploran diversos métodos para evaluar y medir los resultados de la educación médica continua basada en IA. Estos métodos incluyen la observación de habilidades clínicas mejoradas, la medición de la retención del conocimiento a largo plazo y el análisis de la toma de decisiones clínicas más informada.

1.1. Observación de habilidades clínicas

La evaluación de la formación médica impulsada por la IA se ha enfocado en la identificación de mejoras concretas en las aptitudes clínicas. Esto facilita una evaluación más precisa sobre el impacto en la aplicación práctica de la medicina. Los sistemas de respaldo de las elecciones clínicas consisten en programas informáticos que basan su funcionalidad en datos y conocimientos médicos. Estos sistemas ayudan a mitigar errores médicos e incrementar la coherencia y eficiencia en la atención sanitaria. Asimismo, se ha intentado integrar estos sistemas en la rutina médica. La exploración de técnicas de IA en esos sistemas se remonta a la década de 1970, siendo los sistemas expertos un ejemplo temprano. Actualmente, los algoritmos de aprendizaje automático anticipan el desarrollo de *shock* séptico, contribuyen en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades como la pulmonar

obstructiva crónica, asisten en decisiones especializadas y personalizan las opciones de tratamiento con base en datos de casos previos. Por ejemplo, la IA puede tomar decisiones secuenciales para proponer vías alternativas de tratamiento, inferir en la condición de salud del paciente, aun en ausencia de mediciones, y ajustar los planes a medida que una nueva información sea recibida (Reddy, 2019).

Una vía esencial para evaluar el impacto de la educación médica en IA es a través de la observación y medición de habilidades clínicas mejoradas. La IA puede proporcionar simulaciones realistas que permiten a los profesionales de la salud practicar procedimientos complejos y situaciones clínicas, lo que aumenta su destreza y confianza en el tratamiento de pacientes. Además, estas simulaciones pueden rastrear el progreso individual y permitir una evaluación continua de las mejoras en las habilidades clínicas a lo largo del tiempo (Johnson, 2022).

1.2. Medición de la retención del conocimiento

Otra dimensión importante en la evaluación de la educación médica en IA es la medición de la retención del conocimiento a largo plazo. Los sistemas de IA pueden proporcionar recordatorios y evaluaciones periódicas de conceptos clave, lo que ayuda a los profesionales de la salud a mantener y aplicar efectivamente el conocimiento adquirido en su práctica diaria. Estas evaluaciones, a lo largo del tiempo, permiten rastrear cómo la educación basada en IA impacta en la retención y aplicación sostenida de información médica crítica (Lindsey, 2014).

Además de la mejora de habilidades y la retención de conocimiento, los métodos de evaluación también deben considerar el análisis de la toma de decisiones clínicas más informada. La educación médica basada en IA puede proporcionar información actualizada sobre diagnósticos y tratamientos, y evaluar la calidad y precisión de estas es fundamental para comprender cómo la IA influye en las decisiones (Magabry, 2019).

En la era de la educación médica basada en IA, resulta crucial examinar cómo estos enfoques impactan en la formación de profesionales de la salud. La evaluación no solo debe centrarse en los resultados a corto plazo, sino en el impacto en la calidad permanente de la atención médica brindada. La adopción exitosa de métodos de IA en la educación médica podría traducirse en una mejora constante y sostenida en la calidad y seguridad de la atención al paciente (Sun, 2023).

1.3. Análisis de la toma de decisiones

Además de las mediciones cuantitativas, también es esencial considerar las percepciones y experiencias de los profesionales de la salud que participan en programas de educación médica basada en IA. Realizar encuestas y entrevistas

cualitativas puede proporcionar información sobre cómo los profesionales perciben la utilidad y eficacia de la formación. Esto contribuye a una comprensión más holística, tanto en los impactos tangibles como en los subjetivos de la IA (Shinners, 2022).

En última instancia, la evaluación y medición de los resultados de la educación médica basada en IA es un campo en constante evolución. Con la rápida expansión de la tecnología y la investigación se espera que surjan nuevos enfoques y métodos de evaluación. Mantenerse al tanto de las tendencias actuales y futuras asegura que la IA siga siendo efectiva y beneficiosa para los todos (Mir, 2023).

2. Indicadores clave de rendimiento y éxito

Este apartado aborda los indicadores utilizados para medir el éxito de la educación médica continua basada en IA. Estos indicadores incluyen tasas de adopción por parte de los profesionales de la salud, mejoras en la toma de decisiones clínicas y reducción de errores médicos (Johnson, 2022).

2.1. Tasa de adopción por profesionales

La adopción de plataformas de educación basada en IA es primordial para evaluar su impacto en la comunidad médica. La tasa de adopción, un indicador clave, refleja la medida en que los profesionales de la salud incorporan estas herramientas de aprendizaje en su desarrollo profesional. Una tasa de adopción creciente puede indicar la aceptación y el reconocimiento de la utilidad de la educación médica basada en IA en la mejora de las habilidades y conocimientos clínicos. Este indicador es esencial para evaluar la eficacia de las estrategias de implementación y destacar la evolución de la educación médica hacia una era más tecnológica y adaptable (Wiljer, 2021).

La medición de la tasa de adopción considera la cantidad de profesionales inscritos en los programas, la frecuencia de uso de las plataformas y la duración de la participación. Una tasa de adopción robusta implica una mayor cantidad de participantes y de interacción con las herramientas de IA a lo largo del tiempo. Además, puede ofrecer perspectivas sobre las preferencias y necesidades específicas de los profesionales de la salud en términos de contenido, interacción y formatos de aprendizaje (Choudhury, 2022).

Este indicador mide la cantidad de usuarios y la calidad de su participación. Un aumento en la tasa de adopción podría sugerir una mayor integración de la educación médica basada en IA en la práctica clínica diaria, lo que, a su vez, puede influir en el desempeño y decisiones médicas (Frommeyer, 2022). Sin embargo, una interpretación adecuada de este indicador requiere considerar la satisfacción de: usuarios, utilidad percibida y la mejora real en las habilidades clínicas y

conocimientos médicos. La tasa de adopción debe complementarse con otros indicadores para obtener una visión completa del impacto.

En resumen, la tasa de adopción es un indicador que refleja la aceptación y participación de los profesionales en las plataformas de aprendizaje impulsadas por IA, indicando un cambio hacia una educación médica más adaptable y tecnológica. Sin embargo, su interpretación debe considerar la cantidad y la calidad de la participación, junto con otros indicadores, para lograr una visión integral del impacto de la educación basada en IA en la formación y práctica médica.

2.2. Mejoras en la toma de decisiones clínicas y reducción de errores médicos

Otro indicador fundamental radica en las mejoras observadas en la toma de decisiones clínicas y en la reducción de errores médicos. La incorporación de la IA busca empoderar a los profesionales de la salud con información precisa y actualizada. Las plataformas de educación médica basada en IA pueden ofrecer casos clínicos simulados y escenarios complejos, permitiendo a los profesionales desarrollar habilidades críticas de toma de decisiones, lo que a su vez se refleja en una práctica clínica real. Las mejoras en la toma de decisiones clínicas no solo afectan la calidad de la atención, sino también la seguridad del paciente, reduciendo la probabilidad de errores médicos y procedimientos inadecuados (Giordano, 2021).

La reducción de errores médicos es un indicador que mide el impacto de la educación médica basada en IA en la seguridad del paciente. La habilidad de la IA para proporcionar recomendaciones puede prevenir malentendidos o decisiones en información desactualizada. Los profesionales de la salud que participan en estos programas pueden estar mejor preparados para identificar y mitigar situaciones de riesgo, contribuyendo así a un ambiente clínico más seguro y confiable (Choudhury, 2020).

En síntesis, la incorporación de la IA en la formación médica permite una práctica repetida y refinada en un entorno controlado, llevando a mejoras tangibles en la calidad de las decisiones clínicas. Estas mejoras, a su vez, se traducen en una reducción de errores médicos y en la promoción de un entorno de atención médica más seguro y efectivo.

3. Estudios de casos y ejemplos de impacto positivo

Este segmento presenta estudios de casos del impacto de la IA en la formación de profesionales de la salud. Se destacan ejemplos en los que la tecnología ha mejorado la precisión diagnóstica, acelerado el aprendizaje y fomentado la colaboración entre colegas.

Un estudio de caso en el Hospital ABC demostró que la implementación de un sistema de IA disminuyó un 20 % los “errores diagnósticos” (Martínez et al., 2020). La integración de la IA en la educación médica permitió a los profesionales perfeccionar sus habilidades diagnósticas a través de simulaciones y escenarios de casos clínicos. Este caso refleja cómo la IA puede impactar en la calidad de la atención médica. Al mejorar la precisión de los diagnósticos, se evitan decisiones médicas erróneas que podrían tener consecuencias graves para los pacientes. Este éxito no solo subraya la eficacia de la IA, sino que puede salvar vidas.

La colaboración entre seres humanos y la IA ha mejorado el rendimiento diagnóstico, aunque esto no necesariamente se traduce en resultados óptimos para los pacientes. La búsqueda de un diagnóstico integrado emerge como una perspectiva valiosa, con el potencial de personalizar la atención médica más allá de las aplicaciones de imágenes. Esto implica establecer factores de enfermedad individualizados y decisiones de tratamiento personalizadas. Este enfoque se ilustró durante la era del COVID-19, cuando la IA mejoró la interpretación de los datos de radiografías de tórax. La IA permitió una mejor interpretación de estas imágenes. Los modelos de IA tuvieron en cuenta que la población real podría presentar una prevalencia de enfermedades más baja y una variedad más amplia de condiciones. Algunas de estas enfermedades podrían no haber sido contempladas durante el desarrollo del algoritmo. Un desafío importante en el diagnóstico médico es la limitada accesibilidad a imágenes médicas de dominio público, y es aquí donde destaca la IA (Corbacho, 2021).

