



ARTÍCULO ESPECIAL

La salud en la era digital

Health in the digital age

Claudio Gutiérrez^a✉, Mercedes López^b.

^a Investigador Senior Instituto Milenio de Fundamentos de los Datos. Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

^b Coordinadora Comisión de Salud Digital del Colegio Médico. Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del Artículo:

Recibido: 21 07 2022

Aceptado: 09 11 2022

Key words:

Health; Medicine; Digital Technology; Computing; Data; Information; Artificial Intelligence.

Palabras clave:

Salud; Medicina; Tecnología Digital; Computación; Datos; Información; Inteligencia Artificial.

RESUMEN

¿Qué cambios trae el mundo digital a la forma como abordamos la salud? ¿Cómo están incidiendo las tecnologías digitales en la medicina? Este artículo presenta una panorámica sobre estos temas, dirigida a los profesionales de la salud, con el objetivo de apoyar la comprensión de las transformaciones que las tecnologías digitales están produciendo en la salud, la medicina y el mundo de los cuidados. Organiza las transformaciones en el área en cinco dimensiones: los datos como la base del nuevo mundo digital; la Web como nuevo espacio de información y conocimiento; la comunicación y medios digitales; las herramientas y máquinas digitales en salud que conforman la medicina digital; y el impacto de la inteligencia artificial en el área de salud. El enfoque es introductoria, enfatizando temas claves y literatura para profundizar en ellos.

ABSTRACT

What changes does the digital world bring to the way we approach health? How are digital technologies affecting medicine? This article presents an overview of these issues, aimed at health professionals, with the aim of supporting the understanding of the transformations that digital technologies are producing in health, medicine and the world of care. It organizes the transformations in the area in five dimensions: data as the basis of the new digital world; the Web as a new space for information and knowledge; communication and digital media; the digital tools and machines in health that make up digital medicine; and the impact of artificial intelligence in the health area.

The approach is introductory, emphasizing key themes and literature to encourage further study.

✉ Autor para correspondencia

Correo electrónico: cgutierrez@dcc.uchile.cl



INTRODUCCIÓN: EL MUNDO/ERA DIGITAL

Este artículo presenta una panorámica sobre el área conocida como salud digital^(a). Tiene un carácter de introducción, contribuye con una organización conceptual del área, y la bibliografía está orientada -más que a sustentar alguna tesis- a apoyar a las y los lectores a profundizar en determinadas materias.

Al hablar de salud digital, es muy importante comenzar reflexionando sobre algo que pareciera dado: el mundo o era digital. Las tecnologías digitales están produciendo cambios dramáticos y de largo alcance en la forma cómo nos relacionamos, cómo nos comunicamos, cómo conformamos nuestras identidades, en una palabra, cómo vivimos; cambios que hacen que las nuevas generaciones vivan experiencias muy diferentes a sus antecesoras. Esto hace que este proceso de cambios genere altas expectativas, pero a la vez temores y desconocimiento.

En el mundo de la salud estos cambios aparecen hoy como una infinidad de productos, procesos, conceptos y temas muchas veces difíciles de relacionar y entender. A modo de ejemplo: inteligencia artificial, *big data*, telemedicina, análisis predictivo, automatización, ficha clínica digital, interoperabilidad, robots, aparatos de monitoreo, atención y hospital digital, algoritmos, privacidad, regulaciones, escalabilidad, replicabilidad, personalización, confiabilidad, decisiones basadas en datos, plataformas y portales digitales, recuperabilidad, ciberseguridad, etc. Este listado algo abrumador da pocas luces para comprender la dirección y el impacto que estos nuevos temas tienen en el mundo de la salud. Por ello, el objetivo de este artículo es trazar un mapa conceptual de las piezas básicas que permiten contextualizar estos temas y entender cómo el mundo digital se relaciona con la salud.

