



## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

# Artificial intelligence and machine learning: present and future applications in health sciences

## Inteligencia artificial y machine learning: aplicaciones presentes y futuras en las ciencias de la salud

Felix Antonio Rego-Rodríguez<sup>1</sup> , Lucía Germán-Flores<sup>2</sup> , Adrián Alejandro Vitón-Castillo<sup>3</sup>  

<sup>1</sup>Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Médicas. Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup>Médico Independiente. Madrid, España.

<sup>3</sup>Universidad de Ciencias Médicas de Pinar del Río. Facultad de Ciencias Médicas “Dr. Ernesto Che Guevara de la Serna”. Pinar del Río, Cuba.

**Citar como:** Rego-Rodríguez FA, Germán-Flores L, Vitón-Castillo AA. Artificial intelligence and machine learning: present and future applications in health sciences. *Seminars in Medical Writing and Education* 2022;1:9. <https://doi.org/10.56294/mw20229>.

**Enviado:** 18-06-2022

**Revisado:** 28-07-2022

**Aceptado:** 06-09-2022

**Publicado:** 07-09-2022

**Editor:** Dr. José Alejandro Rodríguez-Pérez 

### ABSTRACT

**Introduction:** artificial intelligence and machine learning have brought significant changes and transformed everyday life, and this is also seen in healthcare and medicine. A bibliographic review was carried out with the aim of delving into the current and future applications of artificial intelligence and machine learning in the health and biomedical sciences sector.

**Methods:** a bibliographic review was carried out in the main databases and other search services. The terms “artificial intelligence”, “automated learning”, “deep learning”, “health sciences” were used, as well as search descriptors.

**Results:** artificial intelligence (AI) models are playing an increasingly important role in biomedical research and clinical practice, showing their potential in various applications, such as risk modeling and stratification, personalized screening, diagnosis (including classification of molecular disease subtypes), prediction of response to therapy, and prognosis. All of these fields of research could greatly improve the current trend towards precision medicine, resulting in more reliable and personalized approaches with a high impact on diagnostic and therapeutic pathways. This implies a paradigm shift from defining statistical and population perspectives to individual predictions, allowing for more effective preventive actions and therapy planning.

**Conclusions:** there is high potential for the application of artificial intelligence and machine learning on a large scale in the future.

**Keywords:** Artificial Intelligence; Machine Learning; Deep Learning; Health Sciences; Medicine.

### RESUMEN

**Introducción:** la inteligencia artificial y el aprendizaje automático han traído cambios significativos y han transformado la vida cotidiana, y esto se observa también en la atención médica y la medicina. Se realizó una revisión bibliográfica con el objetivo de profundizar en las aplicaciones actuales y futuras de la inteligencia artificial y el machine learning en el sector de la salud y las ciencias biomédicas.

**Métodos:** se realizó una revisión bibliográfica en las principales bases de datos y otros servicios de búsqueda. Se emplearon los términos “inteligencia artificial”, “aprendizaje automatizado”, “aprendizaje profundo”, “ciencias de la salud”, así como descriptores de búsqueda.

**Resultados:** los modelos de inteligencia artificial (IA) están desempeñando un papel cada vez más importante en la investigación biomédica y la práctica clínica, mostrando su potencial en varias aplicaciones, como modelado y estratificación de riesgos, detección personalizada, diagnóstico (incluida la clasificación de subtipos de enfermedades moleculares), predicción de la respuesta a la terapia, y pronóstico. Todos

estos campos de investigación podrían mejorar en gran medida la tendencia actual hacia la medicina de precisión, lo que daría como resultado enfoques más fiables y personalizados con un alto impacto en las vías diagnósticas y terapéuticas. Esto implica un cambio de paradigma de la definición de perspectivas estadísticas y poblacionales a predicciones individuales, lo que permite acciones preventivas y planificación de terapias más efectivas.

**Conclusiones:** existe alto potencial para la aplicación de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático a gran escala en el futuro.

**Palabras clave:** Inteligencia Artificial; Aprendizaje Automatizado; Aprendizaje Profundo; Ciencias De La Salud; Medicina.

## INTRODUCCIÓN

Inteligencia Artificial (IA) es el término general que se refiere a cualquier inteligencia computarizada que aprende e imita la inteligencia humana. Aunque los términos aprendizaje automático (ML, del inglés machine learning), aprendizaje profundo e inteligencia artificial suelen usarse indistintamente, representan diferentes conjuntos de algoritmos y procesos de aprendizaje.<sup>(1,2,3,4)</sup>

La inteligencia artificial no es una tecnología, sino un conjunto de ellas. (5) Generalmente, el término se aplica a tecnologías computacionales que emulan mecanismos asistidos por la inteligencia humana, como el pensamiento, el aprendizaje profundo, la adaptación, el compromiso y la comprensión sensorial. Algunos dispositivos pueden desempeñar una función que normalmente implica la interpretación y la toma de decisiones humanas. Estas técnicas tienen un enfoque interdisciplinar y pueden aplicarse a diferentes campos, como la medicina y la salud.<sup>(2,3,4,6,7)</sup>