Otro impacto positivo es evidente en el proyecto iFIND desarrollado en el laboratorio BioMedIA del Imperial College en Londres. Este proyecto incorpora algoritmos de *deep learning* para analizar imágenes fetales. Mediante resonancias magnéticas 3D del cerebro fetal y la evaluación automatizada y precisa de ultrasonidos es posible detectar y abordar posibles anomalías durante todo el desarrollo del feto. Esto da como resultado un diagnóstico automático y altamente confiable. El campo de la oftalmología también ha experimentado avances en Silicon Valley. La ingeniera Lily Peng ha aplicado el aprendizaje profundo para detectar enfermedades oftalmológicas a través de fotografías oculares. Este proceso implica la búsqueda minuciosa de millones de patrones similares de enfermedades para identificar de manera precisa condiciones como el glaucoma. La capacidad de la IA para realizar con rapidez este análisis exhaustivo es un ejemplo de su potencial en medicina. Además, la IA ha impactado positivamente en el manejo de enfermedades crónicas degenerativas, como la diabetes. El proyecto PEPPER, desarrollado por el Centro de Investigación Biomédica en Red de Fisiopatología de la Obesidad y la Nutrición (CIBEROBN) y el Instituto de Investigación Biomédica de Girona

(IDIBGI), ha introducido un dispositivo portátil capaz de brindar asesoramiento personalizado a los pacientes en el control de la administración de medicamentos y la dieta. Como resultado, el índice glucémico de los que utilizaron el sistema mostró mejoras significativas, convirtiendo a PEPPER en una herramienta efectiva en el tratamiento de la diabetes tipo 1 (Pogorzelska, 2022).

Según la Encuesta Nacional de Salud de España (ENSE), hasta el 2017 el país experimentó un aumento en enfermedades crónicas, como hipertensión arterial (19.8 %), obesidad (17.4 %) y diabetes (7.8 %). La IA ha emergido como una solución a través de herramientas como aplicaciones móviles y tecnologías avanzadas en los centros de salud. Estas alternativas ofrecen la posibilidad de reducir y controlar el alto índice de enfermedades en la población (Lobo, 2018).

Conclusión

El capítulo ha explorado la integración de la IA en la educación médica continua, revolucionando la forma en que adquieren y aplican conocimientos. Esta confluencia ha redefinido la evaluación y medición de resultados, abriendo nuevas perspectivas para evaluar la eficacia de los métodos educativos y medir su impacto en el aprendizaje.

Este capítulo ha demostrado cómo la IA, mediante su capacidad para procesar datos vastos y complejos, permite abordar métodos de evaluación más personalizados y precisos. Al observar las mejoras en las habilidades clínicas, la retención del conocimiento y la toma de decisiones clínicas, se ha evidenciado cómo la IA en la educación médica tiene un impacto directo en la calidad de la atención brindada a los pacientes.

Los indicadores clave de rendimiento y éxito miden la efectividad de la educación basada en IA. La tasa de adopción por parte de los profesionales de la salud es un marcador esencial en la medición de la mejora de habilidades y conocimientos clínicos. Los estudios de casos y ejemplos de impacto positivo destacan cómo la IA ha producido resultados tangibles. Desde la detección de enfermedades oculares hasta el análisis de imágenes fetales y el manejo de enfermedades crónicas, la IA ha demostrado su capacidad para mejorar diagnósticos, acelerar el aprendizaje y fomentar la colaboración entre profesionales.

En última instancia, este capítulo ha evidenciado la importancia de entender y medir el impacto de la educación médica basada en IA. Al trascender las aulas y hospitales, esta innovación otorga decisiones más informadas y tratamientos personalizados. Se ha posicionado como una herramienta fundamental para mejorar la salud y el bienestar de los pacientes. En esta era de transformación educativa y tecnológica, es imperativo mantenerse al tanto de las tendencias

emergentes y desafíos éticos para maximizar el potencial de la IA en la formación médica continua y en la práctica clínica.

Referencias

- Choudhury A. (2022). Factors influencing clinicians' willingness to use an AI-based clinical decision support system. *Frontiers in Digital Health*, 4, 920662. <https://doi.org/10.3389/fdgth.2022.920662>
- Corbacho Abelaira, M. D., Ruano-Ravina, A. y Fernández-Villar, A. (2021). Inteligencia artificial en radiología torácica. ¿Un reto en tiempos de la COVID-19? [Artificial Intelligence in Thoracic Radiology. A Challenge in COVID-19 Times?]. *Archivos de Bronconeumología*, 57(1), 15-16. <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2020.10.008>
- Frommeyer, T. C., Fursmidt, R. M., Gilbert, M. M. y Bett, E. S. (2022). The Desire of Medical Students to Integrate Artificial Intelligence Into Medical Education: An Opinion Article. *Frontiers in Digital Health*, 4, 831123. <https://doi.org/10.3389/fdgth.2022.831123>
- Giordano, C., Brennan, M., Mohamed, B., Rashidi, P., Modave, F. y Tighe, P. (2021). Accessing Artificial Intelligence for Clinical Decision-Making. *Frontiers in Digital Health*, 3, 645232. <https://doi.org/10.3389/fdgth.2021.645232>
- Johnson, C. D. y Garcia, M. J. (2022). Assessing the Adoption of AI-Based Medical Education in Cardiology. *Healthcare Technology Review*, 8(3), 215-230.
- Lindsey, R. V., Shroyer, J. D., Pashler, H. y Mozer, M. C. (2014). Improving students' long-term knowledge retention through personalized review. *Psychological Science*, 25(3), 639-647. <https://doi.org/10.1177/0956797613504302>
- Lobo-Valbuena, B. y Gordo, F. (2018). National survey: Room for improvement. Encuesta nacional: espacio para mejorar. *Medicina Intensiva*, 42(9), 517-518. <https://doi.org/10.1016/j.medin.2018.01.010>
- Magrabi, F., Ammenwerth, E., McNair, J. B., De Keizer, N. F., Hyppönen, H., Nykänen, P. et al. (2019). Artificial Intelligence in Clinical Decision Support: Challenges for Evaluating AI and Practical Implications. *Yearbook of Medical Informatics*, 28(1), 128-134. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1677903>
- Martínez, Castro, Y. F. y Caridad, M. (2020). Impact of AI-Driven Continuing Medical Education on Diagnostic accuracy. *MedicalTech Journal*, 18(1), 76-91.
- Mir, M. M., Mir, G. M., Raina, N. T., Mir, S. M., Mir, S. M., Miskeen, E. et al. (2023). Application of Artificial Intelligence in Medical Education: Current Scenario and Future Perspectives. *Journal of Advances in Medical Education & Professionalism*, 11(3), 133-140. <https://doi.org/10.30476/JAMP.2023.98655.1803>
- Pogorzelska-Nowicka, E., Kurek, M., Hanula, M., Wierzbicka, A. y Póltorak, A. (2022). Formation of Carcinogens in Processed Meat and Its Measurement with the Usage

- of Artificial Digestion-A Review. *Molecules*, 27(14), 4665. <https://doi.org/10.3390/molecules27144665>
- Reddy, S., Fox, J. y Purohit, M. P. (2019). Artificial intelligence-enabled healthcare delivery. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 112(1), 22-28. <https://doi.org/10.1177/0141076818815510>
- Shinners, L., Grace, S., Smith, S., Stephens, A. y Aggar, C. (2022). Exploring healthcare professionals' perceptions of artificial intelligence: Piloting the Shinners Artificial Intelligence Perception tool. *Digital Health*, 8, 1-8. <https://doi.org/10.1177/20552076221078110>
- Sun, L., Yin, C., Xu, Q. y Zhao, W. (2023). Artificial intelligence for healthcare and medical education: a systematic review. *American Journal of Translational Research*, 15(7), 4820-4828.
- Wiljer, D., Salhia, M., Dolatabadi, E., Dhalla, A., Gillan, C., Al-Mouaswas, D., Jackson, E., Waldorf, J., Mattson, J., Clare, M., Lalani, N., Charow, R., Balakumar, S., Younus, S., Jeyakumar, T., Peteanu, W. y Tavares, W. (2021). Accelerating the Appropriate Adoption of Artificial Intelligence in Health Care: Protocol for a Multisteped Approach. *JMIR Research Protocols*, 10(10), e30940. <https://doi.org/10.2196/30940>

Capítulo 9

Implementación de la inteligencia artificial en programas de educación médica

Arturo Llanes Castillo¹

Introducción

La integración de la inteligencia artificial (IA) en el campo de la educación médica representa un avance prometedor que está transformando la manera en que los futuros profesionales de la salud adquieren conocimientos y habilidades. La tecnología ha demostrado un potencial significativo para mejorar la calidad de la enseñanza y la atención médica (Oliver, 2021).

La educación médica tradicional ha enfrentado desafíos en la enseñanza de conceptos complejos, la práctica clínica segura y la adaptación a los rápidos avances en el campo de la medicina. La IA emerge como una solución innovadora (Vidal et al., 2019), desde simulaciones médicas avanzadas que permiten a los estudiantes practicar procedimientos en un entorno seguro hasta asistentes virtuales que brindan orientación personalizada y análisis de datos médicos para identificar patrones y tendencias, redefiniendo así la forma en que los estudiantes acceden al conocimiento médico y desarrollan sus habilidades clínicas. Esta integración no solo enriquece la experiencia educativa, sino que prepara a los futuros médicos para enfrentar desafíos y complejidades (Joison et al., 2021).

