

Informe 4

**Inteligencia Artificial  
y telemedicina**

# **EN EL SECTOR DE LA SALUD - OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS**



/04

**Inteligencia Artificial  
y telemedicina**

**EN EL SECTOR  
DE LA SALUD -  
OPORTUNIDADES  
Y DESAFÍOS**

Título: **Inteligencia artificial y telemedicina en el sector de la salud - Oportunidades y desafíos. Informe 4**

Editor: **CAF**

Gerencia de Infraestructura Física y Transformación Digital

Gerente de Infraestructura Física y Transformación Digital, Antonio Silveira.

Elaborado bajo la dirección de Carlos Santiso, anteriormente responsable de la Dirección de Innovación Digital del Estado y Claudia Flores, directora (E) de Transformación Digital, la supervisión de María Isabel Mejía Jaramillo, ejecutiva senior de la Dirección de Transformación Digital y la coordinación editorial de Nathalie Gerbasi, directora (E) de Capacitación.

Este informe estuvo a cargo de Carlo de Cecco y Marly van Assen, consultores de CAF.

Martha Cecilia Rodríguez fue la responsable de la edición de contenidos y corrección editorial.

Las ideas y planteamientos contenidos en la presente edición son de exclusiva responsabilidad de sus autores y no comprometen la posición oficial de CAF.

Diseño gráfico: Good, Comunicación para el Desarrollo Sostenible

Fotografía de portada: iStockphoto

Esta y otras publicaciones sobre el uso e impacto de la inteligencia artificial en el sector público se encuentran en: [scioteca.caf.com](http://scioteca.caf.com)

Copyright © 2022 Corporación Andina de Fomento. Esta obra está licenciada bajo la Licencia Creative Commons Atribución-No-Comercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita <http://creativecommons.org/by-nc-nd/4.0/>.



INFORME 4

**Inteligencia Artificial  
y telemedicina**

**EN EL SECTOR  
DE LA SALUD -  
OPORTUNIDADES  
Y DESAFÍOS**

# Prólogo

---

La pandemia originada por el COVID-19 ha supuesto un enorme reto para la humanidad y acarreado numerosos y profundos cambios en el mundo, con impactos que abarcan desde alteraciones en los vínculos familiares y laborales hasta graves crisis económicas. Como nunca antes, los países han enfrentado una pandemia con niveles científicos y con tecnologías muy potentes, pero es claro que en ningún caso estaban preparados para los desafíos que han surgido en materia de salud y economía.

Un mundo en crisis busca oportunidades. Desde los primeros picos de la pandemia, en marzo de 2020 los sistemas de salud se vieron enfrentados a atender la crisis con recursos muchas veces limitados, pero que lograron superar los desafíos apoyándose en el uso de la telemedicina y la inteligencia artificial (IA), incipientes en algunos países y con utilización más madura en otros. Sin embargo, es indudable que se evidenciaron las grandes debilidades del sector salud en la región de América Latina y El Caribe, que abarcan desde limitaciones en cobertura y acceso a los servicios hasta deficiencias en recursos humanos e infraestructura.

Este estudio continúa con la serie sobre el uso e impacto de la IA en el sector público en América Latina, con el objetivo de informar este necesario debate, porque las decisiones que tomamos hoy están definiendo nuestro futuro digital. CAF - banco de desarrollo de América Latina, a través de su Dirección de Transformación Digital, promueve la modernización digital para impulsar gobiernos más ágiles, abiertos e innovadores, que se apoyen en las nuevas tecnologías y la inteligencia de datos y fomenten mejoras en la eficiencia de las administraciones y en la calidad de los servicios a los ciudadanos.

En septiembre 2021 CAF lanzó el **Reporte regional “Experiencia: datos e IA en el sector público” que aborda el uso estratégico y responsable de esta tecnología en la administración pública**, con el fin de aportar reflexiones y experiencias que permitan a los gobiernos de América Latina responder a los retos que afrontan en un periodo, sin lugar a duda de grandes incertidumbres y, a la vez, decisivo para su desarrollo sostenible futuro. Esta serie de estudios profundiza con mayor detalle algunas de las temáticas clave abordadas en el reporte.

Este cuarto estudio, realizado por Carlo de Cecco y Marly van Assen, se enfoca en las oportunidades y desafíos que presenta el uso de la inteligencia artificial y la telemedicina en el sector de la salud.

Incluye además una visión sobre la forma en que la universidad de Emory y la red de cuidados médicos Emory Healthcare Network, en el estado de Georgia (Estados Unidos) realiza investigación sobre IA, hace uso de la telemedicina y la ha implantado para enfrentar el COVID-19. Cierra con una serie de conclusiones sobre los factores clave para el éxito y la sostenibilidad de la implantación de la IA y la telemedicina, junto a recomendaciones para la implementación exitosa de estas en el sector de la salud de América Latina.

Esta serie de estudios es parte de una agenda más amplia de apoyo de CAF al uso responsable de la IA en el sector público liderada por María Isabel Mejía, ejecutiva senior de la Dirección de Transformación Digital, a través de un abanico de instrumentos que incluyen la generación de conocimiento accionable y la asesoraría técnica a gobiernos.

**Antonio Silveira**

Gerente de Infraestructura Física y Transformación Digital



# Reconocimientos

---

La publicación de este reporte es responsabilidad de la Gerencia de Infraestructura Física y Transformación Digital de CAF, banco de desarrollo de América Latina, a cargo de Antonio Silveira. El documento ha sido elaborado bajo la dirección de Carlos Santiso, anteriormente responsable de la Dirección de Innovación Digital del Estado y Claudia Flores, directora (E) de Transformación Digital, la supervisión de María Isabel Mejía, ejecutiva senior de la Dirección de Transformación Digital y la coordinación editorial de Nathalie Gerbasi, directora (E) de Capacitación.

CAF agradece a los autores, Carlo de Cecco y Marly van Assen, de la Facultad de Medicina de la Universidad de Emory en Atlanta (Estados Unidos), y a Martha Rodríguez, por el apoyo editorial. Así mismo, a los pares revisores del estudio, Alonso Verdugo de Microsoft y Dilberth Cordero de la Gerencia de Desarrollo Social y Humano.

CAF agradece también nuestros socios estratégicos en esta agenda, Telefónica, Microsoft y el Centro para la Cuarta Revolución Industrial de Colombia.

# Índice

---

<b>Prólogo</b>	6
<b>Reconocimientos</b>	9
<b>Índice</b>	10
<b>INTRODUCCIÓN</b>	12

---

<b>Capítulo 1.</b>	
<b>Telemedicina, oportunidades y desafíos</b>	16
<b>Capítulo 2.</b>	
<b>Desafíos del sistema de salud</b>	20
<b>Capítulo 3.</b>	
<b>Aplicaciones actuales y futuras de la IA y la telemedicina en el cuidado de la salud</b>	26
<b>Capítulo 4.</b>	
<b>Retos y dificultades de la implementación de la IA en el sector de la salud</b>	32
Infraestructura	35
Marco regulatorio	37
Mecanismos de financiación	40
Formación del personal sanitario	41
Educación de los pacientes y relacionamiento	42
Privacidad de los datos, seguridad y accesibilidad	44

**Capítulo 5.**

<b>La inteligencia artificial y la telemedicina en la universidad Emory</b>	48
La investigación sobre inteligencia artificial en Emory	51
La telemedicina en Emory	57
Implantación de la telemedicina durante el COVID	58

**Capítulo 6.**

<b>Conclusiones y recomendaciones</b>	60
Anexo 6 - El caso de Teladoc Health	65

**Bibliografía**

68

**FIGURAS**


---

<b>Figura 2.1</b> Ventajas y limitaciones para la implantación de la telemedicina y la IA	25
<b>Figura 5.1</b> Imagen representativa de un TAC cardiaco e informe radiológico correspondiente	53
<b>Figura 5.2</b> CXRs de tres pacientes y sus correspondientes mapas de calor, generados por IA	55
<b>Figura 5.3</b> Representación espacial latente de los rayos X	56

**RECUADROS**


---

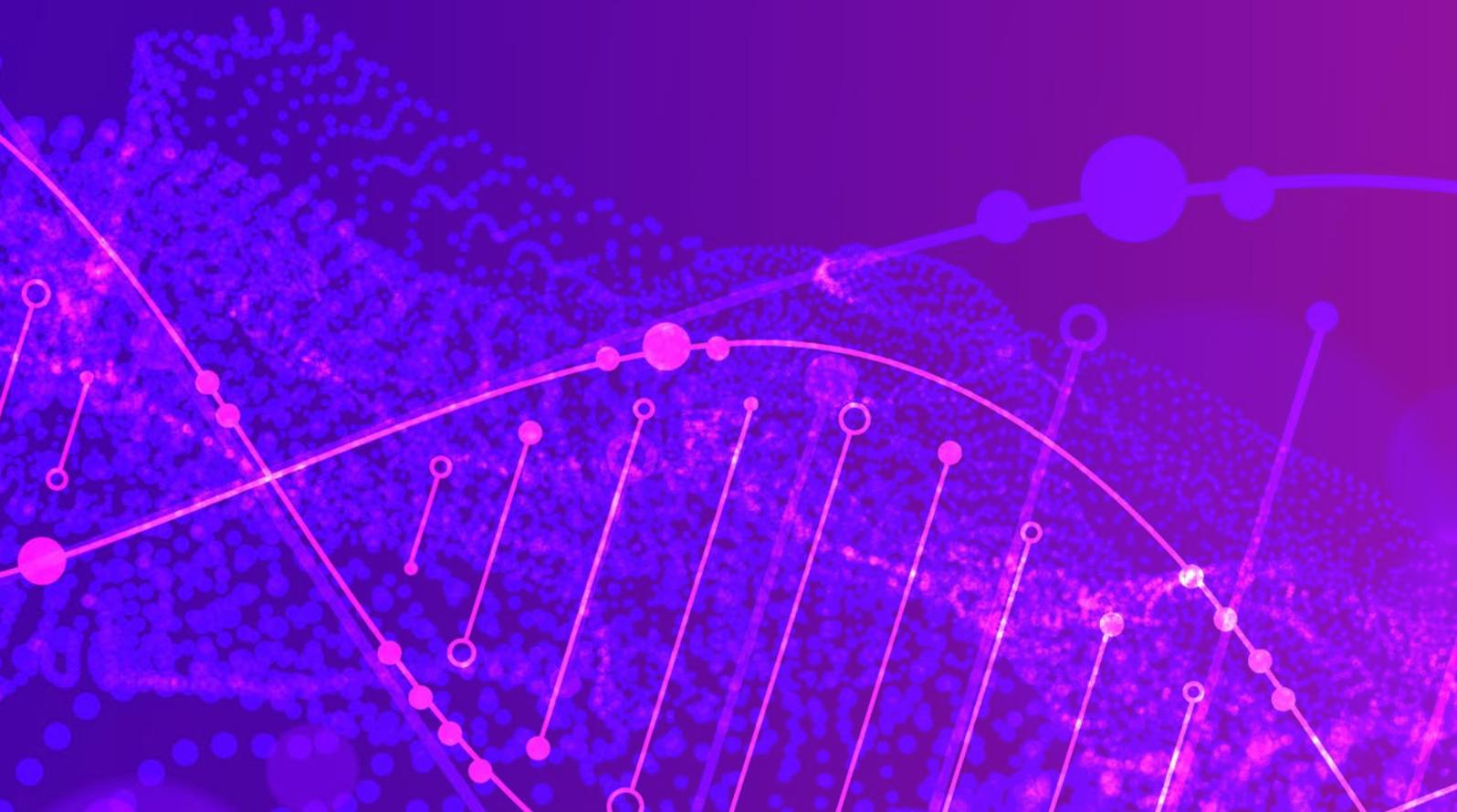
<b>Recuadro 3.1</b> Aplicaciones de la IA en apoyo de la telemedicina	30
<b>Recuadro 3.2</b> Especialidades médicas con innovaciones basadas en la IA	30
<b>Recuadro 4.1</b> El oportunismo de los hackers	47

**GRÁFICOS**


---

<b>Gráfico 5.1</b> Rendimiento del modelo de IA	55
-------------------------------------------------	----

# Introducción







---

La pandemia por COVID-19 ha puesto en evidencia las grandes debilidades de los sectores de salud en muchos países, incluidos los de América Latina y El Caribe. Los problemas en materia de atención sanitaria en la región abarcan desde carencias en cuanto a derechos de cobertura y acceso a los servicios hasta deficiencias en recursos humanos e infraestructuras. Las soluciones a los desafíos que enfrenta la región requieren acciones en múltiples frentes y algunas de ellas se basan en las nuevas tecnologías.

Desde que estalló la pandemia, la telemedicina ha demostrado su capacidad para acercar servicios esenciales a enfermos con problemas de movilidad, personas a las que se desaconsejaba acudir a centros hospitalarios o residentes en zonas aisladas. En los últimos años, ya se había observado un uso creciente de los servicios de salud virtuales, una tendencia que ha impulsado la pandemia.

En el ámbito de la medicina, la inteligencia artificial (IA), junto con otras tecnologías, además de la telemedicina, tiene la potencialidad de facilitar el acceso universal a servicios de salud superando las barreras económicas y geográficas. Así mismo, ofrece la posibilidad de mejorar la precisión y sofisticación de la práctica médica, haciendo deseable la implementación de la IA en este campo.

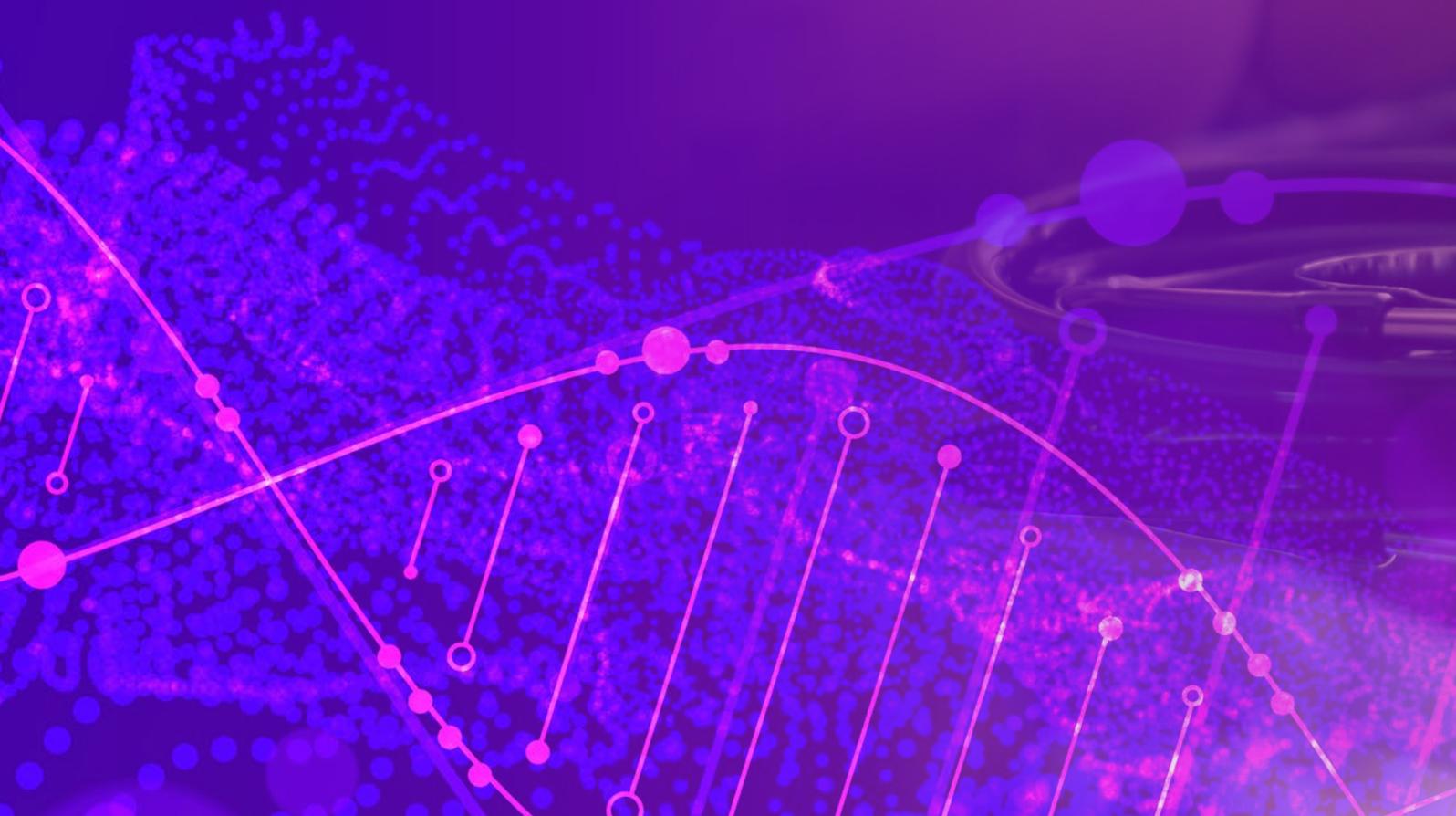
En el presente capítulo se presentarán las posibles aplicaciones, ventajas y posibilidades de la IA en conjunto con la telemedicina, a la vez que se revisarán los desafíos que deberán enfrentar los gobiernos y las sociedades para la implementación de estas tecnologías.

Como estudio de caso se expondrá la experiencia de Emory Health en Estados Unidos, que, junto a la Universidad de Emory, se ha enfrentado a la crisis del COVID-19 haciendo uso de las tecnologías mencionadas. A través de este ejemplo, se conocerán las aplicaciones más recientes de la IA en especialidades médicas como la radiología. Igualmente se mencionan aspectos relevantes del caso de Teladoc, la compañía de telemedicina privada más grande y antigua de Estados Unidos. El capítulo cierra con una serie de recomendaciones para una implementación exitosa de la telemedicina y la IA en el sector de la salud en América Latina (ver Anexo – El caso de Teladoc Health).

A large, white, stylized number '1' with a diagonal slash through it, positioned in the upper left quadrant of the page.

# TELEMEDICINA,

oportunidades y desafíos





**salud se han disparado, alcanzando casi USD 1.300 millones en 103 acuerdos en 2017 y, dados los elevados costos asociados en la mayoría de las regiones del mundo, predicen que es muy probable que la financiación para la IA siga creciendo<sup>1</sup>.**

Esta tecnología puede desempeñar un papel importante para mejorar y ampliar el acceso de la población al sistema público de salud existente, en combinación con la telemedicina. Gigantes de la tecnología, como Tencent (que respalda a WeDoctor) y Baidu en China, y Google e IBM en África, están colaborando con programas locales para crear clínicas inteligentes impulsadas por la IA con el fin de prestar asistencia en zonas rurales. La presión sobre la atención primaria de salud puede reducirse en gran medida si se optimiza el proceso administrativo de los exámenes preventivos, la inmunización, las derivaciones, los sistemas de citas, etc. Por ejemplo, Tanzania y Kenia utilizan registros electrónicos de vacunación que han sido decisivos para cerrar las brechas de inmunización al utilizar la IA para predecir el uso de vacunas en los centros de salud con meses de antelación, lo que permite optimizar la cadena de suministro de vacunas (Oliveira *et al.*, 2017; Adepoju *et al.*).

Lograr la equidad en la atención de la salud y mejorar su calidad son misiones sociales importantes, que pueden potenciarse con la combinación de la IA y la telemedicina, además de reducir los costos en general. Para que los servicios sanitarios sean accesibles para todos, las tecnologías que conduzcan a la reducción de costos desempeñarán un gran papel en el futuro.

Según un análisis de Accenture, cuando se combinan, las principales aplicaciones de IA en el ámbito de la salud clínica pueden crear potencialmente USD 150.000 millones de ahorro anual para la economía sanitaria de Estados Unidos en 2026 (Accenture 2017). Se pueden esperar reducciones similares en otros países, dependiendo de las circunstancias en algunos factores clave como la infraestructura. En 2018, el gasto sanitario fue de USD 11.172 en promedio por persona en Estados Unidos, lo que supone el 17,7% del PIB.

