

Parte **III**

---

**Entorno a la IA: reflexiones sobre salud,  
conciencia y neuropsicología**



# Capítulo **14**

---

## **La IA en la salud**

*Jessica Beltrán*

<https://doi.org/10.61728/AE24001144>



## Introducción

Un componente especialmente destacado en la transformación tecnológica de los últimos años es la inteligencia artificial (IA), cuyos avances han convertido en realidad lo que hace poco tan solo era parte de la imaginación. Estos progresos han dejado su huella en diversos aspectos de nuestras vidas, incluyendo la esfera crucial de la salud. Resulta fascinante y, a la vez, asombroso constatar que hoy en día existen individuos que nacieron en una época en la que las vacunas para enfermedades como la polio o el sarampión aún no eran una realidad y que, gracias a avances multidisciplinarios, entre ellos la IA, estas personas han sido testigos de avances impresionantes, como un rápido desarrollo que condujo a la creación de una vacuna contra el covid-19, poniendo fin a una amenaza pandémica que afectaba a la sociedad e incluso otros avances que parecen sacados de la ciencia ficción.

No pasará mucho tiempo antes de que sea considerado común el uso de dispositivos con algoritmos de IA dedicados a diagnosticar o prevenir enfermedades, o que las personas reciban tratamientos y terapias personalizadas según sus rutinas, complejidad, información genética, capacidades, entre otros factores. Todo esto ocurrirá mientras se analizan grandes cantidades de datos de diversas personas para identificar patrones y estrategias adecuadas. Estos avances prometen una revolución en la forma en que abordamos la salud, proporcionando soluciones más precisas y personalizadas para mejorar la calidad de vida.

En este capítulo se describen aportes de la inteligencia artificial enfocados en mejorar diversos aspectos de la salud. Asimismo, se realiza un análisis prospectivo sobre las expectativas en función de la ruta histórica de los aportes y de los avances recientes en técnicas de IA.

## ¿Qué entendemos por salud y cómo puede la IA saber nuestro estado de salud?

Conforme a la definición de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la salud es un estado en el cual las personas experimentan bienestar físico, mental y social, y no se limita simplemente a la ausencia de enfermedades. Esta amalgama de componentes subraya la importancia de que las personas se concentren en preservar el funcionamiento óptimo y el equilibrio en diversos aspectos de su vida para alcanzar y mantener un estado de salud integral.

Las personas constantemente revelamos señales que reflejan nuestro estado de salud. En ciertas ocasiones, manifestamos síntomas evidentes, como la tos o el escurrimiento nasal, que sugieren la presencia de un resfriado o gripe. Sin embargo, también emitimos señales más sutiles o menos visibles que ofrecen información valiosa sobre nuestro bienestar interno, como la frecuencia respiratoria, la temperatura corporal o la configuración de nuestros latidos cardiacos. Además, algunas enfermedades generan cambios en nuestro organismo, como la formación de piedras o tumores, los cuales, mediante estudios apropiados, podrían detectarse, indicando la existencia de algún problema de salud.

Toda la información que brindamos sobre nuestro estado de salud es cuantificable mediante diversos dispositivos. Por ejemplo, para evaluar la actividad eléctrica del corazón, se recurre a un dispositivo llamado Holter; para medir la temperatura, se utiliza el termómetro, y para visualizar posibles tumores, se emplean técnicas como radiografías, tomografías y resonancias magnéticas. Así, existen una variedad de dispositivos y sensores diseñados para medir las señales que emanamos, las cuales pueden indicar la presencia de algún elemento inusual.

Los seres humanos recopilamos información del entorno mediante nuestros sentidos; por ejemplo, observamos si alguien tiene la nariz roja, escuchamos tos o identificamos mediante el olfato si una herida desprende un olor desagradable. De manera análoga, los sentidos de la IA son los dispositivos o sensores que se emplean para monitorizarnos. Un ejemplo es el termómetro, que registra la temperatura de una persona cada hora. Esta información se suministra a un algoritmo de IA, permitiéndole discernir

cambios en la temperatura corporal. Posteriormente, el algoritmo puede emplear estos datos, junto con otros, como la detección de tos, para prever la presencia de una enfermedad en la persona. Este enfoque demuestra cómo la inteligencia artificial utiliza sensores para interpretar señales y generar predicciones de salud.