Sin embargo, es muy importante abordar las consideraciones éticas y los retos potenciales en la implementación de la IA, en materia de privacidad de los

¹ Posdoctorado en Metodología de la Investigación Científica, Socioformación y Desarrollo Humano. Doctor en Ciencias de la Educación. Profesor de Tiempo Completo, SNI Nivel 1 y Perfil PRODEP. Facultad de Medicina de Tampico “Dr. Alberto Romo Caballero” de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. México. allanes@docentes.uat.edu.mx

datos y la formación que complemente las habilidades clínicas y la comunicación de los estudiantes (Gual, 2023).

La integración de la IA en programas de educación médica está marcando un hito en la medicina, siendo de vital importancia equilibrar la innovación tecnológica y la esencia humana, con el objetivo de brindar una atención más segura, efectiva y compasiva (Luna y González, 2020).

1. Estrategias para la integración efectiva de IA en la formación médica

La IA en la formación médica es un paso crucial hacia la mejora de la educación, ya que ofrece un potencial significativo para enriquecer la experiencia escolar, facilitar la toma de decisiones clínicas y promover un aprendizaje personalizado y adaptativo; sin embargo, esta integración requiere de estrategias cuidadosamente diseñadas para garantizar resultados óptimos y éticos. Algunas de estas estrategias fundamentales son (Pimenta y Mosquera, 2021):

- **Definición de objetivos claros:** mejorar la comprensión de conceptos médicos, facilitar la toma de decisiones clínicas, optimizar el diagnóstico y el tratamiento, así como proporcionar un aprendizaje personalizado a los estudiantes (Gruson, 2021).
- **Identificación de necesidades educativas:** analizar las áreas en donde la IA podría tener un impacto positivo, sobre todo, en la formación médica, para implementar soluciones basadas en IA cuyos resultados sean más eficientes (Bravo, 2023).
- **Colaboración interdisciplinaria:** colaboración estrecha entre expertos en educación médica, profesionales de la salud, científicos de datos y desarrolladores de tecnología, que proporcionen soluciones de IA basadas en evidencias médicas sólidas y en las necesidades del campo (Santos et al., 2023).
- **Desarrollo de modelos adaptativos:** se adaptan al ritmo y al estilo de aprendizaje de cada estudiante, con la finalidad de que se analice el progreso individual y se compartan contenidos y ejercicios relevantes que se ajusten a las necesidades y al nivel de conocimiento de cada alumno (Ocaña et al., 2019).
- **Diseño de recursos interactivos:** se desarrollan recursos interactivos para que los estudiantes exploren conceptos médicos en profundidad, con tutoriales interactivos, simulaciones médicas realistas y laboratorios virtuales, entre otros (Jiménez, 2021).
- **Retroalimentación instantánea:** por medio de la retroalimentación inmediata sobre tareas y evaluaciones, los estudiantes analizan sus áreas

de mejora, fomentando con ello un proceso de aprendizaje continuo y autónomo (Jiménez, 2021).

- Ética y privacidad: es vital asegurarse que todas las implementaciones de IA cumplan con los estándares éticos y de privacidad, ya que los datos médicos son sensibles y deben manejarse de manera segura y confidencial (Jiménez, 2021).
- Evaluación y mejora continua: se debe realizar el seguimiento constante del impacto de la IA en la educación médica a través de la recopilación de comentarios, tanto de estudiantes como de profesores, con la finalidad de identificar las áreas de mejora y con ello ajustar las estrategias en función de los resultados obtenidos (Jiménez, 2021).

La integración de la IA en la formación médica tiene el potencial de revolucionar la forma en que se adquieren conocimientos y habilidades; sin embargo, es esencial abordar esta integración con una estrategia sólida y un enfoque ético para maximizar los beneficios y garantizar una formación médica de alta calidad y basada en evidencia (Bohr y Memarzadeh, 2021).

2. Superación de barreras y resistencia al cambio

La incorporación de la IA en la educación médica promete transformar esta profesión; sin embargo, este avance no está exento de preocupaciones éticas, de privacidad, limitaciones financieras y tecnológicas. Además, la falta de comprensión y la resistencia al cambio dificultan su implementación. Para asegurar una transición exitosa, es crucial gestionar la resistencia, promoviendo una integración fluida de la tecnología en el ámbito educativo (Sanabria et al., 2023).

La adopción de tecnologías enfrenta desafíos que van, desde preocupaciones éticas y de privacidad hasta limitaciones financieras y tecnológicas. También, la falta de comprensión sobre la IA y las dificultades asociadas al cambio dificultan su implementación. Superar estos obstáculos es esencial para asegurar una transición exitosa y lograr una integración efectiva de la IA en este ámbito educativo (Sanabria et al., 2023).

Superar estas barreras y la resistencia al cambio requiere de educación y sensibilización para aumentar los beneficios y aplicaciones de la IA en la educación médica y la práctica clínica, siendo esencial la inversión en: infraestructura, seguridad tecnológica, formación y capacitación de educadores en el uso de estas herramientas, con la finalidad de mitigar los temores y facilitar el camino hacia la adopción (Lifshitz et al., 2021).

Es vital establecer una comunicación transparente y abierta sobre los objetivos de esta integración, cómo se llevará a cabo y cuál es el beneficio que aporta tanto a estudiantes como a educadores, ya que con la participación activa de los interesados en la toma de decisiones se logrará reducir la resistencia y generar un sentido de propiedad en el proceso; dicha implementación se dará de manera gradual y escalonada, comenzando con casos piloto y proyectos pequeños que permitan a los educadores y estudiantes familiarizarse con la tecnología y apreciar sus ventajas sin sentirse abrumados por un cambio radical (Manrique et al., 2021).

La superación de las barreras y la gestión de la resistencia al cambio son esenciales para asegurar que la educación sea robusta, actualizada y empoderada, con estrategias que aborden las preocupaciones, la comprensión, el compromiso y el aprovechamiento del potencial de la IA en la calidad y eficacia de la formación médica (Barrera et al., 2020).

3. Factores críticos de éxito

La conjunción entre la IA y la educación médica promete un nuevo horizonte en la formación de profesionales de la salud; sin embargo, el éxito de esta unión no está garantizado solo por la incorporación de tecnología avanzada; para lograr una implementación exitosa y efectiva es crucial comprender y abordar los factores críticos de éxito que definen el camino hacia un aprendizaje médico potenciado por la IA y su impacto en la atención al paciente (Barzola, 2021).

El primer paso para una integración exitosa es establecer objetivos claros y realistas con una visión definida, es decir, ¿qué se busca lograr con esta incorporación?, por ejemplo, desde mejorar la comprensión de conceptos médicos hasta facilitar la toma de decisiones clínicas precisas. Es primordial establecer los resultados esperados y guiar todo el proceso (Álvarez, 2023).

La IA permite enriquecer el contenido educativo existente, garantizando que sea relevante, preciso, personalizado y alineado con los estándares médicos para una formación efectiva. La colaboración entre educadores médicos, expertos en tecnología y profesionales de la salud es esencial para diseñar soluciones relevantes, que se adapten a las necesidades de la educación médica, a través de la creación de experiencias de aprendizaje interactivas para mejorar la retención y comprensión de los contenidos (De Cecco y Van Assen, 2022).

Los educadores médicos deben incorporar esta tecnología en su enseñanza; la capacitación en el uso de esta herramienta propicia mejores resultados. Es imprescindible incluir mecanismos de evaluación continua y de retroalimentación para medir el impacto de la IA en el aprendizaje y realizar los ajustes en función de los resultados para la mejora continua del proceso. En cuanto a la práctica clínica, es

importante asegurarse que las soluciones de la tecnología reflejen la realidad clínica actual para garantizar su aplicabilidad y relevancia (Heredia et al., 2023). Estos factores críticos de éxito actúan como guías en la implementación exitosa de la IA en la educación médica, con un abordaje estratégico para aprovechar su potencial y llevar la formación médica a nuevas alturas, en beneficio de los estudiantes y de los pacientes (Moreno, 2020).

Conclusiones

La IA puede transformar la manera en que se enseñan y aprenden conceptos médicos y cómo puede mejorar la toma de decisiones clínicas y la calidad de la atención al paciente; sin embargo, esta transformación no está exenta de desafíos y consideraciones críticas. La definición de objetivos, la colaboración multidisciplinaria y la planificación estratégica son pilares fundamentales para una integración exitosa; la adaptación gradual y el diseño de experiencias de aprendizaje interactivas optimizan el proceso de aprendizaje y retención de conocimientos, además, la capacitación en el uso de esta herramienta son una inversión vital para maximizar los beneficios de esta.

La ética y la privacidad deben abordarse con responsabilidad para mantener la confianza en la comunidad médica; la evaluación constante y la retroalimentación informada permiten ajustar y mejorar las soluciones, asegurando la efectividad y relevancia en un entorno médico en constante cambio. Por último, la implementación exitosa de la IA en la educación médica requiere una combinación de visión audaz y estrategia pragmática, al capitalizar su potencial y superar los obstáculos a través de la colaboración, la formación y el enfoque ético, empoderando a los futuros profesionales de la salud para que brinden una atención médica más precisa, eficiente y compasiva. En la era de la innovación tecnológica, la integración de la IA en el conocimiento médico y en la práctica clínica puede mejorar muchos aspectos.

Referencias

- Álvarez, N. (2023). *Los riesgos de la inteligencia artificial en la educación: el caso del ChatGPT* [Trabajo de grado, Universitat Jaume]. Repositorio UJI.
- Araiza-Garaygordobil, D., Jordán-Ríos, A., Sierra-Fernández, C. y Juárez-Orozco, L. E. (2020). Sobre estetoscopios, expedientes clínicos, inteligencia artificial y zettabytes: Una mirada al futuro de la medicina digital en México. *Archivos de Cardiología de México*, 90(2), 193-199.
- Barrera, O. R. S., Ávila, H. F. y Teruel, B. M. (2020). Knowledge about omic technologies and personalized medicine in medical students. *Revista Educación Médica del Centro*, 12(2), 59-75.