La IA ha estado involucrada en la medicina desde la década de 1950, cuando los médicos hicieron los primeros intentos de mejorar sus diagnósticos utilizando programas asistidos por computadora. El interés y los avances en las aplicaciones médicas de IA han aumentado en los últimos años debido a la potencia informática sustancialmente mejorada de las computadoras modernas y la gran cantidad de datos digitales disponibles para su recopilación y utilización.<sup>(6,7,8)</sup>

La inteligencia artificial y el aprendizaje automático han traído cambios significativos y han transformado la vida cotidiana, y esto se observa también en la atención médica y la medicina. Los avances recientes en esta área han mostrado un progreso increíble y una oportunidad para aliviar a los médicos y mejorar la precisión, la predicción y la calidad de la atención. Los avances actuales del aprendizaje automático en la atención médica han servido principalmente como un papel de apoyo en la capacidad de un médico o analista para cumplir con sus funciones, identificar tendencias de atención médica y desarrollar modelos de predicción de enfermedades.<sup>(1,4,7)</sup>

La IA es, también, apreciada para máquinas autónomas como robots y automóviles sin conductor, pero igualmente está presente en aplicaciones cotidianas, como anuncios personalizados y búsquedas web. En los últimos años, el desarrollo y la aplicación de la IA han logrado avances increíbles y se han aplicado a muchas áreas debido a sus mayores niveles de toma de decisiones, precisión, capacidad de resolución de problemas y habilidades computacionales.<sup>(1)</sup>

La definición de machine learning o aprendizaje automático es amplia. Es el estudio de herramientas y métodos para identificar patrones en los datos. Estos patrones pueden usarse luego para aumentar la comprensión del mundo actual o hacer predicciones sobre el futuro. El ML se basa en conceptos de muchos campos, incluidos la informática, la estadística y la optimización. En esencia, en casi todos los problemas del ML, el objetivo es encontrar un modelo que mejor explique los datos.<sup>(2,7,9,10,11)</sup>

El aprendizaje automático abarca varios modelos algorítmicos diferentes y métodos estadísticos para resolver problemas sin programación especializada. Varios modelos realizan grandes componentes de extracción de características y procesamiento de datos antes de ingresar los datos en el algoritmo. Estos algoritmos de aprendizaje automático requieren un intenso preprocesamiento de datos para que puedan determinar predicciones precisas y evitar un ajuste excesivo o insuficiente del conjunto de datos.<sup>(1,2,7)</sup>

El aprendizaje profundo es una forma más elaborada del aprendizaje automático que utiliza redes neuronales artificiales en capas y proporciona mayor precisión y especificidad con una menor interpretabilidad. El método de red neuronal se caracteriza por ser la red multicapa que soporta la conexión entre las neuronas artificiales, o unidades, de cada capa con la de la capa anterior y posterior. Estas redes pueden aprender, discernir y deducir a partir de datos por sí mismas utilizando estos enlaces multinivel para el procesamiento de datos, y los datos se procesan hasta que se logran resultados especializados.<sup>(1,2,4,7)</sup>

La demanda de servicios de salud es cada vez mayor y muchos países están experimentando una escasez de profesionales de la salud, especialmente médicos. Las instituciones sanitarias también están luchando por

mantenerse al día con todos los nuevos desarrollos tecnológicos y las altas expectativas de los pacientes.<sup>(4,12)</sup>

Los avances en la tecnología inalámbrica y los teléfonos inteligentes han brindado oportunidades para servicios de atención médica utilizando aplicaciones de seguimiento de la salud y plataformas de búsqueda y también han permitido una nueva forma de prestación de atención médica, a través de interacciones remotas, disponibles en cualquier lugar y en cualquier momento. Estos servicios son relevantes para regiones desatendidas y lugares que carecen de especialistas y ayudan a reducir costos y prevenir exposición innecesaria a enfermedades contagiosas en la clínica.<sup>(7,12)</sup>

La ola actual de desarrollo de IA es diferente de las anteriores. Una combinación de mayor velocidad de procesamiento, bibliotecas de recopilación de datos más grandes y un gran grupo de talentos en IA ha permitido el rápido desarrollo de herramientas y tecnología de IA, también en el ámbito de la atención sanitaria.<sup>(12)</sup>

La industria de la salud siempre ha sido un firme defensor de las tecnologías de vanguardia. La IA y el ML han encontrado varias aplicaciones en la industria de la salud. Las posibilidades con esta tecnología son prácticamente ilimitadas. ML está ayudando a mejorar la industria de la salud con sus aplicaciones de vanguardia. Estos mejoran la calidad de la automatización y la toma de decisiones inteligentes en la atención primaria y terciaria del paciente y en los sistemas de salud pública. Este podría ser el impacto más significativo de las herramientas de aprendizaje automático, ya que puede mejorar la calidad de vida de miles de millones de personas en todo el mundo.<sup>(3)</sup>

Se realizó una revisión bibliográfica con el objetivo de profundizar en las aplicaciones actuales y futuras de la inteligencia artificial y el machine learning en el sector de la salud y las ciencias biomédicas.

