



CLIAS

CENTRO DE INTELIGENCIA
ARTIFICIAL Y SALUD
PARA AMÉRICA LATINA
Y EL CARIBE

El impacto de la inteligencia artificial en la atención de la salud. Perspectivas y enfoques para América Latina y el Caribe.

DOCUMENTO TECNICO 1

Junio 2023





Contenido

Equipo de Trabajo	3
1. Presentación	4
2. Mensajes claves del documento	5
3. El sector salud en la era de la Revolución 4.0	8
4. Conceptos clave en Inteligencia Artificial	10
5. La Inteligencia Artificial en el sector de la Salud	12
6. Experiencias de IA en salud	16
6.1. Macro gestión o política sanitaria	16
6.2. Mesogestión o gestión de servicios	17
6.3. Microgestión o gestión clínica	18
6.4. Experiencias en investigación clínica y preclínica	19
6.5. Experiencias en educación sanitaria	20
7. Conclusiones	21
8. Referencias bibliográficas	23



Equipo de Trabajo

Martin Saban: Médico pediatra (Universidad de Buenos Aires). Miembro de la subcomisión de Tecnologías de la Información y Comunicación de la Sociedad Argentina de Pediatría. Candidato a Master en Efectividad Clínica y Sanitaria. Becario CIIPS-IECS.

Santiago Esteban: Médico de familia (Universidad Austral). Master en Salud Pública con orientación en datos en la Escuela de Salud Pública TH Chan de Harvard. Gerente de Gestión de la Información y Estadísticas de Salud en el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. Investigador staff en IA en la intersección de epidemiología, salud pública, aprendizaje automático, inferencia causal, ciencia de datos y sistemas de información en el CIIPS-IECS.

Katherine Pérez-Acuña: Médica residente de Administración y Gestión de Salud (Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú). Editora adjunta de la Revista del Cuerpo Médico Hospital Nacional Almonzor Aguinaga Asenjo. Candidata a Máster en Medicina. Pasante en CIIPS-IECS.

Adolfo Rubinstein: Médico de Familia (UBA). Máster en Epidemiología Clínica por la Harvard TH Chan School of Public Health, Diplomado en Economía de la Salud por la Universidad de York. Doctor en Salud Pública (UBA). Profesor Regular Titular de Salud Pública (UBA). Certificado de implementación de políticas públicas por la Harvard Kennedy School. Ministro de Salud de la Nación de Argentina (2017-2019). Director del Centro de Implementación e Innovación en Políticas de Salud (CIIPS-IECS).

Cintia Cejas: Lic. en Ciencias Políticas (UCA) y Magister en Ciencias Sociales y de la Salud (FLACSO-CEDES). Especialista en gestión de proyectos de salud. Coordinadora del Centro de Implementación e Innovación en Políticas de Salud (CIIPS-IECS) y del Centro de Inteligencia Artificial en Salud para Latinoamérica y el Caribe (CLIAS).

Este trabajo se llevó a cabo gracias a la ayuda de una subvención otorgada por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, Ottawa, Canadá. Las opiniones aquí expresadas no representan necesariamente las del IDRC o las de la Junta de Gobernadores.



1. Presentación

El presente documento, elaborado por el Centro de Implementación e Innovación en Políticas de Salud (CIIPS) del Instituto de Efectividad Clínica y Sanitaria (IECS) se enmarca en una Serie de Documentos Técnicos sobre Inteligencia Artificial y Salud.

Estos documentos tienen por objetivo aportar al conocimiento de la región, abordando distintos ejes y perspectivas relevantes en el análisis de esta temática.

Destinado a equipos de salud, decisores en todos los niveles y población en general, con especial interés en la transformación digital del sector salud, estos documentos se complementan con las actividades llevadas a cabo por el CLIAS (Centro de Inteligencia Artificial en Salud para Latinoamérica y el Caribe) que se desarrolla en el CIIPS, con el apoyo del International Development Research Centre (IDRC). Para mayor información sobre el CLIAS, visitar <http://clias.iecs.org.ar>

Este documento en particular aborda la situación de la Inteligencia Artificial (IA) en salud en América Latina y el Caribe (ALC), desde una perspectiva regional. Se analiza la situación actual y los desafíos que se presentan en la implementación de la IA en el sector de la salud, así como también se identifican algunas oportunidades.

Para ello, se realizó una revisión de la literatura disponible y se seleccionaron algunas experiencias relevantes a nivel mundial, pero haciendo foco en las experiencias regionales.

El presente documento no pretende ser una revisión bibliográfica exhaustiva sobre el estado de la IA en salud en ALC sino una descripción exploratoria para comprender las características de la implementación de la IA en esta región. Las experiencias fueron seleccionadas de manera criteriosa sin que esto represente una revisión completa de todas las iniciativas existentes, las cuales son mencionadas en este texto con el objetivo de ejemplificar los diversos usos y aplicaciones.



2. Mensajes claves del documento

La madurez en el desarrollo de la inteligencia artificial (IA) en salud en la región de América Latina y El Caribe (ALC) se encuentra en fase exploratoria. Esto significa que no se cumplen aún los criterios para un ecosistema realmente integrado, lo que genera duplicación de esfuerzos o esfuerzos no enfocados en cubrir necesidades de salud prioritarias de la región.

La falta de rectoría de los Gobiernos o Ministerios de Salud en cuanto a Inteligencia Artificial aplicada a salud en los países de la región, facilita un contexto en el cual los proyectos se enfocan en objetivos individuales o corporativos, o en los problemas que, quienes desarrollan la IA, consideren o evalúen como importantes para el paciente, organización o quien sea el usuario final. Esta situación, si bien podría contribuir al mejoramiento de la calidad de atención y el nivel de satisfacción de los pacientes y usuarios, podría estar excluyendo muchos de los problemas de salud de importancia nacional o regional.

No obstante, existen algunos países más desarrollados que comenzaron a desarrollar políticas y marcos regulatorios, programas de formación de personal de salud en IA y esfuerzos por integrar a todos los actores guiados por la rectoría del gobierno y autoridad de salud. Tales son los casos de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México, Perú y Uruguay que ya cuentan con estrategias nacionales de IA, incluyendo al sector salud.

Sin embargo, en la mayor parte de los países aún no están claras las regulaciones y se está permitiendo que se desarrollen proyectos de Inteligencia Artificial en salud aislados y sin demasiados controles normativos, éticos y/o legales, por lo que existe riesgo de que la IA sea utilizada de manera inapropiada, se violen principios bioéticos básicos que dañen al paciente o al usuario final e incluso se genere mayor inequidad en la atención de salud. Además, la falta de un marco regulatorio claro y consistente en el uso de la inteligencia artificial en el sector salud, educación e investigación puede desalentar la creación de emprendimientos, limitar la adopción de soluciones innovadoras y crear barreras para la colaboración entre diferentes actores, como investigadores, instituciones educativas y empresas emergentes.

En la macrogestión de los sistemas de salud, la falta de presupuesto y de rectoría tienen un impacto negativo en el sector, ya que limita la capacidad de los sistemas de salud para invertir en tecnologías avanzadas y en la formación de personal para implementarlas. Además, la falta de recursos económicos puede limitar la capacidad de los sistemas de salud para abordar las necesidades de salud de las poblaciones más vulnerables, lo que puede resultar en una brecha en el acceso a la atención de salud de calidad. En este aspecto, la pandemia del COVID 19 aceleró la



generación de iniciativas que permiten gestionar los datos sanitarios para informar la toma de decisiones oportunas.

