

Capítulo 1

Impacto de la Inteligencia Artificial en el Área de la Salud

Rosa María Valdovinos Rosas ¹, *Juana Canul-Reich* ^{2*}, *Alejandra Guadalupe Silva Trujillo* ³, *Angélica Guzmán Ponce* ⁴, *Antonio de Jesús Menchaca Martínez* ³

¹ Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México.

rvaldovinosr@uaemex.mx

² Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México.

juana.canul@ujat.mx

³ Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, San Luis Potosí, México.

asilva@uaslp.mx

a220944@alumnos.uaslp.mx

⁴ Universidad Jaime I. Castellón de la Plana, España.

aguzman@uji.es

*Corresponding author: juana.canul@ujat.mx

1.1 Aplicaciones notables de IA en medicina

Hoy día somos testigos de los asombrosos avances que en el mundo se están logrando en el área médica con el uso de la Inteligencia Artificial, desde el diagnóstico, tratamiento personalizado, imagenología y la lista puede ser y será aún más larga con el paso del tiempo. El impacto radica en el beneficio que ello representa en la recuperación de la salud del paciente, pues se dispone de tratamientos más precisos, cada vez menos invasivos y menos prolongados.

En este capítulo mencionamos algunas áreas que observan directamente el impacto de la IA.

1.1.1 Diagnóstico y detección de enfermedades

Existe una cantidad creciente de estudios en los que se reporta la aplicación de algoritmos de aprendizaje automático, la cual es una área de la Inteligencia Artificial, para el análisis de datos relacionados con alguna enfermedad, en particular con su diagnóstico. En México, la diabetes mellitus tipo 2 ocupa un lugar preponderante dada su tasa alta de padecimiento entre la población. En [113], los autores desarrollaron un modelo combinado de tres clasificadores diferentes para clasificar pacientes con diabetes mellitus tipo 2, sus resultados alcanzaron el 90% en la métrica de área bajo la curva. Los algoritmos usados para generar el modelo combinado fueron regresión lineal generalizada, máquinas de vector soporte y redes neuronales artificiales. Las variables analizadas corresponden a datos clínicos no invasivos como el perfil lipídico, la presión arterial, nivel de ingresos, edad, índice de masa corporal, entre otras, sin incluir datos de niveles de glucosa en la sangre. Las pruebas tradicionales de diagnóstico pueden ser costosas y son invasivas, por lo que el desarrollo de un modelo basado en aprendizaje automático de alta precisión representa beneficios para el paciente, así como para un diagnóstico y tratamiento temprano.

1.1.2 Diseño de fármacos

La integración de la Inteligencia Artificial en el diseño de fármacos implica un enfoque multidisciplinario que combina conceptos de química, biología y ciencias de la computación para acelerar el descubrimiento de nuevos elementos terapéuticos [156].

Los modelos de IA creados con algoritmos de aprendizaje automático y aprendizaje profundo se utilizan para analizar grandes conjuntos de datos de compuestos químicos, objetivos biológicos así como las interacciones entre ellos. La IA permite explorar el amplio espacio químico para descubrir compuestos con las conductas farmacológicas deseadas y además predecir sus propiedades moleculares. Entre los algoritmos aplicados en estos análisis de datos se encuentran las tradicionales redes neuronales artificiales, los algoritmos genéticos, las máquinas de vector soporte, las redes neuronales de aprendizaje profundo, entre otros.

Además, la IA facilita el testeo o prueba virtual, que consiste en analizar computacionalmente grandes bibliotecas de compuestos para identificar fármacos candidatos. Las simulaciones de acoplamiento molecular, las cuales simulan la interacción entre una molécula como fármaco con una proteína receptora para predecir cómo se unirán entre sí, también forman parte del diseño de fármacos basado en la IA [190]. Asimismo, el desarrollo de modelos de IA para el diseño de fármacos de novo, el cual es un método de diseño de fármacos asistido por computadora que genera nuevas estructuras de compuestos con las propiedades deseadas, representa un enfoque de vanguardia en este campo [76, 175].