Conforme a la definición de la OMS, el bienestar abarca no solo aspectos físicos, sino también mentales y sociales. Para incorporar IA en estos ámbitos, es esencial dotarla de sentidos capaces de medir y recopilar información que refleje nuestro estado mental y social. Aunque no podemos cuantificar directamente el bienestar mental y social de la misma manera que las señales físicas, como la temperatura, podemos evaluar indicadores intermedios que ofrecen pistas sobre nuestro estado.

En términos generales, nuestro bienestar mental y social se manifiesta a través de nuestras acciones e interacciones tanto con el entorno como con otras personas. Por ejemplo, condiciones que afectan el bienestar mental, como la demencia, se externalizan limitando la capacidad de llevar a cabo actividades diarias de manera efectiva. Por lo tanto, al medir las actividades y la calidad con que las realizamos, obtenemos una evaluación indirecta del bienestar mental. Otro ejemplo ilustrativo de cómo se refleja el bienestar mental y social ocurre en situaciones de ansiedad o depresión, donde nuestro comportamiento en redes sociales puede revelar patrones distintivos. Aunque no podemos medir directamente el bienestar social, podemos evaluar conexiones sociales digitales, interacciones, conversaciones, entre otros elementos relevantes (Jacobson y Bhattacharya, 2022). Este enfoque nos permite utilizar indicadores tangibles para entender y mejorar aspectos clave de nuestro bienestar integral.

Entonces, para obtener información sobre las actividades que estamos llevando a cabo, se recurre a los datos proporcionados por diversos sensores, los cuales son sometidos a un procesamiento y análisis mediante algoritmos de IA. Por ejemplo, a través de cámaras, podemos “ver” eventos en una escena, los micrófonos nos permiten “escuchar” los sonidos que generamos, mientras que los acelerómetros o giroscopios nos ayudan a “sentir” nuestros movimientos. De esta manera, se logra identificar acciones como encender la estufa y luego abandonar el área olvidando la tarea de cocinar. Asimismo, es posible medir la manera en que una persona gestio-

na su atención al abrir y cambiar entre varias aplicaciones en su teléfono. Este enfoque integrado de sensores y algoritmos de inteligencia artificial permite una comprensión detallada de nuestras actividades cotidianas.

## **Evolución de la Inteligencia Artificial**

El concepto de inteligencia artificial se originó en la década de 1950 y se refiere a la capacidad de las máquinas o agentes creados por los seres humanos para simular inteligencia, es decir, adquirir comprensión y capacidad de resolución de problemas. A lo largo de los años, se han desarrollado diversas técnicas de IA que han permitido abordar problemas cada vez más complejos. En sus primeras etapas, las técnicas de IA se centraron en la creación de sistemas basados en reglas, por ejemplo, “si ocurre x, realiza esta acción; si no, realiza esta otra”. Estas reglas se derivaban del análisis de la experiencia de expertos en campos específicos. Bajo este enfoque, se realizaron contribuciones significativas en el ámbito de la salud, como los proyectos Dendral (Buchanan & Feigenbaum, 1978) y MYCIN (Kaul et al., 2020), que se dedicaron a la identificación de moléculas orgánicas y al diagnóstico de enfermedades infecciosas, respectivamente. Estos proyectos representaron hitos importantes al aplicar la inteligencia artificial para abordar desafíos médicos y sentaron las bases para futuros avances en la intersección de la tecnología y la atención médica.

En la década de 1980, surgieron nuevos enfoques de inteligencia artificial conocidos como Aprendizaje de Máquina (Machine Learning, ML). A diferencia de los algoritmos tradicionales, donde las reglas son introducidas directamente por las personas, los algoritmos de ML permiten que las máquinas aprendan automáticamente a través del análisis de información disponible. Por ejemplo, se han realizado aportes en donde se suministran a la computadora diversas imágenes de radiografías pulmonares, abarcando tanto casos saludables como enfermos (Gonem et al., 2020). Empleando algoritmos de ML, se analiza la información para identificar las características relevantes en las radiografías que diferencian entre ambos tipos de pulmones. Cada radiografía se denomina con la palabra “ejemplo”, lo que implica que, en ML, el aprendizaje se lleva a cabo a través de ejemplos.