Si bien la inteligencia artificial puede desempeñar un papel clave en la macro y mesogestión de la atención médica al ayudar a procesar grandes cantidades de datos clínicos y administrativos de los pacientes de manera rápida y precisa, las deficiencias encontradas en el pilar “datos e infraestructura” para registro de datos en salud en la región, como la existencia de información de salud que aún es registrada manualmente y no es capturada por la IA, podrían generar datos en salud erróneos o de mala calidad, incompletos y no integrados que no solo obstaculizan la toma de decisiones informada, sino también generan sesgos e inequidad. Por ejemplo, al aplicar la IA a procesos de selección de pacientes para alguna intervención de salud, o sesgos de investigación al utilizar IA para seleccionar la población objetivo. En este punto, los esfuerzos por mejorar los sistemas de recopilación y gestión de información sanitaria realizados en ALC constituyen los primeros pasos para lograr la implementación de la IA en el sector salud.

En esta línea, con el uso e implementación de registros electrónicos adecuados, la IA puede ayudar a los proveedores de atención médica a identificar patrones y tendencias en la atención al paciente, y por consiguiente lograr una mejor toma de decisiones y una planificación más efectiva de los recursos, y a partir de ello, por ejemplo, mejorar la gestión de la cadena de suministros de medicamentos, dispositivos médicos y otros productos sanitarios, y posterior reducción de costos y aumento de la eficiencia. En ALC, debido a que la gestión de cadena de suministros aún se encuentra en proceso de mejora, existe una gran oportunidad de utilizar la IA.

Otra de las características del contexto que podría estar limitando a la IA en la región es la falta de desarrollo del sector tecnológico, que conlleva a la búsqueda de recursos tecnológicos fuera de la región con mayores costos. En este sentido, los costos excesivos en tecnología obtenida del exterior podrían desincentivar la creación de emprendimientos. Considerando que muchos de los países de la región tienen problemas presupuestarios, dar pie al desarrollo tecnológico dentro del país mediante incentivos fiscales, generar convenios intergubernamentales o público-privados, podría beneficiar enormemente al avance de la IA en todos los sectores, incluyendo salud.

La educación y la investigación también deben ser consideradas para mejorar la implementación de la inteligencia artificial en el sector de la salud. La formación de profesionales capacitados y actualizados en las últimas tecnologías es esencial para garantizar una utilización correcta y efectiva de la IA en el cuidado de la salud. La mayoría de los profesionales de salud adquieren los conocimientos y capacidades sobre IA, lo hacen habitualmente en programas de capacitación fuera de la región y muchos no regresan. La no inclusión de formación básica sobre inteligencia artificial o incluso informática en la currícula de las carreras de grado o posgrado podría haber llevado a que los profesionales de salud, principalmente los aquellos con más años desde la graduación, no conozcan los beneficios y riesgos de la IA, no la utilicen, y tampoco tengan la capacidad de participar en el desarrollo de proyectos de IA o hacer investigación al respecto. A pesar de ello, el creciente interés de las instituciones académicas y el personal de salud en la formación e



investigación en inteligencia artificial es una oportunidad a largo plazo para lograr la integración del ecosistema para IA.

También se observó que la mayoría de los avances implementados se centran a nivel de la microgestión brindando soluciones puntuales cuyo usuario final son el paciente y los profesionales. El facilitador más identificado fue el involucramiento e interés de actores relevantes en los proyectos de IA, incluidos los proveedores de atención médica, los pacientes, las empresas de tecnología y otros interesados, que han permitido la inversión en soluciones innovadoras y efectivas que aborden las necesidades y deseos de los pacientes y los proveedores, a pesar de no tener cooperaciones estructuradas.



3. El sector salud en la era de la Revolución 4.0

En el marco de la Revolución 4.0 o la cuarta revolución industrial, **la medicina es uno de los sectores con mayor retraso en la integración de tecnologías digitales en los procesos sanitarios, lo que incluye la inteligencia artificial, la robótica, la automatización de procesos y la conectividad en tiempo real a través de la Internet de las cosas (IoT).**¹ Esta revolución tiene el potencial de transformar la forma en que se brinda atención sanitaria, permitiendo la optimización de procesos de diagnóstico, monitoreo, la gestión de datos médicos y la personalización de tratamientos.² Además, se prevé que la cantidad de conocimiento médico se duplique cada tres años, lo que convierte a este sector en un terreno fértil para la implementación de IA.³ El uso de algoritmos avanzados y el análisis de grandes datos permitirá a los profesionales de la salud tomar decisiones más precisas y mejorar los resultados clínicos.⁴

El retraso en la integración de tecnologías digitales en la salud, en comparación con otros sectores, incluye varios factores: **los altos costos y la complejidad de las tecnologías necesarias para la implementación de la transformación digital, brechas en la capacitación y la formación de los profesionales de la salud en el uso de estas tecnologías, lo que limita la adopción de soluciones digitales**⁵; y **las barreras culturales así como la resistencia al cambio dentro de las organizaciones de atención médica.**

A pesar de esto, en América Latina el sector de la salud es el segundo con mayor actividad de empresas especializadas en IA (17%) que aplican sus conocimientos en diversos aspectos como el diagnóstico, monitoreo de pacientes, gestión de datos y la investigación médica.

Este contraste evidente entre los desarrollos generados de IA en el campo de la salud y la adopción e integración en los sistemas de salud genera la necesidad de una estrategia regional para facilitar el acompañamiento en el proceso de transformación digital. Con este fin, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) elaboró el documento que contiene “Ochos principios rectores para la transformación digital en el sector salud” proponiendo un marco para orientar y guiar a los sistemas de salud en la implementación de estrategias de transformación digital.⁶ Uno de los principios es el de Inteligencia Artificial (IA) que insta a los países a participar en la cooperación global, así como el trabajo en redes multisectoriales e interdisciplinarias, para diseñar y adoptar soluciones de inteligencia artificial que promuevan los enfoques de equidad, género y diversidad cultural con algoritmos seguros, confiables y abiertos.

Particularmente en salud, diferentes experiencias en el mundo muestran el potencial que tiene la inteligencia artificial de transformar los sistemas de salud al reducir costos, mejorar la calidad de atención y ampliar el acceso, así como impulsar la medicina de precisión y acelerar la investigación clínica.⁷ A su vez, estas innovaciones traen aparejadas su propio conjunto de



desafíos. **La implementación de estas tecnologías es especialmente desafiante para los países de bajos y medianos ingresos, que podrían verse favorecidos o perjudicados por la implementación de estrategias basadas en IA.**⁷ Por ejemplo, el acceso a internet es un facilitador fundamental para implementar aplicaciones de inteligencia artificial, ya que requieren cierto nivel de conectividad para funcionar. **Si bien los costos de banda ancha y conectividad han disminuido significativamente, aún resultan prohibitivamente altos en algunos países de ingresos bajos y medianos, especialmente en los países menos desarrollados, lo que representa una barrera para acceder a servicios de salud digitales e inteligencia artificial.**⁷

En América Latina, alrededor de dos tercios de las personas tienen acceso a Internet. Los expertos esperan que la pandemia de COVID-19 impulse a los gobiernos a abordar la brecha digital en los barrios pobres de las ciudades y “estimule la acción de las autoridades para que consideren una conexión a internet asequible como un derecho y un servicio básico, como los sistemas de agua y alcantarillado, que se espera que proporcionen las ciudades”.⁸ En este sentido la conectividad y el ancho de banda podrían considerarse como nuevo determinante social de la salud, como lo mencionó ya la OPS en uno de sus documentos.⁶

Los datos son cruciales para generar herramientas de IA robustas. Los avances en IA y salud en los últimos años se han visto facilitados por el aumento exponencial de datos accesibles, la mayor capacidad de cómputo disponible y progresos en aspectos metodológicos; pero resulta prioritario trabajar en su **calidad, accesibilidad y privacidad**, así como también en su **interoperabilidad**, es decir, en la capacidad de intercambiar e interpretar la información entre distintos sistemas. De esta forma, no importa la cantidad de datos que se tengan, sino la calidad y la interoperabilidad.⁷