1 Lavender J. Investment in AI for healthcare soars. Healthcare has become a major proving ground for AI capabilities. 2018. URL: <https://home.kpmg/xx/en/home/insights/2018/11/investment-in-ai-for-healthcare-soars.html#:~:text=Since 2015%2C VC investment in,at least match 2017's totals.&text=The use of AI and,is not a new endeavor.> (Consultado el 13 de agosto de 2020).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define la telemedicina de la siguiente manera (Kruse *et al.*, 2018):

*«La prestación de servicios de cuidado de la salud, cuando la distancia es un factor crítico, por parte de todos los profesionales de la salud que utilizan las tecnologías de la información y la comunicación para el intercambio de información válida para el diagnóstico, el tratamiento y la prevención de enfermedades y lesiones, la investigación y la evaluación, y para la formación continua de los proveedores del cuidado de la salud, todo ello con el fin de mejorar la salud de las personas y sus comunidades».*

Aunque faltan ensayos controlados que demuestren la relación costo-efectividad de la telemedicina, hay un acuerdo general sobre su capacidad para mejorar el acceso a la asistencia, reducir los costos asociados y mejorar su calidad (Waller y Stotler, 2018).

La combinación de la telemedicina con la IA permite un uso óptimo de la tecnología de la primera y las capacidades de la segunda. Por ejemplo, utilizando la capacidad de la IA en un entorno de telemedicina, es posible reducir la carga del personal clínico, automatizando tareas, de manera que disponga de más tiempo para la atención de los pacientes, y utilizando aplicaciones avanzadas de IA para apoyar el proceso de diagnóstico.

La IA y los servicios de telemedicina dependen de una rápida conexión inalámbrica a internet, en particular en combinación con dispositivos móviles, como los teléfonos inteligentes. Con la implementación de una conectividad más rápida y amplia, como la que proporcionan las nuevas redes 5G<sup>2</sup>, estas tecnologías permiten llegar a la comunidad rural y, en general, a las personas desatendidas, lo que puede aumentar la cobertura de los servicios a nivel mundial.

Es importante destacar que, aunque las aplicaciones de la IA en el cuidado de la salud están en aumento, todavía se encuentran en una fase temprana de desarrollo, y la mayoría de los casos explorados carecen de datos públicos y de resultados avanzados.

2 La 5G es la quinta generación de redes móviles que está diseñada para conectar prácticamente a todos y a todo. Esta tecnología inalámbrica está pensada para ofrecer velocidades de datos máximas de varios Gbps, una latencia ultrabaja, más fiabilidad que sus predecesoras, una capacidad de red masiva y una mayor disponibilidad.

12

# DESAFÍOS

del sistema de salud





Medical Imaging Software Interface

Mode: Fast view  
Pre: Enhanced

Auto Align

- Auto Detection DMR
- Auto Detection D/R
- Auto Detection AS
- Auto Detection Bx
- Auto Detection GR

0.221  
1.331  
9-19

SYSTEM

60mm  
80%  
1200

Medical Research Enhancement v2.6.556

File Library Edit Project View Window Help

Medical Imaging Software Interface

Medical Imaging Software Interface

Patient	Study	Series	REF.
...	...	02:32	131
...	...	02:35	
...	...	02:36	
...	...	02:35	
...	...	02:32	
...	...	02:35	
...	...	02:36	
...	...	02:35	
...	...	02:36	
...	...	02:35	

Auto Det  
Phase  
Phase over  
Slice thickn  
Slice





**El Grupo del Banco Mundial y la Organización Mundial de la Salud publicaron un informe en 2017 en el que se afirmaba que el 50 % de la población mundial no tiene acceso a los servicios de salud (OMS y Banco Mundial, 2017). La IA y la telemedicina pueden ayudar, en la teoría y en la práctica, a ofrecer asistencia sanitaria a poblaciones que viven en una zona de gran extensión, con distintos grados de acceso a los servicios de salud, utilizando enfoques diferentes.** Las herramientas de análisis de datos basadas en la IA pueden analizar y descubrir patrones en los datos para evaluar la propagación de enfermedades, hacer un seguimiento de los marcadores sanitarios de la población, optimizar la prestación de asistencia en salud y la prescripción de medicamentos. Por ejemplo, las aplicaciones sanitarias digitales y móviles para consultas virtuales, cuando no son posibles las citas presenciales con un médico, están siendo especialmente útiles en entornos con pocos recursos. En Estados Unidos, los informes muestran que casi el 45 % de las personas tienen al menos una enfermedad crónica (Raghupathi y Raghupathi, 2018) y se espera que este porcentaje aumente en los próximos años. Son pacientes que requerirán más atención médica y un mayor seguimiento.

---

## Falta de personal, sobrecarga de trabajo

En los países con sistemas de salud públicos, grandes poblaciones y gran demanda de atención, el sistema sanitario suele tener limitación de personal y estar sobrecargado (Jin *et al.*, 2017; OMS y Banco Mundial, 2017). Según un informe de la OMS, el 44 % de sus Estados miembro afirman tener menos de un médico por cada 1.000 habitantes. China tiene 1,8 médicos por cada 1.000 habitantes, frente a los 2,5 por 1.000 de Estados Unidos y los 3,4 por 1.000 de Australia. El número de médicos en América Latina varía según los países: en la parte inferior, se encuentran Guyana, con 0,8 médicos por cada 1.000 habitantes, y Chile, con 1,12. Países como Argentina, con una media de 3,9 médicos por cada 1.000 personas, se sitúan en el extremo superior de los Estados miembros de la OMS a nivel mundial.

Además de la cantidad de personal, la distribución de hospitales y trabajadores cualificados puede ser problemática. La telemedicina puede ayudar a optimizar la distribución de la asistencia sanitaria y ofrecer flexibilidad a pacientes en diferentes circunstancias para llegar a los proveedores de servicios de salud. La automatización de tareas rutinarias y sencillas mediante la IA puede aumentar la eficiencia y permitir un uso más optimizado de los recursos humanos.

## Desigualdad urbana frente a la rural

Un grave problema en países grandes es la desigualdad entre los servicios sanitarios urbanos y rurales (Jin *et al.*, 2017; Zimmermann *et al.*, 2016; Arruda *et al.*, 2018). Por ejemplo, en los hospitales chinos, en 2013, había 2,26 médicos por cada 1.000 personas en las zonas urbanas frente a 0,80 en las zonas rurales, y se demostró que la densidad de médicos en las zonas rurales tenía un efecto positivo en las visitas ambulatorias (en este caso para la diabetes) (Jin *et al.*, 2017). Un estudio brasileño mostró que, en 2008, la diferencia entre el porcentaje de acceso a los servicios sanitarios en zonas urbanas y rurales era de 3,5 puntos porcentuales (Arruda *et al.*, 2018). La escasez de personal sanitario cualificado y la de instalaciones es una de las principales razones de la baja calidad del cuidado de la salud en las zonas rurales. Se puede utilizar la asistencia sanitaria digital, con el apoyo de la IA, para proporcionar una atención de calidad en entornos remotos.

## Baja calidad de los servicios de atención primaria

La presión sobre la atención primaria puede reducirse en gran medida si se optimiza el proceso administrativo de los exámenes preventivos, la inmunización, las derivaciones, los sistemas de citas, etc. Empresas como Teladoc<sup>3</sup>, dedicada a la IA, la analítica y la atención en plataformas digitales, ofrecen servicios completos de salud primaria virtual y pueden servir como herramienta para seleccionar a los afiliados de alto riesgo y derivarlos a una atención más especializada, al tiempo que sirven de puerta de entrada para necesidades médicas básicas, como resfriados, infecciones respiratorias, sinusitis y faringitis aguda.

## El aumento de los costos de la asistencia sanitaria

Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 16 países latinoamericanos dedicaron menos del 4 % de su PIB a la atención sanitaria en 2018 (Litewka y Heitman, 2020)<sup>4</sup>. Ese año, el gasto sanitario en Estados Unidos fue de USD 11.172 en promedio por habitante, lo que supone el 17,7 % del PIB. El gasto en la atención sanitaria es un importante determinante del estado de salud y del desarrollo económico de una nación. Tener un gasto público bajo en este sector significa que la población paga más gastos de su bolsillo<sup>5</sup>. Solo seis países de la región de las Américas tienen niveles de gasto directo (pagados por el paciente) inferiores al 20 % del gasto sanitario total. Esta cifra, según la OMS, protege a sus poblaciones contra el riesgo de gastos sanitarios empobrecedores o catastróficos (OPS, 2017).

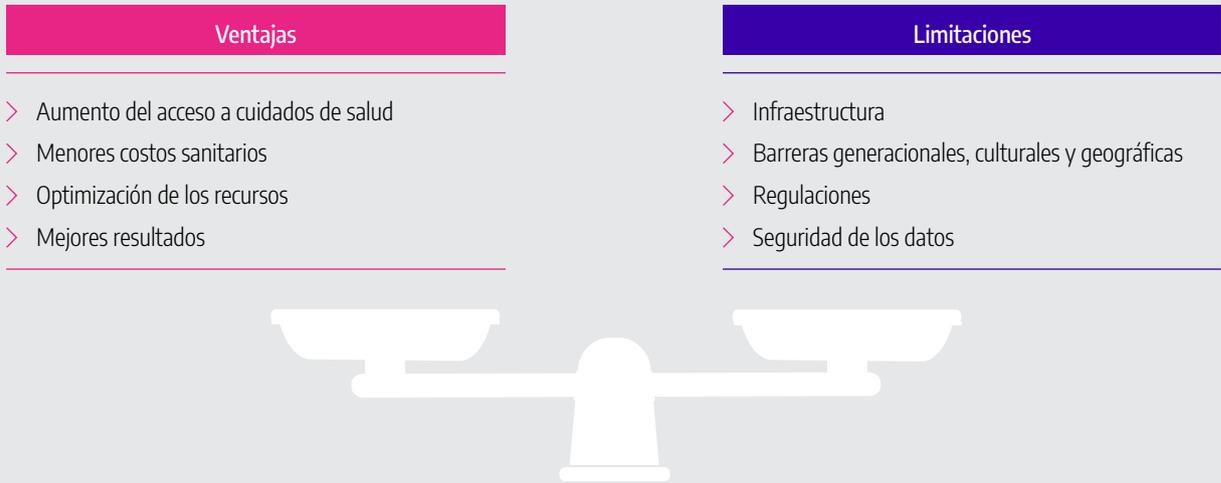
3 Para más detalles sobre el caso de Teladoc, ver de Cecco y van Assen (2021).

4 Los datos de referencia de Litewka y Heitman se apoyan en datos de CEPAL.

5 El pago directo por el paciente en el momento de recibir la atención sanitaria, lo que se conoce como pago de bolsillo, se considera la fuente de financiamiento de los servicios de salud más ineficiente y regresiva, puesto que impacta más a las personas con menos recursos, y constituye una barrera de acceso (OPS, 2017).

En todo el mundo, el acceso a la asistencia sanitaria de alta calidad puede ser difícil debido a una serie de razones, como la falta de opciones de transporte, la inestabilidad económica, las barreras geográficas y la falta de médicos. Según un informe de Gallup, un 25 % de los estadounidenses afirman que ellos o un miembro de su familia pospusieron el tratamiento de una enfermedad grave en el último año debido al costo (Saad, 2019). Al retrasar la atención, se produce una tensión adicional en el uso de los servicios de urgencias. Los datos de la Asociación Americana de Hospitales muestran que las visitas de los pacientes a los servicios de urgencias de los hospitales comunitarios aumentaron un 19 % entre 2001 y 2016, lo que incrementa aún más los costos.

En resumen, el uso de la IA y la telemedicina hacen posible el desarrollo de alternativas eficientes y de bajo costo para la realización de pruebas con fines de diagnóstico y tamizaje y para optimizar el flujo de trabajo médico. La telemedicina facilita a los pacientes el contacto con los proveedores de atención sanitaria de forma virtual y proporciona una opción diferente a la visita a las urgencias, al centro de atención urgente o prioritario y a su médico de cabecera. Al servir de puerta de entrada para la medicina, brinda también una alternativa a los centros de atención de alto costo o a pacientes que necesitan grandes desplazamientos para llegar a los centros sanitarios tradicionales. Las herramientas basadas en la IA no solo supondrán una reducción de costos, sino que también permitirán el análisis a distancia de los resultados, lo que redundará en una mejor distribución de los servicios sanitarios. Algunos ejemplos son las herramientas basadas en la IA para diagnosticar la diabetes, detectar el cáncer de colon o diagnosticar enfermedades de la piel, como el melanoma (Gibson *et al.*, 2017; Friedman, 2009; Bellemo *et al.*, 2019).

**Figura 2.1****Ventajas y limitaciones para la implantación de la telemedicina y la IA**

**Fuente:** Elaboración propia.



/3

# APLICACIONES ACTUALES Y FUTURAS

de la IA y la telemedicina  
en el cuidado de la salud

SI BIEN LA IA HA EXISTIDO DESDE HACE VARIAS DÉCADAS, HA GENERADO DIFERENTES GRADOS DE INTERÉS EN DISTINTOS MOMENTOS, PRINCIPALMENTE DEBIDO A LAS LIMITACIONES DE VARIOS FACTORES, COMO LA POTENCIA INFORMÁTICA Y EL ESPACIO DE ALMACENAMIENTO.



## En general, la IA se basa en tres factores fundamentales:

- 1. Inteligencia de datos (*big data*).** En general, los conjuntos de datos están creciendo rápidamente, ya que ahora son recogidos por dispositivos de detección de información, que son numerosos y económicos, como dispositivos móviles, cámaras aéreas, micrófonos, lectores de radiofrecuencia y redes de sensores inalámbricos, que pueden utilizarse potencialmente para entrenar algoritmos de IA.
- 2. Potencia de cómputo.** Una infraestructura informática local, con recursos de computación y memoria limitados, no es capaz de manejar conjuntos de datos tan grandes. Este factor restringía la utilización de la IA al comienzo de su desarrollo, pero con el aumento de la potencia de cálculo, el entrenamiento de los algoritmos de IA se ha convertido en algo muy factible.
- 3. Algoritmos.** Las verdaderas capacidades de la IA provienen de los algoritmos utilizados. Con el reciente avance de los grandes datos y la potencia de cálculo, los algoritmos de IA son cada vez más complejos.

Por ello, la mayor parte de la investigación en el ámbito de la salud se centra en tres campos principales:

- > Desarrollo de algoritmos de IA más avanzados.
- > Desarrollo de enfoques de IA para extraer, recopilar y estandarizar automáticamente los datos utilizados para el entrenamiento de estos algoritmos.
- > Validación y aplicación de estos algoritmos en el ámbito médico.

La IA puede desempeñar un papel relevante en muchas partes de la asistencia sanitaria y es posible utilizarla para apoyar un enfoque de telemedicina de varias maneras. Los principales campos de aplicación son:

- > Administrativo, para la planificación, la programación, los pagos y las prescripciones.
- > Asistencia por chat, mediante algoritmos de IA en robots conversacionales (*chatbots*), que recomiendan un diagnóstico basado en los síntomas y los datos de salud del paciente y responden a preguntas médicas básicas.
- > Apoyo al diagnóstico o pronóstico. La IA ayuda a examinar los datos de la historia clínica o de eSalud<sup>6</sup> de un paciente, proporcionar recomendaciones de cuidados, analizar patrones de enfermedades en la población y automatizar algunos procesos de diagnóstico.

6 La Organización Panamericana de la Salud define la eSalud como el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones para la salud.

Existen ejemplos adicionales de aplicación de la IA en el campo de la medicina. Estos abarcan desde la programación de citas en línea, los controles en línea en los centros médicos, la digitalización de los historiales médicos, las llamadas de recordatorio para las citas de seguimiento y las fechas de vacunación de los niños y las mujeres embarazadas, hasta la dosificación de medicamentos mediante algoritmos y las advertencias de efectos adversos al recetar combinaciones de medicamentos. Sin embargo, hay pocos ejemplos que hayan llegado a la fase de implementación para fines clínicos reales.

Un estudio realizado en 2016 en Estados Unidos por Sinski *et al.* (2016) descubrió que los médicos pasaban el 27 % de su día de consulta en contacto directo con sus pacientes y el 49,2 % de la jornada completando registros electrónicos del hospital y efectuando trabajo de escritorio. Cuando estaban en la sala de examen con los pacientes, los facultativos destinaban el 52,9 % de su tiempo a los registros electrónicos y al trabajo administrativo. Las cifras muestran que, en Brasil, alrededor del 44 % de los médicos consagran entre 10 y 24 horas a la semana a tareas administrativas, mientras que un 23 % pasa más de 25 horas semanales en esas labores (Leslie y Schubsky, 2019). Las aplicaciones administrativas de IA podrían ayudar a reducir este tiempo y aumentar las horas que los médicos dedican a sus pacientes.

Si bien las categorías de IA predominantes en el mercado son la administrativa y la de asistencia por chat, utilizadas ampliamente en el cuidado de la salud, también existen algunas aplicaciones de diagnóstico. Algunos ejemplos son las herramientas basadas en la IA para diagnosticar la diabetes o detectar ciertos tipos de cáncer, mencionadas anteriormente.

Con la creciente confianza depositada en la IA, se observa una transición en su aplicación, desde tareas simples y fáciles de verificar hasta tareas más complejas, como la evaluación del riesgo del paciente y el pronóstico. Estos algoritmos pueden utilizarse en diferentes campos de la medicina. Si se observan los que ha autorizado la Administración de Alimentación y Medicamentos de Estados Unidos (FDA, por sus siglas en inglés), se identifican muchos en el campo de la radiología, pero también en el de la oftalmología, la patología, la endocrinología y la cardiología (Benjamins *et al.*, 2020).

Antes de incorporar soluciones basadas en IA a un programa de telemedicina, estas aplicaciones deben obtener la aprobación de los sistemas reguladores pertinentes y haber sido validadas exhaustivamente. En concreto, siempre se debe considerar si la población sobre la que se entrenan los algoritmos es comparable con la población para la que se piensa utilizar el algoritmo, aunque hayan superado los requisitos legales. La aprobación previa a la comercialización es más amplia y se utiliza para aquellas aplicaciones que pueden tener un gran impacto en la salud humana, por lo que su evaluación se somete a procesos científicos y regulatorios más exhaustivos, para determinar su seguridad y eficacia. De acuerdo con los registros, en 2020, solo 29 aplicaciones fueron aprobadas por la FDA (Benjamins *et al.*, 2020). La mayoría de ellas se encuentran en el campo de la radiología, la oncología y la cardiología.

**Recuadro 3.1****Aplicaciones de la IA en apoyo de la telemedicina**

Algunos países están desarrollando e implantando aplicaciones para el cuidado de la salud basadas en la IA como apoyo a los programas de telemedicina. Por ejemplo, el Reino Unido ha integrado un sistema sanitario basado en la IA, llamado Babylon, que permite clasificar a los pacientes en función de su urgencia asistencial (Houlton, 2018). Babyl, la versión ruandesa de Babylon, ofrece citas a distancia con los médicos, diligencia recetas médicas, pide pruebas de laboratorio y emite remisiones (Adepoju *et al.*, 2017; Uwaliraye *et al.*, 2019). Empresas como WeDoctor y Ping An ofrecen servicios sanitarios virtuales completos. La primera es un ejemplo de empresa que empezó a utilizar la IA con fines administrativos, poniendo en contacto a los pacientes con personal sanitario adecuado y programando las citas mediante la IA. En la actualidad, WeDoctor ha integrado la IA en todas las facetas de su actividad, utilizándola en sus dos sistemas de diagnóstico para medicina occidental (RealDoctor) y china (Huatuo AI Doctor), en su sistema de seguros y farmacia y en su sistema en la nube, que permite a sus asociados utilizar herramientas como el procesamiento de datos, la gestión de registros, el diagnóstico con IA, la gestión de pensiones y la consulta a distancia basada en los datos de sus pacientes.

Por supuesto, el acceso a los datos de los pacientes para estos fines es objeto de una importante discusión ética a nivel mundial. Es primordial garantizar que todos los pacientes se beneficien por igual de las aplicaciones de la IA.

Otro buen ejemplo de aplicación de la IA para la planificación de la atención médica mediante el uso de la IA son los proyectos en Tanzania y Kenia. Estos países utilizan registros electrónicos de inmunización, fundamentales para cerrar las brechas de inoculación mediante el uso de la IA y predecir el uso de las vacunas en los centros de salud con meses de antelación (Oliveira *et al.*, 2017; World Vision International, 2018; Adepoju *et al.*, 2017; Gibson *et al.*, 2017), lo que permite la optimización de la cadena de suministro de vacunas.

Fuente: Elaboración propia.

**Recuadro 3.2****Especialidades médicas con innovaciones basadas en la IA**

Las dos principales especialidades médicas con innovaciones médicas basadas en la IA son la radiología y la cardiología. La FDA ha aprobado 21 dispositivos médicos (72,4 % de las aplicaciones médicas aprobadas) y 4 algoritmos (13,8 % del total). La radiología es la que más ha avanzado en la implementación de la IA, especialmente con los algoritmos Arterys Inc., Arterys Cardio DL, Arterys Oncology DL y Arterys MICA. Estos están conectados al flujo de trabajo de los sistemas de comunicación y archivo de imágenes de los principales proveedores, como Siemens Healthineers AG (Alemania) y GE Healthcare (Estados Unidos).