1.1.3 Medicina personalizada

Los asombrosos avances científicos y desarrollos tecnológicos en los últimos años han hecho posible el crecimiento en esta área. La medicina personalizada permite un enfoque más preciso y adaptado a las características individuales de cada paciente, mejorando con ello en el diagnóstico y en la predicción de la eficacia de los tratamientos, lo cual redundará en la calidad de la atención médica [64].

Los tipos de datos fundamentales en la medicina personalizada son:

- Datos ómicos que incluyen la genómica, epigenómica, proteómica, metabolómica y transcriptómica, los cuales proporcionan información detallada sobre la expresión génica, proteínas y metabolitos en un individuo, ello contribuye a la personalización de los tratamientos y cuidados de salud. En particular la genómica es fundamental en la medicina personalizada, ya que permite analizar el ADN de un individuo para identificar variaciones genéticas que podrían influir en su susceptibilidad a enfermedades y en su respuesta a tratamientos específicos [53]
- Datos de imagenología médica como son la resonancia magnética, tomografías computarizadas y radiografías, los cuales se utilizan para mejorar el diagnóstico y asimismo guiar tratamientos personalizados.
- Datos clínicos como el historial médico, resultados de pruebas diagnósticas, los cuales son cruciales en la personalización de tratamientos.

A través de la aplicación de algoritmos de aprendizaje automático, la IA puede analizar grandes volúmenes de estos datos (big data), con base en ellos se facilita la predicción de resultados clínicos individuales lo que a la vez permite la optimización de los tratamientos [183].

1.1.4 Imagenología

La IA tiene aplicación en la interpretación y análisis de imágenes médicas, tales como resonancias magnéticas, tomografías computarizadas, radiografías, lo cual beneficia en el diagnóstico de enfermedades. En particular, los algoritmos de aprendizaje automático pueden identificar patrones y anomalías que podrían pasar desapercibidos al ojo humano, lo cual permea positivamente en un diagnóstico de mayor precisión.

La IA se aplica para segmentar imágenes médicas con base en determinadas estructuras anatómicas que permiten delimitar regiones

de interés como tumores, órganos o tejidos de interés [124, 138]. De allí que hoy día se disponga de sistemas de diagnóstico, tratamiento o pronóstico para pacientes con derrame cerebral [109], con cáncer de mamas [184], con necesidad de diagnóstico de osteoporosis [79], o pacientes con padecimientos cardiovasculares [89], entre otros.

En imagenología el desarrollo tecnológico es progresivo tanto en el equipo utilizado para la generación de imágenes como en los sistemas de diagnóstico o de análisis e interpretación.

1.2 Consideraciones éticas de la aplicación de la IA en medicina

1.2.1 Privacidad y Seguridad de Datos

La IA ha experimentado un período de crecimiento exponencial en diversas industrias, y el sector de la salud no es una excepción. Este avance presenta tanto oportunidades como desafíos, especialmente en integridad, privacidad y seguridad de los datos personales y biométricos de los pacientes dado que estas tecnologías impulsadas por la IA suelen requerir una amplia variedad de datos, tanto personales como no personales para su funcionamiento óptimo. Dependiendo esencialmente de la información relacionada con la salud de los pacientes, que van desde los tratamientos que se les han administrado y cómo han respondido a ellos, hasta los datos genéticos, antecedentes familiares, comportamiento de su salud y signos vitales. Toda esta información se extrae de archivos médicos o de los resultados de investigaciones clínicas. Por lo tanto, el fomento y desarrollo de la IA en el ámbito de la salud, depende en gran medida de garantizar un acceso conveniente y seguro a estos datos sensibles.