Es importante destacar que las máquinas, por sí solas, no son capaces de resolver problemas complejos. La intervención humana es esencial en

todas las etapas del ML. Por ejemplo, los ejemplos de entrada deben prepararse de manera que puedan ser adecuadamente interpretados por las computadoras, y se proporcionan modelos a la máquina que sirven como guía para el aprendizaje. Durante este proceso, se ajustan los parámetros para encontrar la configuración que mejor resuelve el problema. La sinergia entre la capacidad de aprendizaje automático de las máquinas y la dirección humana es fundamental para el éxito de las aplicaciones de ML en diversas áreas.

Dentro del campo del aprendizaje de máquina (ML), destacan los algoritmos conocidos como deep learning o aprendizaje profundo. A diferencia del ML clásico, estos algoritmos tienen la capacidad única de encontrar representaciones complejas de los datos dentro de su propia estructura o arquitectura, demostrando resultados superiores en una variedad de problemas. Esta característica ha propiciado el desarrollo de aplicaciones más sofisticadas y complejas, desempeñando un papel clave en los avances que respaldan la salud. Un ejemplo notable de la influencia del Deep Learning en el ámbito de la salud es su aplicación en el procesamiento de lenguaje natural, que ha facilitado la creación de asistentes virtuales diseñados para apoyar a los profesionales médicos, como WATSON de IBM o el chatbot Pharmabot (Kaul et al., 2020). Además, los avances en visión computacional han permitido mejoras significativas en la interpretación de imágenes médicas.

### **Ejemplos de uso de IA en la salud**

Desde los primeros días de la inteligencia artificial hasta la actualidad, se han realizado numerosos avances significativos en el ámbito de la salud. La descripción de estos logros puede clasificarse de diversas maneras, y se han llevado a cabo revisiones sistemáticas en trabajos como (Jiang et al., 2017) y (Apell y Eriksson, 2023), los cuales detallan diversas investigaciones de IA centradas en el ámbito de la salud. A continuación, se presentan ejemplos representativos de lo que la IA puede lograr. La organización de estos ejemplos sigue una estructura temática que abarca diagnósticos, apoyo a cuidadores, terapias o medicamentos adaptados a cada individuo, y aportes en conjunto con otras disciplinas. Cada uno de estos aspectos



destaca la versatilidad y el impacto potencial de la IA en diversas áreas cruciales para el bienestar y el avance de la atención médica.

## Diagnósticos

Un diagnóstico consiste en determinar si una persona padece de una enfermedad o condición médica. Los diagnósticos se realizan por personas expertas en medicina a través de examinar los síntomas que se observan y que manifiesta el paciente, sus antecedentes médicos e historia familiar. También se analizan resultados de estudios de laboratorio, como sanguíneos o de tejidos, y de otros tipos de estudios, como radiografías, tomografías, entre otros. En algunos casos se requiere llevar a cabo un diagnóstico diferencial, ya que hay enfermedades que comparten síntomas.

Como se ha expuesto previamente, la obtención de mediciones de las manifestaciones físicas de los pacientes mediante dispositivos es esencial en el ámbito médico. Con el propósito de optimizar el proceso de diagnóstico, se han desarrollado contribuciones que emplean algoritmos de IA. Estas aportaciones utilizan la información recopilada para generar sugerencias diagnósticas, las cuales requieren la evaluación de un profesional médico especializado. Un ejemplo destacado de esta aplicación es la utilización de técnicas de aprendizaje profundo, específicamente la implementación de Redes Neuronales Convolucionales, en el análisis de radiografías de pecho y tomografías computarizadas para facilitar la identificación de casos de covid-19 (Subramanian et al., 2022).