Dado que la diabetes afecta a una parte importante de la sociedad, no es de extrañar que los algoritmos para gestionar los niveles de glucosa en la sangre también figuren en esta lista. Los primeros pasos se dieron con la introducción del sistema Guardian Connect, de Medtronic, y el sistema DreaMed Diabetes (DreaMed Diabetes Ltd).

Gracias a la disponibilidad de más datos y al aumento de la potencia informática, se están desarrollando algoritmos sofisticados capaces de abordar problemas más complejos. Estos se centran en aumentar la precisión mediante la inclusión de más datos (imágenes, datos clínicos, textos), identificando relaciones temporales y patrones complejos invisibles para el ojo humano.

La mayoría de los programas informáticos aprobados por la FDA se centran en la simple detección de la enfermedad o en la clasificación de su gravedad. No hay ejemplos de *software* de pronóstico en la lista. Sin embargo, en la literatura de investigación se encuentran ejemplos en el campo de la radiología, que está a la vanguardia y utiliza información de imagen y clínica para evaluar el riesgo cardiovascular (van Rosendaal *et al.*, 2018; Motwani *et al.*, 2017). Otro ejemplo interesante es el uso de un sistema de gestión basado en la web con apoyo de la IA para recoger datos en tiempo real directamente de los pacientes con anemia de células falciformes. El sistema se utiliza principalmente para la gestión y el seguimiento de la enfermedad. Sin embargo, el uso de la IA permite al *software* predecir la cantidad de medicación, basándose en datos anteriores (Khalaf *et al.*, 2015; Pacis *et al.*, 2018).

Fuente: Elaboración propia.

También es importante tener en cuenta los riesgos intrínsecos de los algoritmos de IA, especialmente cuando se aplican a un ámbito complejo como la salud. Los dos principales riesgos que representan una limitación para las amplias aplicaciones de la IA en la asistencia sanitaria son:

- > **La naturaleza de caja negra de la IA y la falta de interpretabilidad.** Los algoritmos de IA toman decisiones que no son interpretables para el personal sanitario que utiliza su *software* y los pacientes podrían sufrir las consecuencias de las decisiones tomadas mediante esta tecnología. Por lo tanto, se percibe un refuerzo de la investigación de técnicas que aumentan la interpretabilidad de los algoritmos de IA. Algunos ejemplos son el uso de mapas de calor para visualizar qué parte de una imagen contribuye al proceso de toma de decisiones de la IA. El objetivo de estos enfoques es aumentar la confianza en la toma de decisiones basadas en esta tecnología, con la esperanza de que aumente la aceptación clínica. También se observa un aumento de los estudios de validación, que utilizan datos de origen local para evaluar si los algoritmos desarrollados por la industria tienen un rendimiento en la población de interés similar al que comunicó el proveedor. Este es un paso esencial para la aplicación de la IA, ya que las diferencias demográficas y la heterogeneidad de la población pueden causar diferencias en la precisión de los modelos de IA y siempre deben evaluarse antes de basar las decisiones clínicas en su resultado.
- > **La mayor necesidad de datos.** La extracción de datos puede ser un proceso de larga duración, especialmente en el ámbito del cuidado de la salud, donde la información se almacena en diferentes formatos y lugares. Además, los datos médicos suelen incluir textos no estandarizados por los facultativos, lo que introduce una variabilidad inherente a la percepción humana. Por ejemplo, la Universidad de Emory cuenta con grupos de investigación específicos centrados en el uso de algoritmos de procesamiento del lenguaje natural (PLN), que son capaces de extraer datos lingüísticos y estandarizarlos para su utilización en el entrenamiento de la IA. Esto permitirá la generación de grandes bases de datos estandarizadas en un tiempo prudencial, permitiendo la colaboración de muchos institutos y aumentando así la posibilidad de generalizar los algoritmos de IA. Un ejemplo concreto se presenta más adelante en este capítulo. Los algoritmos de PLN están ampliamente implementados en otros campos, además del sanitario; por ejemplo, en las barras de búsqueda de los sitios web y en los asistentes virtuales, como Alexa o Siri en un teléfono inteligente (*smartphone*). El buzón de correo basura (*spam*), las transcripciones del buzón de voz de nuestro teléfono o incluso el *Google Translate*, son ejemplos de tecnología PLN en acción.

**Es importante tener en cuenta los riesgos intrínsecos de los algoritmos de IA, especialmente cuando se aplican a un ámbito complejo como la salud. Los dos principales riesgos que representan una limitación para las amplias aplicaciones de la IA en la asistencia sanitaria son la naturaleza de caja negra de la IA y la falta de interpretabilidad, así como la mayor necesidad de datos.**



4

# RETOS Y DIFICULTADES

de la implementación de la  
IA en el **sector de la salud**



AUNQUE LA IA EN EL SECTOR DE LA SALUD ES MUY PROMETEDORA, EXISTEN CIERTOS RETOS Y DIFICULTADES AL IMPLEMENTARLA, COMO SE EXPLICA A CONTINUACIÓN.



---

## Infraestructura

El uso de la IA requiere una infraestructura adicional, centrada sobre todo en una estandarización de los datos. La estandarización es lo que permite usar datos con diferente procedencia en múltiples plataformas de IA, para distintos fines, dependiendo de la aplicación, y almacenarlos en una amplia gama de formatos y sistemas. Esto se debe fundamentalmente a que los datos de la salud han demostrado ser más heterogéneos y variables que los producidos en otros campos (Kruse *et al.*, 2016; He *et al.*, 2019). Si no se realizan esfuerzos tempranos para optimizar la estandarización, la eficacia práctica de las tecnologías de IA se verá gravemente limitada.

La comunidad sanitaria tiene experiencia en proporcionar un formato común estandarizado para estos datos. Los estándares de Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) y el sistema de comunicación y archivo de imágenes (PACS) revolucionaron la imagen médica al proporcionar un estándar y un formato comunes para la gestión de datos. Esta estandarización debe realizarse lo antes posible en el proceso, para que todas las plataformas y aplicaciones desarrolladas puedan utilizar este formato común. En un libro blanco de la Asociación Canadiense de Radiólogos, Tang *et al.* (2018) destacan la importancia de la estandarización, planteando que para un flujo de trabajo radiológico asistido por IA, diferentes proveedores especializados podrían aportar los algoritmos para diversos fines. El uso de un estándar común sería en estos casos necesario para permitir la integración entre estos diferentes algoritmos y para permitir que los algoritmos se ejecuten en diferentes sistemas.

Si no se realizan esfuerzos tempranos para optimizar la estandarización, la eficacia práctica de las tecnologías de IA se verá gravemente limitada, como también mencionan He *et al.* (2019): “Uno de estos conjuntos de normas que está evolucionando rápidamente en todo el mundo con el fin de la traducción clínica es el marco de recursos de interoperabilidad sanitaria rápida (FHIR) (<https://www.hl7.org/fhir/summary.html>). Este marco se basa en el Health Level 7 (HL7), un marco de estándares para el intercambio de información sanitaria electrónica, y está orientado a la implementación”. Un estándar común como FHIR es muy deseable para la implantación a gran escala de aplicaciones de IA en múltiples sistemas sanitarios, hospitales o centros de atención.

Como se ha mencionado, la IA ofrece enormes oportunidades en el ámbito de la asistencia sanitaria, aunque, en la actualidad, hay pocas pruebas de la aplicación de la IA en el mundo real en este campo. Según Leiner *et al.* (2021):

*«una barrera importante es la falta de infraestructuras bien diseñadas, neutrales en cuanto al proveedor y a prueba de futuro para su despliegue. Dado que los algoritmos de IA actuales tienen un alcance muy limitado, se espera que un hospital típico despliegue muchos algoritmos simultáneamente. La gestión de soluciones puntuales independientes para todos estos algoritmos será inmanejable. Una solución a este problema es una plataforma dedicada al despliegue de la IA».*

Uno de los puntos principales señalados por la mayoría de los expertos entrevistados para este estudio es que el éxito de la telemedicina, con o sin IA, depende de la capacidad de los pacientes para acceder a ella. A su vez, dicha capacidad depende en gran medida de la infraestructura digital. Si no hay banda ancha o conexión a Internet, todo el enfoque de telemedicina fracasa. Un informe de Anwar y Prasad (2018) señala que el 75 % de los enfoques de telemedicina naufragaron debido a la inestabilidad práctica.

Se ha analizado la digitalización industrial de los países latinoamericanos de acuerdo con múltiples clasificaciones. Las puntuaciones de digitalización son una representación de varios atributos clave (El-Darwiche *et al.*, 2012), esenciales para la telemedicina:

- > **Ubicuidad**, es decir, el acceso a servicios y aplicaciones digitales.
- > **Asequibilidad**, o disponibilidad a través de precios bajos.
- > **Fiabilidad**, que implica calidad y consistencia de la conexión.
- > **Velocidad**, consistente en las tasas de transmisión de datos en tiempo real.
- > **Utilidad**, facilidad para conectarse y de uso.

El informe sobre digitalización industrial de BloombergNEF de 2019 reporta que Europa y Asia son líderes regionales en lo que se refiere a inversión, gobernanza, mano de obra y tecnología, mientras que Estados Unidos ocupa el noveno lugar (Liu, 2019). Los países mejor clasificados por ese criterio cuentan con políticas innovadoras, planes de inversión y programas de formación que pueden reproducirse. Para hacer realidad los amplios beneficios que ofrece la digitalización, los países necesitan el apoyo de los más altos niveles de gobierno. Todos los países, sea cual sea su nivel de madurez en materia de digitalización, necesitan una agenda nacional, supervisada por el Poder Ejecutivo (El-Darwiche *et al.*, 2012).

Con el creciente uso de la telemedicina y la IA, aumentará la demanda de infraestructura informática. La participación de un socio tecnológico especializado podría ofrecer soluciones estables para proporcionar telemedicina, incluso en las zonas más remotas. Sin embargo, el uso de socios distintos podría ser una desventaja debido a la incompatibilidad de los sistemas. El gobierno podría desempeñar un papel de coordinación para seleccionar el socio óptimo. Un ejemplo es la iniciativa del Servicio Nacional de Salud (NHS) del Reino Unido, que pretende convertir la telesalud y la telemedicina en un estándar de atención en el 2024, creando un portal digital, Health. Este portal está diseñado para ser el punto de entrada digital a través del cual los consumidores puedan acceder a sus datos y a los proveedores de atención médica, y se espera que sustituya a unos 30 millones de visitas médicas en persona al año. El NHS se ha apoyado, además, en tecnologías de la comunicación, como los mensajes de texto. En los últimos años, la comunidad médica ha utilizado a menudo nuevos canales de comunicación, como WhatsApp, en situaciones de emergencia como el accidente de tranvía de Croydon, el incendio de la Torre Grenfell y los atentados terroristas del London Bridge y el Manchester Arena. Sin embargo, estas aplicaciones plantean riesgos de privacidad considerables cuando se comunican datos médicos. Para reducirlos, se han creado nuevos protocolos de orientación e impulsado el desarrollo de Alertive Workforce Management, una empresa de *software* que tiene como objetivo proporcionar comunicaciones seguras y fiables en entornos difíciles para mantener al personal conectado, informado y en control.

Un estudio de Gray *et al.* (2016) demuestra que un modelo de telemedicina es factible con formación, equipamiento adecuado y logística. Para superar las barreras de la consulta en pequeños hospitales rurales, se aplicó un enfoque de telemedicina que incluía un geriatra para atender a distancia mediante videoconferencias inalámbricas y móviles de alta definición; una enfermera

capacitada en la zona rural; una evaluación geriátrica estructurada, configurada en un sistema de apoyo a las decisiones clínicas basado en la web; y el apoyo de un equipo multidisciplinar local.

De Souza *et al.* (2017) presentan el caso del Programa de Desarrollo Institucional del Sistema Único de Salud (PROADI-SUS) en Brasil, por el que se ha puesto en marcha un servicio de telemedicina para situaciones de urgencia y emergencias. Un hospital de alta tecnología (AT) presta servicio a 15 unidades remotas de atención sanitaria (URAS) en 11 estados brasileños diferentes.

*A través de este sistema, los médicos de las unidades de cuidado intensivo (UCI) pueden discutir casos con los especialistas del hospital de alta tecnología, donde una segunda opinión puede ser importante para investigar posibles mejoras en el diagnóstico o el tratamiento. Los recursos de las UCI pueden ser limitados debido a la falta de medicamentos y equipos para asistir a los pacientes (De Souza et al., 2017, p. 528).*

En el estudio se informa que la mayoría de las barreras encontradas durante este proyecto de implantación eran de naturaleza tecnológica. La principal fue la multiplicidad de plataformas de telemedicina existentes y los problemas con Internet, como la velocidad y la calidad de la conexión.

En otro trabajo reciente (Silva *et al.*, 2020), centrado en la situación de la telemedicina en Brasil, se informó sobre la barrera del costo de la implantación de la telemedicina. Brasil implementó una política de telemedicina entre 2008 y 2010, con financiación diversificada a través de fondos públicos. Se reporta que se requiere una alta inversión inicial para la implementación de estos servicios y, a menudo, es difícil convencer a la Administración para que financie las etapas iniciales. Aunque algunos estudios afirman que este elevado costo inicial se diluye a lo largo de los años (Aparecido Nunes *et al.*, 2020), no existen pruebas convincentes para concluir si el uso de las tecnologías de telemedicina demuestra su valor con un nivel de inversión aceptable (Sanyal *et al.*, 2018).

## Marco regulatorio

El marco regulatorio desempeña un papel fundamental en la implantación y adaptación de la telemedicina y la IA. Un ejemplo de cómo un cambio regulatorio puede mejorar significativamente las implantaciones de la telemedicina es la Ley de Asistencia Asequible (LAA) de 2010 en Estados Unidos y, más recientemente, los cambios en la normativa debido al COVID-19 en todo el mundo. No hay que subestimar la ausencia de legislación, pues muchos estudios e informes demuestran que la legislación sobre telemedicina es escasa o incluso totalmente inexistente. La incertidumbre normativa aumenta la dificultad de la implantación y adopción de la telemedicina y la IA (Nittari *et al.*, 2020).

Hay que tener en cuenta varios factores cuando se trata de la regulación:

- > La responsabilidad médica.
- > Las licencias transestatales para los médicos.
- > El reembolso del seguro médico.
- > La seguridad de los datos.

Para la aplicación de la IA, además de la telemedicina, se necesita una regulación y una legislación independientes. La Comisión Europea publicó un libro blanco sobre la IA en febrero de 2020, que incluye declaraciones sobre el uso de esta tecnología con fines médicos (Comisión Europea, 2020b). El libro afirma que la normativa actual de la UE ya proporciona un alto nivel de protección a través de las leyes sobre dispositivos médicos y de protección de datos. Sin embargo, proponen añadir regulaciones específicas que incluyan los requisitos de los datos de entrenamiento, el registro de los conjuntos de datos utilizados, la transparencia, la solidez y la precisión, y la supervisión humana. Su homóloga estadounidense, la FDA, también se pronunció sobre el uso de la IA médica. Mientras que las aplicaciones de asistencia médica, como las de cuantificación, solo requieren una prueba de equivalencia con otros programas informáticos (510(k))<sup>7</sup> (ACR-DSI, 2019; Zuckerman *et al.*, 2011), las aplicaciones de interpretación clínica de datos médicos necesitarán una aprobación más elaborada de la FDA. Para la aceptación e implementación de la IA en la práctica clínica es esencial una validación clínica exhaustiva (Kim *et al.*, 2019).

Un estudio de Kim *et al.* (2019) evaluó la validación de los algoritmos reportados en artículos de investigación de IA de todos los campos médicos, incluyendo radiología, dermatología y patología. El trabajo mostró que solo el 6 % de esos artículos utilizaron la validación externa para evaluar el rendimiento del algoritmo de IA. Desde entonces, se han publicado varias directrices para mejorar el proceso de validación de las aplicaciones médicas de inteligencia artificial (Park y Han, 2018; England y Cheng, 2019) y recientemente se ha visto un aumento de las publicaciones que validan externamente los algoritmos de IA desarrollados por la industria (Martin *et al.*, 2019; Fischer *et al.*, 2020). Esto será de gran ayuda para la implementación de esta tecnología en los flujos de trabajo clínicos y su disponibilidad para potenciar la telemedicina.

Otra cuestión exclusiva de la IA, que debe abordarse en la normativa, es la responsabilidad y la rendición de cuentas. Como indican (He *et al.* 2019), la cuestión principal es: «Si un paciente sufre un evento adverso debido a una tecnología basada en la IA, ¿quién es el responsable?». En la estructura actual del sistema sanitario, la responsabilidad de tomar una decisión adecuada, basada en toda la información presente y la evaluación de la fiabilidad de esta, recae inherentemente en el médico (van Assen *et al.*, 2020; Fischer *et al.*, 2020). Con la implantación de la IA, especialmente con fines diagnósticos, se plantea la cuestión de a quién se traslada esa responsabilidad. ¿Seguirá siendo el radiólogo el responsable de las decisiones y de las consecuencias posteriores o se trasladarán algunas de estas responsabilidades a otras fuentes, como el proveedor de la plataforma de *software*, el desarrollador que construyó el algoritmo o la fuente de los datos de entrenamiento (He *et al.*, 2019). En la actualidad, no existe una normativa estricta al respecto, por lo que una directriz global ayudaría a la implantación de las aplicaciones de IA, especialmente al aumentar la confianza del personal sanitario en su uso.

7 La 510(k) es la notificación previa más solicitada a la FDA para la comercialización en el mercado estadounidense de un dispositivo médico.

8 De Cecco y van Assen (2021) resumen el trabajo de Silva *et al.*, quienes evalúan tres décadas de regulaciones de telemedicina en Brasil.

En Brasil, las primeras legislaciones sobre telemedicina datan del año 2000 y desde entonces han proliferado las regulaciones, pero aún no se puede hablar de un marco regulatorio consolidado (Silva *et al.*, 2020, citado en de Cecco y van Assen, 2021)<sup>8</sup>.

Un estudio de Silva *et al.* (2020) evalúa tres décadas de regulaciones de telemedicina en Brasil (1990-2018). Las primeras legislaciones sobre telemedicina en ese país se aprobaron en el año 2000. De las legislaciones federales, el 8,9% correspondían a la fase de formulación/decisión, el 43% a la fase de organización/implementación y el 48,1% a la fase de expansión/maduración de la política de telemedicina. Según su informe, la expansión y maduración de los servicios de telemedicina comenzó en 2011 con la descentralización de las acciones de política de telemedicina en todo el país. Concluyen que “el campo de la telemedicina brasileña ha crecido y cambiado mucho en los últimos años. Sin embargo, a pesar de la proliferación de legislaciones y regulaciones en el período estudiado, todavía no hay un proceso totalmente consolidado para establecer un marco regulatorio totalmente definido para la telemedicina en Brasil”.

También informan de que la mayoría de los estudios describen soluciones de telemedicina en los hospitales universitarios de las capitales. Esta configuración es la que tiene menos requisitos en cuanto a educación e infraestructura. En Brasil, el establecimiento de la regulación de la telemedicina fue un enfoque de colaboración. Esto también fue enfatizado por múltiples entrevistados: un enfoque exitoso de la telemedicina debe establecerse en colaboración con el personal médico, la industria y el apoyo del gobierno.

En el programa de telemedicina brasilero, los médicos y los dentistas ocuparon puestos de dirección durante la estructuración y la expansión del Programa Nacional de Redes de Telesalud de Brasil, aportando conocimientos científicos relevantes sobre el tema. Además, el campo de la enfermería también desempeñó un papel destacado en la introducción de las tecnologías de la información en la atención sanitaria (Haddad 2012 y 2014). El Consejo Federal de Medicina (FCM), responsable del 63,6% de los profesionales, supervisa y regula la participación de los médicos en actividades relacionadas con la telemedicina en todo Brasil. El FCM, por ejemplo, exige que todos los servicios de telemedicina se registren y que los médicos participantes figuren en una lista para que el FCM pueda vigilar la calidad de la atención, la relación médico-paciente y la preservación del secreto profesional (Consejo Federal de Medicina de Brasil, 2018). Varios documentos demostraron las convicciones políticas y los recursos de los expertos de la coalición:

- > Los Planes Directores de Información y Tecnología de la Información en Salud (Planos Diretores de Informação e Tecnologia da Informação em Saúde) (Cavalcante *et al.* 2015).
- > El Manual de Telesalud para Atención Primaria (Manual de Telessaúde para Atencão Básica).
- > La Guía Metodológica para Programas y Servicios de Telesalud (Guia Metodológico para Programas e Servicos em Telessaúde) (Ministerio de Salud de Brasil, 2019).