Los algoritmos utilizados para el diagnóstico e interpretación de enfermedades, la predicción de patologías y la selección de tratamientos, se han convertido en herramientas indispensables en el ámbito médico. Además, junto con equipos y dispositivos médicos inteligentes, como los son las Interfaces Cerebro-Computadora y las prótesis que utilizan

IA, se llega a recopilar una amplia gama de información y datos sensibles. Esto plantea serias preocupaciones sobre su vulnerabilidad y la necesidad de garantizar la protección adecuada de esta información médica [65].

La discriminación basada en los datos médicos de un individuo puede ser preocupante. Por ejemplo, los empleadores o las aseguradoras podrían utilizar información sensible del paciente, como una enfermedad debilitante o costosa, o la condición de portador de una enfermedad de transmisión sexual, para decidir no emplear o asegurar a esa persona. El Acta de No Discriminación de Información Genética prohíbe la discriminación por parte de las aseguradoras de salud o empleadores, además de intentar limitar la adquisición de datos de pacientes en Estados Unidos [141]. Por otro lado, para llevar una vida próspera, es importante que cierta información relacionada con la salud de un individuo, permanezca privada y confidencial, por lo que el violar este derecho y compartir información sensible, puede llevar a un conjunto de daños colaterales que impacten la integridad y salud mental de los afectados.

Se han implementado diversas estrategias para mitigar estos riesgos asociados con el uso de IA en el ámbito de la salud. Entre ellas se incluyen el empleo de técnicas de cifrado y la aplicación de políticas de acceso controlado hacia datos sensibles. Además, regulaciones como el Reglamento General de Protección de Datos en Europa han marcado un precedente significativo al intentar regular la IA a través de la protección de datos. Proponiendo que el uso de la información no sea sin una autorización previa de un comité o por el mismo paciente. Esta iniciativa ha inspirado a otros países, como Estados Unidos, a desarrollar sus propias regulaciones, como la Ley de Portabilidad y Responsabilidad del Seguro Médico, incorporando políticas similares para salvaguardar y proteger la información de los pacientes ante el creciente uso de la IA [49].

1.2.2 Transparencia, Validación Clínica y Responsabilidad

Los desarrolladores de sistemas que utilizan IA tienen que tener la responsabilidad de diseñar algoritmos que sean transparentes, éticos y precisos. Esto implica la utilización de datos de alta calidad, la incorporación de métodos para explicar el razonamiento del modelo y la consideración de posibles consecuencias éticas y sociales de su aplicación.

La precisión de las predicciones de los algoritmos depende en gran medida de la transparencia y la correcta etiquetación de los datos. De lo contrario, se obtendrían resultados subóptimos. Sin embargo, es crucial reconocer que la complejidad de algunos diagnósticos médicos, como la sepsis o la artritis reumatoide, dificulta el entrenamiento de los algoritmos de predicción de enfermedades. Esto contrasta con los juicios binarios en estudios de radiología o patología (maligno o benigno), donde se utilizan algoritmos para interpretar imágenes digitales. Además, la estructura no uniforme de los datos en los registros electrónicos de salud dificulta el acceso de los algoritmos a esta información sin un procesamiento previo. [129]. Esto implica que los modelos deban ser adaptados y validados específicamente para cada diagnóstico, añadiendo una capa adicional de complejidad al proceso de entrenamiento. Estos desafíos resaltan la importancia de implementar métodos de validación clínica, como estudios controlados y ensayos clínicos, para el desarrollo e implementación correcta de este tipo de sistemas inteligentes, garantizando así su precisión, seguridad y eficacia clínica.

Otro aspecto crucial de la transparencia es la interpretabilidad del modelo, es decir, la capacidad de los humanos para comprender cómo se llega a una decisión o predicción específica. Esto puede ser problemático, ya que a veces nuestra capacidad de comprensión no alcanza para identificar los patrones que los modelos de IA reconocen. Este tipo de enfoque se conoce como "opaco" o de "caja negra", donde el proceso de toma de decisiones del modelo no es claro. La falta de transparencia puede generar desconfianza entre los usuarios y dificultar la

detección de sesgos o errores en el sistema. Aunque la transparencia también puede afectar la precisión del modelo, es fundamental para justificar diagnósticos y tratamientos en el campo de la salud, permitiendo a médicos e investigadores realizar análisis que puedan ayudar a descubrir nuevas ideas clínicas y tomar decisiones.

