

Transdigital[®]

revista científica

Volumen 5

Número 10

Julio - diciembre
2024

ISSN: 2683-328X

Sociedad de Investigación
sobre Estudios Digitales S. C.

La revista científica *Transdigital* es una publicación semestral bajo el modelo de publicación continua editada por la Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales S.C. Hasta ahora, la revista ha sido indizada en: Latindex, ERIHPLUS, REDIB, EuroPub, LivRe, AURA, DRJI, BASE, MIAR, Index Copernicus, OpenAire-Explore, Google Scholar, ROAD, Sherpa Romeo, Elektronische Zeitschriftenbibliothek, WorldCat, CiteFactor, Dimensions, Eurasian Scientific Journal Index y IP Indexing.

Dirección oficial: Circuito Altos Juriquilla 1132. C.P. 76230, Querétaro, México. Tel. +52 (442) 301-3238. Página web oficial: www.revista-transdigital.org. Correo electrónico: aescudero@revista-transdigital.org. Editor en jefe: Alejandro Escudero-Nahón (ORCID: 0000-0001-8245-0838). Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2022-020912091600-102. International Standard Serial Number (ISSN): 2683-328X; ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor (México). Responsable de la última actualización: Editor en jefe: Dr. Alejandro Escudero-Nahón.

Todos los artículos en la revista *Transdigital* están licenciados bajo Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0). Usted es libre de: Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato. Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente. La persona licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia. Lo anterior, bajo los siguientes términos: Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante. No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.



Transdigital[®]

revista científica

Potencial de la tecnología en la medicina:
retos y oportunidades para México

The potential of technology in medicine:
challenges and opportunities for Mexico



Enrique Duran Granados*
Instituto Politécnico Nacional, México
ORCID: 0009-0005-9747-3369



Claudia Marina Vicario Solórzano
Instituto Politécnico Nacional, México
ORCID: 0000-0003-0144-3607



Potencial de la tecnología en la medicina: retos y oportunidades para México

The potential of technology in medicine: challenges and opportunities for Mexico

Resumen

La industria médica es el área donde el uso de tecnología transformó los entornos de evaluación de la salud humana. Esto propició el uso de tendencias tecnológicas como mecanismo de procuración médica. Actualmente, existen diferentes términos técnicos que forman parte de la comunidad médica. Esto les proporciona un dinamismo comparable a algunos sectores industriales como el de la aeronáutica. Desde su origen, la medicina aceptó el uso de técnicas y desarrollo científico como parte esencial de sus procedimientos y métodos para la atención de enfermedades, padecimientos o brotes infecciosos. Conocer esta situación en la industria médica nacional permite ubicar el potencial y las oportunidades que existen en este sector. Esta investigación proporcionó un panorama general de la terminología y los aspectos más relevantes relacionado al uso de esta y otras tecnologías en la industria médica. La seguridad y el uso de la información se unen para crear infraestructura tecnológica que representa una fuente de innovación dentro de la industria médica.

Palabras clave: internet de las cosas médicas, almacenaje en la nube, inteligencia artificial, aprendizaje de máquina, redes neuronales convolucionales, ehealth, mhealth

Abstract

The medical industry is the area where the use of technology transformed human health assessment environments. This led to the use of technological trends as a medical procurement mechanism. Currently, there are different technical terms that are part of the medical community. This provides them with a dynamism comparable to some industrial sectors such as aeronautics. From its origin, medicine accepted the use of scientific techniques and development as an essential part of its procedures and methods for the care of diseases, illnesses or infectious outbreaks. Knowing this situation in the national medical industry allows us to locate the potential and opportunities that exist in this sector. This research provided a general overview of the terminology and the most relevant aspects related to the use of this and other technologies in the medical industry. Security and the use of information come together to create technological infrastructure that represents a source of innovation within the medical industry.

Keywords: internet of medical things, storage cloud, artificial intelligence, machine learning, convolutional neural networks, eHealth, mHealth

1. Introducción

En la actualidad, la industria médica utiliza la tecnología dentro del ámbito industrial. Esto demostró el uso de estas herramientas en múltiples procedimientos. En épocas recientes, la telemedicina considera el monitoreo remoto de pacientes después de su alta hospitalaria, pues permite supervisar la evolución de su sintomatología por medio de llamadas telefónicas, correos electrónicos o videoconferencias (França et al., 2021). Asimismo, en este siglo la tecnología utiliza las Unidades de Procesamiento Gráfico (GPU por sus siglas en inglés), cambia los paradigmas de la infraestructura de las tecnologías de la información (TI), y desarrolla algoritmos de cálculo más eficientes. Esto permitió el auge de la inteligencia artificial (IA).

En consecuencia, la telemedicina evolucionó en unidades más sofisticadas que permiten un monitoreo claro y preciso de la condición que posee un determinado paciente. Esto produjo aplicaciones y dispositivos sofisticados que permiten atender la salud por medio del internet de las cosas médicas (IoMT por sus siglas en inglés), pues registra las condiciones de un paciente en la *nube*. Con estos datos es posible elaborar estadísticas que permite a organismos de la salud crear planes de cuidado para determinados sectores de la sociedad, como los ancianos o personas en sitios rurales.