Brasil no es el único que ha avanzado en este ámbito. La Organización Panamericana de la Salud (OPS), oficina regional de la Organización Mundial de la Salud (OMS), adoptó la Estrategia y Plan de Acción en e-Salud 2012-2017 (Accenture, 2017) con el propósito de contribuir al desarrollo de sistemas sostenibles y eficientes a través de estrategias que abarcan el uso de las TIC, entre otros muchos esfuerzos de digitalización.

**La Organización Panamericana de la Salud (OPS), oficina regional de la Organización Mundial de la Salud (OMS), adoptó la Estrategia y Plan de Acción en e-Salud 2012-2017 (Accenture, 2017) con el propósito de contribuir al desarrollo de sistemas sostenibles y eficientes a través de estrategias que abarcan el uso de las TIC, entre otros muchos esfuerzos de digitalización.**

En Colombia, esta estrategia condujo al desarrollo de arquitecturas y estructuras para la computación universal, el uso de estándares semánticos, codificación y parámetros, creando un lenguaje común entre las fuentes de información en salud, multiplicando así las posibilidades de uso de estos datos. La legislación colombiana define con gran detalle la importancia de la tecnología informática para facilitar la gestión y la integración de los datos y la información en salud —en condiciones de confiabilidad, interoperabilidad y accesibilidad— a fin de aumentar la calidad de los servicios y lograr un desempeño efectivo del sistema de salud (Rivillas *et al.*, 2014). En 2012, el Ministerio de Salud y Protección Social (MSPS) de Colombia creó el Sistema Nacional de Cáncer (SINCan), en consenso con las instituciones que capturan y administran datos relacionados con esta enfermedad en el país. El sistema cuenta con la participación de registros poblacionales de cáncer, que vienen operando individualmente desde hace mucho tiempo en diversas ciudades como resultado de iniciativas y necesidades de investigación locales. En este sistema se combinan y procesan los datos de diferentes fuentes, con el fin de proporcionar la información necesaria tanto para la planificación de los servicios de salud como para la investigación de las causas y determinantes del cáncer (Rivillas *et al.*, 2014). La legislación establecida para este proyecto podría servir de base para los enfoques de la telemedicina y la IA.

## Mecanismos de financiación

La financiación de cualquier nueva iniciativa sanitaria tiene dos vertientes: por un lado, debe tener incentivos para que las instituciones hospitalarias inviertan en su implantación y por otro, debe ser económicamente atractiva para que los pacientes utilicen el servicio.

El rendimiento óptimo de las aplicaciones de IA depende de la infraestructura subyacente, de la que ya se ha hablado, y del mantenimiento continuo. Este último se refiere no solo a las cantidades crecientes de datos de los pacientes, sino también a la actualización de los algoritmos de *software* y la garantía de operatividad del *hardware* (He *et al.*, 2019). Este mantenimiento debe estar respaldado por un mecanismo de financiación. Actualmente no está claro cómo se reembolsarán las aplicaciones de IA desde el punto de vista clínico. Es importante regular la financiación de las aplicaciones de IA porque se puede abusar potencialmente de ellas para beneficiarse de ciertos medicamentos, pruebas o dispositivos sin que los usuarios clínicos sean conscientes de esta manipulación (Char *et al.*, 2018).

El mecanismo de financiación, al igual que en el caso de la telemedicina, debería proporcionar un incentivo comercial suficiente para motivar que se lleven estas tecnologías a la práctica clínica. Actualmente se sabe muy poco sobre el valor agregado de la IA en el cuidado de la salud, y la aplicación de las tecnologías basadas en la IA a la medicina está todavía en sus primeras etapas. Aunque las inversiones iniciales de los gobiernos, el mundo académico y la industria están creciendo y se espera que continúen en aumento en los próximos años, en última instancia, dependen de los éxitos de la IA para mejorar la atención de la salud. En el caso de las aplicaciones de IA que aumentan la eficacia de los proveedores de asistencia sanitaria (por ejemplo, asumiendo el trabajo administrativo), el costo de estas aplicaciones se cubrirá por sí solo, por lo que es posible que no se necesite financiación adicional.

La regulación del reembolso de estos servicios será de gran ayuda, como se ha visto durante la pandemia ocasionada por el COVID-19. Rentabilizar la telemedicina o la IA cobrando al paciente no es sostenible. Compañías de *software* como Teladoc son sostenibles y siguen creciendo gracias a la colaboración con grandes empresas. Esa colaboración permite ofrecer la telemedicina al mismo precio que el copago o deducible de la atención habitual, lo que la hace económicamente interesante para los pacientes, ya que pueden ahorrar costos de desplazamiento y tiempo. Un estudio sobre

la utilización de la telemedicina en Noruega (Alami *et al.*, 2017), un país con un largo historial en este campo por razones geográficas muestra que la falta de financiación es una barrera para su sostenibilidad. También subraya que el modelo de compensación representa un gran obstáculo para el uso de esta alternativa médica, especialmente para los servicios entre la atención primaria (municipios) y la atención especializada (hospitales). La creación de un sistema económicamente similar al de la asistencia sanitaria ordinaria y la simplificación del proceso y, por tanto, del consumo de tiempo, incentivaría a los proveedores de asistencia sanitaria a implantar la telemedicina de forma sostenible.

Otra cuestión que señalan es la redistribución de los ahorros entre las partes implicadas, lo que podría desincentivar el uso de la telemedicina e informan del siguiente ejemplo:

*«...los hospitales que ofrecen una teleconsulta especializada realizan esta actividad sin hacerse cargo físicamente del paciente. Al mismo tiempo, las autoridades sanitarias pueden ahorrar en gastos de desplazamiento. El reembolso de estos gastos en el norte de Noruega supone USD 1.400 millones al año, aproximadamente el 10 % de su presupuesto sanitario» (Alami *et al.*, 2017).*

La implantación de la telemedicina implica una redistribución de las tareas, la carga de trabajo, los costos y el ahorro entre las distintas partes interesadas, que tienen su propia autonomía y fuentes de financiación. El establecimiento de modelos de cofinanciación y corresponsabilidad es un reto, especialmente para la gestión de las inversiones en equipos y servicios, pero también para el reparto de ahorros y responsabilidades (Alami *et al.*, 2017).

Al igual que en el caso de la telemedicina, el uso de las aplicaciones de IA requiere un mecanismo de financiación que apoye su aplicación.

## Formación del personal sanitario

Para que la IA se utilice con éxito en la práctica, todas las partes interesadas (hospitales, pacientes, entidades de servicios informáticos, médicos y gubernamentales) deben participar activamente en el proceso de implementación. Como comentan van Assen y Cornelissen (2020) en un artículo editorial, el entendimiento mutuo entre todas las partes y la colaboración son imprescindibles, porque el sistema médico se basa en la capacidad de los médicos para tomar decisiones bien informadas y transmitir su razonamiento a colegas y pacientes. Por lo tanto, sigue siendo extremadamente importante proporcionar una comprensión funcional de los algoritmos utilizados en un contexto clínico. Otro artículo editorial de Cabitza, Rasoini y Gensini (2017) analiza un ejemplo de lo que ocurre cuando los resultados de la IA se interpretan sin un contexto médico correcto.

Es recomendable impartir una formación básica sobre IA al personal médico e incluirla en los planes de estudio de las facultades de medicina y de las residencias, lo que aumentaría su adaptación y optimizaría su uso en la atención al paciente. Así mismo, el personal encargado de las tareas administrativas debería recibir formación básica para entender el funcionamiento de los sistemas.

La aplicación de un enfoque de telemedicina, con o sin IA, debe incluir la formación y la educación de los profesionales sanitarios. Cuando la telemedicina se utiliza a través de sistemas externos, por ejemplo, en las zonas rurales, hay que hacer un esfuerzo adicional para formar a los profesionales locales, no solo en el aspecto médico, sino también en el mantenimiento de las instalaciones informáticas, entre otros ámbitos. Una instalación informática de alta tecnología solo tiene valor si está bien mantenida y el personal local puede manejarla.

Además de desarrollar aplicaciones basadas en IA, es útil combinar tantos conocimientos clínicos y técnicos como sea posible para crear una aplicación que funcione para el problema en cuestión. Para optimizar la normativa y la política, es esencial educar a todas las personas implicadas en estos procesos. Como subraya Krupinski<sup>9</sup>, la educación es la base del éxito del uso de la telemedicina a largo plazo. El proceso de implantación de la telemedicina en Emory Healthcare<sup>10</sup>, por ejemplo, incluye una amplia formación y certificación en línea para los profesionales sanitarios, lo que garantiza un uso óptimo de la plataforma de telemedicina y el mantenimiento de la calidad de la atención (Esper *et al.*, 2020). La formación consta de tres módulos, que abarcan conocimientos básicos de telemedicina (definiciones, requisitos legales, etc.), legislación federal, información sobre facturación, e información práctica sobre el proceso de visitas previas, internas y posteriores a la telemedicina.

Como se ha mencionado, existe una diferencia entre la telesalud y la atención sanitaria ordinaria, y los proveedores de servicios médicos deben recibir formación sobre cómo utilizar de forma óptima no solo la infraestructura informática disponible, sino también la dimensión diferente de la relación médico-paciente en la telesalud, y aprender a navegar por la atención al paciente a través de un medio digital utilizando un perfil de comunicación ajustado. Así lo describen otros muchos trabajos sobre telemedicina (Nittari *et al.* 2020; Pathipati *et al.* 2016; Waseh y Dicker, 2019). Un aspecto importante del éxito de la telemedicina es la formación y la profesionalidad de los implicados. El personal médico debe estar adecuadamente preparado para utilizar las plataformas de telemedicina. La preparación sigue siendo responsabilidad de las universidades, las instituciones de formación y las sociedades científicas individuales. Un programa educativo estandarizado ayudaría en gran medida al desempeño de los enfoques de la telemedicina (Nittari *et al.* 2020; Pathipati *et al.* 2016). La integración de lecciones basadas en la telemedicina, e incluso las teleevaluaciones, están siendo de gran valor para las escuelas de medicina y sus estudiantes.

En Brasil, el Ministerio de Salud y el Ministerio de Educación incluyeron servicios de telemedicina en la residencia médica de posgrado, en los programas de residencia multiprofesional (Ministerio de Salud de Brasil, 2012a y 2012b) y en los programas nacionales de formación continua para los profesionales de la salud de atención primaria relacionados con el tratamiento de enfermedades crónicas, la prevención y el tratamiento de la obesidad y el abandono del tabaco (Ministerio de Salud de Brasil, 2013).

9 Elizabeth Krupinski fue entrevistada por el autor para la elaboración de este capítulo. Su posición está también reflejada en el artículo de Esper *et al.* (2020), de la que fue uno de los autores principales.

10 Emory es un centro médico académico de Georgia (Estados Unidos). Se puede ver más información sobre esta entidad en la sección de «La inteligencia artificial y la telemedicina en la universidad Emory».

## Educación de los pacientes y relacionamiento

La educación de los pacientes es necesaria para superar las barreras generacionales, culturales y educativas que garantizan la igualdad de los beneficios de la digitalización en el ámbito médico para toda la población. Las generaciones de mayor edad, con menos conocimientos técnicos, podrían necesitar un apoyo adicional. Un estudio reciente (Lam *et al.*, 2020) investigó la falta de preparación para la telemedicina de los pacientes de más edad durante la pandemia del COVID-19 y concluyó lo siguiente:

*«Los adultos mayores representan el 25 % de las visitas al consultorio médico en los Estados Unidos y a menudo tienen múltiples morbilidades y discapacidades. Trece millones de adultos mayores pueden tener problemas para acceder a los servicios telemédicos; un número desproporcionado de ellos puede estar entre los ya desfavorecidos. Las visitas telefónicas pueden mejorar el acceso de los 6,3 millones de ancianos que, se calcula, no tienen experiencia con la tecnología o tienen discapacidades visuales, pero las visitas telefónicas no son óptimas para la atención que requiere una evaluación visual» (Lam *et al.*, 2020).*

El documento también afirma que los servicios de Medicare y Medicaid<sup>11</sup> de Estados Unidos reembolsan actualmente las visitas telefónicas con tarifas equivalentes a las de las citas en persona y por video, alineando el reembolso con la realidad de quienes no pueden utilizar las visitas por video. Sostienen que los dispositivos de telecomunicación deberían estar cubiertos como una necesidad médica, especialmente dada la correlación entre la pobreza y la falta de preparación para la telemedicina. Un apoyo formativo adicional a esta población mejoraría aún más su acceso a la asistencia sanitaria.

Se observa un problema similar con la implementación de la IA. Los médicos y las entidades de gobierno deberían trabajar juntos para aumentar la confianza de los pacientes en la IA. Las generaciones de más edad, menos familiarizadas con los campos técnicos, podrían necesitar más garantías y explicaciones antes de confiar en el uso de *software* basado en IA. En otros campos, está en auge la IA totalmente integrada, sin que el usuario sea consciente de ello. Ejemplos son los mapas de Google o los filtros de spam del correo electrónico. Si es posible, esto también sería recomendable para el sector sanitario. Sin embargo, para muchas aplicaciones asociadas al campo de la salud, podría ser difícil debido a las regulaciones, entre otros motivos. En estos casos, el gobierno podría ayudar con programas educativos que aumenten la familiaridad y la confianza de la población en la IA.

La telemedicina es algo más que consultas virtuales sin contacto personal. Hay que tener un cuidado extra para crear una relación con el paciente y garantizar un seguimiento adecuado. Una de las principales preocupaciones de la telemedicina es la falta de contacto personal con los pacientes, pues la disminución de las dimensiones sensoriales de la atención médica y de la relación médico-paciente a través de la telemedicina, puede ser un factor importante para el éxito, el fracaso o las consecuencias no deseadas de la misma.

11 Medicare y Medicaid son programas federales de seguro de salud, el primero para mayores de 65 años o personas con ciertas afecciones crónicas y discapacidades, mientras que el segundo está dirigido a personas con bajos ingresos.

Los investigadores que adoptan la perspectiva de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología han dedicado una atención considerable al ejercicio y a la puesta en práctica de la telemedicina (Lupton y Maslen, 2017). Destacan que es un tipo de cuidado de la salud fundamentalmente diferente, en lugar de ser simplemente una réplica de la prestación de asistencia sanitaria convencional a distancia. La telemedicina anima a los pacientes a asumir más responsabilidad en el cuidado de su propia salud. Pero también mencionan los aspectos negativos, como el aumento de la delegación del trabajo, de manera que enfermeras, asistentes y los propios pacientes realizan tareas en ausencia de los médicos. El personal sanitario que utiliza la telemedicina se enfrenta al reto de tener que desarrollar nuevas y diferentes habilidades para que la telemedicina tenga éxito.

**La telemedicina es un tipo de cuidado de la salud fundamentalmente diferente, en lugar de ser simplemente una réplica de la prestación de asistencia sanitaria convencional a distancia. La telemedicina anima a los pacientes a asumir más responsabilidad en el cuidado de su propia salud.**

Esas habilidades serán esenciales para crear confianza entre el paciente y el cuidador. Según McConnochie (2019), el estatus de los profesionales de la medicina en la sociedad y la experiencia previa con un proveedor concreto contribuyen sin duda a crear confianza, pero las interacciones durante un encuentro concreto influyen aún más en el establecimiento de esa relación. Según su experiencia, los pacientes confiaban lo suficiente en la atención prestada a través de la telemedicina como para que, rara vez, buscaran atención en persona tras las visitas telemáticas. Los estudios realizados han descubierto que el contacto pantalla a pantalla ha sido eficaz y han mostrado una buena satisfacción de los pacientes con los enfoques de la telemedicina (Ramaswamy *et al.*, 2020; Nguyen *et al.*, 2020). Las videollamadas podrían ser más adecuadas para establecer una relación y, además, ayudar a traducir la comunicación no verbal y asistir al personal sanitario en los exámenes médicos.

En la Encuesta de Atención Virtual de Planes de Salud realizada por la America's Health Insurance Plans en 2019 (AHIP, 2019), el 80 % de las personas consultadas del plan de salud Medicare Advantage consideraron que la atención virtual era útil para coordinar la atención con otros proveedores y servicios. Una encuesta reciente de la Alliance of Community Health Plans (ACHP) mostró que más del 25 % de los encuestados probaron la atención virtual durante la pandemia, y de ellos, casi el 90 % estaba satisfecho con la experiencia (AMCP, 2020).

## Privacidad de los datos, seguridad y accesibilidad

Otra preocupación crítica, no solo relevante para la telemedicina, sino también para la IA en general, es la privacidad de los datos. Aunque las garantías son elevadas, hay que asegurar la máxima protección de los datos de los pacientes. En este sentido, el mantenimiento, el uso y la sustitución de los dispositivos (que envejecen en poco tiempo) son temas de preocupación muy presentes en todos los artículos analizados (Sanyal *et al.*, 2018).

El aumento de la cantidad de datos digitales ha provocado, en parte, el auge de la IA en el ámbito médico. Los socios industriales están presionando para que se liberen los datos, utilizando la normativa y la protección adecuadas, para utilizarlos en soluciones de IA. El uso de estos datos, recolectados sobre una gran población, puede aumentar y optimizar el uso de la telemedicina. Como se ha mencionado, varias empresas están utilizando la IA para asignar la atención médica y programar las citas y, por ejemplo, WeDoctor y Ping An, ubicados en China, utilizan todos los datos que recoge para optimizar su sistema de IA. El mismo enfoque ha sido utilizado por otras empresas, involucradas o no en el cuidado de la salud durante años, con el fin de desarrollar y perfeccionar sus algoritmos de IA; Amazon, Google y Facebook son solo algunos ejemplos.

Al igual que en el caso de la seguridad de los datos, es necesario equilibrar los intereses del individuo con los de la población en general. Se ha visto que la IA puede utilizar datos de los ciudadanos. En el caso de Tanzania y Kenia, países que como se menciona en el Recuadro 3.1 utilizan registros electrónicos, los datos han sido fundamentales para cerrar las brechas de inmunización mediante el uso de IA, predecir el uso de vacunas en los centros de salud con meses de antelación (Oliveira *et al.*, 2017; Adepoju *et al.*, 2017) y optimizar la cadena de suministro de vacunas. Si bien la percepción actual es que la cesión de datos es sobre todo rentable para los socios de la industria, estos ejemplos muestran que el uso de los datos de los individuos puede beneficiar a toda la población.

El desarrollo de la IA depende en gran medida de los datos disponibles para el entrenamiento de los algoritmos. Sin embargo, los datos no solo son necesarios para los pasos iniciales de entrenamiento, sino que también son un requisito para el desarrollo en curso, el entrenamiento continuo, la

validación y el desarrollo posterior. Para permitir la aplicación generalizada de un algoritmo, se necesitan datos de una serie de institutos y sistemas que representen a toda la población de interés. Para ello, será necesario compartir los datos de una gran variedad de institutos y, posiblemente, de todos los países. La puesta en común de estos datos debe cumplir todos los requisitos de las leyes de privacidad vigentes y, a menudo, requiere datos anónimos y anonimizados (He *et al.*, 2019; van Assen, Lee y de Cecco, 2020; van Assen, Banerjee y de Cecco, 2020).

El gobierno podría ayudar en este proceso, colaborando con la comunidad de la IA, para establecer normativas que garanticen la privacidad de los pacientes, y, al mismo tiempo, faciliten al máximo la colaboración y el intercambio de datos a fin de optimizar el desarrollo de la IA con fines sanitarios. Con esta escala de difusión, las nociones de confidencialidad y privacidad del paciente podrían requerir ser reimaginadas por completo (He *et al.*, 2019).

Otra forma de entrenar las aplicaciones de IA para que funcionen en la población deseada es transferir redes, en lugar de datos, y entrenar el algoritmo localmente. Sin embargo, la infraestructura y el conocimiento deben estar ahí para apoyar al algoritmo. Este enfoque podría utilizarse en caso de que no sea deseable transferir datos o cuando se espere que un algoritmo entrenado localmente supere a otro entrenado de forma más global, por ejemplo, en una aplicación en la que la demografía de la población sea muy variable entre grupos. Al igual que ocurre con la telemedicina en general, la ciberseguridad debería estar al día para facilitar la transferencia de estas cantidades, cada vez mayores, de datos sensibles.