Dada la diversidad de síntomas asociados a una enfermedad, se han explorado distintos enfoques, como la evaluación de tos para determinar la probabilidad de que una persona padezca covid. En este contexto, investigaciones recientes han empleado diversas técnicas de aprendizaje automático con este propósito (Pahar et al., 2021). Si bien las imágenes médicas, como radiografías y tomografías, brindan información relevante sobre el estado pulmonar de los pacientes y son fundamentales en el diagnóstico de covid, su adquisición puede ser costosa y demorada, generando la necesidad de evitar su utilización innecesaria para prevenir contagios. Por otro lado, la detección rápida de tos asociada probablemente a covid proporciona una evaluación inicial que, aunque no siempre arroje resul-

tados concluyentes, presenta la ventaja de ser ágil y, si se implementa en dispositivos móviles, puede reducir el riesgo de contagios. Por tal motivo, es deseable utilizar información que se complementa mutuamente para mejorar los resultados en los diagnósticos lo que constituye un enfoque integral y efectivo en la mejora de los procesos médicos de diagnóstico.

Otras investigaciones centradas en el diagnóstico de enfermedades mediante inteligencia artificial, particularmente a través de técnicas de aprendizaje automático clásico y aprendizaje profundo, abordan la identificación de retinopatías diabéticas (Das et al., 2022), la detección de cáncer de mama (Fátima et al., 2020) y otros tipos de cáncer (Kourou et al., 2021). Estos trabajos enfrentan desafíos significativos, no solo al diagnosticar enfermedades ya presentes en los pacientes, sino también al aspirar a preverlas en etapas tempranas para evitar o retrasar los síntomas, mejorando así la calidad de vida de las personas.

Otro ejemplo destacado de la aplicación de la IA en el ámbito de la salud; se observa en la utilización de electroencefalogramas (EEG), que registran la actividad eléctrica del cerebro mediante electrodos colocados en la cabeza. Por ejemplo, se ha propuesto la utilización de estos sensores junto con una combinación de diversas técnicas de aprendizaje automático para la detección de convulsiones, un indicador que puede llevar al desarrollo de epilepsia (Lekshmy et al., 2022). Además, debido a la naturaleza de estos sensores, también se han revelado como herramientas útiles para el diagnóstico de enfermedades mentales, como la depresión (Sarkar et al., 2022).

Además, se han emprendido investigaciones centradas en el diagnóstico en las cuales no se realizan mediciones directas de señales físicas, sino que se basan en el análisis del comportamiento de las personas, lo que ayuda a los expertos a determinar si alguien presenta o no una condición específica. Un ejemplo ilustrativo es el estudio del comportamiento de las personas al observar su entorno, ya que se ha descubierto que, mediante algoritmos de IA, es posible identificar patrones distintivos en la forma en que fijan la mirada en objetos relacionados con el deterioro cognitivo (Beltrán et al., 2018). Siguiendo esta misma línea de enfoque basado en las fijaciones oculares, se han desarrollado trabajos específicos para respaldar el diagnóstico de personas que presentan trastorno del espectro autista

(Alcañiz et al., 2022). Este enfoque novedoso destaca la utilidad de la inteligencia artificial en la interpretación de comportamientos sutiles para mejorar el proceso de diagnóstico en condiciones médicas complejas.

En términos generales, la comunidad científica ha contribuido y continúa haciéndolo mediante investigaciones que emplean IA en el diagnóstico de enfermedades (Bakator y Radosav, 2018). Surge la interrogante de por qué es valioso delegar a la IA tareas tan delicadas como el diagnóstico, cuando esta función puede ser llevada a cabo por personas. La respuesta radica en la capacidad de la IA para analizar grandes cantidades de información en un periodo de tiempo significativamente menor que los seres humanos. Además, las limitaciones de horario y capacidad de análisis de datos durante una jornada laboral son factores restrictivos para las personas. Existiendo también regiones remotas sin acceso a expertos capaces de analizar los datos, la IA se presenta como una solución para superar esta barrera geográfica.

### **Cuidado de personas**

Existen situaciones en las que las personas no pueden valerse por sí mismas, ya sea debido a una circunstancia temporal, como la recuperación de un accidente o una enfermedad no grave, o porque se encuentran en una condición que demanda apoyo continuo, como una discapacidad o un deterioro cognitivo. En tales casos, estas personas dependen del cuidado de otros, quienes pueden estar a cargo tanto de tareas simples como de aspectos fundamentales de su vida diaria. La responsabilidad de cuidar a otra persona puede ser exigente y desafiante, llegando incluso a requerir atención constante las 24 horas del día. Este compromiso refleja la necesidad crucial de apoyo y atención dedicada para aquellos que enfrentan limitaciones temporales o permanentes en su capacidad de autosuficiencia.