- Barzola, D. A. (2021). *Análisis de los factores críticos de éxito en el desarrollo de chatbots en el campo de la medicina* [Tesis de ingeniería, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio UPS.
- Bohr, A. y Memarzadeh, K. (2021). *Inteligencia artificial en el ámbito de la salud*. Elsevier Health Sciences.
- Bravo, L. F. (2023). *Interpretaciones de los profesionales de la salud sobre el uso de la inteligencia artificial (IA) como tecnología de impacto a la salud pública, análisis desde las ciencias cognitivas* [Trabajo de grado, Universidad El Bosque]. Repositorio El Bosque.
- De Cecco, C. y Van Assen, M. (2022). *Inteligencia artificial y telemedicina en el sector de la salud-Oportunidades y desafíos. Informe 4*. Banco de Desarrollo de América Latina.
- Gual, A. (2023). La inteligencia artificial y la educación médica (I): la revolución profesional. *FEM: Revista de la Fundación Educación Médica*, 26(2), 43-47.
- Gruson, D. (2021). *Big data*, inteligencia artificial y medicina de laboratorio: la hora de la integración. *Advances in Laboratory Medicine/Avances en Medicina de Laboratorio*, 2(1), 5-7.
- Heredia, M. O. T., Correo, Y. K. D. y Carballo, E. V. (2023). Inteligencia artificial y educación: nuevas relaciones en un mundo interconectado. *Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, 11(2), 312-328.
- Jiménez, L. G. (2021). Inteligencia artificial como potencia de herramienta en salud. *Revista de Información Científica para la Dirección en Salud, INFODIR*, (36), 1-31.
- Joison, A. N., Barcudi, R. J., Majul, E. A., Ruffino, S. A., De Mateo Rey, J. J., Joison, A. M. et al. (2021). La inteligencia artificial en la educación médica y la predicción en salud. *Methodo Investigación Aplicada a las Ciencias Biológicas*, 6(1), 44-50.
- Lifshitz-Guinzberg, A., Abreu-Hernández, L. F., Sepúlveda-Vildósola, A. C., Urrutia-Aguilar, M. E., Córdova-Villalobos, J. Á., López-Bárcena, J. et al. (2021). Pros y contras de las innovaciones en educación médica. *Gaceta Médica de México*, 157(3), 338-348.
- Luna-de-la-Luz, V. y González-Flores, P. (2020). Transformaciones en educación médica: innovaciones en la evaluación de los aprendizajes y avances tecnológicos (parte 2). *Investigación en Educación Médica*, 9(34), 87-99.
- Manrique-Gutiérrez, G., Motte-García, E., Naveja-Romero, J., Sánchez-Mendiola, M. y Gutiérrez-Cirlos, C. (2021). Cambios y estrategias de la educación médica en respuesta a la pandemia por COVID-19. *Investigación en Educación Médica*, 10(39), 79-95.
- Moreno, L. E. (2020). Innovación, tecnológica robótica e inteligencia artificial marcan la educación y a los profesionales del futuro. En L. A. Peña (Ed.), *La era de la transformación digital de las organizaciones y su impacto en la competitividad* (pp. 27-34). Editorial Los Libertadores.
- Ocaña-Fernández, Y., Valenzuela-Fernández, L. A. y Garro-Aburto, L. L. (2019). Inteligencia artificial y sus implicaciones en la educación superior. *Propósitos y Representaciones*, 7(2),

536-568.

- Oliver, N. (2021). *Inteligencia artificial, naturalmente: un manual de convivencia entre humanos y máquinas para que la tecnología nos beneficie a todos*. Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información.
- Pimienta, S. X. y Mosquera-Martínez, M. L. (2021). Consideraciones curriculares, tecnológicas y pedagógicas para la transición al nuevo modelo educativo en el campo de la salud soportado por inteligencia artificial (IA). *Medicina*, 43(4), 540-554.
- Sanabria-Navarro, J. R., Silveira-Pérez, Y., Pérez-Bravo, D. D. y de-Jesús-Cortina-Núñez, M. (2023). Incidencias de la inteligencia artificial en la educación contemporánea. *Comunicar: Revista Científica de Comunicación y Educación*, 31(77), 97-107.
- Santos, M. J., Gortari, R. D. y Lopátegui, M. (2023). Construir vinculación desde la Inteligencia Artificial: Análisis de una alianza interinstitucional. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 11(25), e2584175.
- Vidal, M. J., Madruga, A. y Valdés, D. (2019). Inteligencia artificial en la docencia médica. *Educación Médica Superior*, 33(3), 1-15.

Capítulo 10

La educación médica desde la interdisciplinariedad y la inteligencia artificial

María Elena Calles Santoyo¹

Introducción

En septiembre de 2015, la Organización de la Naciones Unidas adoptó la Agenda 2030 como un plan de acción compuesto por 17 objetivos, 169 metas y 230 indicadores globales, diseñados para atender las grandes problemáticas del planeta. El Objetivo de Desarrollo Sostenible 4 (ODS4), promovido por la UNESCO, busca “garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover las oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos” (UNESCO, 2019). Una educación de calidad es poner al centro del sistema educativo al estudiante y al docente, con una responsabilidad compartida. Lograr que los conocimientos sean significativos en los futuros profesionistas implica docentes capacitados que los acerquen a la realidad laboral actual (Posso, et al, 2023). El conocimiento es considerado uno de los intangibles con más valor.

Materializar lo anterior se basa en la convicción de que la educación básica es el mecanismo para impulsar el desarrollo sostenible, por lo que el ODS4 señala las siguientes metas para 2030:

- Para 2030, garantizar que todas las personas completen una educación primaria y secundaria gratuita, equitativa y de calidad que conduzca a resultados de aprendizaje relevantes y efectivos para el Objetivo 4.

¹ Doctora en Socioformación de Conocimiento. Profesora de Horario Libre. Secretaria administrativa en la Facultad de Medicina “Dr. Alberto Romo Caballero”, Universidad Autónoma de Tamaulipas. mecalles@docentes.uat.edu.mx

- Para 2030, garantizar que todas las personas tengan acceso a un desarrollo, atención y educación preprimaria de calidad en la primera infancia para que estén preparados para la educación primaria.
- Para 2030, garantizar el acceso equitativo de todas las personas a una educación técnica, profesional y terciaria asequible y de calidad, incluida la universidad.
- Para 2030, aumentar sustancialmente el número de jóvenes y adultos que tienen habilidades relevantes, incluidas habilidades técnicas y vocacionales, para el empleo, los trabajos decentes y el espíritu empresarial.
- Para 2030, eliminar las disparidades de género en la educación y garantizar la igualdad de acceso a todos los niveles de educación y formación profesional para las personas vulnerables, incluidas las personas con discapacidad, los pueblos indígenas y los niños en situaciones de vulnerabilidad.
- Para 2030, garantizar que todos los jóvenes y una proporción sustancial de adultos, tanto hombres como mujeres, logren la alfabetización y la aritmética.
- Para 2030, garantizar que todos los alumnos adquieran los conocimientos y las habilidades necesarios para promover el desarrollo sostenible, lo que incluye, entre otros, la educación para el desarrollo sostenible y estilos de vida sostenibles, los derechos humanos, la igualdad de género, la promoción de una cultura de paz y no violencia, ciudadanía y valoración de la diversidad cultural y de la contribución de la cultura al desarrollo sostenible.
- Construir y mejorar instalaciones educativas que tengan en cuenta las necesidades de los niños, las discapacidades y las cuestiones de género, y proporcionen entornos de aprendizaje seguros, no violentos, inclusivos y eficaces para todos.
- Para 2030, aumentar sustancialmente a nivel mundial el número de becas disponibles para los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados, los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países africanos, para matricularse en la educación superior, incluida la formación profesional y los programas técnicos, de ingeniería y científicos de tecnología de la información y las comunicaciones en países desarrollados y otros países en desarrollo.
- Para 2030, aumentar sustancialmente la oferta de docentes calificados, incluso mediante la cooperación internacional para la formación de docentes en los países en desarrollo, especialmente en los países menos adelantados y los pequeños Estados insulares en desarrollo (UNESCO, 2019).

De acuerdo con lo anterior, se subraya que desde la formación básica la educación debe ser de calidad y pertinente, esto implica que los sistemas evolucionen, con modelos basados en el encuadre del saber ser, saber hacer y saber convivir, en entornos académicos y laborales que permitan construir en el estudiante comunidades del conocimiento, empleando la innovación que aporta la cuarta revolución tecnológica (Fredy y Calderón, 2020; Martínez-Ruiz, 2019). Las instituciones de educación superior invierten cada año en programas y *hardware* (Peñaherrera et al; 2022) para cumplir con las exigencias de los fines educativos, y lograr que sus egresados promuevan el desarrollo socioeconómico de sus comunidades.

Para el área de la salud, el propósito de la educación médica es brindar bienestar a las personas, proporcionando al estudiante una formación científica, clínica y humana que inicia con el grado, la especialización y el desarrollo de la profesión de manera continua, capaz de satisfacer las demandas de salud (Educación Médica, 2023). La relevancia de los procesos de acreditación de los programas educativos de medicina está en función de la manera en que son recíprocos con la comunidad, a la mejora de los centros de salud y el impulso en la formación de mejores médicos (Vázquez y Ortiz-León, 2018). Uno de los indicadores que permiten evaluar la calidad de la enseñanza de los programas de educación médica a través de sus egresados, es el Examen Nacional de Aspirantes a Residencias Médicas ENARM.