Igualmente, es esencial que el gobierno promueva el intercambio de datos para optimizar la validación de algoritmos e impulsar la implementación clínica. Los esfuerzos existentes para compartir datos incluyen biobancos y consorcios internacionales para bases de datos de imágenes médicas. Ejemplos de ello son el Biobanco del Reino Unido (Gibson *et al.*, 2017) y el Kaggle Data Science Bowl en Estados Unidos (Adepoju *et al.*, 2017).

Sin embargo, se necesitan más esfuerzos para crear un intercambio de datos entre sistemas de salud y entre múltiples países. El Comité de Tecnología del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de Estados Unidos recomendó que los estándares de datos abiertos para la IA fueran una prioridad clave para las agencias federales (He *et al.*, 2019). Este proyecto de colaboración para compartir datos requerirá un importante esfuerzo humano. El apoyo gubernamental para financiar estas colaboraciones y ocuparse de la normativa relativa a estos proyectos podría ser un gran paso en la creación de bases de datos estandarizadas de IA y ofrecer un gran apoyo a la validación e implementación de sus aplicaciones.

Una segunda preocupación con el aumento de la disponibilidad y el uso de datos para la IA en el sector de la salud es la transparencia de los datos y de los algoritmos. Muchos han debatido sobre la naturaleza de la IA, ya que actualmente se invierte mucho esfuerzo de investigación en hacer que sea más fácil de entender para sus usuarios, por ejemplo, mediante el uso de mapas de prominencia. El uso de datos mal etiquetados dará lugar a errores críticos en las aplicaciones de IA. Garantizar la calidad del etiquetado es esencial para la optimización de los algoritmos. Al apoyar la publicación en línea de las bases de datos de IA con las etiquetas utilizadas, se puede garantizar que estos sean de cierta calidad (van Assen, Le y de Cecco, 2020; van Assen, Banerjee y de Cecco, 2020). Otra razón por la que la transparencia de la IA es importante es que los algoritmos que utiliza pueden tener sesgo inherente<sup>12</sup>, por lo que tienen el potencial de aplicar prácticas discriminatorias basadas en la raza, el sexo u otras características (Char *et al.*, 2018; Geis *et al.*, 2019). La transparencia de los datos, el algoritmo y una mayor interpretabilidad permitirían evaluar cualquier sesgo (He *et al.*, 2019; Char *et al.*, 2018).

A medida que el campo de la medicina adopta e implementa cada vez más las tecnologías digitales para el sector de la salud, deben crearse estructuras de gobernanza de los datos para garantizar que todos los usos clínicos, informáticos, educativos y de investigación de los datos sanitarios se ajusten a los principios éticos acordados por las partes implicadas, además de los marcos normativos

12 Los capítulos 1 y 3 examinan más en profundidad los riesgos y consecuencias de sesgos en los algoritmos.

antes mencionados. Dependiendo de las regiones, ya existen varios sistemas para tratar los datos médicos. En Estados Unidos está la Ley de Portabilidad y Responsabilidad del Seguro Médico (HIPAA, por sus siglas en inglés), que exige el consentimiento del paciente para la divulgación de cierta información médica, aunque no se aplica a entidades comerciales como Google o Facebook que analizan datos en línea. En Europa, se dispone del Reglamento General de Protección de Datos (GDPR), al que se suman las normativas específicas de cada país. En América Latina, existen restricciones transfronterizas y regulaciones específicas de cada país. Además, la Organización de Estados Americanos (OEA) tiene directrices de ciberseguridad, que pueden ayudar a orientar los marcos de gobernanza de datos.

La gobernanza de los datos es importante para la atención sanitaria en general. Una encuesta realizada en 2015 por la Asociación Americana de Gestión de la Información Sanitaria (AHIMA, por sus siglas en inglés) descubrió que casi un tercio de los participantes no ha avanzado en la promoción de la gobernanza de los datos como un imperativo empresarial y en otro 24 % simplemente no es una prioridad para sus dirigentes (Bresnick, 2016). Un marco de gobernanza de datos puede ayudar a los sistemas sanitarios a adoptar la telemedicina y la tecnología de IA y aumentar la confianza del público en el uso de estas herramientas.

El sector del cuidado de la salud siempre ha prestado mucha atención a la privacidad y seguridad de los datos. Con la telemedicina, que añade otro componente digital a la asistencia sanitaria, la atención a estos factores se ha intensificado. Durante la pandemia del COVID-19, se ha visto cada vez más la implementación de la telemedicina; sin embargo, esto también ha venido acompañado de cierta flexibilidad en el uso de los datos causada por las circunstancias. En situaciones normales, los servicios de telemedicina deben garantizar el acceso y la seguridad. Con normas y reglamentos más completos que garanticen una fuerte protección de la privacidad y la seguridad, los beneficios de la telemedicina superarán los riesgos. Ya existen varios mecanismos que garantizan un cierto nivel de seguridad de los datos, como la codificación de estos, la identificación del paciente cara a cara y la autenticación del dispositivo que utiliza el paciente. También existen algunas normativas como la Ley de Portabilidad y Responsabilidad del Seguro Médico y el Reglamento General de Protección de Datos europeo, ya mencionados (Vidal-Alaball *et al.*, 2020). Todo ello debería aumentar la confianza de los pacientes en la telemedicina.

Existen múltiples estudios que investigan la seguridad de los datos de las plataformas de telemedicina. Kim *et al.* (2020) proponen un modelo de evaluación de la seguridad basado en la gestión del riesgo para los sistemas de telemedicina. Un enfoque estandarizado para evaluar y puntuar las plataformas de telemedicina puede aumentar la confianza de los pacientes en esta modalidad de atención médica.

#### Recuadro 4.1

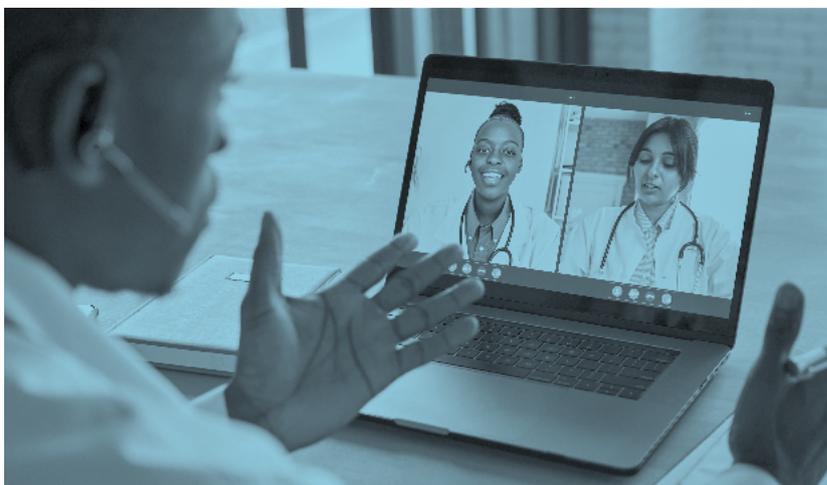
##### El oportunismo de los *hackers*

Debido al avance de la tecnología, el acceso a la información se ha vuelto más sencillo que en el pasado. Esto ha llevado a los *hackers* a aprovechar la oportunidad. Uno de los ejemplos más conocidos de un ataque que afectó a empresas de todo el mundo en la primavera de 2017 fue el brote «WannaCry», que afectó a más de 200.000 computadores en más de 150 países. Este programa malintencionado (*malware*) bloqueó y cifró archivos, exigiendo un pago a cambio de su «liberación». Entre las víctimas estaban los Servicios Nacionales de Salud del Reino Unido, donde provocó la cancelación de miles de citas y operaciones, junto con la frenética reubicación de pacientes de urgencias de los centros de emergencia afectados. El personal también se vio obligado a recurrir al lápiz, el papel y a sus propios teléfonos móviles, después de que el ataque afectara a sistemas clave, incluidos los teléfonos. Este ciberataque puso de manifiesto la vulnerabilidad del sistema de salud, demostró que mantener todos los sistemas operativos actualizados es esencial para el manejo seguro de los datos médicos electrónicos y será imprescindible para que las plataformas de telemedicina sean fiables.

En ese momento, los expertos en seguridad advirtieron que el sector sanitario es un objetivo ideal debido al valor de los datos; sin embargo, esto es cierto para todos los datos médicos, no solo los generados por la telemedicina. Como bien destaca un reciente documento sobre el tema:

*«Los pacientes deben ser conscientes de las opciones de privacidad que toman para garantizar la seguridad de los datos y evitar la divulgación de información personal sensible. Al determinar la política de intercambio de datos, es necesario equilibrar los intereses del individuo con los intereses de la población, reconociendo que las distintas culturas suelen valorar estos intereses de forma diferente» (Blandford, Wesson, Amalberti, AlHazme y Allwihan, 2020).*

Fuente: Elaboración propia.



UN ENFOQUE  
ESTANDARIZADO PARA  
EVALUAR Y PUNTUAR  
LAS PLATAFORMAS  
DE TELEMEDICINA  
PUEDE AUMENTAR  
LA CONFIANZA DE  
LOS PACIENTES EN  
ESTA MODALIDAD DE  
ATENCIÓN MÉDICA.

/5

# LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y

la telemedicina en la  
**universidad Emory**



EMORY HEALTHCARE NETWORK, CREADO EN 2011, ES EL MAYOR SISTEMA SANITARIO DEL ESTADO DE GEORGIA (ESTADOS UNIDOS). LA RED, QUE FORMA PARTE DE LA UNIVERSIDAD EMORY, ESTÁ INTEGRADA POR 11 HOSPITALES, LA CLÍNICA EMORY Y MÁS DE 250 CENTROS DE SALUD, DONDE TRABAJAN MÁS DE 2.800 MÉDICOS EN 70 SUBESPECIALIDADES DIFERENTES, LO QUE LA CONVIERTE EN LA MAYOR RED CLÍNICAMENTE CONFORMADA DE ESE ESTADO.



**El Hospital de la Universidad de Emory, clasificado número uno en el área metropolitana de Atlanta y en Georgia por el U.S. News and World Report<sup>13</sup> desde 2012 hasta 2020, fue uno de los primeros en adoptar y liderar el campo de la telemedicina, comenzando con el programa de e-UCI (Unidad de Cuidados Intensivos), establecido en 2014, y un programa de telenefrología, iniciado en 2017.**

La primera incursión de Emory en la telemedicina se produjo en 2012, gracias a un premio a la innovación sanitaria de USD 10,7 millones, otorgado por los Centros de Servicios de Medicare y Medicaid (CMS). Emory desarrolló un plan para crear una red de colaboración que apoyara a las unidades de cuidados intensivos de forma remota en toda Georgia. En 2014, el plan se puso en marcha en las unidades de cuidados intensivos del Emory University Hospital, el Emory University Hospital Midtown, el Emory Saint Joseph's Hospital, el Emory Johns Creek Hospital y un pequeño hospital comunitario, el East Georgia Regional Medical Center en Statesboro. Para este proyecto, el personal de la UCI se encargó de supervisar los cinco centros hospitalarios desde una sala de control central, proporcionando un monitoreo continuo y permanente a los pacientes de la UCI (Trombley *et al.*, 2018). El proyecto se evaluó al cabo de tres años y el informe correspondiente muestra que el programa e-UCI redujo la duración de las estancias de los pacientes en dicha unidad, dio lugar a menos ingresos en la misma, redujo los costos en millones de dólares y ayudó a resolver la escasez de profesionales especializados en cuidados intensivos. En la actualidad, este programa de e-UCI se sigue utilizando activamente en Emory Health (Trombley *et al.*, 2018; Christenbury, 2018).

Emory está centrando su investigación en las aplicaciones de la IA en el campo de la medicina, en particular en el desarrollo y prueba de algoritmos de IA en el ámbito de la imagen médica, focalizándose en la implementación clínica, la optimización del flujo de trabajo, la protección de los datos y la ética de la IA.

---

<sup>13</sup> Compañía de medios de comunicación.

---

## La investigación sobre inteligencia artificial en Emory

Emory cuenta con varios grupos de investigación dedicados al desarrollo y la implementación de la IA. Estos grupos trabajan continuamente en la creación de algoritmos de IA con relevancia clínica. Los grupos de trabajo más destacados se presentan a continuación.

### Laboratorio Translacional de Imagen Cardiotorácica e Inteligencia Artificial

El Departamento de Radiología y Ciencias de la Imagen de Emory es reconocido en todo el mundo por sus logros científicos en la investigación básica y translacional, incluyendo la cardiología nuclear, el descubrimiento de radiofármacos, la imagen de mama, la tomografía computarizada (TC o TAC) cardiotorácica y la resonancia magnética (RM) anatómica y funcional. El departamento cuenta con doce grupos de investigación, organizados en seis equipos, y aproximadamente cuarenta profesores y personal de investigación.

El Laboratorio Translacional de Imagen Cardiotorácica e Inteligencia Artificial, dirigido por Carlo de Cecco, forma parte del Departamento de Radiología y su principal objetivo es el desarrollo y prueba de nuevos algoritmos de IA aplicados a la imagen clínica y su implementación en la práctica clínica. Su investigación se centra en la tecnología avanzada de TC, el análisis avanzado de TC y la IA. El laboratorio tiene proyectos de colaboración establecidos con otros departamentos dentro de Emory, como el de Informática Biomédica, un centro multidisciplinar formado por investigadores especializados en informática biomédica, bioinformática, imagen, informática de investigación clínica y translacional, computación en red y de alto rendimiento, y tecnologías de la información, lo que les convierte en el socio ideal para la investigación relacionada con la IA.

Además, el Laboratorio Translacional está colaborando en un proyecto con el Departamento de Ingeniería Eléctrica del Instituto Tecnológico de Georgia, que se centra en el uso de algoritmos avanzados de IA para el descubrimiento de conocimientos y el entrenamiento. El Laboratorio Translacional trabaja actualmente en varios proyectos de IA, entre ellos, el Proyecto de Inteligencia Artificial para Estandarizar el Sistema de Información y Datos de la Enfermedad Arterial Coronaria (CAD-RADS) y el Proyecto de Evaluación de Imágenes COVID-19, basado en inteligencia artificial.

### *Proyecto de Inteligencia Artificial para Estandarizar el Sistema de Información y Datos de la Enfermedad Arterial Coronaria (CAD-RADS)*

Este proyecto se lleva a cabo en estrecha colaboración con el Departamento de Informática Biomédica, concretamente con el laboratorio liderado por Imon Banerjee. Se centra en el desarrollo de un enfoque de IA multidimensional para estandarizar la utilización clínica de la puntuación del sistema, conocido por sus siglas en inglés CAD-RADS, con el fin de mejorar la gestión y el resultado de los pacientes con enfermedad arterial coronaria.

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) se deben generalmente a las condiciones que implican vasos sanguíneos estrechos u obstruidos, también conocidas como enfermedades de las arterias coronarias (EAC), que pueden conducir a dolor en el pecho (angina), infarto del miocardio o accidente cerebrovascular. Las ECV contribuyen en gran medida a la tasa de mortalidad mundial. Un total de 17.9 millones de personas mueren cada año víctimas de las ECV, lo que supone el 31 % de todos los fallecimientos mundiales. Las técnicas de imagen no invasivas, como la TC, han desempeñado un papel cada vez más importante en la evaluación del riesgo, el diagnóstico y el pronóstico de las EAC. La angiografía coronaria por TC (ACTC) es una herramienta clínicamente validada y adoptada para la evaluación de las EAC, que ha demostrado su valor en la última década.

Para el uso clínico de la ACTC, es importante la estandarización de la interpretación y la presentación de informes. Con esa intención, se creó en 2016 el Sistema de Información y Datos de la Enfermedad Arterial Coronaria (CAD-RADS). El objetivo principal de este sistema de notificación es crear un lenguaje estandarizado para comunicar los hallazgos de las imágenes de ACTC y vincularlos al tratamiento posterior del paciente, con el fin de optimizar la comunicación de los hallazgos y la recomendación al médico remitente. La idea es que la estandarización de los informes mejore la comunicación entre médicos de distintas especialidades, en este caso radiólogos y cardiólogos. Adicionalmente, se han desarrollado sistemas similares para el cáncer de pulmón, de mama y de próstata.

La operacionalización de CAD-RADS es extremadamente difícil porque la mayoría de los informes radiológicos no están estructurados y utilizan un lenguaje de formato libre, lo que conduce a una importante variabilidad entre los lectores. En la evaluación longitudinal de la ACTC (a lo largo de varios años), se observan retos adicionales en la gestión de los pacientes cuando el examen inicial se notificó antes de la implantación de CAD-RADS. La revisión manual de las historias clínicas, aunque engorrosa, es una solución inmediata, aunque resulta costosa y requiere mucho trabajo. La IA puede ofrecer una solución automatizando este proceso, y los algoritmos pueden ser entrenados para estimar directamente la puntuación CAD-RAD a partir de las imágenes.

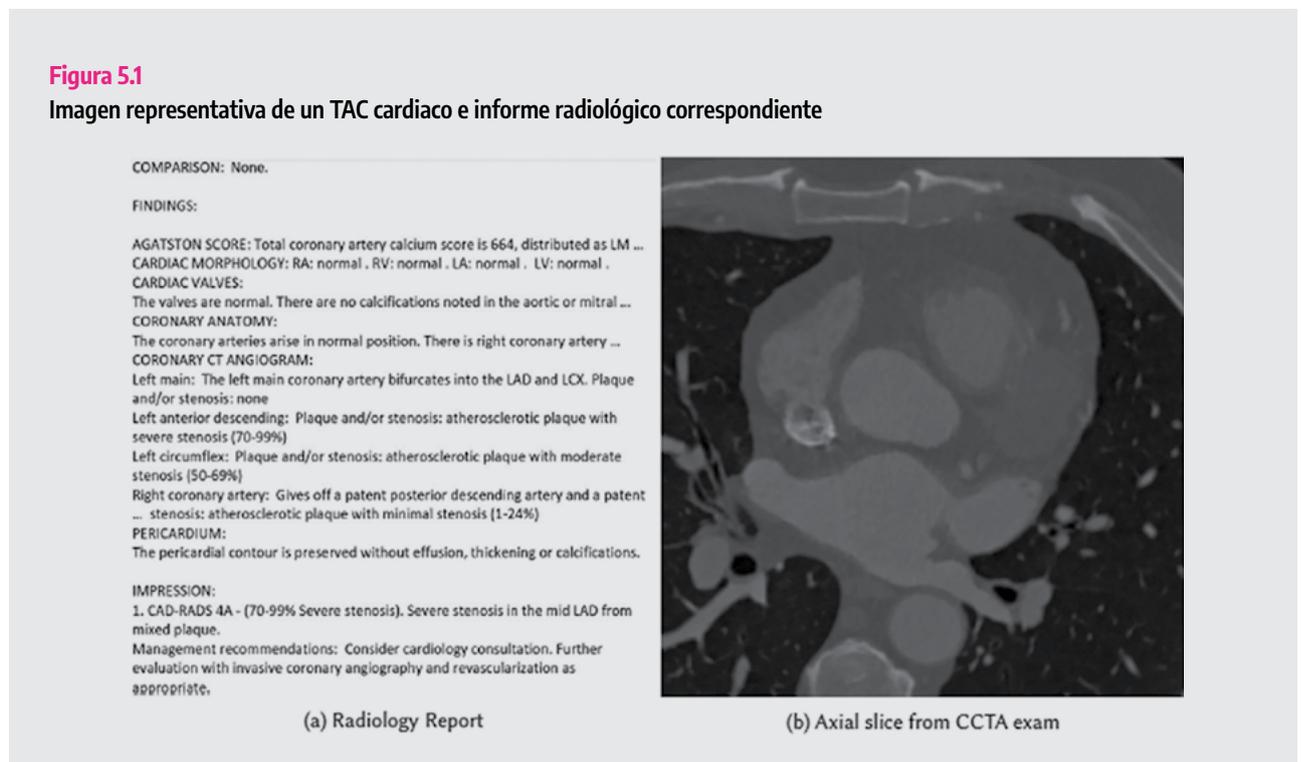
Los algoritmos de procesamiento del lenguaje natural tienen un gran potencial para ayudar a procesar de forma rápida los informes radiológicos con el fin de extraer y estandarizar información clínica importante. El PLN se usa en el estudio para extraer la puntuación CAD-RADS del texto en lenguaje natural. Esta puntuación puede utilizarse posteriormente para entrenar, probar y validar nuevos algoritmos de IA. Esto puede emplearse para establecer si el *software* automático CAD-RADS funciona en la población de interés para diferentes institutos, con diferentes demografías y protocolos de información, incluyendo entidades que no utilizan CAD-RADS o que no tienen el capital humano para realizar el análisis manual de los informes de lenguaje natural. Además, estas puntuaciones automatizadas de enfermedades estandarizadas pueden utilizarse clínicamente en instituciones que no han implantado un sistema de notificación estandarizado o para comparar los resultados previos a la implantación.