Las tecnologías digitales, es bueno aclararlo de partida, como todas las tecnologías, no solo son herramientas o máquinas, sino también, contribuyen a conformar el ambiente en que los humanos nos desenvolvemos y relacionamos. Pero a su vez, son parte de ese ambiente, de esa historia, de quienes lo habitan, y luego, eso pone un marco a la dirección de su desarrollo y de sus alcances⁶. En ese sentido, por un lado, las tecnologías digitales no son algo externo o fuera del control de las/los humanos, que nos determine inexorablemente; por otro, sus desarrollos tienen una lógica interna que es importante entender para conocer sus límites y alcances. En una frase, estos desarrollos inciden en el devenir de la sociedad huma-

na, y a la vez dependen de las decisiones que ésta tome⁷. Como nuestro foco apunta a entender las relaciones de estas tecnologías con la salud, y por razones de espacio, no abordamos en este artículo las políticas y regulaciones del área.

El fenómeno que se tratará muchas veces se confunde con una faceta de él, las tecnologías de información y comunicación (TICs). Hoy sabemos que el mundo digital se estructura y se entiende a partir de los datos, que son el elemento básico a partir del cual se pone en movimiento ese mundo. De ahí su centralidad hoy⁸. Veamos un ejemplo del área médica: los signos clínicos son datos que dejan los fenómenos biológicos y que se pueden medir con instrumentos. Los síntomas son información, o sea son datos que registra e interpreta el cuerpo del paciente a partir de la percepción de algún fenómeno anormal funcional o sensitivo, tales como cansancio, dolor, malestar. En general, la información son datos interpretados por algún sujeto. A partir de la información de diversas fuentes (de aquí la importancia de las comunicaciones), esto es, de datos interpretados, se conforma el conocimiento, que tradicionalmente involucra humanos/as que saben cómo obrar ante tal información. Y el conocimiento es la base, tanto del actuar “inteligente”, sea natural o artificial, como del desarrollo de sofisticados dispositivos, instrumentos y fármacos.

Lo que ocurre hoy -y nos tiene hablando de este tema- es que se han desarrollado capacidades -casi infinitas- de tecnologías que permiten capturar, guardar, procesar y comunicar datos, esto es, facetas (aspectos, miradas) de cosas, procesos y eventos del mundo en que vivimos. Entonces, usando un conocido juego como analogía, las tecnologías digitales nos proveen un Lego® universal que hoy permite construir, simular, modelar y combinar los fenómenos más disímiles; comparar el pasado con el futuro; imaginar (y visualizar) escenarios posibles, y experimentar nuevas ideas y modelos.

Siguiendo estas ideas (y por motivos pedagógicos), en este artículo nos centraremos en cinco dimensiones o facetas fundamentales de ese mundo digital, que nos servirán para organizar una mirada a las múltiples transformaciones que estas tecnologías empujan en el ámbito de la salud. Estas cinco dimensiones son: los *datos*; la *información y el conocimiento*; las *comunicaciones*; las *nuevas herramientas, máquinas e intervenciones*; y la *inteligencia artificial* en salud. Cada una de ellas constituye un tema o disciplina particular, pero el mundo digital las ha enlazado^(b). Todas ellas son permeadas transversalmente por temas de privacidad, seguridad, trazabilidad, transparencia, ética, que trataré-

(a) *Enfatizamos la noción de salud (“estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades” de la OMS¹) más que la más focalizada de “medicina” (“conocimientos y técnicas aplicados a la predicción, prevención, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades humanas” cf. RAE). Este foco tendrá relevancia en el marco de las tecnologías digitales. Por “tecnologías digitales” entendemos todas aquellas que tienen como base computadores digitales y comunicación digital (por oposición a la analógica). Así definimos laxamente salud digital como el uso de tecnologías digitales para apoyar y alcanzar la salud de las personas. Para discusiones más finas de estas y otras nociones relacionadas (en inglés: ‘health IT’, ‘eHealth’, ‘wireless health’, ‘mHealth’, ‘telemedicine’, etc.) ver las referencias bibliográficas 2-5.*