Los datos recabados permiten crear protocolos médicos para la búsqueda de infecciones, el monitoreo y el seguimiento de enfermedades. Esto reduce los índices de atención urgente por parte de la infraestructura médica. Además, son una herramienta de diagnóstico que permite contener algunos casos epidemiológicos, pues sirven para evitar el colapso de la infraestructura médica, como en la pasada pandemia de COVID-19. Lo mencionado hasta ahora establece, en términos generales, el amplio reconocimiento del uso de la tecnología dentro del dominio del cuidado médico (Berner, 2009).

Para este estudio fue de interés el diagnóstico asistido por computadora por medio de sistemas expertos de diagnóstico heurístico (Gorry & Barnett, 1968). En múltiples desarrollos, es posible conjugar imágenes procedentes de los órganos internos del cuerpo humano y la IA para detectar alguna patología. Esto permite que el paciente reciba atención oportuna por parte de la infraestructura médica pública o privada. Además, este trabajo indagó sobre el estado que guarda el uso de los mencionados sistemas y la infraestructura tecnológica en México.

Finalmente, es importante resaltar que la tecnología permeó en el ámbito médico hasta el punto de concebir nuevos modelos conceptuales basados en la práctica (Shaw et al., 2017). Estos se ubican dentro de la llamada salud digital (*eHealth*) que considera el uso de la computación para atender las necesidades del sector médico en base en la estructura, los servicios y las aplicaciones que ofrecen las TI. Sin embargo, con el aumento en la infraestructura de las redes celulares dentro de las telecomunicaciones se impulsó el uso de las *apps* dentro del ámbito médico (Tripathi & Reed, 2014). Esto ofrece sugerencias de salud y obtiene el registro en tiempo real

de los órganos internos del cuerpo humano a través de dispositivos y del internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés).

Lo enunciado en los párrafos anteriores representó un notorio avance para la telemedicina dentro de la industria médica, pues posibilita encontrar una gran variedad de aplicaciones instaladas en los teléfonos inteligentes (Sait et al., 2019). Por lo tanto, la atención médica adquiere su connotación de Salud Móvil (mHealth), pues involucra una infraestructura computacional más especializada. A través de estas aplicaciones se recolectan datos para ser analizados por algún especialista. En la actualidad, estas aplicaciones se enfocan en diversas patologías (Tabla 1). Por ejemplo, a los pacientes con problemas neurológicos se les atiende de manera sistemática y se centra la atención en la sintomatología específica del paciente (Josefiok et al., 2015). Otro ejemplo es la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (COPD, por sus siglas en inglés) (Sobnath et al., 2017).

Tabla 1

Lista de aplicaciones móviles para la atención de COPD

Nombre	Tipo	Características
<i>COPD @Point of Care</i>	Médico	Maneja tratamiento, resultados de laboratorio, exacerbaciones, efectos secundarios, historial médico, educación del paciente y gráficos.
<i>COPDb</i>	Educacional	Historia clínica, espirometría, examen médico, educación y calendario.
<i>Pulmonology pocket</i>	Educacional	Orientación, evaluación, seguimiento, calculadoras interactivas, búsqueda por índices y tabla de medicación.
<i>MiniAtlas COPD</i>	Médico	Educación, comunicación e imágenes.
<i>COPD Guide</i>	Educacional	Educación.
<i>COPDexchange</i>	Médico	Educación y calculadoras.
<i>COPD Diary Card</i>	Médico	Rutinas diarias y correo.
<i>Me&MyCOPD</i>	Médico	Objetivos, estado, asesoramiento, plan de cuidados y educación.
<i>Calculate by QxMD</i>	Médico/Calculadora	Calculadora médica.
<i>Daxas-HCP</i>	Educacional	Guías y educación para profesionales médicos.
<i>Pulm-Pulmonology Pocket</i>	Educacional	Educación, calculadoras, pautas de tratamiento y tabla de medicación.
<i>Pranayama Free</i>	Educacional	Técnicas de respiración.
<i>COPD Guide</i>	Educacional	Educación y orientaciones.
<i>PulmCCM</i>	Educacional	Educación y orientaciones.
<i>MEDGuide Emergency</i>	Médico	Referencia rápida para emergencias y uso de medicamentos.
<i>Breathefree App</i>	Médico	Datos educativos para elegir inhaladores, calendario, noticias médicas, gravedad de la COPD.

Tabla 1

Lista de aplicaciones móviles para la atención de COPD

Nombre	Tipo	Características
<i>CGI CC360 HealthCenter Phone</i>	Médico	Visión general, resultados y objetivos, diario, cuestionario, calendario, resultado del dispositivo, tratamientos del paciente.
<i>ConnectMyCare</i>	Médico	Enfermeras, síntomas, diario médico, citas, medicamentos, recursos, proveedores, preguntas, recordatorios y calendario.
<i>palmEM: Emergency Medicine</i>	Médico	Referencia rápida de medicamentos.

Nota. Basado en Sobnath et al. (2017).

Es importante considerar cómo influye el uso, el desarrollo y la infraestructura tecnológica de estas *apps* en la industria médica. Más adelante se indagó el estado en que se encuentra la industria médica nacional en relación con la infraestructura y algunos los elementos tecnológicos que se mencionaron anteriormente.