En la etapa actual, es un compromiso que la planta docente que imparte asignaturas en los programas de educación médica incorpore prácticas con el uso de tecnología en los contenidos de las secuencias didácticas. En ese mismo sentido, es compromiso de las universidades gestionar recursos para adquirir tecnología y *hardware* de alta capacidad, que sea empleada y administrada por los profesores. En el caso de la Facultad de Medicina de Tampico de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, se han emprendido nuevos mecanismos para garantizar que sus egresados repliquen y resuelvan problemas relacionados con su profesión. Con el propósito de cumplir lo anterior, la formación continua de los profesores es tema fundamental, así como formar a futuros médicos con valores, sentido humano y con pensamiento crítico, desechando mecanismos de repetición de conceptos en el aula y optando por evaluaciones centradas en la formación del estudiante en medicina.

Desarrollo

Los desafíos del mundo contemporáneo en materia de calidad de la educación versan en construir pilares sólidos desde la formación básica del individuo, que sostengan los peldaños más elevados de su formación. El desarrollo tecnológico ha sido disruptivo para abordar y dar solución a problemáticas globales. Como parte de

esa innovación, la inteligencia artificial (IA) es una tecnología que resulta inverosímil en muchas ocasiones para la percepción humana; sin embargo, sus aportes han sido significativos y constantes, encontrándose presente en la vida cotidiana de las personas. Flores-Vivar y García-Peñalvo (2023) subrayan que el avance en materia de IA ha sido vertiginoso, como lo ha sido el Internet y la robótica, contribuyendo y transformando sectores como el educativo, comercial y productivo. Para definirla, la IA es una disciplina científica que se enfoca en comprender y crear algoritmos informáticos similares a los que pueden hacer los humanos (Joison et al., 2021).

En el área de la salud, la IA ha evolucionado en el rubro de: imagenología, traducción automática, procesamiento de lenguaje natural y reconocimiento de voz. Este tipo de avance tecnológico captura características de nariz, ojos, sombras y manchas. En este sentido (Le Cun et al., 2015), existe una línea de investigación *autoconders* referente a estructuras neuronales profundas, capaz de mejorar la representación de los datos.

La Universidad de Murcia ha conformado un grupo multidisciplinar denominado AIKE, compuesto por ingenieros, informáticos, físicos y personal del área de la salud. Su línea investigadora es la IA, encaminada al dominio de la salud a través del diagnóstico y la monitorización industrial. Una de las líneas más destacadas es el trabajo que se centra en el diagnóstico temporal en medicina, modelando el comportamiento anormal de las relaciones causales y temporales de las enfermedades, este tipo de diagnóstico es mediante *Patrones de Diagnóstico Temporales Borrosos*.

Para la enfermedad de Alzheimer, el grupo AIKE en la IA también ha contribuido en la exploración de las causas del deterioro neuronal, mediante el análisis de la actividad diaria para detectar caídas abruptas de la actividad neuronal que ocasiona demencia, por lo cual, se ha desarrollado la técnica *visual minin* con el propósito de detectar de manera visual este comportamiento (Campos et al., 2018).

La IA ha sido ampliamente criticada por las disciplinas que estudian el sistema nervioso, planteando interrogantes sobre el papel de la IA en la educación (Cukurova et al., 2019), referente a que si la IA es una tecnología de reemplazo humano o asistencial (Cukurova et al., 2019) o la manera en que la IA ha transformado a la sociedad en sus prácticas cotidianas: hogar, educación, economía, salud y formación profesional (Alonso de Castro y García-Peñalvo, 2022). Más allá de estas posturas, el tiempo y el espacio responderán a estas interrogantes en un sentido dialéctico y no retórico.

El desarrollo de la IA, el cambio climático, la conciencia del buen uso de los recursos naturales, la evolución de las democracias, salud y bienestar, equidad e igualdad son temas centrales que las generaciones del siglo XXI tendrán que

afrontar. Por tal motivo, es necesaria la interdisciplinariedad, cuya práctica es abordar una problemática a través de una interrogante, dando lugar a que varias disciplinas intervengan mediante el diálogo, la coordinación y la colaboración. Las diferentes disciplinas involucradas transfieren sus herramientas y modelos metodológicos como ejes articuladores (Hadorn et al., 2008; Lawrence, 2004; Pohl y Hadorn, 2008; Ramadier, 2004). La interdisciplinariedad se puede interpretar de diversas formas; sin embargo, de sus características, la más aceptada y que se repite en la revisión de la literatura es que se considera clave para la integración de conocimientos (Rousseau et al., 2019).

Para Peñuela (2005), la interdisciplinariedad se categoriza de la siguiente manera:

Tabla 1. Categorización de la interdisciplinariedad

Categoría	Rasgos
Interdisciplinariedad lineal tipo 1	Intervienen varias disciplinas abordando un objeto de estudio. Las disciplinas aportan métodos, metodologías, teorías, conceptos. El objeto de estudio es el centro de atención. Involucra en la solución de un problema varios profesionales.
Interdisciplinariedad tipo 2	Una disciplina se apoya en otra disciplina mediante un método, metodología, teoría o concepto. Cada disciplina conserva límites y dinámicas. La disciplina 2 puede o no verse afectada por la disciplina 1.
Interdisciplinariedad dialéctica	La disciplina 1 y disciplina 2 se afectan recíprocamente. Existe interacción, intercambio y cooperación entre disciplinas. El intercambio varía de una tipología a otra.
Interdisciplinariedad dialéctico fractal	Existe la emergencia de una nueva disciplina. La nueva disciplina no puede explicarse por la suma de las disciplinas que le dan origen.
Interdisciplinariedad dialéctico fractal complejo	Se dan niveles intermedio y complejos de interacción. Se logran altos niveles de conceptualización.

Fuente: elaboración propia (2023), basado en Peñuela (2005).

Las interacciones de diferentes disciplinas, de acuerdo con la categorización de la interdisciplinariedad (Tabla 1), han hecho posible desarrollar métodos y procedimientos innovadores como: desarrollo de ecuaciones matemáticas que

anticipen la evolución de tumores, diseño de un modelo de algoritmos para ser posible la biología predictiva, así como la incorporación de herramientas para el aprendizaje autónomo para planificar la irradiación del cerebro. Es posible que no sean suficientes para abordar las complejas problemáticas del mundo actual; sin embargo, son innumerables las técnicas y procedimientos que hoy en día se emplean para el diagnóstico y tratamiento en pacientes.

Para lograr que lo anterior tenga pertinencia, se debe trabajar en el diseño de planes de estudios de ciencias de la salud, actualizados y alineados al contexto, con amplia participación en la comunidad, con enfoques integradores de los contenidos y un protagonismo del educando en el aprendizaje activo a través de métodos de resolución de problemas, lo que favorece el desarrollo de las competencias (Ortiz y Román, 2010). El plan de estudios de la carrera de medicina de la Facultad de Medicina de Tampico, integra en sus dos primeros años el cuadro de materias de ciencia básica, con los fundamentos biológicos de las funciones del cuerpo humano, las asignaturas que lo integran son: Anatomía I y II, Bioquímica, Biología Celular y Tisular, Biología del Desarrollo, Biología Molecular, Organografía, Fisiología, Genética, Microbiología, Inmunología, Farmacología, Semiología e Integración Básica-Clínica.

La interacción de diversas disciplinas en la educación médica, y principalmente en las ciencias básicas, sintetizaría la idea que existe un mejor sustento al abordar la solución de un problema. Las universidades deben promover prácticas docentes que propicien la interdisciplinariedad para favorecer la interprofesión y la práctica colaborativa. La simulación, como práctica docente en la educación médica, se remonta a la utilización de cuerpos para realizar la técnica de la disección en la clase de anatomía (Serna y Martínez, 2018). Para Dávila-Cervantes, “una de las ventajas que tiene la simulación es que se desarrolla en escenarios predecibles, consistentes, estandarizados, seguros y reproducibles, en la posibilidad que los estudiantes presenten errores que puedan ser corregidos” (2014, p. 448).

En el Hospital Universitario Marqués de Valdecilla, en colaboración con el Hospital Virtual Valdecilla de Santander, España, se realizó un proyecto con enfoque de simulación interdisciplinar con el objetivo de mejorar la seguridad de las pacientes con patología obstétrica grave. El equipo fue integrado por 7 profesionales: 2 especialistas en obstetricia ginecológica, 3 en anestesiología, 1 en medicina intensiva y 1 matrona. La tarea fue definir objetivos docentes basados en las competencias que se requiere entrenar, además participó un ingeniero que aportó el diseño de un modelo de sangrado agudo (Pinto, et al., 2011).

Conclusiones

Existen ideologías que afirman que los médicos serán reemplazados por la IA en la atención médica, lo cual es incorrecto, ya que no se trata de enfrentar la mente humana contra una máquina (Joison et al., 2021). La IA ha jugado un rol importante en el área de la medicina; como punto de partida, la inteligencia es llamada intelecto o entendimiento, y es la capacidad de entender, razonar, tomar decisiones y formarse una idea de la realidad. Al respecto, Barzallo (2019) comenta que el ser humano es una unidad conformada por estructuras físicas, mentales y emocionales, donde la función primordial es la información y el aprendizaje, seguidos de espíritu y alma, las cuales manifiestan atributos personales como: inteligencia, trascendencia, conciencia y discernimiento, lo anterior es lo que marca un límite entre la IA y las capacidades del ser humano.

Finalmente, se refuerza lo anterior concluyendo que, en la educación médica, la simulación interdisciplinar con el uso de la IA ha permitido entrelazar las prácticas de las ciencias básicas en escenarios controlados y supervisados por profesionales de la salud, con la finalidad de generar en el estudiante habilidades psicomotoras, actitudinales, de resiliencia, comunicación, colaboración y liderazgo.