(b) *No tenemos espacio aquí para argumentar sobre esta taxonomía. Solo hacer notar que son áreas que anteceden la era digital y son fundamentales en su conformación. La tradición de los *datos* proviene de los registros administrativos y de la ciencia experimental; la *información de la prensa* y los medios como radio y televisión; el *conocimiento de la ciencia y la filosofía*; las *comunicaciones del correo, telégrafo y teléfono*; las *máquinas y herramientas* de una larga tradición industrial y de automatización; y la *inteligencia artificial de las matemáticas, la estadística y la cibernética*. Hoy, gracias al medio digital, las tenemos integradas y nos paseamos de una a otra, al extremo que muchos no son capaces de distinguirlas.*

mos de abordar en cada caso. Por supuesto, cada una de estas facetas está apoyada en una infraestructura tecnológica, tema que escapa al foco de esta revisión. Consideramos que este enfoque ayudará a las y los lectores del mundo de la salud, a entender qué aspectos de estas tecnologías son los que están incidiendo en cada nuevo proceso que enfrentan en su hacer hoy día.

LOS DATOS Y SUS USOS

Las tecnologías digitales se basan en los datos. Los datos son las piezas básicas de ese Lego®, a partir de las cuales se construye el mundo digital. Hoy día las tecnologías permiten registrar digitalmente casi cualquier variable (biológica, social, económica, de comportamiento, etc.) y esto ha generado ingentes cantidades de datos. Este gran volumen de datos permite relacionar fenómenos antes aislados, entenderlos, modificarlos y/o prevenir sus resultados^(c). Esto está cambiando la manera de enfrentar la salud.

Los datos más valiosos son los que tienen más relación con las personas; y los más importantes son los de las personas mismas. Para la salud, la ficha clínica es la unidad conceptual en la que se registra e integra el conjunto de datos e información relativos a cada paciente. Hoy está distribuida/dispersa en el sistema de salud y en la red sanitaria (hospitales, atención primaria, clínicas, consultas, laboratorios, compañías de seguros, etc.), en diferentes formatos físicos (texto, imágenes, exámenes, etc.). La ficha clínica digital (*electronic health record EHR*) apunta a unificar, integrar y estandarizar física y conceptualmente esa dispersión, para así facilitar su consulta, análisis e interoperación (entre diferentes unidades, agencias y formatos). Esto la hace una herramienta extraordinariamente útil y flexible. Debido a que los datos e información de los pacientes son muy sensibles, el fortalecimiento de la seguridad y privacidad, gestión y confidencialidad de éstos hoy plantea a la implementación de la ficha clínica digital grandes desafíos técnicos y éticos⁹⁻¹¹.

Recientemente se ha acuñado el término fenotipo digital, que se define como la integración y enlace de los datos clínicos con datos de actividad y comportamiento en línea (redes sociales, comunidades *online*) y datos socio-ambientales (calidad del medio ambiente donde vive, nivel socioeconómico y educativo). Esto permitiría crear una visión unificada del paciente. Aunque técnicamente viable hoy día, no es difícil imaginar, de nuevo, los tremendos desafíos éticos y de privacidad que estos desarrollos involucran¹².

De igual manera, los datos son muy relevantes para las ciencias biomédicas, para las intervenciones en salud y para todo el sistema de salud. Para las ciencias biomédicas, los datos tienen como objetivo

identificar patrones, asociaciones, correlaciones, causalidades, y de esa forma conducen a conocimiento¹³. Los datos masivos permiten identificar personas en riesgo, priorizar tratamientos y delinean estrategias de intervención por grupos poblacionales, factores de riesgo o por territorios. Junto a datos provenientes de otras áreas que impactan la salud (determinantes sociales de la salud), son fundamentales para diseñar y evaluar políticas de salud pública, como quedó en evidencia con la pandemia¹⁴. De mucha relevancia son también los datos administrativos, que permiten gestionar y evaluar el funcionamiento del sistema de salud y su red. De múltiples fuentes y formatos, su manejo e integración con el resto del sistema es hoy un activo indispensable en la salud.