2. El estado de la salud digital en México

Desde los años 50's, los médicos tuvieron un conocimiento imperfecto de los métodos para resolver problemas del diagnóstico médico (Ledley & Lusted, 1959). Esto ocasionó que la industria médica buscara proyectos para mejorar los métodos de diagnóstico (Miller, 2009). Todo esto permitió desarrollar sistemas médicos expertos, como la IA que clasifica imágenes provenientes de los órganos internos del cuerpo humano (Saibene et al., 2021). Además, estas nuevas herramientas son de gran apoyo para los especialistas médicos, pues mejoran las condiciones de emergencia como la pasada crisis epidemiológica de SARS-CoV-2 (Shahi et al., 2023).

En la actualidad, se propalan gran cantidad de trabajos que hacen uso de Redes Neuronales Convolucionales (CNN, por sus siglas en inglés) para clasificar de imágenes provenientes de la caja torácica e identificar el daño producido por el virus SARS-CoV-2 (Syed et al., 2019). Sin embargo, hasta ahora, no es posible encontrar desarrollos similares relacionados a la pasada contingencia epidemiológica y dentro del ámbito médico nacional. Por lo tanto, es importante examinar el estado general que guarda el uso de la tecnología en la medicina tomando en cuenta organismos internacionales.

El Monitor de Salud Digital Global (GDHM, por sus siglas en inglés) señaló que, en México, la participación y la inversión privada relacionada con salud digital está limitada a un fin determinado. Esto posible verlo con la aprobación de protocolos, políticas, marcos o procesos aceptados que rigen el uso clínico y la atención al paciente por medio de dispositivos médicos que usan los servicios de salud digitales. Por ejemplo, telemedicina o aplicaciones. Por otro lado, en relación con la seguridad, la integridad de los datos y la calidad de la atención no está aprobado o implementado (GDHM, 2023). En México, se identificó un rezago en términos de aplicaciones o de inversión (Figura 1). Esto significa que aún no existe un fuerte interés por parte de la industria médica nacional para permitir el uso de la tecnología en la atención oportuna de pacientes o el seguimiento de alguna sintomatología.

Figura 1

Comparativo de los índices de la GDHM que México posee con respecto al promedio global

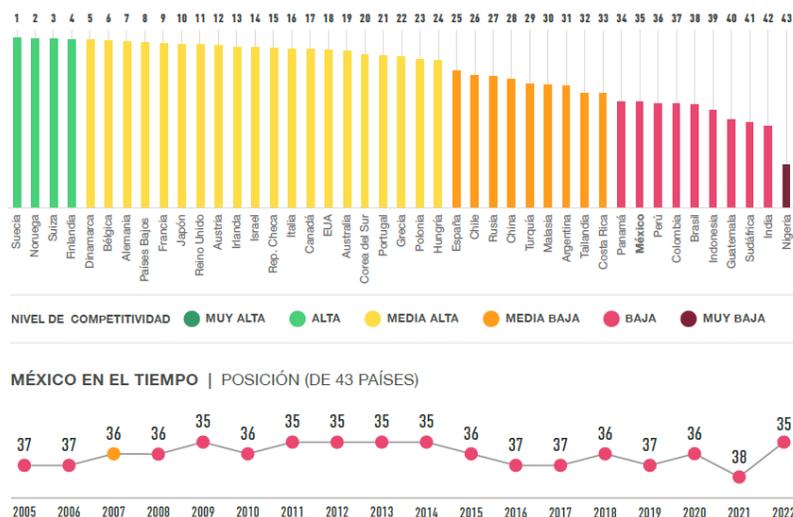


Nota. Adaptado de GDHM (2023).

Fue posible notar una gran limitante en lo relativo a servicios y las aplicaciones (Figura 1). Esto confirmó que la mayor parte de los trabajos realizados en el sentido de la *eHealth* es fuera de México. Además, la *eHealth* no es valorada como un factor estratégico, pues la inversión es muy baja. Por lo tanto, para esclarecer la situación que guarda el acceso a los servicios en México se utilizó el Índice de Competitividad Internacional (ICI), pues en su indicador 15 llamado *subíndice de sociedad* se encontró que México está por debajo en el acceso a servicios públicos, siendo comparado con países de América del Sur (Figura 2). Es importante mencionar que este indicador está bajo desde el 2005. Sin embargo, el 2007 fue el único año en el que este subíndice alcanzó la media alta (Centro de Investigación en Política Pública [IMCO], 2022).

Figura 2

Posición de México en el subíndice de sociedad



Nota. Obtenido de IMCO (2022, párr. 2).

3. La internet de las cosas médicas

Gracias a la salud digital es posible encontrar soluciones que permiten monitorear de manera continua y eficiente a los pacientes a través del internet. Estas soluciones se caracterizaron por el uso de dispositivos que se conectan a la red de *Wifi*, dentro o fuera de alguna instalación médica enfocada en la condición o el cuadro clínico que presenta un determinado paciente (Boutros-Saikali et al., 2018). De esta manera, los dispositivos obtienen datos provenientes de los signos vitales de los órganos internos del cuerpo humano, y gracias a herramientas como el *Big Data* y la IA, de identifican patrones o comportamientos en torno a la salud de los pacientes.

Sin embargo, estas soluciones no se encuentran confinadas a la atención médica directa de técnicos o médicos especializados. Por el contrario, se desarrollaron soluciones que pueden encontrarse dentro de un sofisticado equipo de monitoreo. Para esto, se utiliza la infraestructura de radio y ofrecer un tratamiento especializado. Tomando esto en cuenta, el IoMT es la solución más reciente. En la actualidad, el IoMT se utiliza en *apps* de carácter médico que se instalan en teléfonos inteligentes y permiten la atención médica, o emulan las capacidades de equipo médico, entre otros (Zanjali & Talmale, 2016).