## MÉTODOS

Se realizó una búsqueda de información en las bases de datos Redalyc, Elsevier Science Direct, PubMed/Medline, SciELO, los servicios ClinicalKeys y el buscador Google Académico. Para recuperar la información se emplearon estrategias de búsqueda avanzada, mediante la estructuración de fórmulas de búsqueda con el empleo de los términos “inteligencia artificial”, “aprendizaje automatizado”, “aprendizaje profundo”, “ciencias de la salud”, así como sus equivalentes en idioma inglés. De los documentos resultantes se seleccionaron aquellos que aportaran información teórica y empírica sobre el tema objeto de investigación, en idioma español o inglés. Se recuperaron 25 artículos, originales y de revisión, de los cuales se utilizaron 17, publicados en los últimos 5 años, todos en idioma inglés.

## DESARROLLO

La IA está cambiando gradualmente la práctica médica. Existen varias aplicaciones de IA en medicina que pueden usarse en una variedad de campos médicos, como las prácticas clínicas, de diagnóstico, de rehabilitación, quirúrgicas y predictivas. Otra área crítica de la medicina donde la IA está teniendo un impacto es la toma de decisiones clínicas y el diagnóstico de enfermedades. Las tecnologías de IA pueden ingerir, analizar y reportar grandes volúmenes de datos a través de diferentes modalidades para detectar enfermedades y guiar decisiones clínicas. Las aplicaciones de IA pueden manejar la gran cantidad de datos producidos en medicina y encontrar nueva información que de otro modo permanecería oculta en la masa de “big data” médicos.<sup>(2,6)</sup>

Otro tema relevante son las aplicaciones de la IA para la predicción y el tratamiento del diagnóstico de enfermedades, la predicción de resultados y la evaluación del pronóstico. Debido a que la IA puede identificar relaciones significativas en datos sin procesar, puede respaldar resultados de diagnóstico, tratamiento y predicción en muchas situaciones médicas. Permite a los profesionales médicos adoptar la gestión proactiva de la aparición de enfermedades. Además, es posible realizar predicciones para identificar factores de riesgo e impulsores de cada paciente para ayudar a orientar las intervenciones de atención médica para obtener mejores resultados.<sup>(4,6)</sup>

La IA puede ayudar a los médicos a tomar mejores decisiones clínicas o incluso reemplazar el juicio humano en áreas funcionales específicas de la atención médica. Algunos autores plantean que los algoritmos pueden beneficiar las decisiones clínicas al acelerar el proceso y la cantidad de atención brindada, impactando positivamente en el costo de los servicios de salud. Por lo tanto, las tecnologías de IA pueden apoyar a los profesionales médicos en sus actividades y simplificar sus trabajos.<sup>(2,4,6)</sup>

Las técnicas de inteligencia artificial también pueden ayudar a diseñar y desarrollar nuevos medicamentos, monitorear a los pacientes y personalizar los planes de tratamiento de los pacientes. Los médicos se benefician al tener más tiempo y datos concisos para tomar mejores decisiones para los pacientes.<sup>(4,6)</sup>

### Aplicaciones específicas en las ciencias de la salud

Los modelos de inteligencia artificial (IA) están desempeñando un papel cada vez más importante en la investigación biomédica y la práctica clínica, mostrando su potencial en varias aplicaciones, como modelado y estratificación de riesgos, detección personalizada, diagnóstico (incluida la clasificación de subtipos de enfermedades moleculares), predicción de la respuesta a la terapia, y pronóstico.<sup>(4,5,13)</sup>

Como convergencia entre las ciencias de la salud y de los datos, los modelos de aprendizaje automático se han propuesto y probado como posibles soluciones a una variedad de problemas relacionados con errores de diagnóstico, errores de tratamiento, ineficiencias en el flujo de trabajo e impedimentos para la atención basada en valores.<sup>(11)</sup>

Puede permitir la automatización de tareas redundantes y ahorrar tiempo, ayudar en decisiones basadas en evidencia mediante el uso de algoritmos para identificar factores de riesgo de complicaciones u otros resultados preocupantes, y es excepcionalmente capaz de predecir resultados basados en algoritmos específicos del paciente. Esto permite al médico intervenir e interceder para cambiar el curso del tratamiento e impactar favorablemente y transformar un resultado no deseado en un resultado clínico y quirúrgico general más aceptable o incluso positivo.<sup>(11)</sup>

### *Datos y diagnósticos de pacientes*

Las técnicas de IA son un instrumento esencial para estudiar datos y extraer conocimientos médicos, y pueden ayudar a los investigadores médicos en sus prácticas.<sup>(2,6,13)</sup> Las técnicas de inteligencia artificial pueden ayudar a los investigadores a manejar la gran cantidad de datos de los pacientes (big data médicos). Estos pueden gestionar datos generados de manera que el personal de salud puede aprender temas similares y asociaciones entre características del tema y resultados de interés.<sup>(3,6,13)</sup>