Por esta razón, la IA se ha empleado para desarrollar iniciativas que brinden apoyo a las personas encargadas del cuidado. Este respaldo adopta diversas formas. Por ejemplo, se han desarrollado sistemas capaces de monitorear a personas con deterioro cognitivo, para alertar a sus cuidadores sobre situaciones que requieren atención inmediata y así disminuir su carga de trabajo y la presencia de accidentes y heridas (Kim et al., 2023).

Otro ejemplo de aplicación se enfoca en algoritmos inteligentes para indicar la posible formación de úlceras de presión en pacientes postrados, y así sus cuidadores tomen decisiones sobre cambios de posición y aseo en las áreas con potencial de desarrollo (Silva et al., 2022). Asimismo, se ha propuesto utilizar agentes conversacionales con pacientes con demencia ya que este tipo de sistemas pueden responder preguntas repetitivas, apoyarles en recordar actividades pendientes y tomar medicamentos, lo que reduce la carga de trabajo de sus cuidadores (Jiménez et al., 2022).

### **Personalización de terapias o medicamentos**

Usando IA, se han desarrollado propuestas a cambiar el enfoque en la indicación de medicamentos a pacientes. Tradicionalmente, los medicamentos se prescriben bajo un esquema de prueba y error, y el medicamento se ajusta dependiente de cómo reaccionó el paciente. Ya que las personas somos diferentes, lo que le funciona a una persona puede causar efectos secundarios o retrasar la recuperación en otra. Sin embargo, en la actualidad se tiene una rica fuente de datos que ha sido aprovechada para entrenar algoritmos de aprendizaje automático, los cuales pueden prever los posibles efectos de tratamientos en nuevas personas basándose en similitudes con individuos previos en los registros electrónicos.

Estos datos existen debido a que durante las últimas décadas los centros de atención médica han experimentado una transformación digital significativa, generando una vasta cantidad de datos almacenados en registros electrónicos de salud de individuos, con información detallada sobre las características individuales de las personas y sus respuestas a tratamientos específicos. Este enfoque permite realizar recomendaciones de tratamientos respaldadas por evidencia de casos similares en vez de indicar medicamentos con un enfoque de prueba y error. El término medicina de precisión se utiliza para describir la medicina personalizada de acuerdo con las características de cada paciente.

En el ámbito de algunas enfermedades, como la diabetes, además de la información contenida en los registros electrónicos, han surgido herramientas innovadoras que emplean IA e Internet de las Cosas para analizar automáticamente el estilo de vida de las personas, abarcando aspectos

como el nivel de actividad y la alimentación. Estas herramientas no solo motivan a las personas a adoptar hábitos de vida saludables, sino que también optimizan las terapias de insulina personalizadas.

Como se aprecia, entre más información tengamos sobre los pacientes, sus tratamientos son más precisos. En este sentido, las investigaciones en inteligencia artificial trabajan estrechamente con otras disciplinas, como la genómica, para proponer avances tecnológicos que resultan cada vez más sorprendentes. Por ejemplo, en el área de la Farmagenómica, que se refiere a conocer como las variaciones genéticas en las personas afectan el cómo van a responder a los fármacos, se ha utilizado la IA para analizar grandes cantidades de datos genómicos para encontrar patrones o variantes genómicas y sus respuestas específicas a medicamentos. Esto permite a las personas expertas en salud apoyarse en sistemas para seleccionar tanto medicamentos y dosis de acuerdo con la información genética de los pacientes y predecir cómo responderá ante los mismos.

### **Integración multidisciplinaria**

Además de la IA, existen otras disciplinas que desempeñan un papel relevante en la actualidad, por ejemplo, la biología, genómica, nanotecnología y cómputo cuántico. Todas estas disciplinas se han visto beneficiadas por los recientes avances tecnológicos que proporcionan una gran capacidad de almacenamiento y procesamiento de datos. Aunque los objetivos de cada disciplina son distintos, actualmente se encuentran estrechamente relacionadas y se apoyan entre sí.