La transparencia en los datos de entrenamiento y la interpretabilidad del modelo permiten examinar y abordar cualquier sesgo algorítmico potencial. Es crucial que las empresas no hagan que sus algoritmos sean “opacos” por razones de propiedad o económicas. Los profesionales de la salud y otras partes interesadas en el área de atención médica, deben exigir transparencia para garantizar la seguridad e integridad de los pacientes. Además, deben ser conscientes de las limitaciones y sesgos potenciales de estos sistemas, así como de su responsabilidad en la toma final de decisiones clínicas. Organizaciones como la Organización Mundial de la Salud, la Administración de Alimentos y Medicamentos en Estados Unidos y la Agencia Europea de Medicamentos, están trabajando en la elaboración de directrices específicas para la evaluación y regulación de sistemas que promuevan la transparencia y la responsabilidad de la IA en la medicina.

1.3 Oportunidades y retos

La adopción de IA en la salud es fundamental para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU¹, mejorando la accesibilidad y calidad de la atención sanitaria, y fomentando la innovación. Esta integración promete transformar prácticas médicas y enfrentar desigualdades en salud, alineándose con objetivos de bienestar global y desarrollo de infraestructura resiliente. No obstante, su implementación exitosa requiere superar desafíos técnicos y estratégicos, asegurando sistemas de salud más eficientes y equitativos [123].

¹<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

1.3.1 Consideraciones éticas y legales

Las consideraciones éticas y legales en torno al desarrollo y aplicación de la IA en la salud resaltan complejidades multifacéticas, incluyendo sesgos en datos, privacidad, vigilancia, y la transparencia en procesos de decisión [18]. Simultáneamente, la urgencia de regulaciones legales adaptadas a la evolución tecnológica se hace evidente en diferentes regiones, como Estados Unidos, Europa, y México, donde se busca equilibrar la seguridad y eficacia de la IA con la protección de derechos individuales [54].

La adaptación de legislaciones para avances tecnológicos sin comprometer la ética y la dignidad humana subraya la necesidad de una colaboración multidisciplinaria. Esta colaboración entre desarrolladores de IA, profesionales de la salud, legisladores y la sociedad es crucial para garantizar que los avances en IA contribuyan positivamente al sector salud [207].

Paralelamente, las oportunidades que brinda la IA en salud son inmensas, desde el diagnóstico hasta el tratamiento personalizado y una gestión más eficiente de los recursos sanitarios. Su potencial para mejorar la atención médica, predecir epidemias y democratizar el acceso a la salud es significativo, eliminando barreras y promoviendo el análisis de grandes volúmenes de datos. Sin embargo, es crucial establecer estándares globales de calidad y eficacia para garantizar una implementación segura y equitativa de la IA en salud.

1.3.2 Retos técnicos

Los conjuntos de datos masivos, como las imágenes médicas, los registros del genoma o ADN, representan tanto retos como oportunidades de la IA en el sector de la salud [41]. La capacidad de la IA para identificar patrones y anomalías de manera precisa en estos datos abre el camino hacia diagnósticos y tratamientos más eficaces, resaltando el potencial de la IA para revolucionar los procesos de atención médica.

Los retos incluyen la necesidad de transparencia de la IA, ya que sus procesos de decisión a menudo son cajas negras para usuarios y desarrolladores. La IA explicable se presenta como solución, pro-

moviendo la confianza y comprensión en diagnósticos y tratamientos, al hacer que los sistemas de IA sean transparentes y comprensibles [103]. Esto facilita la identificación de patrones en datos complejos, mejorando la precisión y efectividad. Además, es fundamental desarrollar interfaces intuitivas que permitan una integración fluida de sistemas de apoyo a la decisión en los flujos de trabajo clínicos, optimizando la atención médica.