La IA facilita la conversión de datos en observaciones concretas y procesables para mejorar la toma de decisiones, brindar tratamiento de alta calidad a los pacientes, adaptarse a emergencias en tiempo real y salvar más vidas en el frente clínico.<sup>(6)</sup>

### *Precalificación (triage)*

Antes de tener acceso a un médico real, los robots capacitados con IA pueden calificar si ciertos síntomas justifican una conversación real con un médico. Se hacen muchas preguntas al paciente y en base a cada respuesta; el software anima al usuario a realizar acciones específicas. Estas preguntas y respuestas suelen ser revisadas enérgicamente por profesionales médicos en cada etapa para garantizar su precisión. En casos importantes, se da una respuesta general de "Debería consultar a un médico" y se indica al paciente que programe una cita con un médico de atención primaria.<sup>(12)</sup>

### *Registros médicos electrónicos*

Los registros médicos electrónicos (EHR, por sus siglas del inglés electronic health records) fueron introducidos por primera vez en la década de 1960. Desde entonces, los sistemas se han reconstruido muchas veces para crear un sistema estándar para toda la industria.<sup>(1)</sup>

Las "big data" recopilados por los sistemas EHR han sido fundamentales en aplicaciones de aprendizaje profundo, incluidas las recargas de medicamentos y el uso del historial del paciente para predecir diagnósticos. Esto ha resultado en una mejora significativa en la organización de datos, la accesibilidad y la calidad de la atención y ha ayudado a los médicos con diagnósticos y tratamientos. La estandarización de características en todos los conjuntos de datos también ha permitido un mayor acceso a los registros médicos con fines de investigación.<sup>(1,3,12)</sup>

Se han implementado varios modelos basados en ML para predecir la aparición de condiciones clínicas, complicaciones y mortalidad en pacientes con altas tasas de precisión. Proporcionar a los pacientes y médicos una probabilidad de mortalidad prevista, mediante el uso de algoritmos de predicción, puede permitirles tomar decisiones de tratamiento clínico más informadas.<sup>(1,12)</sup>

### *Imagenología médica*

Dada la naturaleza digital de los datos y la presencia de formatos de datos estructurados, las imágenes médicas han experimentado avances significativos con la implementación de enfoques basados en el aprendizaje automático en varias modalidades de imágenes, incluidas Tomografía computarizada, imágenes por resonancia magnética, rayos X, tomografía por emisión de positrones, ultrasonido y demás.<sup>(1,10,12,14)</sup>

Se han desarrollado varios modelos basados en ML para identificar tumores, lesiones, fracturas y desgarros. En comparación con las técnicas de detección tradicionales para identificar tumores, estas técnicas de detección basadas en aprendizaje profundo permiten la identificación y ubicación de tumores en etapas más tempranas, lo que permite una mejor tasa de resección.<sup>(1,14)</sup>

Los rayos X se han utilizado durante décadas para identificar anomalías en la cavidad torácica y enfermedades pulmonares, aunque a menudo se requiere un examen cuidadoso en profundidad por parte de un radiólogo capacitado. Ya se han desarrollado redes neuronales que exceden el centenar de capas y que superan la capacidad diagnóstica de los especialistas.<sup>(1,3,14,15,16)</sup>

También se han implementado estas técnicas para diagnosticar y predecir la progresión de enfermedades neurodegenerativas, incluidas el Alzheimer y el Parkinson y trastornos como la psicosis, la depresión, el estrés

postraumático, el autismo y el TDAH.<sup>(1,12)</sup>

Con las aplicaciones actuales de ML en imágenes médicas, es evidente que su uso tiene implicaciones valiosas para el avance del campo médico debido a sus pronunciadas ventajas en precisión, clasificación, sensibilidad y especificidad en la predicción y el diagnóstico; a la vez que reducen la carga para los profesionales de la salud.<sup>(1,5,12,15)</sup>

Los algoritmos no reemplazarán a los médicos, pero los médicos que utilizan algoritmos bien diseñados y validados de manera apropiada pueden reemplazar a aquellos que no lo hacen. Los médicos deben poder juzgar la preparación del algoritmo para su uso e identificar situaciones en las que se necesita un mayor refinamiento y evaluación antes de su uso a gran escala.<sup>(5,14)</sup>