Además de su aplicación en Farmagenómica, la IA despliega su capacidad en colaboración multidisciplinaria con la genómica y la biología, especialmente en el ámbito de la biología sintética. Esta disciplina implica la aplicación de principios ingenieriles para reprogramar células con el fin de satisfacer necesidades humanas mediante la mejora de sistemas biológicos (Xie et al., 2016). En el ámbito de la salud, la intervención de la IA se manifiesta en la modificación de células y la reconfiguración o resíntesis de sistemas regulatorios, contribuyendo así al diagnóstico y tratamiento de enfermedades de manera más específica. Este enfoque se materializa mediante la implantación de genes en el cuerpo humano, destinados a co-

regir defectos específicos (Zhao et al., 2023). La IA desempeña un papel crucial en este proceso, analizando datos biológicos para prever el funcionamiento de las secuencias genéticas implantadas y anticipar el comportamiento de los sistemas biológicos en respuesta a las modificaciones genéticas realizadas, entre otros aportes significativos.

La nanotecnología constituye un campo dedicado a la manipulación de la materia a escala nanométrica. Gracias al enfoque multidisciplinario en esta área, han surgido subcampos notables como la nanobiotecnología y la nanomedicina, los cuales se aplican con diversos propósitos vinculados a la salud. Entre estas aplicaciones se encuentran la detección de enfermedades, el tratamiento personalizado, el descubrimiento de medicamentos y otras aplicaciones innovadoras (Malik et al., 2023). Un ejemplo destacado de esta colaboración multidisciplinaria es el desarrollo de nanomateriales diseñados para detectar y tratar moléculas cancerígenas.

En este contexto, la IA desempeña un papel crucial al optimizar las propiedades de los materiales en función del medicamento específico, las características de los fluidos biológicos, la respuesta del sistema inmune, las membranas celulares y la vasculatura (Adir et al., 2020). Este enfoque integrado no solo permite avances significativos en la comprensión y abordaje de enfermedades, sino que también ilustra cómo la sinergia entre diferentes áreas, como la nanotecnología, biología y la IA pueden generar soluciones más efectivas y personalizadas en el ámbito de la salud.

### **Prospectiva de la IA para apoyar a la salud**

La inteligencia artificial ha impulsado avances significativos en diversos aspectos de la salud, algunos de los cuales ya son una realidad, mientras que otros ofrecen un potencial prometedor a corto y largo plazo. Estos avances abarcan áreas como diagnósticos y tratamientos personalizados, tecnologías para el cuidado de personas, desarrollo de fármacos y estrategias para modificar el comportamiento a favor de adoptar hábitos saludables en la vida diaria.

En la actualidad, se han desarrollado herramientas avanzadas, como ChatGPT, que han demostrado su eficacia en el ámbito de la salud. Esta tecnología resulta especialmente beneficiosa al facilitar consultas de in-

formación en un lenguaje accesible, generando resultados que pueden ser aprovechados por profesionales médicos y responsables de la toma de decisiones en el campo de la salud. Además, no solo contribuye a la obtención de datos precisos, sino que también desempeña un papel relevante en el bienestar mental de los pacientes al fomentar la interacción social e incluso integrarse en sistemas robóticos. La mejora continua de la calidad de los resultados proporcionados por estas herramientas permitirá diseñar sistemas de apoyo aún más confiables, con conversaciones más fluidas y adaptadas a las necesidades específicas de los usuarios. Este avance promete impulsar la eficiencia y la accesibilidad en el ámbito de la salud, siendo un potenciador en la evolución de la asistencia médica a través de la inteligencia artificial.

La viabilidad de los aportes actuales ha sido posible gracias a la disponibilidad de recursos para almacenar y procesar grandes conjuntos de datos, provenientes de mediciones de actividades y comportamientos de las personas, datos clínicos, genéticos, entre otros. En el futuro cercano, se anticipa un constante crecimiento en la cantidad de datos, brindando la oportunidad de diseñar algoritmos de IA más potentes y eficaces en la identificación de patrones y predicciones. Este progreso irá de la mano con el aumento en la capacidad para almacenar y procesar volúmenes aún mayores de información.