La Figura 5.1 muestra un ejemplo de imágenes de TAC cardiaco con el informe correspondiente. Los algoritmos de PLN se utilizan para analizar el informe y seleccionar el texto importante utilizado para crear una puntuación estandarizada. El mejor modelo logrado es capaz de alcanzar una sensibilidad del 94,5 % y una especificidad del 99,1 %, dentro de un intervalo de confianza del 95 %. El algoritmo de PLN seleccionará las palabras que contribuyen a la clasificación de una categoría CAD-RADS utilizando informes de texto natural. El reto para este tipo de algoritmos es el uso de diferentes idiomas, pues el algoritmo tiene que ser reentrenado y validado para cada uno. Para lograr una precisión óptima, deben incluirse los informes de la institución que desea utilizar el *software*. La validación externa en la población de interés debería mostrar cuánto reentrenamiento es necesario para una institución específica, en función de su población y de las directrices institucionales de presentación de informes. Este tipo de enfoques no solo puede utilizarse para las enfermedades cardiacas, sino también para una amplia variedad de enfermedades que utilizan la notificación en lenguaje natural, así como la puntuación estandarizada.

El caso que se presenta en este apartado es un buen ejemplo de cómo el desarrollo de un algoritmo de IA puede influir drásticamente en la gestión clínica de los pacientes con enfermedad arterial coronaria. Sin ningún cambio en la vía diagnóstica real, ni el descubrimiento de nuevas tecnologías diagnósticas o fármacos, dicho algoritmo puede mejorar significativamente tanto el manejo como el resultado en personas con esa afección, optimizando el algoritmo de diagnóstico y el costo-beneficio de los tratamientos existentes.

**Figura 5.1**

**Imagen representativa de un TAC cardiaco e informe radiológico correspondiente**



**Nota:** El algoritmo de IA puede clasificar automáticamente el estudio mediante la puntuación CAD-RADS, utilizando tanto los datos del informe como los conjuntos de datos de la imagen.

**Fuente:** Department of Radiology and Imaging Sciences, Department of Biomedical Informatics, Emory (Tariq *et al.*, 2021, estudio de caso bajo revisión).

### *Evaluación de imágenes COVID-19 basada en IA*

Este proyecto se lleva a cabo en estrecha colaboración con el Departamento de Ingeniería Eléctrica del Instituto de Tecnología de Georgia, dirigido por Ali Adibi, lo que permite combinar las soluciones de alta tecnología basadas en IA con la experiencia clínica del personal médico de Emory (Zandehshahvar *et al.*, 2020).

Desde el comienzo de la pandemia por COVID-19, los investigadores comenzaron a desarrollar diferentes plataformas y kits de pruebas para el diagnóstico de la enfermedad. Predecir el grado de gravedad del COVID-19 y sus impactos en el pulmón es de gran importancia, ya que permite controlar el progreso de la enfermedad a lo largo del tiempo y ayuda a la asignación de recursos hospitalarios. La IA puede ser una solución viable para el diagnóstico y el pronóstico automático del COVID-19 y para descargar a los médicos y radiólogos de la elevada carga de trabajo.

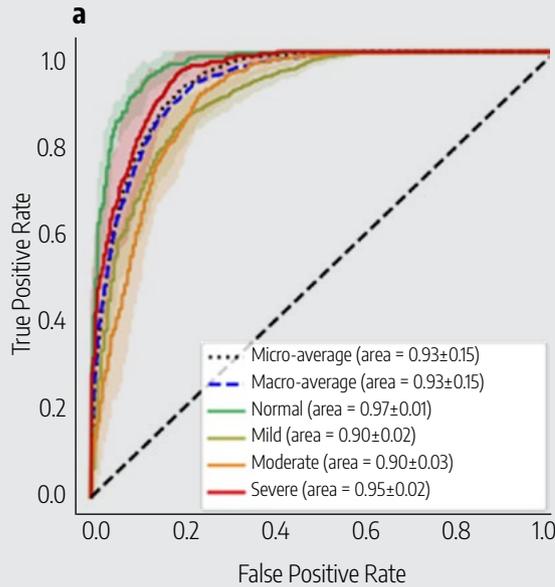
En este proyecto de investigación, se utilizan algoritmos de IA de última generación, no solo para detectar la gravedad de la afección en imágenes de rayos X de tórax, sino también para controlar su progresión en el tiempo. Los resultados también se utilizarán para obtener datos valiosos sobre la evolución de la enfermedad, así como para el proceso de toma de decisiones, proporcionando información adicional al radiólogo. La IA puede alcanzar una precisión excelente en la clasificación de la gravedad de la neumonía por COVID-19, como muestran los resultados iniciales presentados en el Gráfico 5.1. Además, el análisis del avance de la enfermedad mediante múltiples radiografías de tórax a lo largo del tiempo permite aplicar el aprendizaje múltiple, una novedosa técnica de IA para el análisis de patrones complejos mediante la reducción de la dimensionalidad de los datos (véase un ejemplo en la Figura 5.2). Al incluir datos clínicos, es posible analizar por qué algunos pacientes se recuperan y otros no e influir en esos datos, lo que permitiría analizar la eficacia de determinadas intervenciones y tratamientos.

**La IA puede ser una solución viable para el diagnóstico y el pronóstico automático del COVID-19 y para descargar a los médicos y radiólogos de la elevada carga de trabajo.**

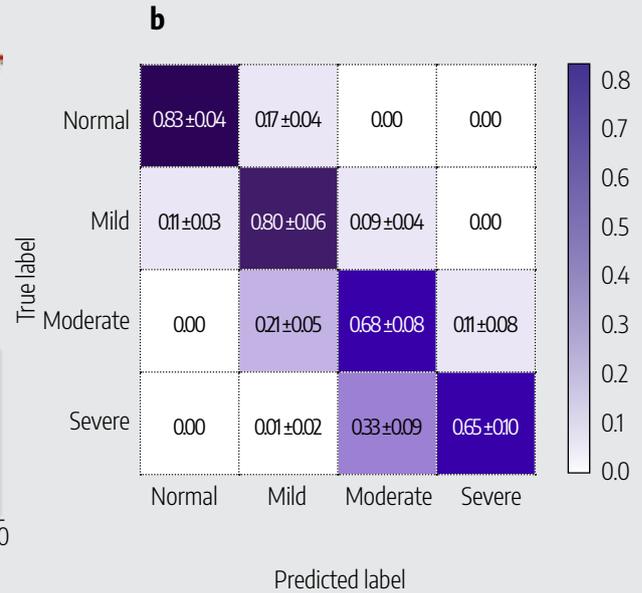
**Gráfico 5.1**

**Rendimiento del modelo de IA**

**Panel A.** Curvas de características operativas del receptor (ROC) para las clases normal, leve, moderada y severa y los ROC micro y macro promedio



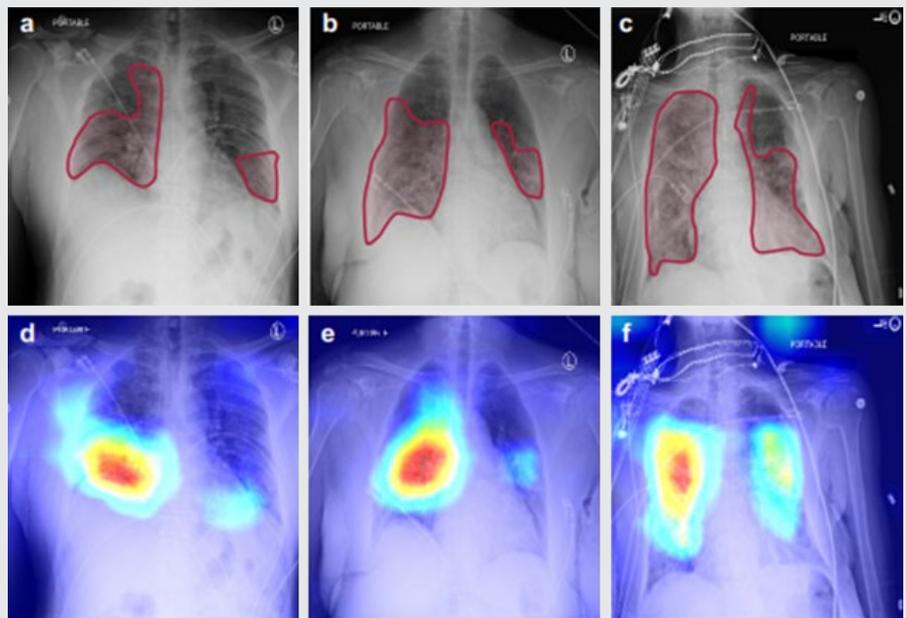
**Panel B.** Matriz de confusión del modelo para los conjuntos de datos de prueba



Fuente: Zandehshahvar *et al.* (2020).

**Figura 5.2**

**CXRs de tres pacientes y sus correspondientes mapas de calor, generados por IA**

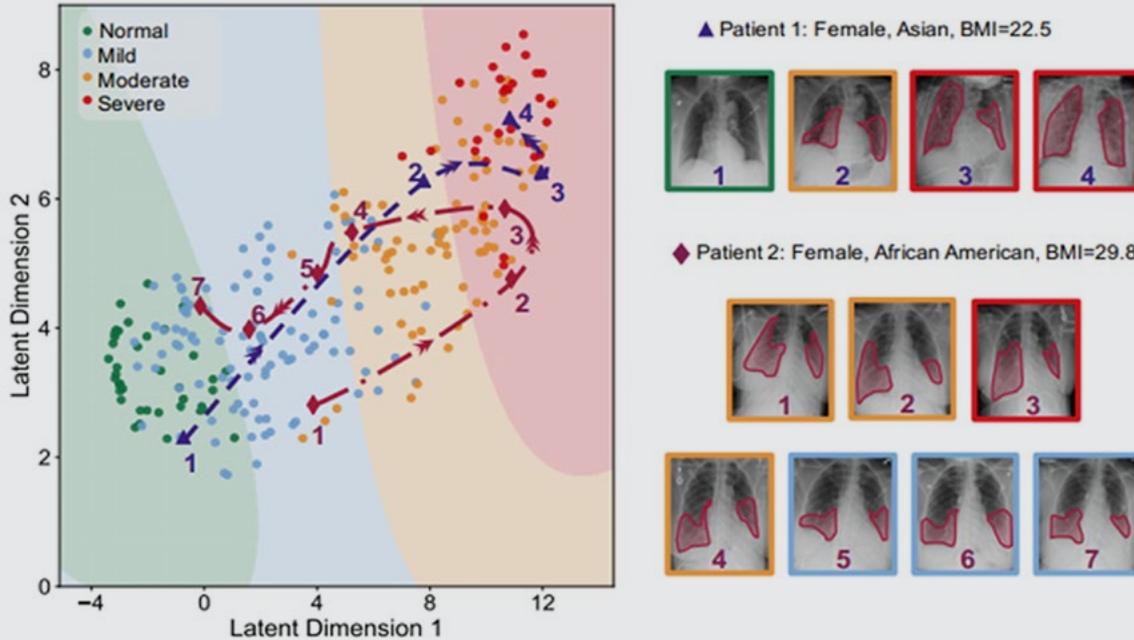


**Nota:** Las imágenes muestran las radiografías y las zonas afectadas de los pacientes con neumonía COVID-19 leve (a, d), moderada (b, e) y grave (c, f). Los mapas térmicos pueden utilizarse para mejorar la transparencia del algoritmo de IA y facilitar la interpretabilidad, gracias a la información adicional que proporciona el algoritmo de IA. Con la representación visual, se espera aumentar la confianza de los médicos en estos algoritmos.

Fuente: Zandehshahvar *et al.* (2020).

**Figura 5.3**

Representación espacial latente de los rayos X



**Nota:** El verde, el azul, el naranja y el rojo corresponden a las clases normal, leve, moderada y grave, respectivamente. Los puntos de datos de cada clase se muestran como círculos con el color correspondiente. La progresión de la enfermedad a lo largo del tiempo para dos pacientes se muestra con los trazos azules y rojos en el espacio latente.

**Fuente:** Zandehshahvar *et al.* (2020).

En este proyecto de investigación, se utilizan algoritmos de IA de última generación, no solo para detectar la gravedad de la afección en imágenes de rayos X de tórax, sino también para controlar su progresión en el tiempo. Los resultados también se utilizarán para obtener datos valiosos sobre la evolución de la enfermedad, así como para el proceso de toma de decisiones, proporcionando información adicional al radiólogo.

## Orientaciones futuras de la investigación

La investigación futura se orientará a la implementación de la predicción clínica de la investigación mencionada anteriormente en el flujo de trabajo clínico. En la actualidad, se desconoce qué información y en qué formato resulta más útil para los médicos. El entrenamiento y las pruebas de los algoritmos de IA son solo el primer paso hacia la utilización clínica; un reto aún mayor será su implementación en el flujo del trabajo clínico. Lo ideal es que un algoritmo de IA se integre de forma fluida, sin ralentizar el flujo de trabajo. Las preguntas importantes son: ¿cuál es la representación óptima de los resultados de la IA para los médicos y los pacientes? y ¿cómo hacer que no solo sean eficientes en cuanto a costos, sino también en cuanto a tiempo?

La interoperabilidad de los algoritmos en plataformas de múltiples proveedores representa otra cuestión importante en los grandes sistemas del cuidado de la salud. Es esencial que un algoritmo de IA se implemente utilizando una gran variedad de datos y programas de proveedores distintos, para mantener la eficiencia y la interoperabilidad en un gran sistema sanitario. Además, los estudios a largo plazo y los ensayos multicéntricos deberían aportar pruebas de si las aplicaciones basadas en la IA mejoran realmente los resultados de los pacientes. Estos estudios requieren un esfuerzo significativo en términos de financiación y trabajo del equipo clínico para demostrar la relación costo-beneficio y la precisión de la implementación de estos algoritmos en la práctica clínica diaria. Este enfoque es necesario para avanzar en una implementación amplia de la IA clínica.

## La telemedicina en Emory

Los servicios de telemedicina de Emory se iniciaron a partir de una colaboración con el Royal Perth Hospital de Australia y la empresa de tecnologías de salud Philips. Esta asociación se centró en la globalización de la medicina de cuidados intensivos, optimizando el uso de la diferencia horaria entre Estados Unidos y Australia. Los médicos y las enfermeras de la Universidad de Emory prestaron cuidados trabajando en el horario diurno de Australia, para cubrir el horario nocturno en Atlanta. La diferencia horaria transforma la experiencia de los profesionales de la salud, invirtiendo dos de los mayores inconvenientes de la dotación de personal nocturno en cuidados críticos: la escasez de clínicos sénior dispuestos a cubrir los turnos de noche y el desgaste que el trabajo en ese horario supone para los cuidadores y sus niveles de atención, según el artículo de prensa de Emory publicado sobre esta nueva iniciativa (Christenbury, 2018).

Philips proporcionó tecnología electrónica remota para la Unidad de Cuidados Intensivos (e UCI), que permite la monitorización continua del paciente y a los profesionales de la salud hablar directamente con un cuidador a la cabecera del enfermo en Atlanta. Además posibilita la comunicación directa con el paciente directamente o con sus familiares. El enfoque de telemedicina a distancia se apoya en cámaras especializadas, monitores de video, micrófonos y altavoces instalados en las habitaciones de la UCI de Emory, en cuatro de sus hospitales y en uno que no forma parte del grupo, lo que permite una conexión directa con el equipo de Australia. Es importante señalar que, por diversas razones, los equipos de atención ubicados en Atlanta siguen siendo los cuidadores principales de los pacientes. Los proveedores de Australia trabajan a distancia para supervisar a los pacientes y servir de apoyo en caso de emergencia.

Durante la prueba inicial de seis meses en 2016, se encontraron inmensos beneficios para los proveedores y los pacientes, según Timothy Buchman, director fundador del Centro de Cuidados Críticos de Emory.

*«Los proveedores trabajaron más eficientemente y se sintieron mejor porque estaban trabajando durante las horas de luz en Australia, reduciendo el agotamiento y manteniendo más profesionales satisfechos en el campo de la medicina de cuidados críticos. Los pacientes se beneficiaron del proyecto al disponer de una gestión de los cuidados centrada en las 24 horas del día, tanto en horario diurno como nocturno» (Christenbury, 2018).*

Otro enfoque de telemedicina que ha tenido éxito es la iniciativa de los nefrólogos de Emory Healthcare para mejorar la vida de los pacientes de diálisis en Georgia (Powers, 2018). El departamento de nefrología de Emory lanzó a finales de 2017 un programa de telemedicina que ofrece consultas en los hospitales de las zonas rurales de Georgia para pacientes con enfermedades renales agudas. Estas consultas están diseñadas para atender a los enfermos en los hospitales que no tienen nefrólogos in situ o servicios de diálisis internos. Antes de esta iniciativa, estos pacientes debían ser trasladados a otros hospitales, lo que a menudo suponía un retraso en los cuidados.

## Implantación de la telemedicina durante el COVID

Desde la primera ola de la pandemia COVID-19, a mediados de marzo de 2020, Emory Healthcare implementó rápidamente un enfoque de telemedicina para ampliar la atención sanitaria virtual, dado el nuevo contexto en los cuidados de salud. Durante un periodo inicial de dos meses, Emory proporcionó formación y certificados en telesalud a 2.374 profesionales, incluidos 986 médicos, 416 residentes y becarios, y 555 profesionales de medicina avanzada. Para poner en marcha el servicio, creó flujos de trabajo estándar mediante un modelo operativo de red radial [*hub-and-spoke*], con lo que lograron aplicar y compartir rápidamente las mejores prácticas entre los facultativos de todo el sistema. «La agrupación de procesos con la metodología Lean facilitó el éxito de la implantación» (Esper et al. 2020).

En ocho semanas, el personal de Emory proporcionó 64.290 visitas virtuales, de las cuales 53.751 fueron visitas de telesalud por audio y video a pacientes nuevos y regulares y 10.539, visitas telefónicas a pacientes regulares. La iniciativa incluyó una nueva clínica virtual para los pacientes con COVID-19, que atendió a 705 enfermos en un periodo de seis semanas.

Durante ese tiempo, se cobraron en total USD 14.66 millones por los servicios de telemedicina. Las tasas de recaudación fueron similares a las de las visitas presenciales. Las evaluaciones iniciales mostraron que el nivel de satisfacción de los pacientes fue equivalente al de las visitas presenciales. La conclusión es que:

*«... el despliegue rápido de las visitas virtuales puede lograrse mediante un enfoque estructurado y organizado, que incluya formación, certificación y principios Lean. Un modelo de red radial permite la retroalimentación bidireccional y las mejoras oportunas, facilitando así una implementación más veloz y un rápido aumento del volumen de pacientes. La sostenibilidad financiera es alcanzable, pero, para mantenerla, la telesalud requiere el apoyo de una desregulación continua por parte de los organismos legislativos y reguladores» (Esper et al., 2020).*

Lo que hace único a este enfoque es que este primer programa de telemedicina para pacientes externos contiene una amplia formación y educación para el personal de la salud implicado y un modelo de implementación de tipo *red radial*. La combinación de ambos permitió realizar ajustes al aumento de la demanda durante la pandemia de COVID-19. La inclusión de los principios *Lean* (por ejemplo, definir el valor, trazar el flujo de valor, crear un flujo, utilizar un sistema de tirón [*pull*] y perseguir la perfección) fomenta la práctica de la mejora continua basada en la idea fundamental del respeto a las personas, y es importante para mejorar la eficiencia del lugar de trabajo.

En conclusión, el apoyo de la dirección de Emory y los elementos del sistema operativo *Lean*, incluidos los equipos de trabajo y el trabajo estandarizado, han sido fundamentales para este programa. Sin embargo, para crear una plataforma viable para los programas de telemedicina en el largo plazo, es necesario que los cambios normativos y legislativos en materia de reembolso, que han facilitado la adopción de la telemedicina, sigan apoyando el acceso de los pacientes a la atención telemédica más allá de la emergencia de salud pública causada por el COVID-19.