En cada uno de estos casos, existen grandes desafíos. Desde el punto de vista técnico, destacamos la interoperabilidad (ser capaz de intercambiar e integrar diferentes tipos de datos), para lo cual se han propuesto diferentes tipos de estándares como FHIR (*Fast Health Interoperability Resources*) entre otros^{15,16}; y la gestión del creciente volumen de datos disponibles. Desde el punto de vista de regulaciones, y dada la centralidad y relevancia que toman los datos de salud, se hace necesario dar gobernanza a esa área, para gestionar su disponibilidad, seguridad, privacidad, trazabilidad e infraestructura^{17,18}. Finalmente, cobra más relevancia su uso ético, una tradición en el área de salud, pero que se tensiona y desafía, hoy día, con los volúmenes e importancia económica de los datos sanitarios¹⁹.

NUEVOS ESPACIOS DE INFORMACIÓN Y CONOCIMIENTOS ABIERTOS Y DISPONIBLES

Aunque no seamos plenamente conscientes del cambio, pues éste ya lo tenemos internalizado, el advenimiento de la Web creó un espacio universal de información²⁰ donde todas las personas (y también máquinas) pueden exponer (contribuir) y recibir (acceder a) información y conocimientos, en una suerte de diario mural universal que no tiene barreras físicas (tamaño, formatos, etc.) ni geográficas^(d). Esto cambió radicalmente la manera de contribuir, de acceder, y de difundir la información y el conocimiento. En el área de la salud, esto ha impactado en la población en general, en los pacientes y en el personal de salud.

El acceso casi universal a la información ha transformado la manera en que la población entiende, aprende y se relaciona con el mundo sanitario. Las personas reciben la información de medicinas y tratamientos tradicionales y no tradicionales y las van mezclando de acuerdo con su cultura, llenando ese gran vacío entre el cuidado casero, el “sentido común”, y la información especializada. Para los pacientes el espacio digital ha permitido hacerse de información

(c) Procesar estos grandes volúmenes de datos, su diversidad y complejidad, exige técnicas diferentes al software tradicional de procesamiento de datos. Se ha popularizado el término “Big Data” (incluso sustantivado: “el Big Data”) para hablar de este fenómeno. Por motivos pedagógicos, preferimos evitarlo y hablar de datos masivos, datos complejos, etc.

(d) Es importante diferenciar la World Wide Web, un espacio virtual de contenidos y servicios, de Internet, que es una red física, un sistema de cables y protocolos a nivel mundial. Por ejemplo, uno paga el “servicio” (material) de Internet, pero accede usualmente gratis a todos los recursos (virtuales) de la Web.

y de ideas propias sobre tratamientos, intervenciones, derechos y medicamentos. Entrega también herramientas a grupos de pacientes para presionar y lograr incorporar nuevos tratamientos y procedimientos para sus enfermedades²¹. Finalmente, para el personal de salud, la Web ha permitido el acceso casi inmediato a la información sobre artículos científicos, nuevas drogas o estudios comparativos, independiente de restricciones, gracias a la tendencia hacia el conocimiento abierto²².

Todo lo anterior se expresa en redes sociales, sitios de información de salud, portales institucionales y gubernamentales, y diversos tipos de aplicaciones (*apps*), y su epítome estos días es el celular. Estos cambios conllevan ventajas y peligros. El personal de salud debe tratar hoy con pacientes y población en general más informada, pero a la vez también muchas veces mal informada; con más opinión y más desconfiada, pero crecientemente dependiente. La tradicional autoridad que daba la ciencia, hoy se relativiza con la emergencia de diferentes visiones, perspectivas y culturas. El espacio público digital que se ha abierto desafía las relaciones tradicionales entre los pacientes y la población con el personal de salud.

COMUNICACIÓN: LA SUPERACIÓN DE LAS BARRERAS GEOGRÁFICAS Y TEMPORALES VÍA TELEMEDICINA, CUIDADO VIRTUAL Y HOSPITAL DIGITAL

Las tecnologías digitales, por medio de la virtualización de crecientes facetas de la comunicación humana (escritura, voz, imágenes, video, etc.), han eliminado en la práctica muchas barreras geográficas y temporales en la comunicación entre personas. También han integrado diferentes medios como telefonía, televisión, computadores, etc., entregando una fluidez entre diferentes modos de comunicar.