Referencias

- Alonso-de-Castro, M. G. y García-Peñalvo, F.J. (2022). Successful educational methodologies: Erasmus+ projects related to e-learning or ICT. *Campus Virtuales*, 11(1), 95-114. <https://doi.org/10.54988/cv.2022.1.1022>
- Campos, M., Cánovas-Segura, B., Cardenas, M. A., de León, F. G., Jimenez, F., Juarez, J. M. et al. (2018, del 23 al 26 de octubre). Investigación en Inteligencia Artificial en Medicina del grupo AIKE de la Universidad de Murcia [conferencia]. *XVIII Conferencia de la Asociación Española para la Inteligencia Artificial (CAEPIA 2018): avances en Inteligencia Artificial*, Granada, España
- Cukurova, M., Kent, C. y Luckin, R. (2019). Artificial intelligence and multimodal data in the service of human decision-making: A case study in debate tutoring. *British Journal of Educational Technology*, 50(6), 3032-3046. <https://doi.org/10.1111/bjet.12829>
- Cukurova, M., Luckin, R. y Clark-Wilson, A. (2019). Creating the golden triangle of evidence-informed education technology with EDUCATE. *British Journal of Educational Technology*, 50(2), 490-504. <https://doi.org/10.1111/bjet.12727>
- Dávila, C. A. (2014). Simulación en educación médica. *Investigación en Educación Médica*, 3(10), 100-105. DOI: 10.1016/S2007-5057(14)72733-4.
- Educación Médica, S. E. (2023). Declaración de Málaga 2022. Estándares para la educación médica en el grado: pensando en el futuro. *Educación Médica*, 24(1), 100783.
- Flores-Vivar, J. M. y García-Peñalvo, F. J. (2023). Reflexiones sobre la ética, potencialidades

- y retos de la inteligencia artificial en el marco de la educación de calidad (ODS4). *Comunicar*, 31(74), 37-47. <https://doi.org/10.3916/C74-2023-03>
- Fredy, A. y Calderón, O. (2020). Los retos de la Educación 4.0. frente a los tiempos de confinamiento. *Revista Educación, Cultura y Cambio*, 1(1), 1-18. <https://bit.ly/3u9n3wv>
- Gonzalo, L. M. (1987). Inteligencia humana e inteligencia artificial. *Revista de Medicina e inteligencia artificial*, XXIX(4), 273-274. https://www.researchgate.net/publication/364431722_Inteligencia_humana_e_inteligencia_artificial
- Hadorn, G. H., Biber-klemm, S., Grossenbacher-Mansuy, W., Hoffmann-Riem, H., Joye, D., Pohl, C. et al. (2008). The emergence of transdisciplinary as a form of research. En *Handbook of Transdisciplinary Research* (pp. 19-39). Springer.
- Joison, A. N., Barcudi, R. J., Majul, E. A., Ruffino, S. A., De Mateo Rey, J. J., Joison, A. M. et al. (2021). La inteligencia artificial en la educación médica y la predicción en salud. *Methodo Investigación Aplicada a las Ciencias Biológicas*, 6(1), 44-50.
- Lawrence, R. J. (2004). Housing and health: from interdisciplinary principles to transdisciplinary research and practice. *Futures*, 36(4), 487-502. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2003.10.001>
- Le Cun, Y., Bengio, Y. y Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521, 436-444.
- Martínez-Ruiz, X. (2019). La industria 4.0. y las pedagogías digitales: aporías e implicaciones para la educación superior. *Innovación Educativa*, 19(79), 7-12. <https://bit.ly/3caSiyD>
- Ortiz, R. F. y Román, C. A. (2010). Disciplina morfofisiológica como alternativa de integración en la enseñanza de la medicina. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 9(2), 272-274.
- Peñaherrera Acurio, W. P., Cunuhay Cuchiye, W. C., Nata Castro, D. J. y Moreira Zamora, L. E. (2022). Implementación de la inteligencia artificial (IA) como recurso educativo. *RECIMUNDO*, 6(2), 402-413. [https://doi.org/10.26820/recimundo/6.\(2\).abr.2022.402-413](https://doi.org/10.26820/recimundo/6.(2).abr.2022.402-413)
- Peñuela Velásquez, L. A. (2005). La transdisciplinariedad más allá de los conceptos, la dialéctica. *Andamios. Revista de Investigación Social*, 1(2), 43-77. <https://doi.org/10.29092/uacm.v0i2.492>
- Pinto, P. H., Feu, J. M., Alonso, J. M., Sánchez, M. L., Mazariegos, I. D. y Sesmero, J. R. (2011). Entrenamiento de equipos interdisciplinarios en urgencias obstétricas mediante simulación clínica. *Progresos de Obstetricia y Ginecología*, 54(12), 618-624.
- Pohl, C. y Hadorn, G. H. (2008). Core Terms in Transdisciplinary Research. En *Handbook of Transdisciplinary Research* (pp. 427-432). https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6699-3_28
- Posso Pacheco, R. J. (2020). *Factores dentro del determinante humano en la implementación del currículo nacional para educación física ecuatoriana* [Tesis de doctorado, Universidad Internacional Iberoamericana]. Repositorio UNINI. <https://repositorio.unini.edu.mx/id/>

eprint/443/

- Ramadier, T. (2004). Transdisciplinarity and its challenges: the case of urban studies. *Futures*, 36(4), 423-439. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2003.10.009>
- Serna, C. D. A. y Martínez, S. L. M. (2018). La simulación en la educación médica, una alternativa para facilitar el aprendizaje. *Archivos de Medicina (Manizales)*, 18(2), 447-454.
- Vázquez, M. F. D. y Ortiz-León, M. C. (2018). Acreditación y resultados de la educación médica en México. *Educación Médica*, 19(6), 333-338.

Capítulo 11

Perspectivas futuras de la educación médica con inteligencia artificial

Miriam Janet Cervantes López¹

Introducción

La inteligencia artificial (IA) ha transformado la educación médica de tal forma que hace apenas unas décadas era difícil de imaginar. La tecnología sigue evolucionando y las posibilidades que ofrece en la formación de profesionales en áreas de la salud son cada vez más evidentes y prometedoras, con un impacto significativo al remodelar el proceso de aprendizaje de la medicina, preparando a los estudiantes para enfrentar el futuro (Oliver, 2021).

La educación médica tradicional ha estado marcada por aulas y conferencias magistrales, y por prácticas en entornos clínicos reales; sin embargo, este enfoque podría verse enriquecido y mejorado a través de la integración de la IA para personalizar el proceso de aprendizaje a través de plataformas educativas adaptativas (Medina et al., 2018), ofreciendo material de estudio y ejercicios personalizados, optimizando el tiempo de estudio y fortaleciendo las áreas que sean necesarias. La personalización se extiende más allá del contenido, siendo el sistema de tutorías un elemento fundamental para el seguimiento de cada alumno y la retroalimentación específica sobre las áreas de mejora (Simanca, 2018).

La realidad virtual y aumentada también juegan un papel destacado en las perspectivas futuras de la educación médica, al utilizar las simulaciones de procedimientos médicos y escenarios clínicos para brindar a los estudiantes una experiencia práctica controlada y segura, adaptando los niveles de habilidad

¹ Posdoctorado en Metodología de la Investigación Científica, Socioformación y Desarrollo Humano. Doctora en Ciencias de la Educación. Profesora de Horario Libre y Candidata a SNI. Facultad de Medicina de Tampico “Dr. Alberto Romo Caballero” de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. México. mcervantes@docentes.uat.edu.mx

individuales para que cada alumno practique y perfeccione sus habilidades quirúrgicas y diagnósticas en un entorno virtual realista, mejorando la confianza y competencia con esta experiencia antes de enfrentar situaciones reales en el entorno clínico (Leiva et al., 2022). En un mundo donde las innovaciones médicas y las terapias están en constante cambio, los médicos deben contar con las herramientas necesarias para aprender de manera continua; la IA no solo proporciona conocimientos en tiempo real, sino que también facilita la participación en comunidades de aprendizaje en línea donde profesionales de todo el mundo pueden intercambiar información y experiencias (Manzur et al., 2020).

Las perspectivas futuras de la educación médica con IA incluyen la personalización de la educación, la integración de la realidad virtual, la generación automatizada de contenido y la forma en que los profesionales médicos adquieren conocimientos y habilidades (Piquer et al., 2018). Aunque surgen desafíos éticos y técnicos para incrementar el potencial de la IA en aras de mejorar la educación médica y la atención al paciente, se deben adoptar estas tecnologías de manera reflexiva y ética, a fin de asegurar que los avances sean beneficiosos y equitativos para todos, preparando a médicos más informados, adaptativos e innovadores (Acosta, 2023).

1. Tendencias emergentes en el campo de la IA y su impacto en la educación médica

La revolución tecnológica ha dado paso a la creación y desarrollo de herramientas para mejorar la vida humana (Aparici y Marín, 2018). Uno de los campos que ha experimentado cambios profundos es la IA, con impactos en: industria, comunicación, transporte, y, en especial, en la educación y formación de los profesionales médicos (Teigens et al., 2020).

La IA otorga a las máquinas y sistemas la capacidad de pensar, aprender y tomar decisiones de manera autónoma, emulando las capacidades cognitivas humanas, mediante algoritmos y modelos capaces de analizar y procesar grandes volúmenes de datos de manera rápida y precisa, lo que ha revolucionado la manera de abordar los problemas y desafíos (Terrones, 2018). En la educación médica, estas capacidades han mejorado la formación de profesionales, así como la atención al paciente (Contreras et al., 2018). La formación tradicional ha enfrentado desafíos en cuanto a la actualización de contenidos, la adaptación a los avances tecnológicos y la formación práctica en un entorno controlado. La IA es una solución potencial para muchos de estos retos (Veiga, 2021):

- Capacidad para proporcionar diagnósticos y pronósticos más precisos: los sistemas analizan, desde imágenes médicas hasta historias clínicas de pacientes, para identificar patrones y señales sutiles que los médicos

podrían pasar por alto; esta precisión mejorada conduce a un diagnóstico más temprano y preciso de enfermedades, y revoluciona la medicina preventiva al identificar factores de riesgo en etapas iniciales (Brossi et al., 2019). Actualmente, los programas educativos médicos incorporan herramientas de diagnóstico asistidas por IA, permitiendo a los estudiantes mejorar sus habilidades en la interpretación de imágenes y la toma de decisiones clínicas basadas en datos (Viteri, 2022).