Al superar los retos técnicos anteriormente mencionados, emergen oportunidades técnicas significativas. La IA transparente permite personalizar tratamientos a las características únicas de cada paciente lo que permite optimizar los resultados de salud, mejorar la prevención, detección temprana de enfermedades y adaptación de tratamientos. Además, la integración fluida de la IA en los procesos médicos fomenta la medicina de proactiva, centrada en la salud a largo plazo.

1.3.3 Administración de cambios estratégicos

La definición de objetivos específicos es esencial para integrar la IA en el sector salud, enfocándose en mejorar diagnósticos, gestión de recursos y tratamientos personalizados. Este proceso requiere la colaboración de profesionales de la salud, pacientes, reguladores y expertos en IA, con el fin de asegurar que las soluciones adoptadas sean pertinentes y efectivas [195]. La comunicación continua entre estos grupos es vital para abordar preocupaciones y adaptar las tecnologías a las necesidades reales.

La efectividad de la IA en salud también depende de la preparación del personal médico y técnico, necesitando formación especializada y actualización para incluir competencias en IA [140]. Es crucial disponer de la infraestructura tecnológica adecuada, soporte técnico y asegurar la inter-operabilidad y escalabilidad de las soluciones de IA.

Finalmente, la implementación de la IA debe considerarse un proceso evolutivo, requiriendo evaluaciones y ajustes constantes basados en el análisis de datos de rendimiento y retroalimentación de usuarios [158]. Esto permite una mejora continua de las tecnologías apli-

cadras, asegurando su alineación con las necesidades del sector salud y maximizando su impacto positivo.

1.4 Futuro de la IA en medicina y comentarios finales

La integración de la inteligencia artificial (IA) en la medicina ha sido un campo en constante evolución que promete revolucionar la forma en de realizar el diagnóstico clínico, el tratamiento y la gestión de las enfermedades. En esta sección, se exponen algunas de las tendencias clave que están dando forma al futuro de la IA en medicina.

1.4.1 Medicina de Precisión: Personalizando la Atención Médica

La medicina de precisión se centra en la personalización de los tratamientos y la atención médica según las características individuales de cada paciente, considerando aspectos como su genética, biomarcadores, historial médico y estilo de vida. La IA desempeña un papel fundamental en este campo al analizar grandes volúmenes de datos para identificar patrones y predecir respuestas individuales a tratamientos específicos [85].

Un ejemplo destacado es el uso de algoritmos de aprendizaje automático para analizar perfiles genéticos y datos clínicos con el fin de desarrollar terapias dirigidas contra enfermedades como el cáncer. Investigaciones recientes han demostrado que la IA puede predecir con precisión la eficacia de ciertos medicamentos en pacientes con cáncer, lo que permite una selección más precisa de tratamientos y una mejora en los resultados clínicos.

1.4.2 Monitoreo Remoto y Dispositivos Portátiles: Empoderando a los Pacientes

El monitoreo remoto, sensores conectados y los dispositivos portátiles habilitados por la IA están transformando la forma en que los pacientes gestionan su salud y los proveedores de atención médica supervisan el progreso de los tratamientos [197].

Estos dispositivos recopilan datos biométricos en tiempo real, como la frecuencia cardíaca, los niveles de glucosa, la presión arterial o la actividad física, y utilizan algoritmos de IA para analizar estos datos y proporcionar información valiosa sobre la salud del paciente. De este modo, se pueden detectar cambios sutiles en los signos vitales y alertar a los pacientes y profesionales de la salud sobre posibles problemas de salud antes de que se conviertan en emergencias médicas.