Esto ha dado pie al desarrollo de la “medicina a distancia”. La telemedicina es anterior a las tecnologías digitales²³. Pero el medio digital, gracias a la flexibilidad y velocidad, le ha dado una riqueza y amplitud impensada, que incluye consultas en línea, monitoreo y enfermería a distancia, rehabilitación física y psicológica, y varios tipos de exámenes, y para los profesionales, reuniones y evaluaciones, y transferencia de exámenes y análisis casi desde cualquier lugar. La reciente pandemia vino a acelerar estos procesos. Al momento de desarrollar la telemedicina, hay consideraciones técnicas y médico-éticas. Entre las primeras, están las de costos, sustentabilidad y escalabilidad²⁴, y en países como el nuestro, cobran importancia los temas de contingencias, recuperabilidad y resiliencia. Entre las segundas, están la responsabilidad sobre su uso; la preservación de la relación médico-paciente; la tentación de reducirla a disminución de costos; y el desvirtuar y precarizar el trabajo de los profesionales de la salud.

Desde un punto de vista institucional, la integración de estas y otras líneas que las tecnologías de comunicación digital permiten, confor-

man lo que se ha llamado “Hospital Digital”²⁵. Este incluye consultas y procedimientos a distancia; el historial médico, EHR; ser centro de las comunicaciones y la información; el establecimiento de espacios y redes entre el personal de salud. Los futuros desarrollos dirán en qué decanta este concepto de hospital virtual, en particular cómo se integra y relaciona con el resto de la red de salud presencial.

NUEVAS HERRAMIENTAS, MÁQUINAS Y PROCEDIMIENTOS PARA LA MEDICINA (MEDICINA DIGITAL, MONITOREO DIGITAL)

La medicina digital es el campo de los productos digitales para medir e intervenir el cuerpo humano con fines médicos⁵. Un papel relevante aquí lo juegan las tecnologías de lo extremadamente pequeño (las nanotecnologías y los nanomateriales) en el diseño y construcción de dispositivos y robots de apoyo a labores médicas.

Estos productos digitales registran continua y remotamente datos desde sensores, que incluyen diversos parámetros biológicos y de actividad motora como presión sanguínea, temperatura, actividad cerebral, glicemia, seguimiento de mirada, sueño, entre otros²⁶. Entre los dispositivos de medición están los biomarcadores digitales, que monitorean datos biomédicos, y buscan cambios en los patrones de respuestas obtenidas por las conductas de las personas o pacientes, y reportes digitales integrados de diferentes fuentes. Esos datos se aprovechan en aparatos (que técnicamente contienen pequeños computadores) que los procesan y analizan (usando todo el conocimiento de la ciencia biomédica) de manera semi-autónoma para ser utilizados por el/la paciente o el personal de salud (por ej. para la dosificación de medicamentos, monitoreo del estado motor de los pacientes con enfermedad de Parkinson, cirugías apoyadas en realidad virtual).

Los principales desafíos de la industria que desarrolla estas tecnologías son la confianza de las personas, la legislación y los límites éticos. Hoy se vislumbran dos grandes grupos de jugadores en esta área: las compañías farmacéuticas (que están introduciéndose en productos digitales y ofreciendo intervenciones digitales más que solo productos farmacéuticos) y las compañías tecnológicas que se involucran en salud (por ejemplo: Apple, Google, Samsung, etc.)²⁶. En lo legal, el ambiente regulatorio existente -que apunta a minimizar resultados adversos o no deseados- tiende a entorpecer el progreso de la industria de salud²⁷. Finalmente, uno de los mayores desafíos actuales es asegurar el acceso equitativo a estas nuevas tecnologías que hoy son de alto costo.

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL ÁREA DE SALUD

Las transformaciones en la salud y medicina digital (y en casi todas las áreas) hoy se asocian con las técnicas denominadas inteligencia artificial (IA). Realmente el grueso del *boom* actual se debe a una subárea de la disciplina de IA, conocida como “redes neuronales”²⁸.