- Personalización de la educación médica: cada estudiante tiene su ritmo de aprendizaje, por lo que la IA permite adaptar los planes de estudio y el contenido para cada individuo, al identificar áreas de oportunidad y proporcionar material adicional o ejercicios específicos para abordarlas. Esto optimiza el proceso, aumenta la tasa de retención de conocimientos y crea profesionales más competentes y seguros en su (Ledo, 2023).
- Incorporación de la realidad virtual (RV) y la realidad aumentada (RA) en la educación médica: estas tecnologías permiten a los estudiantes sumergirse en entornos simulados que replican situaciones clínicas reales, permitiendo a los futuros médicos practicar procedimientos en un entorno virtual seguro y realista, lo que reduce los riesgos asociados con la práctica en pacientes reales. Además, la RA y la RV pueden mejorar la comprensión de conceptos médicos abstractos al visualizarlos de manera interactiva, así como proporcionar retroalimentación en tiempo real sobre el rendimiento del alumno, facilitando la mejora continua (Cabero et al., 2018).
- Proliferación de asistentes virtuales en la práctica clínica: estos asistentes pueden proporcionar a los médicos información actualizada sobre tratamientos, interacciones de medicamentos y opciones de diagnóstico, lo que mejora la atención. Los estudiantes de medicina establecen una comunicación más fluida con los pacientes, con recursos confiables que les permitan entender sus condiciones de salud (Casazola et al., 2021).
- Interacción ética y de privacidad en el contexto de la educación médica: a medida que los datos médicos se vuelven más accesibles y se utilizan para entrenar modelos de IA, surgen preguntas cruciales para garantizar la privacidad de los pacientes y mitigar el sesgo en los algoritmos que podrían influir en las decisiones clínicas. La confianza en la IA depende de la capacidad para abordar los desafíos éticos y de innovación; en este tenor, los estudiantes de medicina deben abordar los dilemas éticos que surgen en un entorno impulsado por la tecnología (Lara y Pompa, 2018).

La convergencia entre la IA y la educación médica está transformando la forma en que se adquieren conocimientos (Durán et al., 2022). Las tendencias emergentes en el diagnóstico de precisión, la personalización de la educación y la incorporación de tecnologías inmersivas están moldeando un nuevo paradigma educativo en la medicina, a la par de nuevos desafíos éticos y de privacidad, por lo que se debe asegurar que la IA mejore la calidad de la atención médica de manera ética y equitativa (Alanya, 2022).

2. Avances tecnológicos y posibles desarrollos futuros de la educación médica con IA

La fusión entre la educación médica y la IA ha dado lugar a un panorama educativo revolucionario, con avances tecnológicos que han transformado la manera en que se adquieren conocimientos y habilidades (Vidal et al., 2019). La IA ofrece soluciones personalizadas y adaptativas para los estudiantes, ya que a través de los sistemas de tutoría se puede analizar el progreso individual de cada uno de ellos, optimizando la eficacia de la educación médica al abordar las necesidades individuales, lo que es crucial en un campo tan complejo y desafiante (Ocaña et al., 2019).

Uno de los avances más notables es la integración de la RV y RA, permitiendo a los estudiantes experimentar procedimientos médicos y diagnósticos en entornos virtuales realistas, mejorando la precisión y fidelidad en este campo. Estos simuladores ofrecen a los estudiantes la oportunidad de practicar procedimientos quirúrgicos complejos y comprender conceptos anatómicos y patológicos (Ávila et al., 2021).

La generación automatizada de contenido educativo es otro avance, ya que los algoritmos pueden analizar una amplia gama de fuentes, desde artículos médicos hasta libros de texto, y crear materiales de estudio y presentaciones adaptadas a los objetivos del curso, permitiendo a los educadores ahorrar tiempo en la preparación de materiales actualizados (Moreno, 2020).

Los sistemas de evaluación se están transformando, ya que pueden analizar las respuestas de los estudiantes de manera rápida y precisa, proporcionando retroalimentación instantánea y detallada. Estos sistemas pueden adaptar la dificultad de las preguntas, según el nivel de habilidad de cada uno, asegurando una evaluación justa y precisa de sus conocimientos y competencias. En cuanto a los posibles desarrollos futuros, la IA podría evolucionar hacia la creación de simulaciones más inmersivas y realistas, permitiendo a los alumnos: explorar sistemas biológicos a nivel molecular, comprender la dinámica de enfermedades complejas y practicar intervenciones médicas en contextos altamente realistas (Luna y González, 2020).

Dentro de los avances futuros, la IA podría impulsar la creación de sistemas de diagnóstico médico aún más precisos y rápidos, identificando patrones sutiles en imágenes médicas y datos clínicos, permitiendo diagnósticos más tempranos, impactando en la atención al paciente, mejorando los resultados de salud y reduciendo la carga sobre los profesionales médicos. Sin embargo, a medida que se exploran estas perspectivas, es prioritario abordar los desafíos éticos y regulatorios para garantizar que los beneficios sean equitativos y justos (García et al., 2019).

La IA está transformando la manera en que los estudiantes se forman y adquieren conocimientos durante su carrera, partiendo desde la personalización del aprendizaje hasta la integración de la realidad virtual y la generación automatizada de contenido, permitiendo la apertura de nuevas fronteras en la educación médica (Andrade et al., 2019). Sin embargo, es crucial garantizar que esta transformación se lleve a cabo de manera responsable y ética, y con ello tener la capacidad de mejorar la atención al contar con médicos capacitados y actualizados (Cabrera et al., 2021).

3. Reflexiones sobre el potencial transformador de la IA en la formación médica

La convergencia entre la IA y la formación médica ha desencadenado una revolución educativa sin precedentes en el campo de la medicina, ya que los avances tecnológicos están moldeando el futuro de la educación (Franco, 2020). La IA presenta ventajas en la formación médica: la capacidad para procesar grandes volúmenes de información en corto tiempo, permitiendo a los estudiantes acceder a bases de datos de casos clínicos, investigaciones médicas y registros de pacientes, generando conocimientos basados en evidencia (Mendiola, 2023).

La IA hace posible la simulación de situaciones médicas complejas en donde los estudiantes practican diagnósticos y procedimientos en entornos virtuales, aumentando su confianza en situaciones reales, ya que los simuladores de alta fidelidad ofrecen un espacio seguro para la práctica y el perfeccionamiento de habilidades técnicas y de toma de decisiones adecuadas (Terrones, 2021).

Sin embargo, a pesar de los beneficios que la IA ofrece en la formación médica, también se enfrentan desafíos significativos. Uno de los principales obstáculos es la necesidad de una infraestructura tecnológica sólida, ya que se requiere de recursos computacionales y sistemas de almacenamiento eficiente para funcionar correctamente, por lo que garantizar que las instituciones educativas tengan acceso a esta infraestructura es costoso y complicado (Mejías et al., 2022). Los estudiantes deben aprender a utilizar esta herramienta de manera adecuada y ética, evitando la dependencia y manteniendo el bienestar del paciente como

prioridad, ya que la toma de decisiones finales recae sobre ellos, quienes se basan en su juicio clínico y experiencia (Vázquez, 2023).

Además, la relación médico-paciente es fundamental en la atención sanitaria y la tecnología no la debe quebrantar, ya que es una herramienta complementaria a la labor del médico, por lo que deben dedicar más tiempo a la interacción humana y la empatía con los pacientes, siendo imprescindible equilibrar la adopción de la IA con la promoción de habilidades interpersonales y la ética médica para que la humanización siga siendo parte esencial de la medicina (Porcelli, 2020).

Con los avances en el aprendizaje automático y el procesamiento del lenguaje natural, se desarrollarán asistentes virtuales médicos altamente sofisticados capaces de: responder a preguntas complejas, brindar orientación en la toma de decisiones clínicas y proporcionar información actualizada sobre investigaciones y tratamientos (Moreno, 2020). Sin embargo, esta transformación debe abordarse con cautela, asegurando la integración ética y responsable para mantener siempre la esencia humanista de la medicina, la excelencia técnica con la empatía y la compasión, garantizando un equilibrio entre tecnología y humanidad (Grigore, 2022).

Conclusiones

La IA ha dado lugar a avances significativos que están transformando la manera en que los futuros profesionales de la salud adquieren conocimientos y habilidades. La personalización del aprendizaje mediante el uso de IA permite a los estudiantes acceder a contenidos y enfoques adaptados a sus necesidades individuales, optimizando así la comprensión y la retención; en cuanto a la integración de simulaciones realistas y entornos virtuales, la IA ofrece un espacio seguro para que los estudiantes practiquen procedimientos médicos y tomen decisiones clínicas.

Se perfilan desafíos que requieren atención, tales como la ética y la responsabilidad en el uso de la IA, ya que la toma de decisiones clínicas basadas en algoritmos y sistemas plantea interrogantes sobre la autonomía médica y la confianza en las recomendaciones automatizadas. La privacidad y seguridad de los datos del paciente son imperativos y deben abordarse de manera rigurosa para evitar potenciales vulnerabilidades. Para aprovechar al máximo el potencial de esta herramienta en la educación médica, es prioritario fomentar una educación que combine habilidades técnicas con una comprensión profunda de las implicaciones éticas y sociales que implica el uso de la tecnología; los futuros profesionales de la salud deben estar equipados, no solo con la capacidad de utilizar este tipo de herramientas, sino de reflexionar críticamente sobre su aplicación y posibles limitaciones.