La pandemia de COVID-19 ha destacado la importancia de los datos para la gestión de la salud de la población, permitiendo a los decisores tomar decisiones más acertadas y con celeridad, pero la mayoría de los países aún tienen un largo camino por recorrer en términos de tecnologías de la información y la gestión de la información en salud. **Si los gobiernos no invierten en estas áreas corren el riesgo de profundizar las desigualdades en salud existentes en sus poblaciones.**⁷



4. Conceptos clave en Inteligencia Artificial

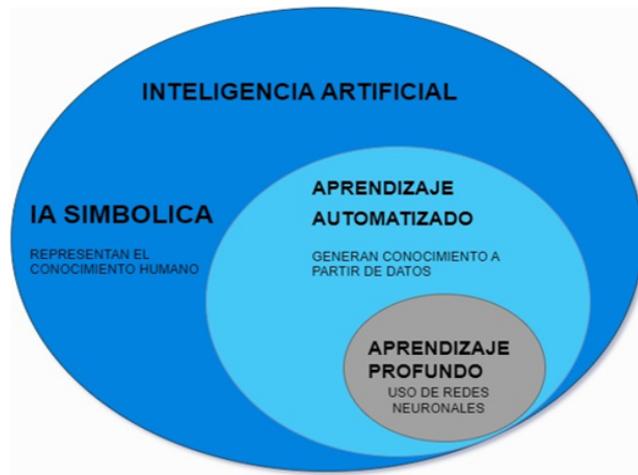
La definición original de IA, utilizada por McCarty en 1955 la describe como “**un grupo de tecnologías capaces de realizar tareas con una complejidad que requeriría de inteligencia para ser desarrollada por un humano**”, e incluye métodos que representen el conocimiento humano (IA simbólica) o que utilicen datos para generar conocimiento (IA basada en aprendizaje automático). Estas clasificaciones se aplican con varios objetivos, como el procesamiento del lenguaje natural, visión artificial, robótica y procesamiento de la voz, entre otros.⁹

La **IA simbólica** se centra en el procesamiento de símbolos y reglas simbólicas para el razonamiento y toma de decisiones. Representan conocimientos de manera explícita y se utilizan para hacer inferencias y resolución de problemas. Este enfoque se utiliza, entre otros aspectos, para sistemas expertos, razonamiento automatizado, procesamiento de lenguaje natural y planificación de tareas.¹⁰ Por ejemplo, en la resolución de tareas del **Procesamiento del Lenguaje Natural** (NLP, por sus siglas en inglés), la IA simbólica implicaría definir reglas gramaticales para identificar sustantivos, verbos y adjetivos; así como reglas semánticas para establecer relaciones entre las diferentes partes del discurso, con el fin de analizar y descomponer el lenguaje humano.

El **aprendizaje automático** (machine learning), por su parte, es la base de la mayoría de las aplicaciones actuales de inteligencia artificial, incluido el campo de la salud.⁷ Se trata de una técnica que ha cambiado la forma en que las computadoras pueden procesar y analizar grandes cantidades de datos. En lugar de requerir que los humanos programen explícitamente todas las reglas para el procesamiento de datos, el aprendizaje automático permite a las computadoras aprender por sí mismas esas reglas, encontrando patrones y relaciones en los datos. De esta manera, se generan nuevos conocimientos y se realizan tareas complejas de manera eficiente. Continuando con el ejemplo del NLP, el aprendizaje automático podría resolver tareas típicas como la sumariazación (resumen o síntesis), la extracción de información o la generación de texto, extrayendo patrones de los datos analizados sin que sea necesario programar reglas en forma explícita.

El **aprendizaje profundo** (deep learning) se basa en los mismos principios del aprendizaje automático, pero utiliza algoritmos más complejos para realizar tareas cada vez más precisas y sofisticadas a través de **redes neuronales**.⁷ Una red neuronal es un método que enseña a las computadoras a procesar datos de una manera que está inspirada en la forma en que lo hace el cerebro humano. Utiliza los nodos o las neuronas interconectados en una estructura de capas que se parece al cerebro humano. Crea un sistema adaptable que las computadoras utilizan para aprender de sus errores y mejorar continuamente. De esta forma, las redes neuronales artificiales intentan resolver problemas complicados, como la realización de resúmenes de documentos o el reconocimiento de rostros, con mayor precisión. La figura 1 resume, de una forma muy simplificada, la clasificación de la IA.

Figura 1. Clasificación de la Inteligencia Artificial.

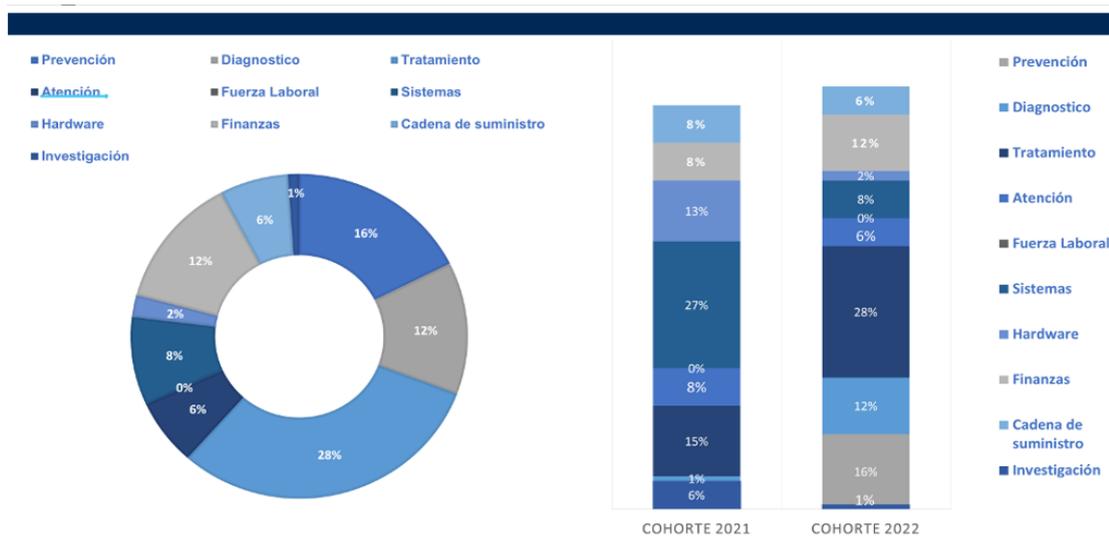


Fuente: McCarthy J. A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence.

5. La Inteligencia Artificial en el sector de la Salud

El uso de la inteligencia artificial en salud abarca a casi todas las cadenas de valor dentro del sistema sanitario. HoloniQ realizó un análisis de la agrupación de los emprendimientos en salud en ALC (ver figura 2), donde se observa como **la mayoría de los emprendimientos se orienta a la atención del paciente** (tratamiento, prevención y diagnóstico) y en menor cantidad se engloban dentro de la investigación y la educación sanitaria.¹¹

Figura 2. Distribución de las experiencias de inteligencia artificial en América latina y el Caribe, en el sector salud.



Fuente: HoloniQ

La implementación de herramientas de IA en políticas y servicios públicos, incluyendo el sector salud, requiere que **los gobiernos avancen hacia la generación de un ambiente favorable y propicio para el desarrollo de estas estrategias.**

De acuerdo con el AI Readiness Index¹², que es una medición que busca comprender las bases necesarias para que un gobierno esté en condiciones de integrar la IA en los servicios de manera efectiva y responsable, se deben analizar 10 pilares distribuidos en 3 categorías (gobierno, sector tecnológico, datos e infraestructura) para observar la implementación de la IA, siendo 100 el puntaje máximo que puede obtener un país o región. Oxford Insights realizó un ranking en base a este instrumento, en donde evaluaron diversos países divididos en 9 regiones (Norteamérica, América Latina y El Caribe, Europa Oeste, Europa Este, Medio Oriente y Norte de África, África subsahariana, Asia sur y central, Asia este, Pacífico).



En América Latina y el Caribe el índice promedio fue de 41,26, siendo el tercero más bajo a nivel global después de Medio Oriente y Norte de África, y casi la mitad del índice obtenido en Norteamérica, región con el índice más alto (82,94).

Entre los países de América Latina con mayor índice se encuentran **Chile, Brasil, Colombia, Uruguay, Argentina, Perú y México**, que en todos los casos superan la media mundial de 44,61; mientras que, en el Caribe, **Barbados** es el país con mejor índice (39,53). Analizando los datos a nivel regional, lo más sobresaliente es el **nivel de disparidad entre países: Chile, por ejemplo, tiene un índice de 62,52 en comparación con Nicaragua que tiene casi la mitad (28,33).**¹²

Para profundizar el análisis de los datos precedentes y del avance de la IA en salud en la región, se exploraron las experiencias de los países de acuerdo a los 6 pilares propuestos por la herramienta desarrollada por el Program for Appropriate Technology in Health (PATH)¹³, que mide el nivel de madurez de IA en Salud: Personas y fuerza laboral; Datos y tecnología; Gobernanza y regulación; Diseño y procesos; Asociación y partes interesadas; y Modelos de negocio. Cada pilar cuenta con criterios⁷ que utilizaremos para describir la situación de la región.

Personas y fuerza laboral: establece la **priorización de la IA y ciencia de datos en la educación universitaria y entrenamiento post-universitario.**⁷ El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) observó que más del 96% de las principales universidades de la región ofrecen carreras relacionadas a la IA que no están vinculadas a la salud¹⁴. **En cuanto a las carreras de salud, a pesar de que se incluyen cursos de informática en la enseñanza de grado, no se considera puntualmente a la Inteligencia artificial.**^{15,16} Sin embargo, existen algunos casos para resaltar en la enseñanza de post-grado: diversas universidades de Brasil, como la Universidad Federal de Río Grande del Norte (UFRN)¹⁷ y la Universidad de Sao Paulo¹⁸, así como algunas plataformas virtuales como evoluxIA¹⁹, ofrecen programas de capacitación en inteligencia artificial para profesionales de la salud. También existen algunas pocas residencias médicas como la de Informática Médica del Hospital Italiano de Buenos Aires en Argentina²⁰, pero los programas formativos como master en inteligencia artificial son dirigidos principalmente a carreras de ingeniería informática o de sistemas.

Un relevamiento del Laboratorio de Innovación Tecnológica en Salud Pública de la Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires en Argentina mostró que **la mayor parte de los esfuerzos formativos dentro de salud digital están focalizados en la implementación de sistemas de información en salud** e iniciaron un proyecto enfocado en el aprendizaje de Ciencia de Datos (Data Science, en inglés) con una metodología de formación práctica basada en resolución de problemas reales.²¹

Datos y Tecnología: requiere que los países prioricen una **arquitectura tecnológica robusta, acceso a datos de calidad, capas de seguridad y privacidad de datos, interoperabilidad y modelos de IA equitativos, transparentes y explicables.**⁷ En la medición del AI Readiness Index, el pilar del sector tecnológico de la región aún no logra ser competitivo, a pesar de que se incluyó la creación de Startups y la inversión en Gobierno tecnológico y salud impulsados por la pandemia de COVID-19.¹¹



A su vez, BID midió la infraestructura y conectividad de cada país calculando el porcentaje promedio del Índice de Adopción Digital del Banco Mundial y el Índice de Disponibilidad de Red del Foro económico mundial (FEM), y determinó 4 niveles: “líder” (>90%), “muy avanzado” (80-89%); “avanzado” (70-79%), y “semiavanzado” (60-69%). Según esta clasificación **Chile y Uruguay son líderes en infraestructura y conectividad; seguidos por Argentina, Brasil, Colombia y Costa Rica, que forman parte de la categoría muy avanzados. México, Perú y Trinidad y Tobago fueron categorizados avanzados; y por último, Ecuador, Paraguay y República Dominicana como semi avanzados.**¹⁴

Gobernanza y regulación: incluye el liderazgo para establecer estructuras de gobernanza sólidas y regulaciones que garanticen la innovación de las IA centradas en las prioridades de salud.⁷ Según el AI Readiness Index, **América Latina y el Caribe presenta mejor desarrollo en el pilar “Gobierno” en comparación con los otros pilares**, especialmente en la dimensión “Visión”, por la creación de estrategias y políticas en torno a la IA y la incorporación de iniciativas sensibles al desarrollo y programas que buscan el impacto social de las IA.¹¹ **Si bien Colombia y Uruguay son líderes en este pilar según Oxford Insight¹¹, varios países de LAC como Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México Perú y Uruguay cuentan con una estrategia nacional en inteligencia artificial, según la Organization for Economic Cooperation and Development (OECD).^{22,23} Por el contrario, en el Caribe no son los gobiernos sino las iniciativas internacionales y externas las que han realizado los esfuerzos más notables para crear el ecosistema propicio para implementar la IA.**¹¹

Diseño y procesos: se centra en incorporar soluciones de IA en sistemas de salud y flujos de trabajo clínicos, modelos y métricas de desempeño y localización de soluciones. En la región se han visto algunas soluciones impulsadas por la pandemia de COVID-19 como la integración de un algoritmo de IA en el flujo de atención de pacientes con sospecha de COVID-19 para detectar consolidaciones pulmonares en imágenes de radiografía de tórax en el Hospital Británico de Buenos Aires en Argentina.²⁴ Por otra parte, en Perú, el Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social (MIDIS) y la Universidad Peruana Cayetano Heredia desarrollaron una aplicación denominada AnemiaApp para intervención en el flujo de detección de anemia en zonas alejadas de centros urbanos. La App permite interpretar imágenes digitales del ojo de la persona, analizar las características de la membrana que recubre la superficie exterior, y mediante algoritmos basados en redes neuronales, determinar el nivel de hemoglobina.¹⁴

Asociación y partes interesadas: indica asociaciones estratégicas y orientadas a un propósito que generen acuerdos para uso de datos diversos y eviten la fragmentación.⁷ En este aspecto la región cuenta con diversas experiencias privadas de emprendimiento e inversión en infraestructura y también con experiencias públicas que tienen asociación de algunas partes interesadas¹⁴, pero **no se encontraron colaboraciones estructuradas o coordinadas que involucren a todos los actores, incluyendo el gobierno.** Además, ningún país cuenta con una estrategia, compromiso u acuerdo que promueva una visión conjunta y un abordaje común de la IA en su territorio.²² Sin embargo, existe la Red de Gobierno Electrónico de América Latina y el Caribe (Red GEALC), creada para que



los países miembros compartan información sobre elaboración de estrategias nacionales de gobierno digital, permitiendo una cooperación horizontal.²²

Modelos de negocio: requiere que los países se enfoquen en recursos de financiamiento, incentivos, financiamiento sostenible, modelos de precio y otras formas de monetización innovadora.⁷ En América Latina existen algunos programas de financiamiento de gobierno como la experiencia en Perú con el programa “Innóvate Perú”, que cofinancia proyectos de innovación empresarial y emprendimiento, incluidos los de IA en salud, y también existe financiamiento externo para emprendedores, como el programa de Microsoft, que financia proyectos, IA para la salud (AI for Health, por su nombre en inglés).¹⁴ Además, **los emprendedores están utilizando nuevos modelos de negocio que buscan producir impacto social y alcanzar la autosostenibilidad financiera para poder expandir sus operaciones.**²²

En este escenario diverso y variado, la OPS advierte que los países más vulnerables podrían encontrar dificultades en la implementación de una estrategia de IA sostenible, regulada y alineada a sus necesidades y prioridades en salud, debido principalmente a la **escasez de recursos, la falta de un ecosistema favorable, sistemas de salud fragmentados, segmentados y plurales, complejidad y falta de transparencia en procesos de adquisiciones y en la falta de capacitación y entrenamiento multidisciplinario.**²⁵

Todos estos son desafíos que los países de la región deberán tener claramente identificados a modo de incorporar soluciones con una mirada local, que permita realizar progresos que procuren disminuir las brechas de equidad en salud existentes.

El análisis de la inteligencia artificial en América Latina y el Caribe en base a la información revisada, teniendo en cuenta los criterios por cada pilar y los niveles de madurez de IA en salud que describe el PATH, revela que los pilares "personas y fuerza laboral", "data y tecnología", "gobernanza y regulación", "diseño y procesos", "asociación y partes interesadas" y "modelos de negocio" se encuentran en nivel exploratorio. A pesar de esto, los pilares "data y tecnología" y "gobernanza y regulación" destacan en su desarrollo. Todos los pilares requieren una mayor atención y fortalecimiento para promover un ecosistema integral de inteligencia artificial en la región.



6. Experiencias de IA en salud

Como se ha observado en las secciones precedentes y a través de los diferentes ejemplos, la implementación de herramientas de IA ha avanzado de manera simultánea, aunque descoordinada en los tres niveles de gestión de los sistemas de salud: ²⁶

La **macrogestión**, que corresponde a las medidas de intervención que el Estado adopta para regular a todos los agentes involucrados en el sector de la salud. Adoptan la forma de políticas públicas sanitarias y expresan la posición del Estado frente a los modelos de financiamiento, la manera en la que se prestan los servicios, la regulación del mercado y sus fallas, teniendo en cuenta a todos los determinantes de la salud.

La **mesogestión**, por su parte, se ocupa de la articulación de los establecimientos de complejidad diferenciada. Incluye la coordinación entre diversos centros, hospitales y otros establecimientos de salud. Su objetivo se centra en concretar las metas sanitarias a nivel nacional.

La **microgestión**, o gestión clínica, es aquella que se lleva a cabo al interior de los servicios asistenciales. Se ocupa de las tareas de los profesionales sanitarios buscando proporcionar diagnósticos más precisos y procesos asistenciales más eficientes.

Para profundizar en la exploración del uso e implementación de herramientas de IA en salud, a continuación, se analizarán diferentes experiencias en los tres niveles mencionados, tanto a nivel regional como a nivel mundial. Esto permite no sólo observar cómo se han desarrollado estos avances de manera retrospectiva, sino también identificar ventanas de oportunidad a futuro. Se incluyen, además, experiencias relacionadas con los campos de **investigación clínica** y **educación**.

Para ello, se realizó una búsqueda en Google con las palabras: “IA en macrogestión sanitaria”, “IA mesogestión sanitaria”, “IA en microgestión sanitaria”, “IA en investigación clínica”, “IA en investigación preclínica”, “IA en salud + educación sanitaria”, también se utilizó “IA en salud + (nivel de gestión)”, “IA en Salud Pública”. Además, se replicó la búsqueda en el idioma inglés para identificar experiencias de IA en cada una de estos niveles de gestión.

6.1. Macro gestión o política sanitaria

Una de las potencialidades que tiene la IA para colaborar en la macrogestión, es en el monitoreo y predicción de brotes de enfermedades infecciosas, así como en la reducción y control de enfermedades no transmisibles en la población. También, los sistemas de salud, pueden utilizar herramientas de IA para lograr mayor eficiencia en las tareas administrativas, tales como el uso de datos de mantenimiento para predecir fallas de máquinas o equipamiento y pedir



presupuestos, o para usar procesamiento de lenguaje natural para extraer datos de informes para llenar automáticamente informes de registro, lo que podría reducir costos laborales.²⁷

A nivel mundial, se han utilizado herramientas de IA con éxito para predecir brotes de enfermedades como el cólera en Haití en 2010²⁸ y el dengue en Pakistán en 2013²⁹, así como para gestionar la pandemia COVID-19.²⁸ Asimismo, este tipo de herramientas se ha aplicado para prevenir y monitorear enfermedades no transmisibles, como la diabetes y la hipertensión arterial, logrando una gestión más eficiente de la salud de la población.²⁷ Un caso de uso particular es la gestión de tareas administrativas en ciertos países del continente africano como Sierra Leona, Tanzania, Mozambique y Nigeria, a través de Macro-eyes una herramienta desarrollada por una empresa en Estados Unidos, que permite predecir el nivel de consumo de medicaciones y hacer recomendaciones para evitar los quiebres de stock.³¹

En ALC, numerosas iniciativas fueron desarrolladas durante la reciente pandemia de COVID-19 para colaborar con el monitoreo en tiempo real y realizar predicciones sobre el avance de la enfermedad.³² Desde el Instituto de Efectividad Clínica y Sanitaria (IECS), se realizó una herramienta personalizable de código abierto que se utiliza para predecir el impacto de la expansión de la COVID-19 en la preparación de los sistemas de salud de diferentes países de América Latina y el Caribe cuyos objetivos son estimar la dinámica de la transmisión de la COVID 19 y la capacidad de preparación y respuesta de los sistemas sanitarios y facilitar las decisiones a los responsables de formular políticas públicas³³, si bien no utiliza IA, es un ejemplo de decisiones basadas en datos que resulta relevante en la macrogestión. Entre las experiencias más destacadas que utilizaron IA en esta área, cabe señalar el caso de Cuba y el Grupo Técnico de Modelación y Epidemiología para el enfrentamiento de la COVID-19 encargado del manejo de la crisis sanitaria. Este grupo técnico utilizó la inteligencia artificial para monitorear y analizar datos en tiempo real, creando la plataforma Covid19CubaData, que contribuyó en la toma de decisiones y respuesta ante la pandemia.³⁴ De manera similar, en Colombia se realizó un modelo de IA para predecir el diagnóstico de COVID 19 basado en los síntomas reportados.³⁵ Por su parte, en Argentina, la Secretaría de Innovación y Transformación Digital del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, desarrolló un sistema de inteligencia artificial llamado IATos que utiliza redes neuronales para recomendar el testeo para COVID-19 basado en el análisis de la tos del paciente, integrando el flujo de recomendación dentro de “BOTI”, un chatbot basado en WhatsApp.³⁶

6.2. Mesogestión o gestión de servicios

En el nivel de mesogestión, **las herramientas basadas en IA también puede ser utilizadas para optimizar los procesos de soporte en los sistemas de salud y las operaciones que involucran insumos y servicios (como la distribución eficiente de insumos, la detección de fraude y la reducción de los tiempos de espera de los servicios), así como también los procesos de atención médica.³⁷** La IA permite identificar patrones en los datos de salud, lo que puede ayudar a predecir y prevenir complicaciones, mejorar la gestión de enfermedades crónicas, la carga de trabajo de los profesionales de la salud y la coordinación entre los miembros del equipo de atención médica.



La aplicación de sistemas basados en IA para la optimización de las cadenas de suministro en el sector de la salud ha sido ampliamente investigada y puede tener un impacto positivo en la eficiencia y calidad de los procesos de atención médica.³⁸ También, la IA ha demostrado ser una herramienta útil para colaborar en el diagnóstico y manejo de enfermedades en diferentes áreas de la medicina, como dermatología, inmunología, neumonología y oncología.

A nivel global, y en cuanto a la **utilización de la IA para diagnóstico**, se destacan ejemplos de su uso en la oncología. En Corea del Sur se ha utilizado para predecir de manera temprana ciertos tipos de cáncer de colon que requieren terapias más específicas.³⁹ Experiencias similares se observan en Estados Unidos para la predicción de otras patologías tumorales como el cáncer de mama⁴⁰, e incluso para predecir la probabilidad de presentar un infarto agudo de miocardio, a partir del análisis de un electrocardiograma.⁴¹

En cuanto a su uso para **la mejora de procesos**, en Argentina, por ejemplo, Wúru desarrolló una aplicación llamada Magic Calendar que optimiza la gestión de los recursos y procesos operativos en el área de quirófanos.⁴²

Además, la transformación digital en salud ha permitido la integración de tecnologías como el aprendizaje automático y analíticas avanzadas para **mejorar la atención médica**. Para citar algunos ejemplos de la región, en la ciudad de Pelotas en Brasil, se utilizaron diferentes algoritmos para predecir la demanda de servicios médicos de emergencia⁴³, mientras que, en Chile, se utilizaron modelos de IA para la gestión de las agendas profesionales en 3 hospitales de la región logrando una reducción del 20% de las inasistencias por parte de los pacientes.⁴⁴

6.3. Microgestión o gestión clínica

En el ámbito del diagnóstico por imágenes, la IA puede ser muy útil para mejorar la precisión y la velocidad del diagnóstico, especialmente en enfermedades como el cáncer y las enfermedades cardíacas. La IA facilita el análisis de grandes conjuntos de datos de imágenes médicas y permite ayudar en la identificación de enfermedades en una etapa temprana.²⁶

Además, tiene el potencial para mejorar la experiencia del paciente a través de herramientas como los Verificadores de Síntomas (Symptoms Checkers, en inglés), que utilizan algoritmos de IA para ayudar a los pacientes a identificar sus síntomas y ofrecer recomendaciones de tratamiento. Un ejemplo a destacar es el de Wysa⁴⁵, una empresa fundada en India que aplica esta tecnología en el ámbito de la salud mental, brindando apoyo emocional a través de un Chatbot basado en IA. En esta misma temática, Vitalk⁴⁶ en Brasil provee seguimiento de salud mental y terapia emocional. A través de una combinación de procesamiento de lenguaje natural basado en el conocimiento y basado en aprendizaje automático, el chatbot puede guiar al paciente en algunos ejercicios sencillos de terapia conductual y puede dar alertas sobre temas más serios o sugerir al paciente que vea a un médico.

Por otra parte, en Argentina la empresa Entelai⁴⁷ desarrolló un programa que analiza imágenes dentro del sistema de reportes médicos. El programa fue diseñado para resolver el problema de la



sobrecarga de trabajo de los especialistas en imágenes. Para esos casos, la empresa desarrolló una solución llamada EntelaiPic que le permite al especialista, además de ver la resonancia magnética o la mamografía, tener un preinforme que le indica a qué zona prestarle atención y señala la presencia de lesiones en la resonancia. Además, en el marco de la pandemia, Entelai se basó en este sistema para desarrollar la herramienta de EntelaiPic Covid-19, que permite analizar con precisión y velocidad un enorme número de radiografías de tórax y detectar neumonía o infección en los pulmones a partir del análisis de miles de imágenes.

Entre otros ejemplos de la región, se destaca en Chile TeleDx⁴⁸, que ha desarrollado un sistema de software denominado DART que usa IA para detectar y prevenir la retinopatía diabética, la causa de ceguera de mayor crecimiento en el mundo. Técnicos entrenados toman imágenes digitales especializadas del ojo y las ingresan a DART, que usa aprendizaje automático en busca de retinopatía diabética.

Finalmente, en otras áreas como la neumonología, se han utilizado redes neuronales con capacidad de clasificar el asma y brindar tratamientos oportunos.⁴⁹

Estas herramientas pueden mejorar la accesibilidad y la eficacia de la atención médica, especialmente en áreas remotas o con recursos limitados.

6.4. Experiencias en investigación clínica y preclínica

El proceso de investigación y desarrollo de fármacos es largo, costoso y complejo, ya que puede durar más de una década desde la identificación de los objetivos moleculares hasta la aprobación y comercialización del producto final. Dado que la mayoría de los candidatos a fármacos que se desarrollan no llegan a comercializarse, la innovación en este campo es difícil y costosa. A todo esto, se le suma la creciente complejidad regulatoria y las dificultades para encontrar moléculas que sean significativamente mejores que los productos ya existentes en el mercado.

La inteligencia artificial tiene el potencial de transformar muchos de los pasos clave en los ensayos clínicos, desde el diseño del protocolo hasta la ejecución del estudio, mejorando así las tasas de éxito del ensayo y disminuyendo la carga de investigación y desarrollo de la biotecnología y farmacéutica. Específicamente, las tecnologías de IA pueden ofrecer asistencia vital al extraer automáticamente información significativa de registros electrónicos de salud (RES) y otras fuentes de datos no estructurados para identificar participantes con criterios coincidentes. Esto puede ayudar tanto a los pacientes como a los médicos a comprender y evaluar la elegibilidad para un ensayo específico. Además, la IA puede ayudar con el diseño del protocolo realizando predicciones sobre el riesgo de desperdicio de recursos, que puede llevar a terminar tempranamente el ensayo clínico.⁵⁰

Dentro de la investigación preclínica, Alpha Fold es un caso exitoso. Este desarrollo comenzó en la University College de Londres, donde buscaron utilizar un modelo de IA para predecir la estructura tridimensional de las proteínas a partir de la secuencia de aminoácidos. Las versiones Alpha Fold 1



y Alpha Fold 2 obtuvieron el primer lugar en las competencias CASP (Critical Assessment of Techniques for Protein Structure Prediction en inglés), un experimento global que se realiza cada dos años para predecir la estructura proteica, en los años 2018 y 2020, respectivamente. Este avance tiene importantes implicancias para el proceso de selección de moléculas candidatas, para el desarrollo de nuevas terapias para enfermedades de forma dirigida logrando una mayor tasa de éxito y menor desperdicio.⁵¹

Por otra parte, Cuba ha estado aplicando técnicas de minería de datos en investigación clínica para mejorar la atención primaria de salud. La digitalización y automatización de procesos ha generado grandes volúmenes de información, y la minería de datos permite encontrar información relevante y no trivial en los datos almacenados.⁵²

6.5. Experiencias en educación sanitaria

En el contexto de la educación sanitaria se han encontrado pocos casos de uso en la región donde la **inteligencia artificial permite automatizar y optimizar procesos pedagógicos y educativos. Un caso de uso destacable es la aplicación de IA en la simulación clínica.** En España para el entrenamiento de cirugías urológicas, se utilizan modelos de inteligencia artificial aplicados a simulación de procedimientos para optimizar el aprendizaje y entrenamiento de los cirujanos.⁵³ Esto cobra mayor relevancia si se observa que, de acuerdo con una encuesta, los alumnos de grado acuerdan que adquirir conocimientos de IA durante su formación resulta importante.⁵⁴

7. Conclusiones

El avance de la IA en salud en la región podría considerarse **exploratorio** en cuanto al grado de madurez. Predomina la **heterogeneidad y fragmentación**, la mayoría de proyectos son **individuales y proporcionan soluciones puntuales en el nivel de meso y sobre todo microgestión**. Además, la **falta de implementación de regulaciones** ofrece un terreno desafiante donde se pueden identificar barreras y factores que podrían facilitar la integración con el sistema sanitario.

En este sentido, las principales barreras para el desarrollo de la IA en salud identificadas en la región son, en términos generales, la **ausencia de rectoría en IA, de regulaciones implementadas que integren a todos los actores, de implementación de datos en salud electrónicos, de programas que impulsen el desarrollo tecnológico, de presupuesto designado para IA, de personal capacitado y de investigaciones sobre aplicación de IA en salud**.

Figura 3. Grado de madurez de la IA en ALC según cada pilar analizado

PILARES	EXPLORATORIO	EMERGENTE	ECOSISTEMA INTEGRADO
PERSONAS Y FUERZA LABORAL	X		
DATOS Y TECNOLOGIA	X		
GOBERNANZA Y REGULACIÓN	X		
DISEÑO Y PROCESOS	X		
MODELOS DE NEGOCIO	X		

Fuente. Elaboración propia

Sin embargo, también se han identificado factores que pueden facilitar la implementación de la IA en la atención de salud, como el **creciente interés y la inversión en la IA por parte de los proveedores de atención médica y las empresas de tecnología**. Además, se ha discutido la importancia de **abordar el tema de la educación en IA en el ámbito de la salud** para que los profesionales del sector puedan aprovechar todo el potencial de esta tecnología. También se ha señalado la necesidad de **fomentar la investigación en IA en salud para desarrollar soluciones innovadoras que permitan mejorar la atención médica y la calidad de vida de los pacientes**. En este aspecto, el surgimiento del **ChatGPT** resulta una herramienta prometedora que podría colaborar transversalmente en el sistema sanitario brindando soluciones para la docencia, investigación y asistencia de la salud.

En general, se concluye que la IA en salud en América Latina y el Caribe se encuentra en una etapa de maduración incipiente y que aún existen numerosos desafíos por superar para su consolidación, los cuales constituyen oportunidades de mejora en las que pueden estar enfocados los esfuerzos. La implementación de soluciones de IA en los distintos niveles de gestión, educación e



investigación requiera de la colaboración de todos los actores involucrados y la adopción de políticas y regulaciones que permitan la integración y el desarrollo sostenible de esta tecnología en la región.

Este documento es un acercamiento al análisis de la madurez de IA en salud y de las experiencias regionales y marca el inicio de posteriores evaluaciones para determinar el nivel de madurez en cada país de ALC, información que permitirá tomar decisiones acertadas sobre los próximos pasos a seguir en la hoja de ruta de la implementación de la IA en salud y lograr un ecosistema integrado.



8. Referencias bibliográficas

1. Gupta A, Singh A. Healthcare 4.0: recent advancements and futuristic research directions. *Wirel Pers Commun*. 2023;129(2):933-952.
2. Andaur Navarro CL, Damen JAA, Takada T, et al. Completeness of reporting of clinical prediction models developed using supervised machine learning: a systematic review. *BMC Med Res Methodol*. 2022;22(1):12.
3. Densen P. Challenges and opportunities facing medical education. *Trans Am Clin Climatol Assoc*. 2011; 122:48-58.
4. Endeavor. EL IMPACTO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL EMPRENDIMIENTO. Accedido mayo
5. Mengestie ND, Yeneneh A, Baymot AB, et al. Health Information Technologies in a Resource-Limited Setting: Knowledge, Attitude, and Practice of Health Professionals. *Biomed Res Int*. 2023; 2023:4980391. 3, 2023.
https://www.academia.edu/36931909/EL_IMPACTO_DE_LA_INTELIGENCIA_ARTIFICIAL_EN_EL_EMPRENDIMIENTO
6. Organización Panamericana de la Salud. Ocho principios rectores de la transformación digital del sector de la salud. Un llamado a la acción panamericana. Published online 2021.
https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/53730/OPSEIHIS210004_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
7. Broadband Commission. *Reimagining Global Health through Artificial Intelligence: The Roadmap to AI Maturity*.
8. Moloney A. ¿Podría el bloqueo del coronavirus ayudar a cerrar la brecha digital de América Latina? [Internet]. World Economic Forum. 2020.
<https://es.weforum.org/agenda/2020/05/podria-elbloqueo-del-coronavirus-ayudar-a-cerrar-la-brecha-digital-de-america-latina/>
9. McCarthy J, Minsky ML, Rochester N, Shannon CE. A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, August 31, 1955. *AIMag*. 2006;27(4):12-12.
10. Dhombres F, Bonnard J, Bailly K, Maurice P, Papageorghiou AT, Jouannic JM. Contributions of Artificial Intelligence Reported in Obstetrics and Gynecology Journals: Systematic Review. *J Med Internet Res*. 2022;24(4): e35465.
11. Health Intelligence Unit. 2022 Latin America Health Tech 50. Accedido mayo 8, 2023.
<https://www.holonig.com/notes/2022-latin-america-health-tech-50>



12. Oxtora Insight. *Government AI Readiness Index 2021.; 2022.*
https://static1.squarespace.com/static/58b2e92c1e5b6c828058484e/t/61ead0752e7529590e98d35f/1642778757117/Government_AI_Readiness_21.pdf
13. Novartis, PATH. Advancing artificial intelligence in health maturity June 2021. Available in:
https://media.path.org/documents/NFAIMaturity_WhitePaper_FINAL_O0xZdEF.pdf?_gl=1*_wdjopc*_gcl_au*MTYwNTcwMTE2Ni4xNjg0Nzg5NTcx*_ga*NDI4NTk3MDg3LjE2ODQ3ODk1NzI.*_ga_YBSE7ZKDQM*MTY4NDc4OTU3Mi4xLjAuMTY4NDc4OTU3Mi42MC4wLjA
14. Gómez Mont C, Del Pozo CM, Martínez Pinto C, Martín del Campo Alcocer AV. *La inteligencia artificial al servicio del bien social en América Latina y el Caribe: Panorámica regional e instantáneas de doce países.* Inter-American Development Bank; 2020.
doi:10.18235/0002393
15. Quispe-Juli Cender U., Aragón-Ayala Carlos Jesús. Health informatics in medical education in Peru: are we ready for digital health? *An. Fac. med.* [Internet]. 2022 Oct [citado 2023 Mayo 30]; 83(4): 369-370. Disponible en:
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832022000400369&lng=es. Epub 22-Nov-2022. <http://dx.doi.org/10.15381/anales.v83i4.23887>.
16. Sánchez M. La Informática Biomédica y la educación de los médicos: un dilema no resuelto. *Educación Médica* [Internet]. 2015 Oct [citado 2023 Mayo 30]; 16 (1): 93-99.
<https://doi.org/10.1016/j.edumed.2015.04.012>.
17. Jornal da USP. USP lança curso on-line gratuito sobre inteligência artificial na saúde. Publicado 04 de junio de 2018. Accedido 25 de mayo,2023.
<https://jornal.usp.br/ciencias/usp-lanca-curso-on-line-gratuito-sobre-inteligencia-artificial-na-saude/>
18. AVASUS. UFRN. Curso Inteligência artificial na saúde. Accedido 25 de mayo,2023.
<https://avasus.ufrn.br/local/avasplugin/cursos/curso.php?id=518>
19. EADmedic. evoluxIA. Inteligência Artificial na Saúde. Accedido el 25 de mayo,2023.
<https://www.eadmedic.com.br/cursos/gestao/inteligencia-artificial-na-saude>
20. Posgrado IUHIBA. Maestría en Informática en Salud.
https://hiba.hospitalitaliano.org.ar/archivos/noticias_archivos/163/Maestrias_2023/163_Programa2023-MIS.pdf
21. Rojo M, Ridao M. La formación en informática de los futuros médicos: estudio de caso sobre el Laboratorio de Innovación. *CAIS - Congreso Argentino de Informática en Salud.*
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/140841/Documento_completo.pdf-PDF_A.pdf?sequence=1&isAllowed=y
22. OECD/CAF, Uso estratégico y responsable de la inteligencia artificial en el sector público de América Latina y el Caribe, Estudios de la OCDE sobre Gobernanza Pública, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/5b189cb4-es>.



23. Secretaria de Gobierno y Transformación Digital. Presidencia del Consejo de Ministros de Perú. Accedido el 20 de mayo de 2023.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1899077/Estrategia%20Nacional%20de%20Inteligencia%20Artificial.pdf?v=1630689418>
24. Adriana García, Bettiana J. Torterolo Lozano, Maira Samudio, Paula Zamorano, Martín Gómez Lastra, Alfonso Jauregui, Adrián Candido. La inteligencia artificial en el flujo de trabajo durante la pandemia COVID-19. Experiencia del Hospital Británico durante el 2020. *Fronteras en Medicina*. 2021;02:126-132.
25. Organización Panamericana de la Salud. Inteligencia Artificial. 8 Principios rectores de la transformación digital del sector salud. Caja de herramientas de transformación digital.
https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/57128/OPSEIHIS230003_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
26. Román A. Conceptos y definiciones básicas de la gestión clínica. Published 6 de enero de 2012. Accedido mayo 8, 2023. <https://www.medwave.cl/series/GES01/5418.html>
27. Ezugwu AE, Hashem IAT, Oyelade ON, et al. A Novel Smart City-Based Framework on Perspectives for Application of Machine Learning in Combating COVID-19. *Biomed Res Int*. 2021;2021:5546790.
28. Hosny A, Aerts HJWL. Artificial intelligence for global health. *Science*. 2019;366(6468):955-956.
29. Bengtsson L, Gaudart J, Lu X, et al. Using mobile phone data to predict the spatial spread of cholera. *Sci Rep*. 2015;5:8923.
30. Sundram BM, Raja DB, Mydin F, Yee TC, Raj K, Kamaludin F. Utilizing Artificial Intelligence as a Dengue Surveillance and Prediction Tool. *Journal of Applied Bioinformatics & Computational Biology*. 2019;2019. Accedido mayo 3, 2023.
https://www.scitechnol.com/peer-review/utilizing-artificial-intelligence-as-a-dengue-surveillance-and-prediction-tool-P0vC.php?article_id=9445
31. Macro Eyes, Inc. <https://www.weps.org/company/macro-eyes-inc>
32. Luengo-Oroz M, Hoffmann Pham K, Bullock J, et al. Artificial intelligence cooperation to support the global response to COVID-19. *Nature Machine Intelligence*. 2020;2(6):295-297.
33. Santoro, A., López Osornio, A., Williams, I., Wachs, M., Cejas, C., Havela, M., Bardach, A., López, A., Augustovski, F., Pichón Riviere, A., & Rubinstein, A. (2022). Development and application of a dynamic transmission model of health systems' preparedness and response to COVID-19 in twenty-six Latin American and Caribbean countries. *PLOS Global Public Health*, 2(3), e0000186.



34. Bermejo PIM, Valdes LS, Leao MIV, et al. Contribuciones de la epidemiología, la modelación y los sistemas de información en el enfrentamiento de la COVID-19. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*. 2022;12(3):1221.
35. Ramírez Varela A, Moreno López S, Contreras-Arrieta S, et al. Prediction of SARS-CoV-2 infection with a Symptoms-Based model to aid public health decision making in Latin America and other low and middle income settings. *Prev Med Rep*. 2022;27:101798.
36. Secretaría de Innovación y Transformación Digital | Ministerio de Salud Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. Herramienta experimental de pre-screening para COVID-19. <https://buenosaires.gob.ar/sites/default/files/media/document/2022/02/14/b929b2f54a5503a0f677f926ca3a2d0656d411da.pdf>
37. Bohr, A., & Memarzadeh, K. (2020). The rise of artificial intelligence in healthcare applications. *Artificial Intelligence in Healthcare*, 25–60. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818438-7.00002-2>
38. Kumar A, Mani V, Jain V, Gupta H, Venkatesh VG. Managing healthcare supply chain through artificial intelligence (AI): A study of critical success factors. *Comput Ind Eng*. 2023;175:108815. ISSN 0360-8352. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108815>.
39. Alam MR, Abdul-Ghafar J, Yim K, et al. Recent Applications of Artificial Intelligence from Histopathologic Image-Based Prediction of Microsatellite Instability in Solid Cancers: A Systematic Review. *Cancers* . 2022;14(11). doi:10.3390/cancers14112590
40. Baxt WG. Application of artificial neural networks to clinical medicine. *Lancet*. 1995;346(8983):1135-1138.
41. Saritas I. Prediction of breast cancer using artificial neural networks. *J Med Syst*. 2012;36(5):2901-2907.
42. Mayor eficiencia en los quirófanos: cómo Wúru ayuda a los centros quirúrgicos a aumentar su productividad. Wúru - Optimizamos procesos en salud. Published 16 de marzo de 2023. Accedido mayo 8, 2023. <https://wuru.site/salud-hospitales-eficiencia-inteligencia-artificial/>
43. Delpino FM, Figueiredo LM, Costa ÂK, et al. Emergency department use and Artificial Intelligence in Pelotas: design and baseline results. *Rev Bras Epidemiol*. 2023;26:e230021.
44. Científicos diseñan modelo para predecir conducta de pacientes mediante inteligencia artificial. *El Mostrador*. <https://www.elmostrador.cl/agenda-pais/2021/08/26/cientificos-disenan-modelo-para-predecir-conducta-de-pacientes-mediante-inteligencia-artificial/>. Published agosto 26, 2021. Accedido mayo 3, 2023.
45. Wysa - Everyday Mental Health. Wysa - Everyday Mental Health. Accedido mayo 8, 2023. <https://www.wysa.com/>
46. Vitalk - you talk, we care. Accedido mayo 8, 2023. <https://vitalk.health/>



47. Home. Entelai. Published 30 de septiembre de 2021. Accedido mayo 8, 2023. <https://entelai.com/>
48. SemiColonWeb. TeleDx. Accedido mayo 8, 2023. <https://www.teledx.org/>
49. Chatzimichail E, Paraskakis E, Rigas A. Predicting Asthma Outcome Using Partial Least Square Regression and Artificial Neural Networks. *Advances in Artificial Intelligence*. 2013;2013. doi:10.1155/2013/435321
50. Kavalci E, Hartshorn A. Improving clinical trial design using interpretable machine learning based prediction of early trial termination. *Sci Rep*. 2023;13(1):121.
51. Jumper J, Evans R, Pritzel A, et al. Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold. *Nature*. 2021;596(7873):583-589.
52. González Polanco, L., & Pérez Betancourt, G. (2013). La minería de datos espaciales y su aplicación en los estudios de salud y epidemiología. *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud*, 24(4), 482-489. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2307-21132013000400010
53. Gómez Rivas J, Toribio Vázquez C, Ballesteros Ruiz C, et al. Inteligencia artificial y simulación en urología. *Actas Urol Esp*. 2021;45(8):524-529.
54. Pucchio A, Rathagirishnan R, Caton N, et al. Exploration of exposure to artificial intelligence in undergraduate medical education: a Canadian cross-sectional mixed-methods study. *BMC Med Educ*. 2022;22(1):815.



CLIAS

CENTRO DE INTELIGENCIA
ARTIFICIAL Y SALUD PARA
AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

CIPS

IMPLEMENTACIÓN
E INNOVACIÓN EN
PRÁCTICAS DE SALUD



IECS

INSTITUTO DE EFECTIVIDAD
CLÍNICA Y SANITARIA



CLIAS

CENTRO DE INTELIGENCIA
ARTIFICIAL Y SALUD
PARA AMÉRICA LATINA
Y EL CARIBE