¿Qué hay detrás de todo ello? Clásicamente, los computadores (o programas) eran “artefactos que siguen instrucciones” (programas, algoritmos, esto es, codificaciones sofisticadas de instrucciones que el computador sigue). En el nuevo paradigma, son máquinas que aprenden (*machine learning*), son programas que permiten su auto-transformación y adaptación a parámetros obtenidos de datos masivos de entrenamiento. Los más exitosos están basados principalmente en arquitecturas de redes neuronales digitales, que son simulación de redes neuronales biológicas por medios digitales. Es un *software* que “aprende”, no en el sentido de comprender, de hacerse modelos mentales, sino en el sentido de ensayo y error, de adaptación, como la mayoría de los animales. La abrumadora diferencia con la capacidad humana (y animal), es el gigantesco volumen de parámetros de entrada y de conexiones, que sobrepasan con creces las posibilidades de nosotros los animales. Esto les da ese carácter “sobrehumano”^(e).

Estas técnicas de IA se están usando en las diferentes áreas que hemos revisado. Donde su impacto ha sido más espectacular y visible, es en la clínica (apoyo a cirugía, imagenología, análisis de diferentes tipos, automatización de diferentes intervenciones, etc.), en el diseño de nuevos fármacos y tratamientos, y en aparatos “inteligentes” (que usan IA) para apoyar diferentes funciones tanto de pacientes como de personal de salud³⁰. También en las ciencias biomédicas las técnicas de IA han tomado protagonismo. Otra aplicación exitosa se da en el uso de procesamiento de lenguaje natural en la semi-automatización de los sistemas administrativos de salud (por ejemplo, sistemas semi-automatizados de consulta; diálogos para toma de horas; lectura de fichas médicas)^{31,32}.

Esta es un área muy abierta y en evolución. En la actualidad las “tareas” estándares en el área son el agrupamiento (*clustering*), e.g. encontrar grupos poblacionales con determinada característica; la detección de anomalías (*outliers*), encontrar los individuos que se alejan del patrón esperado (por ejemplo: que comienzan a desarrollar alguna patología); la minería de reglas de asociación: ¿cómo van asociadas las patologías A y B?; y la predicción (clasificación, regresión): ¿qué consecuencias tendrá la aplicación de tal tratamiento?³³. Todo indica que la IA irá abarcando todas las áreas y problemas donde existe una pregunta (“entrada”) bien definida, y se espera un resultado (“salida”) bien definido también. Esto es, en problemas que sean formalizables (por oposición a problemas/preguntas como: ¿cómo le gustaría verse? ¿qué es la felicidad?, etc.).

Es bueno también entender las limitaciones y desafíos de la IA. El *software* es genérico, luego un error (e.g. en un diagnóstico) se propaga con facilidad (en el marco tradicional, es el error de un/a médico/a en un caso). Estas herramientas requieren estándares de validación muy superiores a los exigidos hoy día. Las técnicas de redes neuronales funcionan hoy generalmente como cajas negras, lo que las hace muy complejas desde el punto de vista ético: ¿quién se hace responsable por fallas de programación, de *software*, por fallas de sistemas, o por sesgos en el entrenamiento de una red neuronal digital?

A MODO DE CIERRE (O DE APERTURA): NUEVOS HORIZONTES DE LO HUMANO

Como hemos visto, la era digital está transformando la manera en que los humanos y humanas abordamos algo tan sustantivo como nuestra salud. Ello demanda estrategias globales para los responsables de las políticas de salud^{34,35}. Pero los desafíos van más allá: la era digital genera cambios en los hábitos, culturas, el desarrollo psicológico de las personas, la formación y socialización de las nuevas generaciones, pero, sobre todo, en muchos sentidos, desafía el marco biológico en que nos hemos desarrollado.

Hoy tenemos tecnologías que son capaces de simular casi cualquier aspecto de lo humano que seamos capaces de definir bien. Sumemos a esto que los/as humanos/as mismos apoyados en tecnologías pueden hacer “crecer” sus capacidades físicas y mentales. Esto, que muchos encuentran fantástico, y otros consideran un peligro, es lo que hoy día existe. Las nuevas tecnologías digitales (acompañadas como hemos indicado, por otras de áreas como la mecánica, la química, la biomedicina) están en ese sentido poniendo un ambiente donde estamos recreando lo que significa ser humano.