Cabe señalar, que estas aplicaciones son autónomas y sofisticadas, pues permiten mantener el registro de varios pacientes sin demandar grandes recursos o una gran atención por parte de la industria médica (Osorio et al., 2019). Además, es un elemento de ayuda para sectores de la sociedad con limitado acceso a la infraestructura médica, como lo sería la zona rural (Sait et al., 2019). Todo lo anterior, es la primera aproximación en el uso de la tecnología para la atención de los pacientes.

Sin embargo, es necesario señalar que los dispositivos IoMT procesan varios datos, pues es posible obtener información en tiempo real y los equipos médicos pueden actuar antes de la ocurrencia de una fatalidad. Con los datos recabados es posible obtener reportes o gestionar protocolos clínicos con una plataforma de gestión de carácter médico. Esta puede encontrarse dentro de una infraestructura de almacenaje en la *nube*, donde reside al mismo tiempo una Red Neuronal. Asimismo, los datos permiten al personal médico detectar enfermedades.

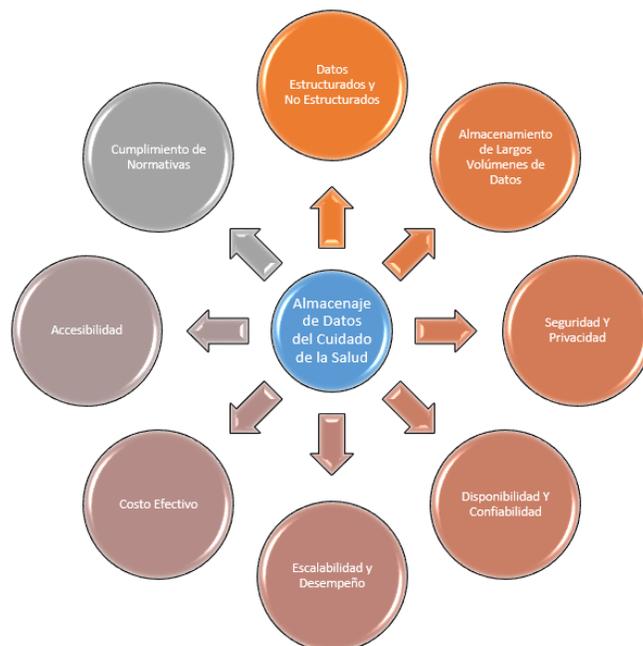
4. La gestión de los datos en el cuidado de la salud

Tradicionalmente, la industria médica tenía un estricto sistema para almacenar información proveniente de los pacientes. Esto evitaba la fuga de datos personales, tenía respaldos propios y utilizaba sus propios sistemas de recuperación. Sin embargo, en fechas recientes el manejo de esta información es un reto para la industria, pues con el creciente número de aplicaciones médicas y dispositivos IoM, la industria médica genera una enorme cantidad de datos. Estos datos inicialmente provenían de los Registros Electrónicos Médicos (EMR, por sus siglas en inglés) o los sistemas de Registro Electrónico de la Salud (EHR, por sus siglas en inglés). Dentro de estos registros se encuentra la historia médica del paciente; las notas clínicas; los reportes médicos; de laboratorio; e imágenes médicas (Aceto et al., 2020). Por ejemplo, la tomografía computarizada (CT, por sus siglas en inglés).

Esto permite comprender todos los datos que un paciente genera. Se estima que se genera alrededor de los 80 MB de datos por paciente al año (Tahir et al., 2020). Tomando esto en cuenta, el almacenaje en la *nube* es la solución más conveniente y confiable para la industria de la salud, pues es más escalable y tiene mejor costo-eficiencia en términos operacionales y de seguridad (Figura 3). Sin embargo, esto no significa que se descuide la seguridad, pues se implementan normativas y marcos de trabajo sobre seguridad en la *nube* (Khrisna Akbar, 2014).

La Protección de la Información de la Salud (PHI, por sus siglas en inglés) se relaciona con los datos que se encuentran en medios electrónicos, como EMR y EHR. Por ejemplo, los *firewalls*, la encriptación de datos *Advanced Encryption Standard* (AES), la seguridad de capa de sockets seguros y capa de transporte (SSL, por sus siglas en inglés) en el tránsito de datos, la gestión de una llave de seguridad, las fuentes de autenticación, y las políticas basadas en la protección en una pérdida de datos (DLP, por sus siglas en inglés) (Esposito et al., 2018).

Figura 3
Requerimientos para la gestión de datos del cuidado médico



Nota. Adaptado de Esposito et al. (2018).

5. Aplicación de la IA en la industria médica

La IA es considerada un área de investigación que hace uso de recursos computacionales capaces de generar el llamado *aprendizaje de máquina*. Esto puede reducir la habilidad humana de pensar y resolver problemas, pero en realidad emula el razonamiento humano. Asimismo, esta herramienta brinda incontables beneficios, como la automatización y el reconocimiento de patrones dentro del área médica de la imagenología (Ozcelik et al., 2024).