Por ejemplo, los dispositivos portátiles como los relojes inteligentes pueden detectar anomalías en el ritmo cardíaco que podrían indicar la presencia de afecciones cardíacas, lo que permite una intervención temprana y la prevención de complicaciones graves. Además, los algoritmos de IA pueden identificar patrones de sueño irregulares que podrían estar relacionados con trastornos del sueño o problemas de salud mental, lo que brinda a los pacientes y médicos la oportunidad de abordar estos problemas de manera proactiva.

1.4.3 Asistentes de Salud Virtuales: Acceso a la Atención Médica en Cualquier Momento y Lugar

Los asistentes de salud virtuales, impulsados por la IA, están emergiendo como una herramienta poderosa para proporcionar atención médica accesible y oportuna a través de plataformas digitales. Estos asistentes, como chatbots y aplicaciones móviles, pueden realizar evaluaciones preliminares, responder preguntas médicas y ofrecer recomendaciones de estilo de vida basadas en algoritmos inteligentes.

Los algoritmos de IA están siendo entrenados para interpretar imágenes médicas, como tomografías computarizadas, resonancias mag-

néticas y radiografías, con una precisión que rivaliza con la de los expertos humanos. Esta capacidad mejorará la velocidad y precisión del diagnóstico, lo que conducirá a una atención más rápida y efectiva para los pacientes [177].

Un ejemplo notable es el uso de chatbots en entornos de atención primaria para ayudar a los pacientes a programar citas, renovar recetas y obtener información sobre síntomas comunes. Estos asistentes virtuales pueden reducir la carga sobre los sistemas de atención médica tradicionales y mejorar la eficiencia al proporcionar respuestas rápidas y precisas a las consultas de los pacientes.

1.4.4 Descubrimiento de Fármacos y Desarrollo de Tratamientos

La IA está revolucionando la forma en que se descubren y desarrollan nuevos medicamentos y tratamientos médicos. Los algoritmos de aprendizaje automático pueden analizar grandes conjuntos de datos moleculares y genéticos para identificar posibles objetivos terapéuticos y predecir la eficacia de los medicamentos en diferentes poblaciones.

Estos algoritmos de IA pueden acelerar significativamente el proceso de descubrimiento de fármacos al identificar compuestos candidatos con mayor probabilidad de éxito en etapas tempranas de la investigación. Además, pueden ayudar a los investigadores a comprender mejor los mecanismos subyacentes de las enfermedades y a diseñar tratamientos más específicos y efectivos.

Un ejemplo concreto de este enfoque es el uso de redes neuronales profundas para el diseño de compuestos químicos con potencial anticancerígeno. Los investigadores han entrenado redes neuronales utilizando datos de estructuras moleculares y actividades biológicas de compuestos químicos conocidos por su actividad anti-cancerígena. Una vez entrenadas, estas redes pueden evaluar rápidamente la actividad potencial de nuevos compuestos químicos y priorizar aquellos con mayor probabilidad de éxito para pruebas experimentales [56].

1.4.5 Conclusiones y Perspectivas Futuras

La integración de la inteligencia artificial en la medicina está transformando radicalmente la forma en que se realiza el diagnóstico, los tratamientos y, en general la gestión y manejo de las enfermedades. El futuro de la IA en medicina es un camino hacia una atención médica más personalizada, precisa y accesible. A medida que la tecnología continúe avanzando y los investigadores exploren nuevas aplicaciones de la IA en el campo de la salud, se puede esperar ver una mejora significativa en los resultados clínicos y una mayor calidad de vida para los pacientes.

Sin embargo, es importante abordar desafíos importantes, como la privacidad de los datos, la equidad en el acceso a la tecnología y la regulación de los algoritmos de IA en medicina. Al colaborar entre disciplinas y promover la investigación interdisciplinaria, se puede aprovechar todo el potencial de la IA para mejorar la salud y el bienestar de las personas en todo el mundo.