#### *Dispositivos impulsados por robótica e inteligencia artificial*

Existen numerosas áreas de la atención médica en las que se utilizan robots para reemplazar la fuerza laboral humana, aumentar las capacidades humanas y ayudar a los profesionales de la salud. Estos incluyen robots utilizados para procedimientos quirúrgicos como operaciones laparoscópicas, asistentes robóticos para rehabilitación y asistencia al paciente, robots que se integran en implantes y prótesis, y robots utilizados para ayudar a los médicos y otro personal sanitario con sus tareas. Algunos de estos dispositivos están siendo desarrollados especialmente para interactuar con los pacientes y mejorar la conexión entre humanos y máquinas desde una perspectiva asistencial. La mayoría de estos robots tienen incorporado algún nivel de tecnología de inteligencia artificial para un mejor rendimiento con respecto a clasificaciones, reconocimiento de idiomas, procesamiento de imágenes y más.<sup>(3,12)</sup> La utilización de estos robots permite automatizar los procedimientos para anular el error humano a la par que se mantiene un alto nivel de exactitud y precisión.<sup>(6)</sup>

#### *Cirugía mínimamente invasiva*

La cirugía convencional depende en gran medida de la habilidad del cirujano para distinguir entre tejidos y órganos y, a menudo, requiere una cirugía abierta. La cirugía mínimamente invasiva se considera el camino a seguir, pero aún se encuentra en una fase inicial y deben realizarse muchas mejoras para que sea "menos importante" para los pacientes y reduzca el tiempo y los costos. La cirugía mínimamente invasiva requiere habilidades motoras diferentes en comparación con la cirugía convencional debido a la menor retroalimentación táctil cuando se depende más de herramientas y menos del contacto directo. Se están desarrollando sensores que proporcionan al cirujano estímulos táctiles más finos y utilizan el procesamiento de datos táctiles para traducir la entrada del sensor en datos o estímulos que el cirujano puede percibir. Este procesamiento normalmente utiliza IA, específicamente redes neuronales artificiales, para mejorar la función de traducción de esta señal y la interpretación de la información táctil. La detección táctil artificial se ha utilizado para los tumores mamarios, hepáticos, cerebrales y submucosos.<sup>(12)</sup>

#### *Neuroprótesis*

Las neuroprótesis se definen como dispositivos que ayudan o aumentan la capacidad del sistema nervioso propio del sujeto, tanto en su forma de entrada como de salida. Este aumento o estimulación a menudo ocurre en forma de estimulación eléctrica para superar las deficiencias neurológicas que experimentan los pacientes. Estas condiciones debilitantes pueden afectar la audición, la visión, las funciones cognitivas, sensoriales, la memoria o las habilidades motoras, y puede provocar comorbilidades.<sup>(12)</sup>

Los avances recientes en las interfaces cerebro-máquina han demostrado que se puede emplear un sistema en el que los deseos intencionados y voluntarios dirigidos a objetivos se pueden almacenar y aprender cuando un usuario "entrena" un controlador inteligente (una IA). Este período de entrenamiento de "aprendizaje por refuerzo", el sistema puede potencialmente almacenar una o varias "políticas" de control, lo que permite la personalización del paciente.<sup>(12)</sup>

#### *Monitoreo e intervención de salud en tiempo real a través de dispositivos portátiles*

Los dispositivos portátiles modernos registran una gran cantidad de señales biomédicas que pueden ser útiles para detectar enfermedades e inferir condiciones de salud. La inclusión de sensores de fotopletimografía en dispositivos portátiles permite el seguimiento de enfermedades cardiovasculares, enfermedades pulmonares, anemia y apnea del sueño. Los sensores portátiles también podrían detectar y cuantificar los síntomas de los pacientes con enfermedad de Parkinson, como temblores y alteraciones del movimiento de las manos, la marcha, la postura y los patrones del habla. Sin embargo, se necesita más investigación para identificar formas de maximizar la eficacia de los wearables en la promoción y mantenimiento de la salud.<sup>(8,16)</sup>

#### *Automatización o apoyo al diagnóstico de enfermedades transmisibles y no transmisibles*

Los métodos de procesamiento de señales se utilizan a menudo junto con el aprendizaje automático para automatizar el diagnóstico de enfermedades transmisibles. Las intervenciones se han centrado en el uso de datos

de ultrasonido para la neumonía, datos de microscopía para la malaria y de datos radiológicos y otras fuentes biológicas para la tuberculosis.<sup>(15)</sup>

En el diagnóstico de enfermedades no transmisibles se han utilizado para el cáncer de cuello uterino y el cáncer precervical mediante microscopía o datos de fotografías del cuello uterino (cervigramas) con precisión superior al 90 %.<sup>(15)</sup>

Estas intervenciones se basan en gran medida en herramientas de clasificación de aprendizaje automático y normalmente comparan múltiples enfoques de aprendizaje automático con el objetivo de identificar el enfoque óptimo para caracterizar el riesgo. Este enfoque también se ha utilizado para predecir la gravedad de la enfermedad en pacientes con dengue y malaria, y en niños con infecciones agudas.<sup>(15)</sup>