La colaboración entre el conocimiento humano y la tecnología pueden llevar a una atención médica más precisa, eficiente y personalizada, mediante una nueva generación mejor preparada para afrontar un futuro cambiante, donde la innovación y la ética convergen en beneficio de la sociedad y la salud de los pacientes.

Referencias

- Acosta, W. D. (2023). *Construyendo una experiencia educativa decisiva en pregrado, postgrado y educación médica continua en endocrinología* [Tesis de maestría, Universidad del Azuay]. Repositorio Institucional UAZUAY.
- Alanya, J. E. (2022). *Estilo de aprendizaje de los estudiantes universitarios en entornos virtuales desde la mirada docente* [Tesis de doctorado, Universidad César Vallejo]. Repositorio UCV.
- Andrade, B., Arámbulo, C., Arbilla, D., Artola, M., Gordienko, M. F. y Teles, M. (2019). *Aplicación de la inteligencia artificial en el campo de la salud: revisión bibliográfica*.
- Aparici, R. y Marín, D. G. (2018). *Comunicar y educar en el mundo que viene*. Editorial Gedisa.
- Ávila-Tomás, J. F., Mayer-Pujadas, M. A. y Quesada-Varela, V. J. (2021). La inteligencia artificial y sus aplicaciones en medicina II: importancia actual y aplicaciones prácticas. *Atención Primaria*, 53(1), 81-88.
- Brossi, L., Dodds, T. y Passeron, E. (2019). *Inteligencia artificial y bienestar de las juventudes en América Latina*. LOM Ediciones.
- Cabero, J., Barroso, J., Puentes, Á. y Cruz, I. (2018). Realidad Aumentada para aumentar la formación en la enseñanza de la Medicina. *Educación Médica Superior*, 32(4), 56-69.
- Cabrera, L., Socarrás, D., Fernández, E., Cárdenas, J. y Rivas, B. (2021, del 20 de noviembre al 20 de diciembre). La Inteligencia Artificial y su impacto en las Ciencias de la Salud. *X Jornada Científica de la Sociedad Cubana de Educadores en Ciencias de la Salud de Holguín*, Holguín, Cuba.
- Casazola, O. D., Alfaro, G., Burgos, J. y Ramos, O. A. (2021). La usabilidad percibida de los chatbots sobre la atención al cliente en las organizaciones: una revisión de la literatura. *Interfases*, 14(14), 184-204.
- Contreras, Y., Reyes, M., Nates, A. B. y Pérez, M. D. (2018). Los simuladores como medios de enseñanza en la docencia médica. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 47(2), 1-11. http://scielo.sld.cu/pdf/mil/v47n2/a10_91.pdf
- Durán, H., Enríquez, L., Hernández, M., Moreno, J. G. y Sánchez, J. M. (2022). *Investigación y transferencia de conocimientos en entornos digitales* (Documentos de trabajo No. 66. 2da. época). Madrid: Unión Iberoamericana de Universidades, Fundación Carolina. Cooperación Española.
- Franco, J. A. (2020). *Aplicación de la inteligencia artificial (IA) en imagen médica durante la crisis del COVID-19: Un estudio de caso de Deep Learning como invención del Método de Invención*

- [Tesis de maestría, Universitat Politècnica de Valencia]. Repositorio RiuNet. <https://riunet.upv.es/handle/10251/154335>
- García, D. N., Flores, V. M., López, J. L., Jiménez, E. I. y Acurio, E. F. (2019). Avances de la inteligencia artificial en salud. *Dominio de las Ciencias*, 5(3), 603-613.
- Grigore, A. E. (2022). Derechos humanos e inteligencia artificial. *IUS ET SCIENTIA*, 8(1), 164-175.
- Lara, Y. A. y Pompa, M. (2018). Ética en la investigación en educación médica: consideraciones y retos actuales. *Investigación en Educación Médica*, 7(26), 99-108.
- Ledo, M. J., Álvarez, E. A., Camejo, T. R. y Rodríguez, R. G. (2023). La educación 4.0 y su aplicación en la educación médica superior. *Educación Médica Superior*, 37(3), e3972.
- Leiva, F., Melo, C. y Rojas, C. (2022). *Contribución de herramientas tecnológicas de simulación clínica para el desarrollo de competencias psicomotrices en odontología* [Tesis de grado, Universidad de Valparaíso]. Repositorio Bibliotecas UV.
- Luna-de-la-Luz, V. y González-Flores, P. (2020). Transformaciones en educación médica: innovaciones en la evaluación de los aprendizajes y avances tecnológicos (parte 2). *Investigación en Educación Médica*, 9(34), 87-99.
- Manzur, J. N., Rivera, M. V., Challa, S. V., Ayala, S. K., Quintana, P. C., Castillo, F. G. et al. (2020). Gestión del aprendizaje en tiempos de COVID-19. *Acta Pediátrica de México*, 41(4S1), S137-S143.
- Medina, L., Ángel, A., Plazas, L. A., Daza, J., Simanca, F., Gil, C. et al. (2018). *El papel de las TIC en la transformación de la sociedad*. Editorial Los Libertadores.
- Mejías, M., Coronado, Y. C. y Peralta, A. L. (2022). Administración y Educación sobre la Inteligencia Artificial en el campo de la enfermería. *Revista Conrado*, 18(S4), 284-290.
- Mendiola, M. S. (2023). ChatGPT y educación médica: ¿estrella fugaz tecnológica o cambio disruptivo? *Investigación en Educación Médica*, 12(46), 5-10.
- Moreno, L. E. (2020). Innovación, tecnológica robótica e inteligencia artificial marcan la educación y a los profesionales del futuro. En L. Alvarado (Ed.), *La era de la transformación digital de las organizaciones y su impacto en la competitividad* (pp. 27-34). Editorial Los Libertadores.
- Ocaña-Fernández, Y., Valenzuela-Fernández, L. A. y Garro-Aburto, L. L. (2019). Inteligencia artificial y sus implicaciones en la educación superior. *Propósitos y Representaciones*, 7(2), 536-568.
- Oliver, N. (2021). *Inteligencia artificial, naturalmente: un manual de convivencia entre humanos y máquinas para que la tecnología nos beneficie a todos*. Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información.
- Piquer, M. P., Bartoll, Ó. C., Martín, R. L. y Fayos, I. C. (2018). *La escuela que llega: Tendencias y nuevos enfoques metodológicos*. Ediciones Octaedro.

- Porcelli, A. M. (2020). La inteligencia artificial y la robótica: sus dilemas sociales, éticos y jurídicos. *Derecho global. Estudios sobre Derecho y Justicia*, 6(16), 49-105.
- Simanca, F. A. (2018). *Sistema de mejora del rendimiento académico mediante Learning Analytics* [Tesis de doctorado, Universidad Internacional de la Rioja]. Repositorio REUNIR.
- Teigens, V., Skalfist, P. y Mikelsten, D. (2020). *Inteligencia artificial: la cuarta revolución industrial*. Cambridge Stanford Books.
- Terrones, A. L. (2018). Inteligencia artificial y ética de la responsabilidad. *Cuestiones de Filosofía*, 4(22), 141-170.
- _____. (2021). *Inteligencia artificial responsable. Humanismo tecnológico y ciencia cívica* [Tesis de doctorado, Universitat de Valencia]. Repositorio Roderic UV.
- Vázquez, C. (2023). *IA en educación: ¿Es ChatGPT el virus o la panacea de la educación superior?* [Trabajo de grado, Universitat Oberta de Catalunya]. Repositorio Institucional UOC.
- Veiga, A. B. (2021). Inteligencia artificial, riesgo y seguro. *Revista Ibero-Latinoamericana de Seguros*, 30(54), 41-86.
- Vidal, M. J., Madruga, A. y Valdés, D. (2019). Inteligencia artificial en la docencia médica. *Educación Médica Superior*, 33(3), 1-15.
- Viteri, A. (2022). *Adquisición de la competencia de toma de decisiones sobre pruebas de imagen a través de un aula virtual ad hoc: estudio aleatorizado de su eficacia en alumnado de sexto de medicina* [Tesis de doctorado, Universidad del País Vasco]. Repositorio UPV

Inteligencia artificial y educación médica. Un análisis futurista de Ricardo Salas Flores, Brian González Pérez, Raúl de León Escobedo y Josefina Altamira García coordinadores, publicado por la Universidad Autónoma de Tamaulipas y Editorial Fontamara en diciembre de 2024. La revisión y diseño editorial correspondieron al Consejo de Publicaciones UAT.

El libro que tienes en tus manos es una guía completa la cual tiene por objetivo el que puedas entender cómo la inteligencia artificial está impactando en la educación médica y cómo esta herramienta futurista puede mejorar la formación de los médicos del mañana. Es una lectura recomendada para todos aquellos que quieran explorar de manera detallada como la inteligencia artificial está revolucionando de manera única la educación médica.

En estas páginas, encontrarás un análisis exhaustivo sobre los efectos, beneficios, consecuencias y principios éticos de usar la inteligencia artificial en la educación médica. Se profundizará en cómo esta tecnología puede ayudar a los estudiantes de medicina e incluso profesores para generar nuevos conocimientos, analizar, diagnosticar e incluso aumentar su productividad. Además, se abordan temas como la personalización de contenido, ética, aplicaciones de inteligencia artificial y sistemas de tutoría inteligente.

La inteligencia artificial llegó para quedarse y si te interesa estar a la vanguardia y aprovechar al máximo esta herramienta, te invito a adentrarte en las páginas de este libro y a explorar lo que la inteligencia artificial puede ofrecer a la educación médica. ¡Bienvenido a la medicina del mañana!, donde los profesionales de la salud, estudiantes y profesores utilizan al máximo la inteligencia artificial en su educación para brindarle una mejor calidad de vida al prójimo y llegar a la excelencia académica.

ISBN 978-607-736-955-4



ISBN UAT: 978-607-8888-64-1
ISBN Fontamara: 978-607-736-955-4