Por otro lado, la AI es utilizada dentro del campo de la Biología Computacional, pues combina la biología, la ciencia computacional y las estadísticas para analizar y obtener un modelo de datos biológicos. Por ejemplo, se pueden manipular las secuencias biológicas, como el ácido desoxirribonucleico (ADN) o los nucleótidos de ribosa (ARN). De igual manera, se pueden predecir las estructuras de proteínas y el desempeño en relación estructura-función. Por estas razones, es una herramienta versátil dentro de este campo y habilita el campo de la investigación

médica para manejar cuestiones biológicas, analizar grandes cantidades de información biológica, y desarrollar modelos predictivos (Angermueller et al., 2016).

Todas las capacidades de la IA se convirtieron en un recurso que mejora el entendimiento del mundo biológico, pues existen desafíos críticos en áreas, como el desarrollo de drogas, la genómica y los sistemas biológicos (Cook, 2010). Con lo anterior, fue posible entender que existe un extenso alcance en el uso de la AI dentro de los diferentes ámbitos de la industria médica.

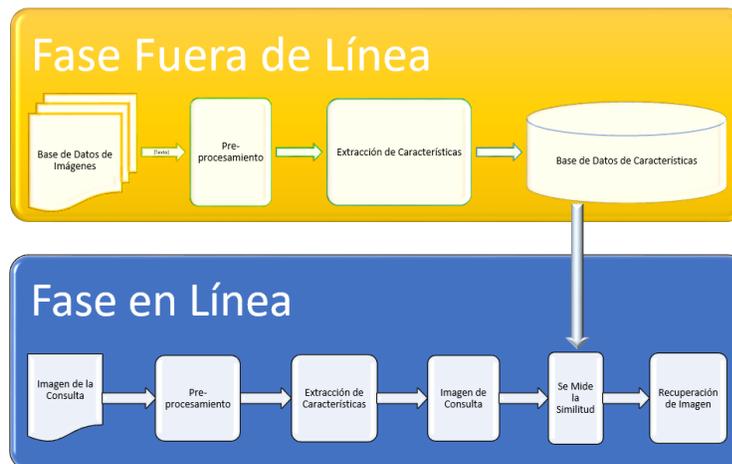
6. Imágenes médicas

El uso de imágenes médicas es la primera aproximación que tienen los técnicos y los médicos especialistas para elaborar un diagnóstico. Las principales modalidades de imagen que se utilizan en que la industria médica son: las CT, las imágenes de resonancia magnética (MRI, por sus siglas en inglés), el ultrasonido y las imágenes de rayos-x. El uso de cada una de las modalidades implica múltiples factores, pues van desde la capacidad económica del paciente hasta aspectos inherentes al tipo de modalidad como la calidad visual de la imagen (Seemann et al., 2004).

Dentro de la industria médica, el uso de estas imágenes forma parte de un gran contenido de registros denominados EMR/EHR. Estos son almacenados en la nube y son obtenidos por medio de un sistema de recuperación de imágenes basada en contenido (CBIR, por sus siglas en inglés) (Figura 4). Además, esto sirve para que el personal médico pueda tomar decisiones críticas con respecto a una enfermedad o daño físico, y obtener un mejor diagnóstico.

Figura 4

Diagrama a bloques de un sistema genérico de razonamiento basado en casos (CBR)



Nota. Basado en Liu Haiming et al. (2009).

El sistema CBR es un método de búsqueda y recuperación de imágenes que funciona a través de un repositorio de imágenes médicas. Sin embargo, uno de los problemas con el uso de sistemas CBR se encuentra en la denominada *brecha semántica*, pues se da entre las características del bajo nivel en la captura de la imagen captada por la máquina y los conceptos semánticos de alto nivel percibidos por los humanos (Liu et al., 2009). Promover el uso de la AI disminuye esta brecha, pues determina patrones para obtener un diagnóstico más rápido (Gao et al., 2019). Esto permite establecerla como una herramienta de soporte para el personal médico, pues mejora la atención de los pacientes.

7. Redes neuronales

Las imágenes provenientes de los órganos internos del cuerpo humano le permiten al personal médico especializado el diagnóstico de enfermedades. Sin embargo, el uso de la visión computacional permite automatizar el reconocimiento de patrones malignos dentro de las imágenes. Esto permite establecer una atención más oportuna de los pacientes, entre otros beneficios ampliamente reconocidos (Dinevski et al., 2013). Actualmente, la visión computacional se basa en el uso de las CNN. Estas son un tipo específico de red que se usan para el

procesamiento de imágenes (Figura 5). Por esta razón, son empleadas para calificar, identificar y desarrollar patrones dentro de diversas industrias.

Figura 5

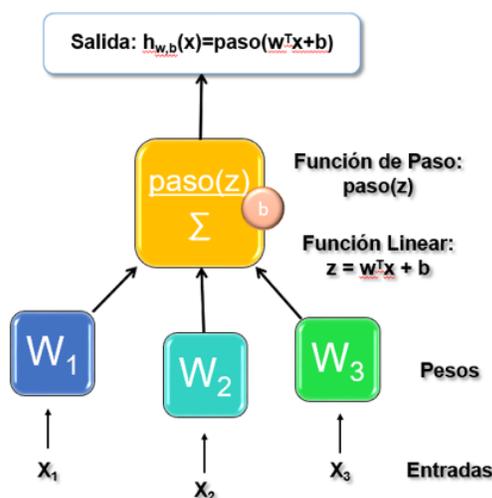
Relación entre IA, aprendizaje de máquina y CNN



En la industria médica, el uso de las redes CNN es un cambio de paradigma de manera significativa. El uso de la palabra neuronal tiene relación con múltiples capas que posee una red neuronal biológica, y emulan el campo computacional con *Perceptron*. Esta es una arquitectura inventada en 1957 por Frank Rosenblatt y se basa en la neurona artificial Unidad Lógica de Umbral (TLU por sus siglas en inglés) o algunas veces llamada Unidad de Umbral Lineal (LTU por sus siglas en inglés). Los umbrales de entrada y salida son números, cada conexión de entrada se encuentra asociada con un peso (Figura 6). La Unidad de Umbral Lineal inicia con el cómputo de una función lineal de sus entradas $z = w_1x_1 + w_2x_2 + w_3x_3 + \dots + w_nx_n + b = w^T x + b$. Estas se aplican en una función de paso con lo que resulta: $z = h_w(x) = \text{paso}(z)$ (Shahi et al., 2023).

Figura 6

Una neurona artificial que computa una suma de pesos de sus entradas $wT x + b$, que se aplican a una función de paso

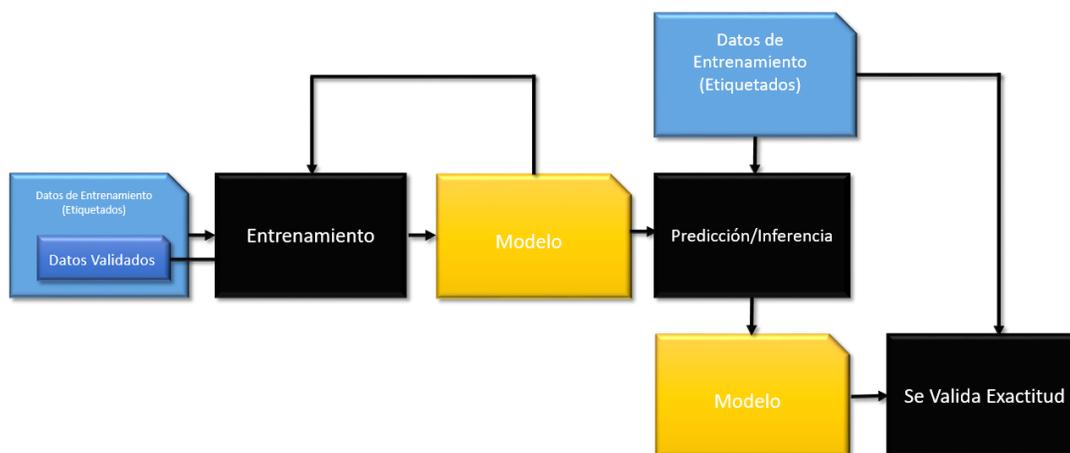


Estos desarrollos también hacen uso de la AI y se relacionan de manera directa con la industria médica, entre los que se encuentran (Syed et al., 2019):

- Desarrollos tecnológicos para el manejo de los registros de pacientes y la asignación de recursos médicos de acuerdo a su condición.
- Creación de planes de tratamiento basados en los datos médicos.
- Servicio de doctores virtuales 24/7 lo que reduce el tiempo de espera.
- Gestión de Inventario y Medicación de pacientes a través del uso de múltiples localidades y existencias.

Adicionalmente, entre los usos de una CNN previamente entrenada, es posible detectar el cáncer de mama, nódulos pulmonares o cáncer de próstata (Greeshma & Viji Gripsy, 2021). Estos patrones malignos pueden pasarse por alto con personal médico poco calificado o con demasiada fatiga. El entrenamiento de una red neuronal permite identificar características discriminativas de varias imágenes, enfocándose en la estadística y la probabilidad de recurrencia (Figura 7). Lo anterior permite que una máquina aprenda, de ahí el término *aprendizaje de máquina* (ML, por sus siglas en inglés) (Holzinger, 2019).

Figura 7
Clasificación de Imágenes usando ML



En la actualidad, estas herramientas son aceptadas por el personal médico y se usan las redes CNN para el procesamiento de imágenes. Anteriormente, se utilizaron otros algoritmos que también fueron de interés para la industria médica. Los más relevantes son:

- *Bag of Visual Words* (BoVW)–Técnica que permite describir de forma compacta imágenes y realizar consultas de similitud.
- *Support Vector Machine* (SVM)–Puede aplicarse a problemas de clasificación y regresión, pero es comúnmente utilizada en el primer caso.
- *Speeded-Up Robust Features* (SURF)–Algoritmo conocido como SURF como un novedoso detector de puntos de interés y descriptor.
- *Local Binary Patterns* (LBP)–Convierte una imagen en escala de grises a nivel de *píxel* en una matriz de números enteros; la cual, describe la imagen original y calcula la representación local de la textura con lo que se consigue una descripción visual para su clasificación.

8. Conclusión

Se concluye que el desarrollo tecnológico permitió a la industria médica mantenerse a la vanguardia. Sin embargo, en México se observa un grave rezago en este sentido, pues no se les da prioridad a la IA o el IoMT. La presencia tecnológica dentro de la industria médica permite el desarrollo de las instituciones que atienden las necesidades de los sectores sociales que conforman una nación. Sin embargo, los aspectos técnicos de este documento solo esbozan un semblante muy reducido de los mismos, pero esto no impide identificar el enorme potencial que guardan las tecnologías como herramientas de ayuda para la industria médica.

Este trabajo mostró la terminología más esencial y algunos elementos que pocas veces se visualizan dentro del ámbito de la biología computacional. Es importante profundizar en estos temas haciendo uso de literatura más especializada. El trabajo realizado en otros países permite asegurar que la mejora en la estructura técnica y la conjugación de tecnologías ahorra recursos y se habilita la posibilidad de una atención médica oportuna y eficaz.

Reconocimientos

Los autores de este trabajo agradecen y dan crédito al Instituto Politécnico Nacional (IPN) por el apoyo recibido a través de los proyectos con Registro SIP 20242872 y 20243977 de los cuales deriva esta contribución.

Referencias

Aceto, G., Persico, V., & Pescapé, A. (2020), Industry 4.0 and Health: Internet of Things, Big Data, and Cloud Computing for Healthcare 4.0. *Journal of Industrial Information Integration*, 18, 100129.

Angermueller, C., Pärnamaa, T., Parts, L., & Stegle, O. (2016). Deep learning for computational biology. *Molecular Systems Biology*, 12(7). <https://doi.org/10.15252/msb.20156651>

Berner, E. S. (2009). Clinical decision support systems: state of the art. *AHRQ publication*, 90069, 1-26.

Boutros-Saikali, N., Saikali, K., & Abou Naoum, R. (2018). An IoMT platform to simplify the development of healthcare monitoring applications [Conferencia]. *2018 Third International Conference on Electrical and Biomedical Engineering, Clean Energy and Green Computing (EBECEGC)*, Beirut, Lebanon.

Cook, D. (2010). Improving drug safety using computational biology. *IDrugs*, 13(2), 85-89.

Duran Granados, E., & Vicario Solórzano, C. M. (2024). Potencial de la tecnología en la medicina: retos y oportunidades para México. *Transdigital*, 5(10), e353. <https://doi.org/10.56162/transdigital353>

- Dinevski, D., Bele, U., Šarenac, T., Rajkovič, U., & Šušteršič, O. (2013). Clinical decision support systems. En G. Grasczew & S. Rakowsky (Eds.), *Telemedicine Techniques and Applications* (pp. 217–238). IntechOpen.
- Esposito, C., De Santis, A., Tortora, G., Chang, H., & Choo, K. R. (2018). Blockchain: A panacea for healthcare cloud-based data security and privacy? *IEEE Cloud Computing*, 5(1), 31–37. <https://doi.org/10.1109/MCC.2018.011791712>
- França, R. P., Iano, Y., Monteiro, A. C. B., & Arthur, R. (2021). A Methodology for Improving Efficiency in Data Transmission in Healthcare Systems. En C. Chakraborty, A. Banerjee, M. Kolekar, L. Garg & B. Chakraborty (eds.), *Internet of Things for Healthcare Technologies* (Vol. 73, pp 49–70). Springer.
- GDHM. (2023). *State of Digital Health around the world today*. Página web oficial de The Global Digital Health Monitor. https://globalhealth.org/?gad_source=1&gclid=Ci0KCQjwgrO4BhC2ARIsAKQ7zUmcRTFirqoqZtqP3q5MOvrKJSz4wi9uY7RgTfirtJ-Ez_HJVX06PxgaAv5vEALw_wcB
- Gorry, G. A., & Barnett, G. O. (1968). Experience with a model of sequential diagnosis. *Computers and Biomedical Research*, 1(5), 490–507.
- Greeshma, K. V., & Viji Gripsy, J. (2021). A Review on Classification and Retrieval of Biomedical Images Using Artificial Intelligence. En P. Siarry, M. Jabbar, R. Aluvalu, A. Abraham & A. Madureira (eds.), *The Fusion of Internet of Things, Artificial Intelligence, and Cloud Computing in Health Care* (pp. 47–66). Springer.
- Holzinger, A. (2019). Introduction to Machine Learning & Knowledge Extraction (MAKE). *Machine Learning and Knowledge Extraction*, 1(1), 1-20.
- IMCO. (2022). *Índice de competitividad internacional 2022*. Página web oficial del Centro de Investigación en Política Pública. <https://imco.org.mx/indice-de-competitividad-internacional-2022/>
- Josefiok, M., Krahn, T., & Sauer, J. (2015). A Survey on Expert Systems for Diagnosis Support in the Field of Neurology. En R. Neves-Silva, L. C. Jain & R. Howlett (eds.), *Intelligent Decision Technologies: Proceedings of the 7th KES International Conference on Intelligent Decision Technologies (KES-IDT 2015)* (Vol. 39, pp. 291–300). Springer.
- Gao, J., Jiang, Q., Zhou, B., & Chen, D. (2019) Convolutional neural networks for computer-aided detection or diagnosis in medical image analysis: An overview. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 16(6), 6536-6561.
- Khrisna Akbar, H. (2014). *Risk management framework with COBIT 5 and risk management framework for cloud computing integration* [Conferencia]. *2014 International Conference of Advanced Informatics: Concept, Theory and Application (ICAICTA)*, Bandung, Indonesia. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7005923>
- Ledley, R. S., & Lusted, L. B. (1959). Reasoning foundations of medical diagnosis. *Science*, 130(3366), 9–21.
- Liu, H., Uren, V., Song, D., & Rüger, S. (2009). A four-factor user interaction model for content-based image retrieval. En L. Azzopardi, G. Kazai, S. Robertson, S. Rüger, M. Shokouhi, D. Song & E. Yilmaz (Eds.), *Advances in Information Retrieval: Theory Second International Conference on the Theory of Information Retrieval, ICTIR 2009 Cambridge, UK, September 10-12, 2009 Proceedings* (Vol. 5766, pp. 297-304). Springer.
-
- Duran Granados, E., & Vicario Solórzano, C. M. (2024). Potencial de la tecnología en la medicina: retos y oportunidades para México. *Transdigital*, 5(10), e353. <https://doi.org/10.56162/transdigital353>

- Miller, R. A. (2009). Computer-assisted diagnostic decision support: history, challenges, and possible paths forward. *Advances in Health Sciences Education*, 14(1), 89–106.
- Tripathi, N., & Reed, J. H. (2014). *Cellular Communications A comprehensive and Practical Guide*. Wiley-IEEE Press.
- Osorio, E. A., Osorio, J. D., & García, D. A. (2019). SafeWalk App, mobile application in health for people living in motor disabilities. IOP Conference Series. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 519, 012019. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/519/1/012019>
- Ozcelik, N., Kivrak, M., Kotan, A., & Selimoğlu, İ. (2024). Lung Cancer Detection Based on Computed Tomography Image Using Convolutional Neural Networks. *Technology and Health Care*, 32(3), 1795-1805.
- Saibene, A., Assale, M., & Giltri, M. (2021). Expert systems: Definitions, advantages, and issues in medical field applications. *Expert Systems with Applications*, 177, 114900.
- Seemann, M. D., Nekolla, S., Ziegler, S., Bengel, F., & Schwaiger, M. (2004). PET/CT: Fundamental principles. *European Journal of Medical Research*, 9(5), 241-246.
- Shahi, A., Chakraborty C., Ghosh, S., & Anand A. (2023) Application of Deep Learning Healthcare. En H. K. Deva Sarma, V. Piuri & A. Kumar Pujari (Eds.), *Machine Learning in Information and Communication Technology Proceedings of ICICT 2021, SMIT* (Vol. 498, pp. 131–140). Springer.
- Shaw, T., McGregor, D., Brunner, M., Keep, M., Janssen, A., & Barnet, S. (2017) What is eHealth (6)? Development of a Conceptual Model for eHealth: Qualitative Study with Key Informants. *Journal of Medical Internet Research*, 19(10), e324.
- Sobnath, D. D., Nada, P., Kayyali, R., Nabhani-Gebara, S., Pierscionek, B., Vaes, A. W., & Kaimakamis, E. (2017). Features of a mobile support app for patients with chronic obstructive pulmonary disease: Literature review and current applications. *JMIR mHealth and uHealth*, 5(2). <https://mhealth.imir.org/2017/2/e17/>
- Syed, M. A., Majid, M., Qayyum, A., Awais, M., Alnowami M., & Khan, M. K. (2019). Medical image analysis using convolutional neural networks: A review. *Journal of Medical Systems*, 42(226).
- Tahir, A., Chen, F., Khan, H. U., Ming, Z., Ahmad, A., Nazir, S., & Shafiq, M. (2020), A Systematic Review on Cloud Storage Mechanisms Concerning e-Healthcare Systems. *Sensors*, 20(18), 5392.
- Sait, U., Shivakumar, S., Lal, K. V., Kumar T., Ravishankar, V. D., & Bhalla, K. (2019). A Mobile Application for Early Diagnosis of Pneumonia in the Rural context [Conferencia]. *2019 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)*, Seattle, Estados Unidos de América.
- Zanjali, S. V., & Talmale, G. R. (2016). Medicine reminder and monitoring system for secure health using IOT. *Procedia Computer Science*, 78(3), 471–476.

Transdigital[®]

revista científica

La revista científica *Transdigital* está indizada en varias bases de datos científicas y evalúa los textos con el sistema de pares de doble ciego. Se admiten Artículos de investigación y Ensayos científicos. Opera con el modelo de *publicación continua*; se reciben textos todo el año. Consulta los costos de publicación y los lineamientos editoriales en la página oficial. Preferentemente, hasta tres autores(as) por texto y máximo 6 mil palabras. Pueden publicarse más autores y otras extensiones con un ajuste al precio.

www.revista-transdigital.org

Transdigital[®]

editorial

La Editorial *Transdigital* publica libros de carácter científico y académico. Se pueden publicar tesis de posgrado, una vez que han sido sometidas al sistema de evaluación de pares de doble ciego. Los libros cuentan con ISBN, DOI y código de barras y también se distribuyen en *Google Books*, *Amazon Kindle*, *Google Play*, *Scribd* y *iBooks* de *Apple*. La editorial es una iniciativa de la Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales y está inscrita en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías con el folio RENIECYT 2400068.

www.editorial-transdigital.org

Transdigital[®]

congreso virtual

El *Congreso Virtual Transdigital* se realiza anualmente de manera totalmente virtual. Las ponencias se publican como capítulo de libro científico con ISBN, DOI y código de barras. Se admiten Artículos de investigación y Ensayos científicos con un máximo de tres autores(as) y 4 mil palabras. Pueden publicarse más autores y otras extensiones con un ajuste al precio. Es una iniciativa de la Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales, inscrita en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías con el folio RENIECYT 2400068.

www.congreso-transdigital.org