#### *Vigilancia epidemiológica y de la salud pública*

A fin de predecir brotes de enfermedades y evaluar herramientas de vigilancia de enfermedades. Se han evaluado modelos de predicción utilizando algoritmos de aprendizaje automático con datos de detección remota, recopilados por sensores satelitales o aéreos, o locales, datos medidos in situ, para estimar los brotes del virus del dengue. También se han utilizado datos de teledetección y métodos de aprendizaje automático para predecir brotes de malaria y virus Zika con una precisión superior al 85 %.<sup>(15)</sup> En China, se utilizaron datos de las redes sociales y redes neuronales artificiales para mejorar la vigilancia del VIH.<sup>(15)</sup>

Las intervenciones sanitarias impulsadas por IA se pueden utilizar para respaldar las políticas y planificación de programas y optimizar la asignación de recursos del sistema de salud por geografía en función de una serie de desafíos de salud prevalentes.<sup>(3,15)</sup>

#### *Investigación biomédica*

A escala global, la IA puede acelerar la selección e indexación de la literatura académica en actividades de investigación e innovación biomédicas. En esta dirección, los últimos temas de investigación incluyen mecanismos supresores de tumores, extracción de información sobre la interacción proteína-proteína, generación de asociaciones genéticas del genoma humano para ayudar a transferir los descubrimientos del genoma a las prácticas sanitarias, etc. Además, los investigadores biomédicos pueden realizar de manera eficiente la exigente tarea de resumir la literatura sobre un tema de interés determinado con la ayuda de un enfoque de IA basado en gráficos semánticos. Además, la IA puede ayudar a los investigadores biomédicos no solo a buscar, sino también a clasificar la literatura de interés cuando el número de artículos de investigación supera la legibilidad. Esto permite a los investigadores formular y probar hipótesis científicas precisas, que son una parte muy importante de la investigación biomédica.<sup>(2,3,13)</sup>

#### *Ingeniería genética y genómica*

El desarrollo de las “endonucleasas programables” ha simplificado la ingeniería genética y ha ayudado a facilitar el proceso de modificación genética y diagnóstico, y reduce drásticamente el costo del procedimiento. Varias técnicas de aprendizaje automático permiten predecir mutaciones fuera del objetivo en la edición y desarrollar predictores de actividad y variantes más confiables para reducir el error.<sup>(1)</sup>

El uso del aprendizaje automático en farmacogenómica se ha aplicado recientemente en psiquiatría, oncología y neurología. Las aplicaciones de aprendizaje automático de la ingeniería genética también han sido fundamentales en la lucha contra enfermedades infecciosas como la COVID 19. Software basado en algoritmos de aprendizaje automático se utilizaron para “predecir qué antígenos tienen las características requeridas de unión a HLA, procesamiento y presentación a la superficie celular y el potencial de ser reconocidos por las células T como buenos objetivos clínicos para la inmunoterapia”. El uso de predicciones de inmunogenicidad de este software, junto con la presentación del antígeno a las células huésped infectadas, permitió perfilar con éxito “todo el proteoma del SARS-CoV2”, así como los puntos críticos de epítomos. Estos descubrimientos ayudan a diseñar vacunas universales contra el virus que puedan adaptarse a la población mundial.<sup>(1,7,12,18)</sup>

#### *Organización de la industria*

Los algoritmos del ML pueden utilizarse para regular los procesos, como el procesamiento de reclamaciones y la gestión del ciclo de ingresos, y esta tecnología podría automatizar fácilmente la documentación clínica y la administración de registros.<sup>(3)</sup> Además, la IA facilita el aprovechamiento del capital para desarrollar sistemas e instalaciones y reducir los gastos a nivel organizacional.<sup>(6)</sup>

Los ensayos clínicos son costosos en términos de tiempo y dinero y, en muchos casos, pueden tardar años en completarse. El uso de análisis predictivos basados en ML para identificar posibles ensayos clínicos puede ayudar a los investigadores a crear un grupo a partir de una amplia gama de puntos de datos, como visitas previas al médico, redes sociales, etc. El ML también se ha utilizado para garantizar la supervisión y los datos en tiempo real, acceso para los participantes del ensayo, determinar el mejor tamaño de muestra para ser probado y aprovechar el poder de los registros electrónicos para reducir los errores basados en datos. Un enfoque basado

en ML para identificar un compuesto tóxico que pueda causar efectos secundarios puede ahorrar mucho dinero antes de iniciar ensayos clínicos.<sup>(3)</sup>

Todos estos campos de investigación podrían mejorar en gran medida la tendencia actual hacia la medicina de precisión, lo que daría como resultado enfoques más fiables y personalizados con un alto impacto en las vías diagnósticas y terapéuticas. Esto implica un cambio de paradigma de la definición de perspectivas estadísticas y poblacionales a predicciones individuales, lo que permite acciones preventivas y planificación de terapias más efectivas.<sup>(13)</sup>

### Limitantes, riesgos y desafíos

Si bien es poderoso, es importante recordar que el aprendizaje automático no puede identificar relaciones que no están presentes en los datos, ello significa que la recolección de datos debe ser exhaustiva y luego estos han de ser curados para su correcto procesamiento e interpretación. Además, el ML no reemplaza la necesidad de análisis estadísticos estándar o ensayos de control aleatorios. Más bien, el ML puede aumentar la caja de herramientas actual de la epidemiología salubrista.<sup>(9)</sup>

La probabilidad de error en la predicción y su impacto, la vulnerabilidad de la protección y privacidad de los sistemas, e incluso la falta de disponibilidad de datos para obtener resultados reproducibles. Algunos de los desafíos incluyen preocupaciones éticas, la pérdida del elemento personal de la atención médica y la interpretabilidad y aplicación práctica de los enfoques de atención al paciente.<sup>(1,5)</sup>

Uno de los riesgos más importantes de los algoritmos basados en el aprendizaje automático es la dependencia de la distribución probabilística y la probabilidad de error en el diagnóstico y la predicción.<sup>(1)</sup>

La probabilidad de error y la dependencia de la probabilidad están profundamente arraigadas en los diversos aspectos de la atención médica; sin embargo, las implicaciones de los enfoques basados en el aprendizaje automático que resultan en una muerte humana son graves. Una solución es someter estos enfoques basados en el ML a una estricta aprobación institucional y legal por parte de varias organizaciones antes de su aplicación. Otro enfoque que se puede implementar es la intervención humana y la supervisión de un trabajador de la salud con experiencia en aplicaciones altamente sensibles para evitar diagnósticos falsos positivos o falsos negativos.<sup>(1,5)</sup>

La inclusión de los actuales profesionales de la salud en el desarrollo e implementación de estos enfoques puede aumentar las tasas de adaptación y disminuir las preocupaciones relacionadas con menores oportunidades de empleo para los seres humanos o la reducción de la fuerza laboral.<sup>(1,5)</sup>

También se debe considerar el riesgo asociado con la privacidad, así como las implicaciones éticas de la aplicación de enfoques basados en ML a la atención médica. Teniendo en cuenta que estos enfoques requieren un almacenamiento de datos a gran escala y fácilmente ampliable y una potencia informática significativamente alta, se desarrollan e implementan varios enfoques basados en ML utilizando tecnologías basadas en la nube. Dada la naturaleza sensible de los datos de atención médica junto con las preocupaciones sobre la privacidad, una mayor seguridad y responsabilidad de los datos debería ser uno de los primeros aspectos a considerar mucho antes del desarrollo del modelo.<sup>(1)</sup>

Casi todas las aplicaciones médicas de la IA informadas se han realizado a partir de datos retrospectivos recopilados para investigación y prueba de principios. Para validar la utilidad en el mundo real de los sistemas de IA médica, se necesitan estudios clínicos prospectivos que evalúen el rendimiento de los sistemas en entornos clínicos. Los ensayos prospectivos identificarán mejor la fragilidad de los modelos de IA en entornos clínicos heterogéneos y ruidosos del mundo real, y señalarán formas de integrar la IA médica en los flujos de trabajo clínicos actuales.<sup>(8)</sup>

Es probable que se encuentren muchos cambios éticos, médicos, ocupacionales y tecnológicos con la IA en la atención médica. Es importante que las instituciones de salud, así como los organismos gubernamentales y reguladores, establezcan estructuras para monitorear cuestiones clave, reaccionen de manera responsable y establezcan mecanismos para limitar las implicaciones negativas.<sup>(5,19)</sup>

El mayor desafío para la IA en estos ámbitos de la atención médica no es si las tecnologías serán lo suficientemente capaces como para ser útiles, sino más bien garantizar su adopción en la práctica clínica diaria. Para que se produzca una adopción generalizada, los sistemas de IA deben ser aprobados por los reguladores, integrados con los sistemas EHR, estandarizados en un grado suficiente para que productos similares funcionen de manera similar, enseñados a los médicos, pagados por organizaciones públicas o privadas y actualizados con el tiempo.<sup>(5)</sup>

### CONCLUSIONES

Existe alto potencial para la aplicación de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático a gran escala en el futuro. Muchos de los avances actuales en la atención sanitaria tienen como objetivo respaldar la capacidad del médico o especialista para proporcionar un tratamiento más eficaz a los pacientes con mayor calidad, velocidad y precisión. Con su aplicación, el aprendizaje automático puede redefinir la atención al

paciente. Las futuras aplicaciones pueden generar formas económicas de imágenes y exámenes médicos, limando las disparidades de salud, y crear servicios más accesibles para los países y las poblaciones de bajos ingresos. Se esperan avances en la predicción de la respuesta personalizada a los medicamentos, la optimización de su selección y dosificación. Si bien se abordan y corrigen los riesgos y desafíos de la aplicación futura, los algoritmos de ML actuales pueden proporcionar un marco excelente para futuros avances y aplicaciones en la atención médica y servicios de la salud.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Habehh H, Gohel S. Machine Learning in Healthcare. *Curr Genomics*. 2021;22:291-300. <https://dx.doi.org/10.2174/1389202922666210705124359>
2. Rong G, Mendez A, Bou E, Zhao B, Sawan M. Artificial Intelligence in Healthcare: Review and Prediction Case Studies. *Engineering*. 2020;6(3):291-301. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2019.08.015>
3. Javaid M, Haleem A, Pratap R, Suman R, Rab S. Significance of machine learning in healthcare: Features, pillars and applications. *Int J Intell Networks*. 2022;3:58-73. <https://doi.org/10.1016/j.ijin.2022.05.002>
4. Singh P, Singh SP, Singh DS. An introduction and review on machine learning applications in medicine and healthcare. In: 2019 IEEE Conference on Information and Communication Technology (CICT). IEEE; 2019. <https://doi.org/10.1109/CICT48419.2019.9066250>
5. Davenport T, Kalakota R. The potential for artificial intelligence in healthcare. *Futur Healthc J*. 2019;6(2):94-8.
6. Secinaro S, Calandra D, Secinaro A, Muthurangu V, Biancone P. The role of artificial intelligence in healthcare : a structured literature review. *BMC Med Inf Decis Mak*. 2021;21(125). <https://doi.org/10.1186/s12911-021-01488-9>
7. Sharma N, Sharma R, Jindal N. Machine Learning and Deep Learning Applications-A Vision ☆. *Glob Transitions Proc*. 2021;2(1):24-8. <https://doi.org/10.1016/j.gltp.2021.01.004>
8. Yu K, Beam AL, Kohane IS. Artificial intelligence in healthcare. *Nat Biomed Eng*. 2018;2(October):719-31. <http://dx.doi.org/10.1038/s41551-018-0305-z>
9. Wiens J, Shenoy ES. Machine Learning for Healthcare: On the Verge of a Major Shift in Healthcare Epidemiology. *Clin Infect Dis*. 2018;66(1):149-53. <https://doi.org/10.1093/cid/cix731>
10. Vokinger KN, Feuerriegel S, Kesselheim AS. Mitigating bias in machine learning for medicine. *Commun Med*. 2021;3-5. <http://dx.doi.org/10.1038/s43856-021-00028-w>
11. Helm JM, Swiergosz AM, Haeberle HS, Karnuta JM, Schaffer JL, Krebs VE, et al. Machine Learning and Artificial Intelligence: Definitions, Applications, and Future Directions. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2020; <https://doi.org/10.1007/s12178-020-09600-8>
12. Bohr A, Memarzadeh K. The rise of artificial intelligence in healthcare applications. *Artificial Intelligence in Healthcare*. INC; 2020. 25-60 p. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-818438-7.00002-2>
13. Castiglioni I, Rundo L, Codari M, Di G, Salvatore C, Interlenghi M, et al. AI applications to medical images: From machine learning to deep learning. *Phys Medica*. 2021;83:9-24. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2021.02.006>
14. Scott I, Carter S, Coiera E. Clinician checklist for assessing suitability of machine learning applications in healthcare. *BMJ Heal Care Inf*. 2021;28:e100251. <https://doi.org/10.1136/bmjhci-2020-100251>
15. Schwalbe N, Wahl B. Artificial intelligence and the future of global health. *Lancet*. 2020; 395:1579-86. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30226-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30226-9)
16. Silva-Sánchez CA. Psychometric properties of an instrument to assess the level of knowledge about artificial intelligence in university professors. *Metaverse Basic and Applied Research*. 2022;1:14. <https://doi.org/10.56294/mw20229>



org/10.56294/mr202214

17. Qayyum A, Qadir J, Bilal M, Al-fuqaha A. Secure and Robust Machine Learning for Healthcare: A Survey. IEEE Rev Biomed Eng. 2021;14:156-80. <https://doi.org/10.1109/RBME.2020.3013489>

18. Sharma M, Savage C, Nair M, Larsson I, Svedberg P. Artificial Intelligence Applications in Health Care Practice: Scoping Review. J Med Internet Res, 2022; 24(10):1-17. <http://dx.doi.org/10.2196/12100>

19. Zhang W. Blockchain-based solutions for clinical trial data management: a systematic review. Metaverse Basic and Applied Research. 2022;1:17. <https://doi.org/10.56294/mr202217>

#### **FINANCIACIÓN**

Ninguna.

#### **CONFLICTO DE INTERESES**

Ninguno.

#### **CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA**

*Conceptualización:* Felix Antonio Rego Rodríguez, Lucía Germán Flores, Adrián Alejandro Vitón-Castillo.

*Investigación:* Felix Antonio Rego Rodríguez, Lucía Germán Flores, Adrián Alejandro Vitón-Castillo.

*Metodología:* Felix Antonio Rego Rodríguez, Lucía Germán Flores, Adrián Alejandro Vitón-Castillo.

*Redacción - borrador original:* Felix Antonio Rego Rodríguez, Lucía Germán Flores, Adrián Alejandro Vitón-Castillo.

*Redacción - revisión y edición:* Felix Antonio Rego Rodríguez, Lucía Germán Flores, Adrián Alejandro Vitón-Castillo.