Por otro lado, la aparición de nuevos dispositivos de sensado llevará consigo propuestas innovadoras para la toma de mediciones. Los avances en el desarrollo de baterías mejoradas y capacidades de transmisión permitirán la utilización de sensores de dimensiones reducidas, posibilitando la recopilación de una gama más amplia de datos. En este contexto, los desarrollos en nanotecnología se perfilan como un posible punto de inflexión con beneficios significativos no solo en mediciones, sino también en tratamientos focalizados.

En una perspectiva a largo plazo, el cómputo cuántico emerge como un componente de extraordinario potencial, capaz de acelerar de manera exponencial el análisis de datos, la optimización de procesos y la resolución de problemas en el ámbito de la salud. Sin embargo, es importante reconocer que este campo aún se halla en sus fases iniciales de desarrollo, con retos técnicos que deben superarse para lograr aplicaciones prácticas.

Mantener una atención constante sobre los avances en cómputo cuántico se vuelve esencial, ya que su evolución podría desencadenar una auténtica revolución en el diseño y la mejora de sistemas dentro del sector de la salud. Estar alerta a estos desarrollos nos permitirá anticipar y capitalizar las innovaciones que puedan surgir, preparándonos para los potenciales cambios paradigmáticos que la aplicación exitosa de la computación cuántica podría aportar a la mejora de la atención médica y la investigación biomédica.

La IA ya se ha consolidado como una herramienta fundamental en el apoyo a la salud, y los próximos avances surgirán al integrarse con disciplinas como la genética, biología, robótica y nanotecnología. En conjunto, existe un gran potencial para avanzar en la medicina de precisión, diagnósticos tempranos de enfermedades crónicas, cuidado de personas, rehabilitación, toma de decisiones médicas y mucho más, limitado solo por nuestra imaginación para proponer nuevas formas de respaldar la salud.

En este capítulo se muestra solo una probadita de la enorme cantidad de aportes que ha realizado la comunidad científica. La intención es sembrar en el lector el gusanito de la curiosidad en esta área y motivar la creatividad de aquellas personas que pudieran contribuir con nuevos aportes.



## Referencias

- Adir, O., Poley, M., Chen, G., Froim, S., Krinsky, N., Shklover, J., Shainsky-Roitman, J., Lammers, T. y Schroeder, A. (2020). Integrating Artificial Intelligence and Nanotechnology for Precision Cancer Medicine. En *Advanced Materials*, 32(13). Wiley-VCH Verlag. <https://doi.org/10.1002/adma.201901989>
- Alcañiz, M., Chicchi-Giglioli, I. A., Carrasco-Ribelles, L. A., Marín-Morales, J., Minissi, M. E., Teruel-García, G., Sirera, M., & Abad, L. (2022). *Eye gaze as a biomarker in the recognition of autism spectrum disorder using virtual reality and machine learning: A proof of concept for diagnosis*. *Autism Research*, 15(1), 131-145. <https://doi.org/10.1002/aur.2636>
- Apell, P., & Eriksson, H. (2023). Artificial intelligence (AI) healthcare technology innovations: the current state and challenges from a life science industry perspective. *Technology Analysis and Strategic Management*, 35(2), 179–193. <https://doi.org/10.1080/09537325.2021.1971188>
- Bakator, M., & Radosav, D. (2018). Deep learning and medical diagnosis: A review of literature. In *Multimodal Technologies and Interaction*, 2(3). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/mti2030047>
- Beltrán, J., García-Vázquez, M. S., Benois-Pineau, J., Gutierrez-Robledo, L. M., & Dartigues, J. F. (2018). Computational Techniques for Eye Movements Analysis towards Supporting Early Diagnosis of Alzheimer's Disease: A Review. En *Computational and Mathematical Methods in Medicine* (Vol. 2018). Hindawi Limited. <https://doi.org/10.1155/2018/2676409>
- Buchanan, B. G., & Feigenbaum, E. A. (1978). *Dendral and Meta-Dendral: Their Applications Dimension*. *Artificial Intelligence*, 11(1), 5-24. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0004-3702\(78\)90010-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0004-3702(78)90010-3)
- Das, D., Biswas, S. K., & Bandyopadhyay, S. (2022). *A critical review on diagnosis of diabetic retinopathy using machine learning and deep learning*. *Multimedia Tools and Applications*, 81(18), 25613-25655. <https://doi.org/10.1007/s11042-022-12642-4>
- Fatima, N., Liu, L., Hong, S., & Ahmed, H. (2020). Prediction of Breast Cancer, Comparative Review of Machine Learning Techniques, and Their Analysis. In *IEEE Access*, 8, 150360–150376. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3016715>