Probablemente sea ese el tema más desafiante y estimulante que nos trae el mundo digital: las fronteras tradicionales entre lo biológico y lo espiritual, entre lo afectivo y lo racional, entre lo humano y lo maquinal. El área de la salud, por su característica de estudiar y actuar sobre esos límites entre lo biológico y lo sustancialmente humano, tiene mucho que decir aquí. Pensamos que éste, junto al histórico e insoslayable objetivo de asegurar equitativamente el bienestar de la población, es el desafío mayor del área de la salud hoy día. Son tiempos interesantísimos, donde estamos jugando con el futuro de la humanidad. Depende de todas y de todos si es para bien o para mal.

(e) No tenemos espacio aquí para ir al fondo de estas técnicas. Solo decir que hoy se han hecho populares por la gran disponibilidad de datos, los avances en el hardware, y el desarrollo de modelos y técnicas sofisticadas de aprendizaje “profundo” (*deep learning*). Ver una buena panorámica para la salud en Bhatt et al.²⁹.

Declaración de intereses

Los autores no reportan ningún conflicto de interés

Consideraciones éticas

El trabajo no involucró la participación de personas o animales

Agradecimientos

A Alexandra Elbakyan y proyecto Sci-hub por el apoyo documental. A Jorge Carrillo por valiosos comentarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. OMS. Organización Mundial de la Salud. ¿Cómo define la OMS la salud? [Consultado 1 julio 2022] Disponible en: <https://www.who.int/es/about-frequently-asked-questions>
2. Sonnier P. Definition of Digital Health. [Consultado 1 julio 2022] Disponible en: <https://storyofdigitalhealth.com/definition/>
3. Healthcare Information and Management Systems Society (HIMSS). HIMSS Defines Digital Health for the Global Healthcare Industry. [Consultado 1 julio 2022]. Disponible en: <https://www.himss.org/news/himss-defines-digital-health-global-healthcare-industry>
4. Food and Drug Administration. Federal Agency. Digital Health. [Consultado 1 julio 2022]. Disponible en: <https://www.fda.gov/medical-devices/digital-health>
5. Digital Medicine Society. Defining Digital Medicine. [Consultado 1 julio 2022]. Disponible en: <https://www.dimesociety.org/about-us/defining-digital-medicine/>
6. Simondon G. *El modo de existencia de los objetos técnicos*. 1958. Ed. Prometeo, 2007.
7. Floridi L. Editor. *The Onlife Manifesto. Being Human in a Hyperconnected Era*, Springer Open, 2015. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-04093-6>
8. Gutiérrez C. Datos, ciencia y sociedad en el siglo XXI. *Rev BITS de Ciencia*, 2018;16.
9. Tsai CH, Eghdam A, Davoodi N, Wright G, Flowerday S, Koch S. Effects of Electronic Health Record Implementation and Barriers to Adoption and Use: A Scoping Review and Qualitative Analysis of the Content. *Life (Basel)*. 2020; 10(12):327. doi: 10.3390/life10120327
10. Pan American Health Organization. Electronic Medical Records in Latin America and the Caribbean: An Analysis of the current situation and recommendations for the Region, PAHO, 2016.
11. Sarkar U, Lyles C. Devil in the details: understanding the effects of providing electronic health record access to patients and families. *BMJ Qual Saf*. 2020 Dec;29(12):965-967. doi: 10.1136/bmjqqs-2020-011185
12. Jain SH, Powers BW, Hawkins JB, Brownstein JS. The digital phenotype. *Nat Biotechnol*. 2015 May;33(5):462-3. doi: 10.1038/nbt.3223
13. Shilo S, Rossman H, Segal E. Axes of a revolution: challenges and promises of big data in healthcare. *Nat Med*. 2020 Jan;26(1):29-38. doi: 10.1038/s41591-019-0727-5