**Para crear una plataforma viable para los programas de telemedicina en el largo plazo, es necesario que los cambios normativos y legislativos en materia de reembolso, que han facilitado la adopción de la telemedicina, sigan apoyando el acceso de los pacientes a la atención telemédica más allá de la emergencia de salud pública causada por el COVID-19.**



/6

# CONCLUSIONES

y recomendaciones

LA IA PERMITE LA AUTOMATIZACIÓN DE TAREAS Y ES CAPAZ DE AYUDAR EN LA PLANIFICACIÓN, EL DIAGNÓSTICO Y EL PRONÓSTICO DE LOS PACIENTES, HACIENDO POSIBLEMENTE MÁS EFICIENTE LA ATENCIÓN SANITARIA. LAS HERRAMIENTAS BASADAS EN LA IA NO SOLO SUPONDRÁN UNA REDUCCIÓN DE COSTOS, SINO QUE TAMBIÉN PERMITIRÁN EL ANÁLISIS A DISTANCIA DE LOS RESULTADOS, LO QUE REDUNDRÁ EN UNA MEJOR DISTRIBUCIÓN DE LOS SERVICIOS SANITARIOS.



La telemedicina permite a los pacientes ponerse en contacto con los proveedores de asistencia sanitaria de forma virtual y ofrece una alternativa a la visita presencial. Al servir de puerta de entrada de la medicina, es una opción para los entornos asistenciales de alto costo o para los pacientes que necesitan grandes desplazamientos para llegar a los centros de salud tradicionales.

---

Con base en la investigación bibliográfica y en las entrevistas realizadas a lo largo del estudio con expertos en ambos campos, se han identificado varios ámbitos de importancia para crear un enfoque exitoso de la IA y la telemedicina. Los puntos principales que señalaron la mayoría de los entrevistados son:

- > La clave del éxito de la digitalización en el cuidado de la salud, utilizando la IA y la telemedicina, es la creación de una infraestructura que apoye estos enfoques.
- > Para que la telemedicina y la IA tengan éxito en la práctica clínica, la normativa debe permitir un uso óptimo de un modelo de telemedicina e IA, teniendo en cuenta también la cobertura sanitaria, las licencias médicas y la responsabilidad.
- > Respecto a la financiación, son importantes dos factores para la creación de un enfoque sostenible: i) el incentivo financiero para implementar el modelo, y ii) el atractivo para que los pacientes y los proveedores utilicen la IA y la telemedicina.
- > La educación debe ser la base de cualquier enfoque de implantación de la telemedicina y la IA tanto para el personal de la salud como para los pacientes.
- > La protección de los datos es esencial para el cuidado de la salud en general y adquiere mayor importancia con los crecientes riesgos que ofrece la asistencia digital.
- > Un enfoque estandarizado para evaluar los riesgos de las plataformas mejora el uso y la confianza en estos sistemas.
- > Debe haber una normativa para minimizar los riesgos.
- > El gobierno debería promover la transparencia de los datos para evitar el sesgo discriminatorio en el uso de los algoritmos de IA.
- > La IA y la telemedicina desempeñarán un papel fundamental en el cuidado de la salud. La actual pandemia de COVID-19 ha acelerado la tendencia que se había iniciado, hacia la implementación de la telemedicina. En este capítulo se han identificado múltiples factores importantes que determinan el éxito y la sostenibilidad de la implantación de la IA y la telemedicina. Con base en ello, se presentan las siguientes recomendaciones para la implementación exitosa de la IA en el sector de la salud y la telemedicina en América Latina:

- 1. Infraestructura.** La inversión inicial para crear una infraestructura adecuada es esencial para el desarrollo exitoso de la IA y la telemedicina. La infraestructura debe crearse, preferiblemente en combinación con socios dedicados. Cuando se implemente un sistema general, puede ser preferible un contratista líder para garantizar la compatibilidad de todos los sistemas. Para la IA, una infraestructura de datos común podría ayudar a facilitar la formación y la implementación.
- 2. Regulación.** Para que la telemedicina tenga éxito, la regulación debe permitir el uso óptimo de un modelo de telemedicina teniendo en cuenta la cobertura de los servicios de salud, las licencias médicas y la responsabilidad.
- 3. Mecanismos de financiación.** Hay dos factores importantes para la creación de un enfoque sostenible de cuidado de la salud digital. El primero es que, desde el punto de vista del proveedor médico, tiene que haber un incentivo financiero para implementar la IA y la telemedicina. El segundo es que la telemedicina debe ser atractiva para los pacientes desde el punto de vista financiero, ya que su costo es similar al de la atención habitual. Debe considerarse la redistribución de los costos.
- 4. Formación del personal de la salud.** Para un uso óptimo de la IA, todas las partes interesadas deben tener conocimientos básicos de cada uno de los ámbitos y optimizar la comunicación. La educación debe ser la base de cualquier enfoque de salud digital. Todo el personal sanitario debe recibir formación sobre cómo utilizar la plataforma y cómo comunicarse con los pacientes a través de un medio electrónico. Cuando se utiliza en zonas rurales, es esencial que el personal local reciba formación sobre el uso y mantenimiento del equipo.
- 5. Educación de los pacientes y relacionamiento.** Para superar las barreras generacionales, culturales y educativas, es esencial la educación de los pacientes, especialmente la generación de mayor edad y las personas en condición de discapacidad. Mediante la formación de los profesionales de la salud para optimizar sus métodos de comunicación, se puede establecer una relación basada en la confianza, utilizando enfoques de salud digital, como la IA y la telemedicina.
- 6. Accesibilidad y seguridad de los datos.** La protección de los datos es esencial para el cuidado de la salud en general y adquiere mayor importancia con los crecientes riesgos que ofrece la asistencia digital. Un enfoque estandarizado para evaluar los riesgos de las plataformas mejora el uso y la confianza en estos sistemas. Es necesario, por tanto, establecer una regulación adecuada para minimizar los riesgos.

## ANEXO

**EL CASO DE TELADOC HEALTH**

Teladoc se fundó en 2002, con un modelo de negocio inicial que permitía a los pacientes hacer consultas a distancia con médicos con licencia estatal, en cualquier momento. En 2020 Teladoc Health realizó millones de consultas médicas en 175 países a través del Grupo Médico Teladoc Health y posibilitó millones de puntos de contacto con pacientes y proveedores para miles de hospitales, sistemas sanitarios y consultas médicas en todo el mundo. Teladoc Health ofrece servicios en seis categorías:

- > Servicios de plataforma y programas.
- > Orientación y apoyo.
- > Servicios médicos especializados.
- > Servicios de salud mental.
- > Telesalud.
- > Atención virtual integrada.

En el fondo, Teladoc es una empresa de *software*. Por esta razón, no es de extrañar que se dediquen a la IA, la analítica y los servicios de plataforma "licenciables". Su negocio principal es el uso de *software* de telefonía y videoconferencia para proporcionar atención médica a distancia, a pedido de médicos certificados y con licencia estatal en cualquier momento. Los médicos de la empresa atienden, entre otras cosas, casos que no son de urgencia, problemas de salud mental y afecciones dermatológicas. En la actualidad emplean a 55.000 expertos que cubren 450 subespecialidades médicas, con unos 3.100 médicos y enfermeros licenciados que ofrecen servicios en unos 30 idiomas. Aunque estos expertos pueden recetar medicamentos a distancia, hay varios tipos de medicamentos que no se recetan debido a que el contacto se realiza de forma virtual, como por ejemplo los narcóticos.

A finales de 2018 Teladoc Health adquirió la empresa de telemedicina con sede en España Advance Medical por USD 352 millones, que empleaba a médicos en América Latina (incluido Brasil), Europa y Asia. Actualmente Teladoc está disponible las 24 horas del día en todo el mundo en más de 20 idiomas, como inglés, español, portugués, francés, húngaro, polaco, mandarín, cantonés, coreano, tailandés, malayo, hindi, japonés y árabe.

Teladoc ofrece consultas iniciales en línea para problemas de salud física, pero también mental, que se consideran no urgentes. Sus principales diagnósticos son gripa, bronquitis y alergias. En cuanto a los problemas mentales, ofrecen orientación sobre el estrés y la ansiedad, la depresión y asesoramiento sobre el duelo. Para poder recetar medicamentos Teladoc pone a los pacientes en contacto con un médico autorizado en su estado (EE. UU.) o país. Pueden diagnosticar, tratar y recetar medicamentos si son necesarios. También ayudan a encontrar una farmacia cercana

cuando la persona está de viaje. Sin embargo, existen normas para controlar la medicación recetada por Internet. En Estados Unidos las políticas de prescripción difieren de un estado a otro, de una plataforma a otra y de un médico a otro.

En ese país los siguientes medicamentos no pueden recetarse online y en estos casos Teladoc Health remitirá el paciente a un médico local:

- > Marihuana medicinal.
- > Estimulantes, incluyendo Adderall y Ritalin.
- > Medicamentos antipsicóticos como Seroquel, Zyprexa, Risperdol.
- > Sedantes y somníferos, como Xanax, Ambien, Ativan y Lunestra.
- > Narcóticos, como la morfina, la Oxiconona y el Vicodin.

Para aumentar la seguridad y reducir el abuso, es esencial una política emitida por el Gobierno, sobre cómo recetar medicamentos en línea y qué medicamentos no están disponibles para la prescripción en línea.

El modelo de negocio inicial de Teladoc permitía a los pacientes consultar a distancia con médicos con licencia estatal en cualquier momento. Las empresas pagaban una cuota mensual para que sus empleados accedieran al servicio, mientras que los pacientes pagaban una tarifa plana por cada consulta, que originalmente estaba de entre USD 35 y USD 40. Algunas empresas han cancelado el pago de la cuota de consulta o la subvencionan para sus empleados. Los patrocinadores de planes estadounidenses están implantando modelos de Atención Primaria Virtual y diseños de prestaciones Virtual First™. La telemedicina, empezando por la Atención Primaria Virtual y combinada con incentivos como el copago de cero dólares se está convirtiendo en el punto de entrada a la experiencia sanitaria de los afiliados. Lo importante para este plan de beneficios es que al mantener el precio para los pacientes en torno al precio normal de los deducibles, resulta interesante para ellos se suscriban.

## Relaciones entre Teladoc Health y el Gobierno

Teladoc cuenta con una división gubernamental centrada exclusivamente en el desarrollo y la aplicación de una estrategia legislativa y reglamentaria nacional y federal. Los responsables de la política federal y estatal de Estados Unidos y las agencias gubernamentales han revisado recientemente la normativa, los requisitos y el reembolso, en relación con la telemedicina, especialmente para las poblaciones de *Medicare Advantage* y *Managed Medicaid* (seguros sanitarios financiados por el gobierno).

La empresa también ha participado activamente en las regulaciones y desarrollos de seguridad del paciente para la telemedicina. En mayo de 2019 creó una organización de seguridad del paciente de atención virtual denominada Instituto para la Seguridad del Paciente y la Calidad de la Atención Virtual. Teladoc ha presionado para que se legisle en múltiples estados de Estados Unidos. En 2015, la Junta Médica de Texas dictaminó que los médicos del estado tenían que reunirse físicamente con los pacientes antes de tratar a distancia las dolencias o recetar medicamentos (Scott Kruse *et al.* 2018). Teladoc Health presentó una demanda ante un tribunal federal argumentando que el proyecto de ley violaba las leyes antimonopolio al inflar los precios y limitar la oferta de proveedores

de atención médica en el Estado. Teladoc retiró voluntariamente la demanda en 2017 después de que Texas aprobara un nuevo proyecto de ley que permite el tratamiento a distancia sin una interacción previa en persona. En enero de 2019, Teladoc Health se opuso a un proyecto de ley de telemedicina propuesto por la Junta de Medicina de Dakota del Norte, que requería que los proveedores de telemedicina realizaran exámenes iniciales por vídeo o que los exámenes iniciales fueran realizados por otro médico (Emerson, 2019). Sus defensores argumentaban que el proyecto de ley protegía a los pacientes, mientras que Teladoc Health y los críticos sostenían que disminuía el acceso a la asistencia sanitaria en las zonas rurales.

## Teladoc Health durante el COVID

Mientras que OBAMA CARE<sup>14</sup> provocó un aumento del crecimiento, la pandemia de Covid-19 en 2020 provocó un segundo aumento del crecimiento de Teladoc. La pandemia aumentó la necesidad de realizar el triaje y la atención médica básica de forma digital para aliviar la presión a las instalaciones sanitarias y reducir el riesgo de contraer COVID-19 durante las visitas al hospital. Los responsables políticos federales y estatales, y las agencias gubernamentales han revisado recientemente la normativa, abriendo así la telemedicina a pacientes y proveedores, con especial atención a las poblaciones de Medicare Advantage y Managed Medicaid. Para atender las variadas necesidades de las poblaciones en expansión de Medicaid (que experimentó un importante aumento de las inscripciones como consecuencia del desempleo provocado por el COVID-19) y Medicare (aumento de la población de 65 y más años), las ofertas de atención virtual de los planes de salud deben tener la capacidad de escalar para satisfacer la demanda y cubrir una amplia gama de problemas de salud. Teladoc Health ha realizado visitas de atención virtual para miembros de Medicare y Medicaid en los 50 estados de EE. UU., más Washington D.C. Teladoc publicó un informe completo sobre los servicios de Medicaid y Medicare de Teladoc. Las cifras muestran que la mayoría de las visitas se realizaron por teléfono. Entre el 20 y el 30% de los pacientes habrían acudido de otro modo a urgencias, lo que habría aumentado considerablemente los costos. La mayoría de los 5 problemas de salud diagnosticados eran afecciones médicas básicas, que se diagnosticarían fácilmente con la telemedicina y no habrían requerido atención especializada.

---

14 Obamacare es la Ley de Protección al Paciente y Cuidado de Salud a Bajo Precio (ACA por sus siglas en inglés) autorizada por el Congreso de EE. UU. en el año de 2010. Los objetivos principales son reducir el costo creciente de la atención médica tomando medidas para hacer que el seguro médico esté más disponible y sea más asequible para quienes más lo necesitan, incluidos aquellos con los ingresos más bajos mediante la subvención del costo.

# Bibliografía

---

- Accenture (2017). «Artificial intelligence: healthcare's new nervous system». *Accent Rep*, 1-8.
- ACR-DSI (2019). FDA cleared AI algorithms. *DSI-ACR*. <https://www.acrdsi.org/DSI-Services/FDA-Cleared-AI-Algorithms> (consulta realizada el 30 de enero de 2020).
- Adepoju I.-O. O., Albersen, B. J. A., De Brouwere, V., van Roosmalen, J. y Zweekhorst, M. (2017). «Health for clinical decision-making in Sub-Saharan Africa: a scoping review». *JMIR MHealth UHealth*, 5:e38. <https://doi.org/10.2196/mhealth.7185>.
- AHIP (2019). *Health plans' perceptions of the value of virtual care*. America's Health Insurance Plans. <https://www.ahip.org/wp-content/uploads/Telemedicine-Survey-Methodology-2019-v2.pdf>.
- Alami, H., Gagnon, M. P., Wootton, R., Fortin, J. P. y Zanaboni, P. (2017). «Exploring factors associated with the uneven utilization of telemedicine in Norway: a mixed methods study». *BMC Med Inform Decis Mak*, 17:1-15. <https://doi.org/10.1186/s12911-017-0576-4>.
- AMCP (2020). *COVID-19 shifts consumer behavior, attitudes toward health care services*. Academy of Managed Care Pharmacy.
- Anwar, S. y Prasad, R. (2018). «Framework for future telemedicine planning and infrastructure using 5g technology». *Wirel Pers Commun*. 100:193-208. <https://doi.org/10.1007/s11277-018-5622-8>.
- Aparecido Nunes, A., Barbosa Coelho, E., de Souza, J. P., Zangiacomi Martínez, E., Wichert, A. L., do Valle Lessa Dallora, de Azevedo Marques, P. M. y Marques de Mello, L. (2016). «Cost effectiveness of using picture archiving and communication system (PACS) in digital mammography». *Value Heal Reg Issues*, 11:49-56. <https://doi.org/10.1016/j.vhri.2016.01.004>.
- Arruda, N. M., Maia, A. G. y Alves, L. C. (2018). «Inequality in access to health services between urban and rural areas in Brazil: a disaggregation of factors from 1998 to 2008». *Cad Saude Publica*, 34:1-14. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00213816>.
- Bellemo, V., Lim, G., Rim, T. H., Tan, G. S. W., Cheung, C. Y., Sadda, S. V., ... y Wei Ting, D. S. (2019). «Artificial intelligence screening for diabetic retinopathy: the real-world emerging application». *Curr Diab Rep*, 19. Accesible en: <https://doi.org/10.1007/s11892-019-1189-3>.
- Benjamins, S., Dhunnoo, P. y Meskó, B. (2020). «The state of artificial intelligence-based FDA-approved medical devices and algorithms: an online database». *Npj Digit Med*, 3:1-8. <https://doi.org/10.1038/s41746-020-00324-0>.
- Berg, M. y Bowker, G. (1997). «The multiple bodies of the medical record: toward a sociology of an artifact». *Sociol Q*, 38:513-37. <https://doi.org/10.1111/j.1533-8525.1997.tb00490.x>.

- Blandford, A., Wesson, J., Amalberti, R., AlHazme, R. y Allwihan, R. (2020). «Opportunities and challenges for telehealth within, and beyond, a pandemic». *Lancet Glob Heal*, 8:e1364-5. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(20\)30362-4](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(20)30362-4).
- Bresnick J. (2018). «Artificial intelligence in healthcare spending to hit \$36B. Health IT analytics. 2018». *Health IT Analytics* [en línea]. l: <https://healthitanalytics.com/news/artificial-intelligence-in-healthcare-spending-to-hit-36b> (consultado el 13 de agosto de 2020).
- Cabitzza, F., Rasoini, R. y Gensini, G. F. (2017). «Unintended consequences of machine learning in medicine». *Jama*, 2017:2017-8. <https://doi.org/10.1001/jama.2017.7797>.
- Cavalcante, R. B., Pinheiro, M. M. K., Watanabe, YJÁ. y da Silva, C. J. (2015). «Grupo técnico de informação em saúde e populações: contribuições para a política nacional de informação e informática em saúde». *Perspect Em Ciência Da Informação*, 20:92-119.
- CEPAL (2018b). «Latin America (17 countries): expenditure on health of central government, 2018 (percentages of GDP)». *Base de Datos de Inversión Social en América Latina y el Caribe*. <https://observatoriosocial.cepal.org/inversion/en/chart/latin-america-17-countries-expenditure-health-central-government-2000-2018-percentages-gdp>.
- Char, D. S., Shah, N. H. y Magnus, D. (2018). «Implementing machine learning in health care — Addressing ethical challenges». *N Engl J Med*. <https://doi.org/10.1056/nejmp1714229>.
- Christenbury, J. (2018). «Emory cares for ICU patients remotely, turning ‘night into day’ from Australia». *Emory News Center* [en línea]. [https://news.emory.edu/stories/2018/05/buchman-hiddleson\\_eicu\\_perth\\_australia/index.html](https://news.emory.edu/stories/2018/05/buchman-hiddleson_eicu_perth_australia/index.html).
- Comisión Europea (2020b). *Libro blanco sobre la inteligencia artificial: un enfoque europeo orientado a la excelencia y la confianza*. 19 de febrero de 2020. Bruselas. [https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020\\_es.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020_es.pdf).
- Consejo Federal de Medicina de Brasil (2018). «Resolução CFM n° 2.217, de 27 de dezembro de 2018. Aprova o Código de Ética Médica». *Diário Oficial da União*. [https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/KujrW0TZC2Mb/content/id/48226289/do1-2018-11-01-resolucao-n-2-217-de-27-de-setembro-de-2018-48226042](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/KujrW0TZC2Mb/content/id/48226289/do1-2018-11-01-resolucao-n-2-217-de-27-de-setembro-de-2018-48226042).
- De Souza, C. H. A., Albadalejo Morbeck, R., Steinman, M., Pereira Hors, C., Maia Bracco, M., Kozasa, E. H y Ribeiro Leao, E. (2017). «Barriers and benefits in telemedicine arising between a high-technology hospital service provider and remote public healthcare units: a qualitative study in Brazil». *Telemed e-Health*, 23:527-32. <https://doi.org/10.1089/tmj.2016.0158>.
- Dias, V. P., Witt, R. R., Silveira, D. T., Kolling, J. H. G., Fontanive, P., de Castro Filho, E. D. y Harzheim, E. (2009). «Telenursing in primary health care: report of experience in southern Brazil». *Stud Health Technol Inform*, 146:202-6.
- El-Darwiche, B., Singh, M. y Ganediwalla, S. (2012). «Digitization and prosperity the economic growth of nations is linked to one factor: adoption of information and communications technology». *WorldView Strategy and Business*. <https://www.strategy-business.com/article/00127?gko=b781c>.
- Emerson, B. (2019). «Teladoc opposes North Dakota telemedicine bill». *Bismarck Trib* [en línea]. 15 de enero. [https://bismarcktribune.com/news/local/govt-and-politics/teladoc-opposes-north-dakota-telemedicine-bill/article\\_83597d39-27db-5509-842a-986d9960a898.html](https://bismarcktribune.com/news/local/govt-and-politics/teladoc-opposes-north-dakota-telemedicine-bill/article_83597d39-27db-5509-842a-986d9960a898.html).