- Gonem, S., Janssens, W., Das, N., & Topalovic, M. (2020). *Applications of artificial intelligence and machine learning in respiratory medicine*. In *Thorax*, 75(8), 695-701. BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2020-214556>
- Jacobson, N. C., & Bhattacharya, S. (2022). *Digital biomarkers of anxiety disorder symptom changes: Personalized deep learning models using smartphone sensors accurately predict anxiety symptoms from ecological momentary assessments*. *Behaviour Research and Therapy*, 149. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2021.104013>
- Jiang, F., Jiang, Y., Zhi, H., Dong, Y., Li, H., Ma, S., Wang, Y., Dong, Q., Shen, H., & Wang, Y. (2017). Artificial intelligence in healthcare: Past, present and future. In *Stroke and Vascular Neurology* (Vol. 2, Issue 4, pp. 230–243). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/svn-2017-000101>
- Jiménez, S., Favela, J., Quezada, A., Ramachandran, R., & Juárez-Ramírez, R. (2022). *Towards Conversational Agents to support Informal Caregivers of People with Dementia: Challenges and Opportunities*. *Programming and Computer Software*, 48(8), 606–613. <https://doi.org/10.1134/S036176882208014X>
- Kaul, V., Enslin, S., & Gross, S. A. (2020). History of artificial intelligence in medicine. En *Gastrointestinal Endoscopy* (Vol. 92, Issue 4, pp. 807–812). Mosby Inc. <https://doi.org/10.1016/j.gie.2020.06.040>
- Kim, K., Jang, J., Park, H., Jeong, J., Shin, D., & Shin, D. (2023). *Detecting Abnormal Behaviors in Dementia Patients Using Lifelog Data: A Machine Learning Approach*. *Information (Switzerland)*, 14(8). <https://doi.org/10.3390/info14080433>
- Kourou, K., Exarchos, K. P., Papaloukas, C., Sakaloglou, P., Exarchos, T., & Fotiadis, D. I. (2021). Applied machine learning in cancer research: A systematic review for patient diagnosis, classification and prognosis. In *Computational and Structural Biotechnology Journal* (Vol. 19, pp. 5546-5555). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2021.10.006>
- Lekshmy, H. O., Panickar, D., & Harikumar, S. (2022). Comparative analysis of multiple machine learning algorithms for epileptic seizure prediction. *Journal of Physics: Conference Series*, 2161(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2161/1/012055>
- Malik, S., Muhammad, K., & Waheed, Y. (2023). Emerging Applications of Nanotechnology in Healthcare and Medicine. In *Molecules*, 28(18).

- Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/molecules28186624>
- Sarkar, A., Singh, A., & Chakraborty, R. (2022). A deep learning-based comparative study to track mental depression from EEG data. *Neuroscience Informatics*, 2(4), 100039. <https://doi.org/10.1016/j.neuri.2022.100039>
- Silva, A., Metrôlho, J., Ribeiro, F., Fidalgo, F., Santos, O., & Dionisio, R. (2022). A Review of Intelligent Sensor-Based Systems for Pressure Ulcer Prevention. In *Computers* (Vol. 11, Issue 1). MDPI. <https://doi.org/10.3390/computers11010006>
- Xie, M., Haellman, V., & Fussenegger, M. (2016). Synthetic biology - application-oriented cell engineering. In *Current Opinion in Biotechnology* (Vol. 40, pp. 139–148). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.cop-bio.2016.04.005>
- Zhao, N., Song, Y., Xie, X., Zhu, Z., Duan, C., Nong, C., Wang, H., & Bao, R. (2023). Synthetic biology-inspired cell engineering in diagnosis, treatment, and drug development. In *Signal Transduction and Targeted Therapy* (Vol. 8, Issue 1). Springer Nature. <https://doi.org/10.1038/s41392-023-01375-x>