14. Naudé W, Vinuesa R. Data deprivations, data gaps and digital divides: Lessons from the COVID-19 pandemic. *Big Data & Society*, 2021; doi:10.1177/20539517211025545
15. Bender D, Sartipi K. HL7 FHIR: An Agile and RESTful approach to healthcare information exchange. *Proceedings of the 26th IEEE international symposium on computer-based medical systems*, pages 326-331. IEEE, 2013.
16. Pan American Health Organization. eHealth in Latin America and the Caribbean: interoperability standards review, PAHO, 2016.
17. Gutiérrez C. Gobernar el nuevo mundo de los datos. *Rev BITS de Ciencia*, 2020;20.
18. Tiffin N, George A, LeFevre AE. How to use relevant data for maximal benefit with minimal risk: digital health data governance to protect vulnerable populations in low-income and middle-income countries. *BMJ Glob Health*. 2019;4(2):e001395. doi: 10.1136/bmjgh-2019-001395
19. Knoppers M, Thorogood AM. Ethics and Big Data in health. *Curr. Opin. Syst. Biol* 2017;4: 53-57. doi: 10.1016/j.coisb.2017.07.001
20. Berners-Lee T. *Weaving the Web*. HarperCollins, 2000.
21. Tan SS, Goonawardene N. Internet Health Information Seeking and the Patient-Physician Relationship: A Systematic Review. *J Med Internet Res*. 2017;19(1):e9. doi: 10.2196/jmir.5729
22. Gutiérrez C. Cercos para las ideas: el acceso al conocimiento bajo amenaza. *Rev. Chil. Pediatr.* 2012;83(4):321-327. doi: 10.4067/S0370-41062012000400001
23. Bashshur RL, Shannon GW. *History of Telemedicine: Evolution, Context, and Transformation*. New Rochelle, NY: Mary Ann Liebert, Inc. Publishers, 2009.
24. Baker J, Stanley A. *Telemedicine Technology: a Review of Services, Equipment, and Other Aspects*. *Curr Allergy Asthma Rep*. 2018;18(11):60. doi: 10.1007/s11882-018-0814-6
25. Juhra C. *Clinic 4.0: The Digital Hospital*. In: Frenz W. (ed). *Handbook Industry 4.0*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2022.
26. Elenko E, Underwood L, Zohar D. Defining digital medicine. *Nat Biotechnol*. 2015;33(5):456-61. doi: 10.1038/nbt.3222. Erratum in: *Nat Biotechnol*. 2016;34(11):1206.
27. Coravos A, Goldsack JC, Karlin DR, Nebeker C, Perakslis E, Zimmerman N, Erb MK. *Digital Medicine: A Primer on Measurement*. *Digit Biomark*. 2019;3(2):31-71. doi: 10.1159/000500413
28. Russell S, Norvig P. *Artificial Intelligence. A Modern Approach*. 4th. Ed. Edit. Pearson, 2020.
29. Bhatt C, Kumar I, Vijayakumar V, Singh KU, Kumar A. The state of the art of deep learning models in medical science and their challenges. *Multimedia Systems*. 2021;27:599-613. <https://doi.org/10.1007/s00530-020-00694-1>
30. Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med*. 2019; 25(1):44-56. doi: 10.1038/s41591-018-0300-7
31. Locke S, Bashall A, Al-Adely S, Moore J, Wilson A, Kitchen GB. Natural language processing in medicine: A review. *Trends Anaesth Critical Care*. 2021;38:4-9. <https://doi.org/10.1016/j.tacc.2021.02.007>
32. Villena F, Dunstan, J. Obtención automática de palabras clave en textos clínicos: una aplicación de procesamiento del lenguaje natural a datos masivos de sospecha diagnóstica en Chile. *Rev Med Chile* 2019;147(10):1229-1238. doi: 10.4067/s0034-98872019001001229
33. Kelleher JD, Tierney B. *Ciencia de Datos*. MIT Press. Ed. UC, 2020.
34. OPS. Organización Panamericana de la Salud. *Ocho principios rectores de la transformación digital del sector de la salud. Un llamado a la acción panamericana*. OPS/EIH/IS/21-0004. 2021. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/53730>
35. OMS. Organización Mundial de la Salud. *Estrategia mundial sobre salud digital 2020-2025*. [Consultado 1 julio 2022]. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/1364307/retrieve>