- England, J. R. y Cheng, P. M. (2019). «Artificial intelligence for medical image analysis: a guide for authors and reviewers». *American Journal of Roentgenol*, vol. 212, n.º 3. <https://doi.org/10.2214/AJR.18.20490>.
- Esper, G. J., Sweeney, R. L., Winchell, E., Duffell, J. M., Kier, S. C., Lukens, H. W. y Krupinski, E. A. (2020). «Rapid system-wide implementation of outpatient telehealth in response to the COVID-19 pandemic». *Journal of Health Management*, 65:443-52. <https://doi.org/10.1097/JHM-D-20-00131>.
- Fischer, A. M., Varga-Szemes, A., van Assen, M., Griffith, L. P., Sahbaee, P., Sperl, J. I. *et al.* (2020). Comparison of artificial intelligence-based fully automatic chest ct emphysema quantification to pulmonary function testing. *American Journal of Roentgenol*, vol. 214, n.º 5, pp. 1-7.
- Fotso, J. C. (2006). «Child health inequities in developing countries: Differences across urban and rural áreas». *International Journal for Equity in Health*, 5:1-10. <https://doi.org/10.1186/1475-9276-5-9>.
- Friedman, E. A. (2009). «Computer-assisted medical diagnosis for rural Sub-Saharan Africa». *IEEE Technol Soc Mag*, 28:18-27. <https://doi.org/10.1109/MTS.2009.934143>.
- Geis, J. R., Brady, A. P., Wu, C. C., Spencer, J., Ranschaert, E., Jaremko, J. L. ... y Kohli, M. (2020). Ethics of artificial intelligence in radiology: summary of the Joint European and North American Multisociety statement. *Canadian Association of Radiologist Journal*, 70:329-34. <https://doi.org/10.1016/j.carj.2019.08.010>.
- Gibson, D. G., Ochieng, B., Kagucia, E. W., Were, J., Hayford, K., Moulton, L. H. ... y Feikin, D. (2017). «Mobile phone-delivered reminders and incentives to improve childhood immunisation coverage and timeliness in Kenya (M-SIMU): a cluster randomised controlled trial». *Lancet Glob Heal*, 5:e428-38. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(17\)30072-4](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(17)30072-4).
- Goodman, M. (2017). How the North Texas telemedicine revolution began. *D-Magazine*.
- Gray, L. C., Fatehi, F., Martin-Khan, M., Peel, N. M. y Smith, A. C. (2016). «Telemedicine for specialist geriatric care in small rural hospitals: preliminary data». *Journal of American Geriatrics Society*, 64:1347-51. <https://doi.org/10.1111/jgs.14139>.
- Haddad A. E. (2012). «Experiência brasileira do Programa Nacional Telessaude Brasil». *Gold B Inovação Tecnológica Em Educ e Saúde*, 12-44.
- Haddad, A. E., Skelton-Macedo, M. C., Abdala, V., Bavaresco, C., Mengehel, D., Abdala, C. G. y Harzheim, E. (2014). «Formative second opinion: qualifying health professionals for the Unified Health System through the Brazilian Telehealth Program». *Telemed e-Health*, 21:138-42. <https://doi.org/10.1089/tmj.2014.0001>.
- He, J., Baxter, S. L., Xu, J., Xu, J., Zhou, X. y Zhang, K. (2019). «The practical implementation of artificial intelligence technologies in medicine». *Nature Medecine*, 25 (30-36). <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0307-0>.
- Houlton, S. (2018). «How artificial intelligence is transforming healthcare». *Prescriber*, 29:13-7. <https://doi.org/10.1002/psb.1708>.
- Jin, Y., Zhu, W., Yuan, B. y Meng, Q. (2017). Impact of health workforce availability on health care seeking behavior of patients with diabetes mellitus in China. *Int J Equity Health*, 16:1-10. <https://doi.org/10.1186/s12939-017-0576-0>.

- Khalaf, M., Hussain, A. J., Al-Jumeily, D., Keenan, R., Fergus, P. y Idowu, I. O. (2015). «Robust approach for medical data classification and deploying self-care management system for sickle cell disease». En *2015 IEEE International Conference on Computer and Information Technology; Ubiquitous Computing and Communications; Dependable, Autonomic and Secure Computing; Pervasive Intelligence and Computing*. pp. 575– 580. Liverpool, UK: IEEE.
- Kim, D. W., Choi, J. Y. y Han, K. H. (2020). «Risk management-based security evaluation model for telemedicine systems». *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 20:1-14. <https://doi.org/10.1186/s12911-020-01145-7>.
- Kim, D. W., Jang, H. Y., Kim, K. W., Shin, Y., y Park, S. H. (2019). «Design characteristics of studies reporting the performance of artificial intelligence algorithms for diagnostic analysis of medical images: Results from recently published papers». *Korean J Radiol*, 20:405-10. <https://doi.org/10.3348/kjr.2019.0025>.
- Kruse, C. S., Goswamy, R., Raval, Y. y Marawi, S. (2016). Challenges and opportunities of big data in health care: a systematic review. *JMIR Med Informatics* vol, 4, n.º 4. <https://doi.org/10.2196/medinform.5359>.
- Lam, K., Lu, A. D., Shi, Y. y Covinsky, K. E. (2020). «Assessing telemedicine unreadiness among older adults in the United States during the COVID-19 pandemic». *JAMA Intern Med*, 180:1389-91. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2016.1461>.
- Lavender, J. (2018). «Investment in AI for healthcare soars». *KPMG* [en línea]. [https://home.kpmg/xx/en/home/insights/2018/11/investment-in-ai-for-healthcare-soars.html#:~:text=\(consulta realizada el 13 de agosto de 2020\)](https://home.kpmg/xx/en/home/insights/2018/11/investment-in-ai-for-healthcare-soars.html#:~:text=(consulta%20realizada%20el%2013%20de%20agosto%20de%202020)).
- Leslie Kane, M. A. y Bernardo Schubsky, M. D. (2019). *International physician compensation report 2019. Do US physicians have it best?* Medscape.
- Liang, H., Tsui, B. Y., Ni, H., Valentim, C. C. S., Baxter, S. L., Liu, G. ... y Xia, H. (2019). «Evaluation and accurate diagnoses of pediatric diseases using artificial intelligence». *Nature Med*, 25:433-8. <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0335-9>.
- Litewka, S. G. y Heitman E. (2020). «Latin American healthcare systems in times of pandemic». *Dev World Bioeth*, 20:69-73. <https://doi.org/10.1111/dewb.12262>.
- Liu, D. (2019). *BloombergNEF's country ranking reveals models of industrial digitalization*. *BloombergNEF*. <https://about.bnef.com/blog/bloombergnefs-country-ranking-reveals-models-industrial-digitalization/>.
- Lupton, D. y Maslen, S. (2017). «Telemedicine and the senses: a review». *Sociology of Health & Illness*, 39:1557-71. <https://doi.org/10.1111/1467-9566.12617>.
- Markets and Markets (2020). «Telehealth market by component software & services (RPM, RTM), Application (Teleradiology, telestroke, teleICU), Hardware (Glucose Meters), End-User (Provider, Payer, Patient), Delivery mode (On-Premise, Cloud) Trends & global forecast to 2025». *Markets and Markets* [en línea].
- Martin, S. S., van Assen, M., Rapaka, S., Hudson, H.T., Fischer, A. M., Varga-Szemes, A. ... y Schoepf, J. (2019). «Evaluation of a deep learning-based automated CT coronary artery calcium scoring algorithm». *JACC: Cardiovasc Imaging*, 13(2 Pt 1), pp. 524-526. DOI: 10.1016/j.jcmg.2019.09.015.

- Martínez, K. A., Rood, M., Jhangiani, N., Kou, L., Rose, S., Boissy, A. y Rothberg, M. (2018). «Patterns of use and correlates of patient satisfaction with a large nationwide direct to consumer telemedicine service». *Journal of General Internal Medicine*, 33:1768-73. <https://doi.org/10.1007/s11606-018-4621-5>.
- Mayo, R. C., Chang Sen, L. Q. Y Leung, J. W. T. (2020). «Financing artificial intelligence in medical imaging: show me the money». *Journal of the American College of Radiology*, 17:175-7. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2019.07.004>.
- McConnochie, K. M. (2019). «Webside manner: a key to high-quality primary care telemedicine for all». *Telemed e-Health*, 25:1007-11. <https://doi.org/10.1089/tmj.2018.0274>.
- Ministerio de Salud de Brasil (2012a). «Portaria conjunta no 7, de 27 de Novembro de 2012. Homologa o resultado do processo de seleção dos projetos que se candidataram ao Programa Nacional de Bolsas para Residência Multiprofissional e em Área Profissional da Saúde nos termos do Edital de Convocação nº 17, de 04 de novembro de 2011». *Diario Oficial da União*.
- Ministerio de Salud de Brasil (2012b). «Portaria no 3.147, de 28 de Dezembro de 2012. Institui as especificações “preceptor” e “residente” no cadastro do médico que atua em qualquer uma das Equipes de Saúde da Família previstas na Política Nacional de Atenção Básica, de que trata a Porta 2012:2012». *Diario Oficial da União*.
- Ministerio de Salud de Brasil (2013). «Portaria no 424, de 19 de Março de 2013. Redefine as diretrizes para a organização da prevenção e do tratamento do sobrepeso e obesidade como linha de cuidado prioritária da Rede de Atenção à Saúde das Pessoas com Doenças Crônicas». *Diario Oficial da União*.
- Ministerio de Salud de Brasil (2013). «Portaria no 571, de 5 de abril de 2013. Atualiza as diretrizes de cuidado à pessoa tabagista no âmbito da Rede de Atenção à Saúde das Pessoas com Doenças Crônicas do Sistema Único de Saúde (SUS) e dá outras providências». *Diario Oficial da União*.
- Ministerio de Salud de Brasil (2019) Guía metodológica para programas y servicios en telesalud. 2019.
- Moreira, A. M., Marobin, R., Rados, D. V., de Farias, C. B., Coelli, S., Bernardi, B. L. ... y Pinho Silveiro, S. (2017). «Effects of nurse telesupport on transition between specialized and primary care in diabetic patients: Study protocol for a randomized controlled trial». *Trials*, 18:1-6. <https://doi.org/10.1186/s13063-017-1954-z>.
- Motwani, M., Dey, D., Berman, D. S., Germano, G., Achenbach, S., Al-Mallah, M. H. ... y Slomka, P. (2017). «Machine learning for prediction of all-cause mortality in patients with suspected coronary artery disease: A 5-year multicentre prospective registry analysis». *European Heart Journal*, vol. 38, n.º 7, pp. 500-507. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw188>.
- Nguyen, M., Waller, M., Pandya, A. y Portnoy, J. (2020). «Review of patient and provider satisfaction with telemedicine». *Current Allergy and Asthma Reports*, 20:72. <https://doi.org/10.1007/s11882-020-00969-7>.
- Nittari, G., Khuman, R., Baldoni, S., Pallotta, G., Battineni, G., Sirignano, A., Amenta, F. y Ricci, G. (2020). «Telemedicine practice: review of the current ethical and legal challenges». *Telemedicine and e-Health*, 26:1427-37. <https://doi.org/10.1089/tmj.2019.0158>.

- Oliveira, A. D., Prats, C., Espasa, M., Zarzuela Serrat, F., Montañola Sales, C., Silgado, A. ... y Albuquerque, J. (2017). «The malaria system microapp: a new, mobile device-based tool for malaria diagnosis». *JMIR Res Protoc*, 6:e70. <https://doi.org/10.2196/resprot.6758>.
- OMS (2018). *Density of physicians (total number per 1000 population, latest available year)*.
- OMS y Banco Mundial (2017). *Tracking universal health coverage: 2017 Global Monitoring Report*.
- OPS (2017). «Health financing in the Americas». *Health in the Americas* [en línea]. Washington, D.C.: Organización Panamericana de la Salud. [https://www.paho.org/salud-en-las-americanas-2017?post\\_t\\_es=financiamiento-de-la-salud-universal](https://www.paho.org/salud-en-las-americanas-2017?post_t_es=financiamiento-de-la-salud-universal).
- Pacis, D. M., Subido E. y Bugtai N. T. (2018). «Trends in telemedicine utilizing artificial intelligence». *AIP Conference Proceedings*, vol. 1933, n.º 1. <https://doi.org/10.1063/1.5023979>.
- Park, S. H. y Han, K. (2018). «Methodologic guide for evaluating clinical performance and effect of artificial intelligence technology for medical diagnosis and prediction». *Radiology*, 286:800–9. <https://doi.org/10.1148/radiol.2017171920>.
- Pathipati, A. S., Azad, T. D. y Jethwani, K. (2016). «Telemedical education: training digital natives in telemedicine». *Journal of Medical Internet Research*, 18:18–21. <https://doi.org/10.2196/jmir.5534>.
- Powers L. (2018). «Emory launches new initiative to improve dialysis patient care». *Centro de noticias de Emory* [en línea]. [https://news.emory.edu/stories/2018/02/telenephrology\\_clinics/index.html](https://news.emory.edu/stories/2018/02/telenephrology_clinics/index.html).
- Raghupathi, W. y Raghupathi, V. (2018). «An empirical study of chronic diseases in the United States: a visual analytics approach». *International Journal Environmental Research and Public Health*, 15:10–2. <https://doi.org/10.3390/ijerph15030431>.
- Ramaswamy, A., Yu, M., Drangsholt, S., Ng, E., Culligan, P. J., Schlegel, P. N. Y Hu, J. C. (2020). «Patient satisfaction with telemedicine during the COVID-19 pandemic: Retrospective cohort study». *Journal of Medical Internet Research*, 22:1–9. <https://doi.org/10.2196/20786>.
- Rivillas, J. C., Huertas Quintero, J. A., Montañó Caicedo, J. I. y Ospina Martínez, M. L. (2014). «Progresos en eSalud en Colombia: adopción del Sistema de Información Nacional en Cáncer». *Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Heal*, 35:446–52.
- Saad L. (2019). «More Americans delaying medical treatment due to cost». *Gallup* [en línea]. Wellbeing. 9 de diciembre. <https://news.gallup.com/poll/269138/americans-delaying-medical-treatment-due-cost.aspx>.
- Sanyal, C., Stolee, P., Juzwishin, D. y Huserreau, D. (2018). «Economic evaluations of eHealth technologies: A systematic review». *PLoS One*, 13:1–11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198112>.
- Scott Kruse, C., Kareem, P., Shifflett, K., Vegi, L., Ravi, K. y Brooks, M. (2018). «Evaluating barriers to adopting telemedicine worldwide: a systematic review». *Journal of Telemedicine and Telecare*, 24:4–12. <https://doi.org/10.1177/1357633X16674087>.
- Shepherd, A. (2019). «Crisis in Venezuela». *The BMJ* [en línea]. News. 364:l1277. <https://doi.org/10.1136/bmj.l1277>.

- Silva, A. B., da Silva, R. M., Ribeiro, G. da R., Guedes, A. C. C. M., Santos, D. L., Nepomuceno, C. C. y Caetano, R. (2020). «Three decades of telemedicine in Brazil: mapping the regulatory framework from 1990 to 2018». *PLoS One* 15:e0242869. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242869>.
- Sinsky, C., Colligan, L., Li, L., Prgomet, M., Reynolds, S., Goeders, L., Westbrook, J., Tutty, M. y Blike, G. (2016). «Allocation of physician time in ambulatory practice: a time and motion study in 4 specialties». *Annals of Internal Medicine*, 6;165(11):753-760. DOI: 10.7326/M16-0961.
- Spagnol, G. S., Min, L. L. y Newbold, D. (2013). «Lean principles in healthcare: An overview of challenges and improvement». *IFAC Proceedings Volumes*, vol. 46, n.º 24. <https://doi.org/10.3182/20130911-3-BR-3021.00035>.
- Tang, A., Tam, R., Cadrin-Chênevert, A., Guest, W., Chong, J., Barfett, J. *et al.* (2018). «Canadian Association of Radiologists white paper on artificial intelligence in radiology». *Can Assoc Radiol J*. <https://doi.org/10.1016/j.carj.2018.02.002>.
- Trombley, M. J., Hassol, A., Lloyd, J. T., Buchman, T. G., Marier, A. F., White, A. y Colligan, E. (2018). «The impact of enhanced critical care training and 24/7 (Tele-ICU) support on medicare spending and postdischarge utilization patterns». *Health Services Research*, 53:2099-117. <https://doi.org/10.1111/1475-6773.12821>.
- Turing, A. (2009). *Computing machinery and intelligence amplification. Parsing the Turing Test'* Comput Intell. Expert Speak Springer 25-44. <https://doi.org/10.1109/9780470544297.ch3>.
- Uwaliraye, P., Ndimubanzi, P., Muhire, A. y Lyle, V. (2019). «Integration of health and medical innovations in Rwanda to promote health equity». *Glob Innov Index*, 177-82.
- Van Assen, M. y Cornelissen, L. J. (2020). «Artificial intelligence: from scientific curiosity to clinical precocity?». *JACC Cardiovasc Imaging*, 13:1172-4. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2019.09.008>.
- Van Assen, M., Banerjee, I. y De Cecco, C. N. (2020). «Beyond the artificial intelligence hype: what lies behind the algorithms and what we can achieve». *Journal of Thoracic Imaging*, vol. 35. <https://doi.org/10.1097/RTI.0000000000000485>.
- Van Assen, M., Lee, S. J. y De Cecco, C. N. (2020). «Artificial intelligence from A to Z: from neural network to legal framework». *Eur J Radio*. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2020.109083>.
- Van Rosendael, A. R., Maliakal, G., Kolli, K. K., Beecy, A., Al'Aref, S. J., Dwivedi, A. ... y Min, J. K. (2018). «Maximization of the usage of coronary CTA derived plaque information using a machine learning based algorithm to improve risk stratification; insights from the CONFIRM registry». *Journal of Cardiovascular Computed Tomography*, vol. 12, n.º 3, pp. 204-209. <https://doi.org/10.1016/j.jcct.2018.04.011>.
- Vidal Alaball, J., Acosta Roja, R., Pastor Hernández, N., Sánchez Luque, U., Morrison, D., Narejos Pérez-Llano, S., Verges, A. y López Seguí, F. (2020). «Telemedicine in the face of the COVID-19 pandemic». *Atención Primaria*, 52:418-22. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2020.04.003>.
- Waller, M. y Stotler, C. (2018). «Telemedicine: a Primer». *Curr Allergy Asthma Rep*, 25;18(10):54. doi: 10.1007/s11882-018-0808-4. PMID: 30145709.
- Waseh, S. y Dicker A. P. (2019). «Telemedicine training in undergraduate medical education: mixed-methods review». *Journal Medical Internet Research*, 21:1-9. <https://doi.org/10.2196/12515>.

- World Vision International (2018). *Global mHealth Report*. World Vision. [https://www.researchgate.net/profile/Annette-Ghee/publication/325828742\\_2018\\_Global\\_mHealth\\_Report/links/5b282de5aca2727335b6f284/2018-Global-mHealth-Report.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Annette-Ghee/publication/325828742_2018_Global_mHealth_Report/links/5b282de5aca2727335b6f284/2018-Global-mHealth-Report.pdf).
- Zandehshahvar, M., van Assen, M., Maleki, H., Kiarashi, Y., de Cecco, C. N. y Adibi, A. (2020). «Toward understanding COVID-19 pneumonia. A deep-learning-based approach for severity analysis and monitoring the disease». *MedRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2020.11.24.20235887>.
- Zimmermann, K., Carnahan, L. R., Paulsey, E. y Molina, Y. (2016). «Health care eligibility and availability and health care reform: are we addressing rural women's barriers to accessing care?». *J Health Care Poor Underserved*, 27:204-19. <https://doi.org/10.1353/hpu.2016.0177>.
- Zuckerman, D. M., Brown, P. y Nissen, S. E. (2019). «Medical device recalls and the FDA approval process». *Arch Intern Med*, 171:1006-11. <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2011.30>.

**Inteligencia Artificial y telemedicina**  
**EN EL SECTOR DE LA SALUD -**  
**OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS**