



Facultad de Economía y negocios

Escuela de Ingeniería informática empresarial

# **Revisión del Estado de arte de los sistemas de inteligencia artificial aplicados a los sistemas de salud.**

Autor: Luis A. Echeverría Sepúlveda

Profesor guía: Leopoldo López Lastra.

Proyecto de memoria para optar al título de: INGENIERO EN INFORMÁTICA EMPRESARIAL

TALCA-CHILE

2022

## CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su unidad de procesos técnicos certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Talca, 2023

*Agradezco a todas las personas que me han apoyado durante todos estos años en mi vida universitaria, principalmente a mi profesor guía Leopoldo López, quien me ha guiado de la mejor forma posible y me ha encaminado durante todo este proceso, también agradezco a mis amigos, mi familia, así como también a las personas que siempre creyeron en mí y en mis capacidades, a su vez una frase que me animo a nunca rendirme: “Cada día es una nueva oportunidad para intentarlo”.*

## Tabla de contenido

|   |    |
|---|----|
| Tabla de Ilustraciones .....  | 5  |
| Índice de Tablas.....   | 6  |
| Resumen.....  | 7  |
| Abstract .....  | 8  |
| Capítulo 1: Introducción .....  | 9  |
| Capítulo 2: Marco Teórico.....  | 11 |
| 2.1 Contexto de la salud Chile: .....                                   | 11 |
| 2.2 Problemas de la salud en Chile:.....                                | 12 |
| 2.3 La ingeniería en la salud: .....                                    | 13 |
| 2.4 ¿Que es la Inteligencia artificial?: .....                          | 14 |
| 2.4.1 Técnicas de Inteligencia Artificial:.....                         | 15 |
| 2.5 Inteligencia artificial orientada a la salud.....                   | 18 |
| 2.6 Adopción de la Inteligencia artificial en el área de la salud ..... | 20 |
| 2.7 ¿Qué es un estado del arte?.....                                    | 21 |
| Capítulo 3: Metodología .....   | 22 |
| 3.1 Primer punto Avance de la IA .....                                  | 22 |
| 3.1.1 Bases de datos .....  | 22 |
| 3.1.2 Estrategia de búsqueda .....                                      | 22 |
| 3.1.3 Criterios de búsqueda: .....                                      | 22 |
| Capítulo 4: Resultados: .....   | 24 |
| 4.1 Búsqueda en las bases de datos: .....                               | 24 |
| 4.2 Criterios de selección manual.....                                  | 29 |
| 4.3 Análisis de resultados:.....  | 31 |
| 4.4 Artículos que no usan herramientas de manera directa:.....          | 33 |

|  |    |
|--|----|
| 4.5 Artículos con relación a la IA, áreas de uso e implementación..... | 46 |
| 4.6 Herramientas y distribución post filtrado.....                     | 54 |
| 4.7 Áreas de interés de investigación por año.....                     | 56 |
| 4.8 Herramientas que pueden ser aplicadas en Chile .....               | 62 |
| 4.9 ¿Cómo las herramientas pueden ser aplicadas en Chile?.....         | 64 |
| Capítulo 5: Conclusiones.....  | 65 |
| 5.1 Conclusiones:.....   | 65 |
| 5.2 Trabajos futuros que investigar .....                              | 67 |
| Bibliografía .....   | 68 |

## Tabla de Ilustraciones

|   |    |
|---|----|
| Ilustración 1: Gasto de salud en Chile .....                            | 12 |
| Ilustración 2: Resumen línea de tiempo.....                             | 19 |
| Ilustración 3: Proceso de revisión sistemática.....                     | 23 |
| Ilustración 4: Artículos seleccionados de forma manual .....            | 30 |
| Ilustración 5: Herramientas/técnicas de IA.....                         | 31 |
| Ilustración 6: Áreas de la salud aplicando IA.....                      | 32 |
| Ilustración 7: Distribución de herramienta post filtrado .....          | 54 |
| Ilustración 8: Gráfico pastel de la distribución de áreas por año ..... | 56 |
| Ilustración 9: Áreas de investigación año 2018.....                     | 57 |
| Ilustración 10: Áreas de investigación año 2019.....                    | 58 |
| Ilustración 11: Áreas de investigación año 2020.....                    | 59 |
| Ilustración 12: Áreas de investigación año 2021.....                    | 60 |
| Ilustración 13: Áreas de investigación año 2022.....                    | 61 |

## Índice de Tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1: Resultados algoritmo ((AI) AND (healthcare)) AND (systems).....                       | 24 |
| Tabla 2: Resultados algoritmo ((AI) AND (systems) AND (healthcare)).....                       | 26 |
| Tabla 3: Resultados algoritmo ((AI) AND (systems) AND (healthcare) AND<br>(implemented)) ..... | 27 |
| Tabla 4: Artículos que no hablan de un área particular de uso/Implementación .....             | 33 |
| Tabla 5: Artículos que mencionan/usan Herramientas de IA y el área de uso.....                 | 46 |

## Resumen

Las herramientas de Inteligencia Artificial y/o Machine learning han tenido una evolución progresiva en el tiempo en muchas áreas de la humanidad. Este proyecto de tesis se centró en el área de la salud, en particular los sistemas que han sido aplicado de manera experimental o en entornos de la vida real. Se revisó el estado del arte mediante un análisis sistemático de la literatura disponible en base de datos científicas y académicas, entre las cuales se encuentran, *Scopus*, *Web Of Science*, *PUBMED* y *IEEE-Explore*, se logró analizar un total de 72 artículos distribuidos entre los años 2018 y julio de 2022. Los resultados principales de esta investigación son que las principales herramientas utilizadas son inteligencia artificial, *machine learning*, *Deep learning*, redes neuronales, *support vector machine*, *convolutional neural network* entre otras y que las principales áreas de investigación son: La oncológica, las relacionadas con la diabetes y sus derivados, el área farmacológica, cardiológica, el área de segmentación de imágenes para la detección de anomalías.

Se puede concluir que de las herramientas disponibles y áreas de estudio las más recomendables son la inteligencia artificial explicable, debido a que estas entregan una información más completa de la toma de decisiones, aunque también es cierto que para cada área y caso particular se puede utilizar diferentes herramientas y validarse en conjunto. Se espera que esta revisión del estado del arte brinde una base a los investigadores o las personas interesadas en el uso de estas herramientas y que un futuro esta pueda ser actualizada.

## Abstract

Artificial Intelligence tools and / or Machine learning have had a progressive evolution over time in many areas of humanity, this project focused on the area of health, in particular systems that have applied these tools experimentally or in real life environments, being able to visualize the state of the art through a systematic analysis of the literature available in scientific and academic databases, among which are , Scopus, Web Of Science, PubMed and IEEE-Explore, it was possible to analyze a total of 74 articles distributed between the years 2018 and July 2022, The main results of this research are that the main tools used are artificial intelligence, machine learning, Deep learning, neural networks, support vector machine, convolutional neural network among others and that the main areas of research are: Oncology, those related to diabetes and its derivatives, pharmacological area, cardiological, image segmentation area for anomaly detection.

It can be concluded that of the available tools and areas of study the most recommendable are the explainable artificial intelligence. I because they supply more complete information for decision making, although it is also true that for each area and case different tools can be used and confirmed together. It this review of the state of the art will supply a basis for researchers or people interested in the use of these tools and that in the future it can be updated.

## Capítulo 1: Introducción

La inteligencia artificial ha impactado significativamente las áreas en las que se envuelve el ser humano, desde lo industrial hasta la salud.

El uso de la IA dentro de un contexto medicinal abarca desde análisis y tratamientos médicos hasta prótesis y embarazo (APD, 2021).

Por ejemplo, en el contexto del diagnóstico clínico, definimos como inteligencia artificial (IA) como cualquier sistema informático que pueda interpretar correctamente los datos de salud, especialmente en su forma nativa, tal como la observan los humanos. A menudo, estas aplicaciones clínicas adoptan marcos de IA para permitir la interpretación eficiente de grandes conjuntos de datos complejos (Dias & Torkamani, 2019).

En Chile, un problema es la desinformación de los profesionales de la salud en cuanto a la IA existente en su área. Porque se sabe que la medicina genera gran cantidad de datos complejos en su mayoría, debido a la gran velocidad de entrada de esta tecnología. En todas las áreas sucede lo mismo. Gracias al avance de la tecnología se ha logrado manejar la información, pero no todos los profesionales tienen las habilidades requeridas o el conocimiento sobre lo existente (Mehta, Pandit, & Sharvari, 2019). Es por ello, que se propone realizar una búsqueda sistemática con base en literatura sobre herramientas de IA que puedan extraer información relevante a partir de grandes cantidades de datos del área de la salud, ya sea de forma estructurada o sin estructura que sea capaz de entregar información importante para el apoyo de los sistemas de salud y brinde una oportunidad para los médicos y funcionarios de la salud para que trabajen de forma óptima con estas herramientas. Además de poder fundamentar sus decisiones en la atención médica con la información más completa a nivel mundial en un futuro, adicionalmente las herramientas de IA tienen mucho potencial para su crecimiento y pueden dar un gran apoyo en diversos ámbitos entre ellos la medicina.

Lo que se espera con este proyecto de tesis y se propone es clasificar las tecnologías de inteligencia artificial y *machine learning* aplicables al sistema de salud (de Chile). Finalmente, realizar un esquema resumen que mostrará los estudios empíricos de inteligencia artificial u otra que se han aplicado a los sistemas de salud.

El objetivo general de esta investigación es:

Revisar el estado del arte de las herramientas de inteligencia artificial y/o *machine learning* que se han aplicado a los sistemas de salud.

Por otro lado, los objetivos específicos son:

- Analizar la documentación disponible en base de datos académica sobre la inteligencia artificial y/o *machine learning*.
- Categorizar mediante un análisis las herramientas disponibles.
- Clasificar las herramientas investigadas anteriormente que podrían implementarse en Chile.
- Elaborar un resumen que entregue las directrices posibles sobre el uso de herramientas de inteligencia artificial y sus áreas de implementación.

Esta tesis está estructurada desde la introducción que entrega el contexto y los objetivos de ésta, luego se presenta el marco teórico, que son las bases teóricas sobre las herramientas y entorno. Como tercer punto relevante la metodología de trabajo donde se definirá, como se trabajará y los criterios de búsqueda, inclusión y exclusión, finalizando con los resultados y la evaluación de conclusiones.

## Capítulo 2: Marco Teórico

Para referirnos al concepto de salud nos guiaremos por la uno de los principios de la constitución entregada por la Organización mundial de la salud (OMS):

“La salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades”. (Organización Mundial de la Salud, 1948)

Oficializada hace más de 60 años (1948) esta definición es relevante por su institucionalidad, debido a que sirve de guía base para el cumplimiento de las competencias de la OMS, que es el máximo organismo gubernamental mundialmente reconocida en materia de la salud y uno de los principales actores en dicha materia. (Alcántara Moreno, 2008)

### 2.1 Contexto de la salud Chile:

La salud pública es un asunto bastante complejo y el análisis de esta conlleva múltiples líneas de investigación, en las últimas décadas ha aumentado el número de facultades de medicina en Chile, aún hay un fuerte déficit de médicos y enfermeras, además de camas hospitalarias y medicamentos genéricos, esto se puede ver reflejado en comparación a otros países que también son parte de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (Goic G. 2015). Lo cual podemos ver reflejado en la siguiente ilustración donde Chile es el punto naranja y el plomo el punto de lo necesario según la entidad nombrada anteriormente. Lo anterior exige al sistema de salud público chileno optimizar sus recursos.

## ILUSTRACIÓN 1: GASTO DE SALUD EN CHILE

El gasto en salud en Chile es ligeramente mayor que el promedio de la OCDE, aunque el número de médicos y enfermeras es bajo



FUENTE: PANORAMA DE LA SALUD 2021: INDICADORES DE LA OCDE RESUMEN PARA CHILE.”  
*HEALTH AT A GLANCE 2020–2021*

Pese a los avances indiscutibles en los indicadores sanitarios básicos, la sociedad chilena no ha logrado hasta hoy encontrar una fórmula de atención médica que logre satisfacer las necesidades primarias de su población, en especial de la pobre para que sea equitativa, en principal a los más ancianos (Goic G. 2015).

### 2.2 Problemas de la salud en Chile:

Uno de los grandes problemas que aquejan a la comunidad chilena son los altos tiempos de espera para atención primaria y para realizar diagnósticos médicos, a su vez uno de los objetivos del plan 2018-2022 fue la reducción de las listas de esperas, también el cómo dice en la página del Ministerio de Salud de Chile (Minsal):

“mejorar los modelos gestión, para incrementar las capacidades y eficacia del personal y equipos médicos, tecnologías y pabellones quirúrgicos de hospitales” (Minsal, 2018).

Una de las oportunidades en esta área es la investigación operativa en la salud, que es la capacidad de realizar estudios de investigación útiles que depende en gran medida de la calidad y disponibilidad de los datos, actuales e históricos. Esto significa que las organizaciones de atención médica y disciplinas clínicas deben considerar elementos de datos de manera estandarizada y validar la fiabilidad de ellos, para realizar un posible uso en procesos analíticos para finalmente poder explorar las posibilidades de factores de entrada, proceso y resultados. También es importante recalcar que cada servicio de

atención médica tiene sus propios problemas con un alto volumen de datos o alto costo, a su vez hay áreas que podrían beneficiarse de un proceso de optimización. En este último caso se podría realizar un uso de metodologías exitosamente probadas y también uso de la teoría de la probabilidad siempre y cuando cuenten con los datos actuales e históricos correctos (Evelyn J.S. Hovenga 2020).

### 2.3 La ingeniería en la salud:

En términos generales se puede decir que una ineficiencia operativa puede causar la muerte de los pacientes, aumentos en la duración de la estadía y aumento de los costos. A su vez, la eficacia operativa busca satisfacer la demanda de los servicios con todos los procesos correctos que brinden una atención segura, los mejores resultados clínicos y finalmente financieros para los pacientes (Evelyn J.S. Hovenga 2020).

En el área de estudio de la ingeniería particularmente la orientada a salud, no siempre se cuenta con las habilidades y conocimientos especiales que logren descifrar los patrones de comportamiento desde su base y experiencia, tienen una buena base lógica para entender por qué están ocurriendo algunos sucesos con base en datos e información de forma estructurada o no, esto les permite desarrollar programas, aplicaciones y árboles de decisión que potencia la industria (Evelyn J.S. Hovenga 2020).

El uso adecuado de la información puede salvar vidas en el futuro, además de ser un apoyo a los médicos que al contar con un buen historial pueden llegar a diagnosticar de forma más precisa el diagnóstico de una enfermedad o un tratamiento. Todo esto adecuado a las necesidades de los pacientes para finalmente mejorar la salud de la población chilena (Evelyn J.S. Hovenga 2020).

Cuando se discute de información es importante el concepto de interoperabilidad, al realizar la transmisión de datos entre los sistemas de la industria de la salud, también se vea la oportunidad, confianza y la fiabilidad para que los médicos puedan utilizar con confianza la información recibida. En general las organizaciones de atención médica ocupan muchos formularios de papel para la recopilación de información, cada formulario

tiene una estructura general estándar para que cuando se ingrese a una computadora esta pueda trabajar con los datos de forma rápida y precisa (Evelyn J.S. Hovenga 2020).

De manera técnica, al realizar el proceso de obtención de datos, cada elemento de los datos dentro de cualquier conjunto debe definirse. Cuando se adaptan a los sistemas informáticos, dichos metadatos (Datos acerca de los datos) no solo deben tener una definición acordada, sino que también deben describir cualquier otra característica, como el uso, las características y las reglas que deben aplicarse, todo lo especificado es de ayuda para los desarrolladores y futuramente a los usuarios a comprender de forma clara, que información debe recopilarse, cuál será el nivel de detalle, la forma en que debe hacerse y finalmente como pueden usarse (Evelyn J.S. Hovenga 2020).

#### 2.4¿Que es la Inteligencia artificial?:

La inteligencia artificial es lo que le da vida a una máquina inteligente, un medio racional de conocimiento, el cual logra percibir su entorno y finalmente realizar tareas, acciones para maximizar el éxito y eficiencia (Cespedes & Hernandez, 2017). El *machine learning* es una de las derivaciones de la IA que puede lograr aprender en el tiempo mediante el aprendizaje supervisado y finalmente resolver problemas con base a experiencia. Sin embargo, se puede definir que la IA intenta imitar a la conciencia humana y que el *machine learning* es una parte de la Inteligencia artificial (Satavisa, 2021).

La inteligencia artificial tiene el potencial para transformar la información de la salud en datos importantes y de fácil manejo para futuros estudios. Sin embargo, no es un área donde se ha especializado ni generalizado para el cuidado de la salud. Esto es principalmente a la falta de datos digitalizados y al personal calificado para entrenar estas herramientas (Tyskbo , y otros, 2021).

#### 2.4.1 Técnicas de Inteligencia Artificial:

A continuación, podrán ver algunas de las técnicas más conocidas de la inteligencia artificial y una breve descripción de estas:

1: *machine learning* o aprendizaje automático.

Esta técnica es una de las ramas que abarca la ciencia y permite que los ordenadores aprendan de sí mismos, se divide en 2 tipos, el tipo supervisado y el no supervisado. En el primer caso, le entregamos una base de prueba para que el algoritmo aprenda con un esquema y solucione un problema del mismo tipo, en el último caso le entregamos el problema a resolver, pero ningún dato para que este lo resuelva, es por esto por lo que aprende a base de prueba y error, bajo unas reglas determinadas (Santos, 2021).

2: Lógica difusa o *fuzzy logic*.

Es una disciplina que permite tratar con información imprecisa y no de carácter binario lógico, el cual nos permite establecer rangos intermedios entre 0 y 1 (Bello , 2021). Un ejemplo puede ser al decir hace frio, terminológicamente no podemos determinar a qué temperatura hace frio o medir los grados Celsius en números no enteros. Es por lo que esta técnica puede ayudar (Bello , 2021).

3: Vida artificial.

“Consiste en el estudio de la vida y de los entornos artificiales que muestran cualidades propias de los seres vivos en entornos de simulación. Una de las técnicas de inteligencia artificial con más proyección de futuro en el ámbito de la investigación” (Redacciones APD, 2021).

4: Sistemas expertos.

Son sistemas especializados para problemáticas específicas en las cuales puede lograr una respuesta parecida y concisa a que daría un ser humano, acerca de los conocimientos consultados en la cual tiene la información detallada (Redacciones APD, 2021). Estos sistemas representan reglas y hechos concretos con una formula básicamente determinada por la base de conocimiento, logrando así imitar la toma de decisiones de un profesional en la materia (UNIR REVISTA, 2022).

#### 5: Minería de datos o *Data Mining*.

Esta técnica se enfoca en la extracción de información que se encuentra en los datos, principalmente se realiza un sondeo, luego se prepara y finalmente se exploran los datos para obtener la información oculta o patrones que no son visibles de manera simple (Chavarría, 2021). Ayudando con la comprensión del contenido de una base de datos debido a su estrategia de modelado matemático, el cual es capaz de transformar los datos en inteligencia de negocios para la toma de decisiones (Gutiérrez O. & Molina, 2016).

#### 6: Redes Bayesianas.

Esta técnica es un modelo probabilístico multivariado, que busca la influencia causal entre varias variables de carácter aleatorio, es una herramienta muy útil a la hora de calcular probabilidades y es una actualización del llamado teorema de Bayes (Chavarría, 2021). En una red bayesiana cada nodo representa una variable aleatoria que tiene asociada una función de probabilidad condicional, de tal modo que es un grafo acíclico dirigido (Santiesteban Rojas, Utría Pérez, & Hernández Reyes, 2012).

#### 7: Ingeniería del Conocimiento.

Esta técnica intenta generar un nuevo conocimiento que antes era inexistente. Lo cual se logra a partir de la información que se contiene en una base de datos de documentos, mediante un enlace de contenidos (Chavarría, 2021).

#### 8: Redes neuronales artificiales.

Una técnica bastante llamativa que intenta imitar el enlace y las relaciones entre las redes neuronales y que son un paradigma del aprendizaje además de los procesamientos automáticos. Inspirado en el comportamiento con el cual funcionan los sistemas nerviosos de los animales, que en resumen es un sistema de interconexiones que buscan colaborar entre ellas y generar una respuesta concisa (Redacciones APD, 2021).

#### 9: Sistemas Reactivos.

Estos sistemas son de aplicación crítica, es decir que un simple fallo puede traer consigo graves consecuencias, hasta el punto de poner en riesgo vidas humanas o ser resultante de grandes pérdidas económicas, son decisiones en tiempo real que se determina por la

sucesión de acciones que se ejecutan y procesan después de que suceden (Redacciones APD, 2021).

#### 10: Sistemas basados en reglas.

Como su nombre lo dice, son sistemas que consisten en una estructura de reglas, las cuales son la representación del conocimiento de manera bastante amplia y son principalmente utilizados para escenarios en los que el conocimiento debe surgir de manera natural (Chavarría, 2021).

#### 11: Razonamiento basado en caso.

Es un proceso para generar soluciones basándose en problemáticas anteriormente resueltas. El razonamiento sirve para analizar las soluciones anteriores para nuevos razonamientos. Se considera que no solo es una poderosa herramienta para computadores, sino que los humanos aprendemos de la misma forma para solucionar problemas (Redacciones APD, 2021). Esta herramienta permite la búsqueda de problemas antiguos documentados dentro de una base de datos de la empresa o en base de casos (Cruz Ac, González Fajardo , & Zaragoza Grifé , 2013).

#### 12: Técnicas de representación del conocimiento.

Es un sistema que sirve para analizar el modo de pensar de forma formal (Chavarría, 2021).

#### 13: Redes semánticas.

Son la representación del conocimiento del lingüístico para los conceptos y las interrelaciones que se pueden presentar mapas mentales, conceptuales, reglas, entre otros (Chavarría, 2021).

#### 14: Lingüística computacional.

Sirve para el estudio y tratamiento del lenguaje. Se intenta modelar de manera lógica el lenguaje natural desde el punto de vista programable (Redacciones APD, 2021).

## 15: Procesamiento del lenguaje natural (PLN).

Una de las herramientas que se utiliza para la formulación e investigación de mecanismos de eficacia informática, para el servicio de comunicación entre personas o entre ellas, utilizando lenguaje de máquinas (Redacciones APD, 2021). Un ejemplo claro de esto son los buscadores de información al dar sugerencias de posibles búsquedas, aprendiendo en el tiempo para búsquedas futuras o el corrector ortográfico que usan PLN para comparar las palabras que escritas con las de diccionario (Bell, 2020).

Los campos de la investigación de la inteligencia artificial sirven para el desarrollo de nuevos mecanismos y aplicaciones que en un futuro podrán diseñar nuevos métodos de trabajo y comunicación entre las máquinas y los informáticos (Redacciones APD, 2021).

### 2.5 Inteligencia artificial orientada a la salud

Los primeros sitios de medicina digitalizados y basados en motores de búsqueda fueron en el año 1960 con la creación de PubMed, ayudando a la aceleración de la biomedicina e iniciando los primeros sistemas de historia clínica electrónica (Pino V, Rico-carrillo, and Hernández-arango 2022).

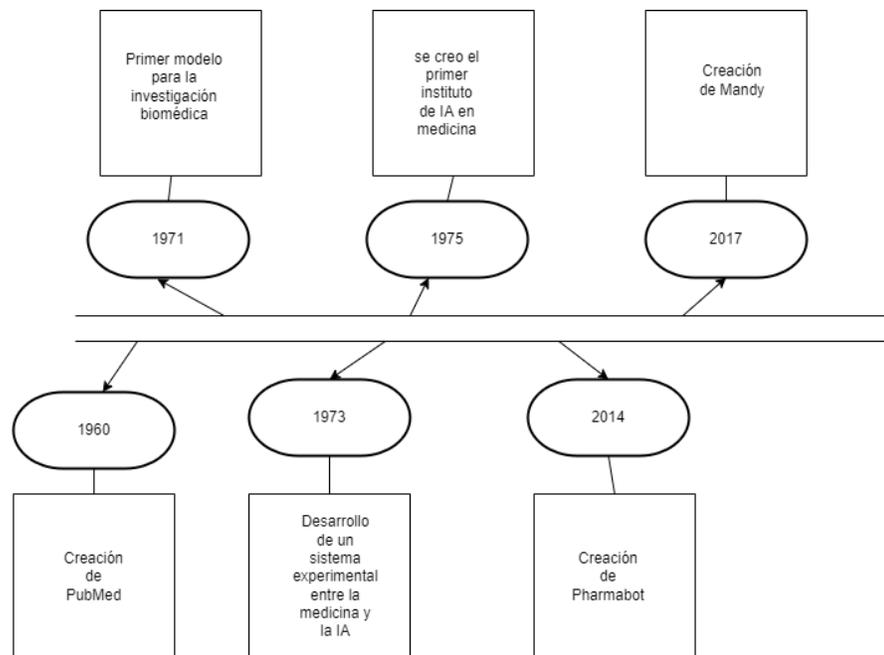
En el campo médico cercano al año 1971 se desarrolló el primer modelo para la investigación en biomedicina. al cual le siguió un desarrollo de un sistema experimental entre la medicina y la IA en el año 1973 en la universidad de Stanford, esto permitió expandir las capacidades entre investigadores clínicos y biomédicos. en 1975 se creó el primer instituto de IA en medicina, con una mirada al futuro en 2014 se desarrolló Pharmabot que es un apoyo para la educación médica de los pacientes pediátricos, unos años después en 2017 se desarrolló Mandy el primer paciente automatizado para la educación en atención primaria, anteriormente los principales avances en el desarrollo de la IA en medicina estaban basados en el aprendizaje automático o *machine learning*, pero posteriormente el aprendizaje profundo y empezó a tomar relevancia en el campo médico (Pino V et al. 2022).

En los últimos años, el desarrollo de las redes neuronales ha tenido un impacto importante en la medicina. uno de los mayores avances es en la creación de nuevas arquitecturas. en otras palabras, la forma en que se conectan entre si permiten mejores conexiones (Pino V et al. 2022).

Esto es una evolución, un paso, que la IA a través de la optimización de procesos, tiempos, movimientos nos permitirá mejorar y ser mejores humanos y posiblemente mejores médicos (Pino V et al. 2022).

Pueden ver un resumen de las fechas en la ilustración 2.

ILUSTRACIÓN 2: RESUMEN LÍNEA DE TIEMPO



FUENTE: BASADO EN EL ARTÍCULO DE (PINO V ET AL. 2022)

La IA tiene el potencial de agilizar los diagnósticos de atención medica al reducir el costo y el tiempo de diagnóstico, Por ejemplo, se ha demostrado que algunas herramientas de ML son capaces de evaluar pacientes, separarlos por riesgo y ayudar a los médicos en la toma de decisiones. A medida que mejores los algoritmos de ML y se amplie la aplicabilidad a la atención médica, se introducirá gradualmente en los sistemas de salud, aunque las mayores capacidades de ML podrían desplazar a los médicos de algunas

funciones, entre ellas las especialidades de lectura de imágenes como la radiología, debido a la inmediatez de los resultados y la reducción de costos (Gui and Chan 2017).

Una de las ventajas de las Herramientas de IA podría ser la detección de las enfermedades más raras y difíciles de diagnosticar que pueden dar lugar a un tratamiento tardío o incorrecto con posibles consecuencias perjudiciales para el paciente (Gui and Chan 2017).

Actualmente hay diversos modelos que pueden rendir el mismo nivel que los especialistas, dichos modelos podrían aumentar el acceso a la experiencia necesaria para identificar y cuidar a los pacientes con enfermedades raras(Gui and Chan 2017).

## 2.6 Adopción de la Inteligencia artificial en el área de la salud

El uso y la ejecución de la IA en la medicina se puede visualizar como la etapa más avanzada de un proceso de estandarización. (Perin 2019)

En el caso puntual que un médico pudiera disponer de un sistema de IA que es capaz de diagnosticar de mejor manera el tratamiento para un caso clínico determinado. el modelo señalará la posible solución, basada en el uso de los datos disponibles y un modelo probabilístico. aunque hay que considerar que existe un riesgo de seguridad al ser vulnerables a *Malwares* lo cual puede causar una manipulación de la información, es por lo que el medico siempre tendrá la prioridad al elegir el tratamiento adecuado, debido a que errar es humano y culpar a una maquina jamás será visto de buena manera. (Perin 2019)

## 2.7 ¿Qué es un estado del arte?

Un estado del arte se refiere al uso de las técnicas o métodos más modernos y avanzados. (Gómez V. Maricelly, Galeano H Catalina, 2015). Es una documentación sobre la cual se recupera el conocimiento sobre un objeto de estudio determinado. Es útil porque su fin es la descripción, comprensión o creación de marcos teóricos. Esto permite a los investigadores abarcar posibles deseos y contingencias con los que se encuentran en el proceso de la investigación. una de sus ventajas es que es práctica, principalmente en investigaciones donde se leerán una gran cantidad de textos y es importante extraer la información de manera ordenada, que en un inicio estaba dispersa para su futuro trabajo (Gómez V. Maricelly, Galeano H Catalina, 2015).

El estado del arte cuenta con 3 principales. la primera fase es la planeación, la segunda fase es el diseño y gestión y finalmente la tercera fase corresponde al análisis, elaboración y formalización (Gómez V. Maricelly, Galeano H Catalina, 2015).

## Capítulo 3: Metodología

Esta investigación se llevó a cabo en 3 grandes puntos los cuales que serán detallados a continuación, el primero fue el estudio del avance de la IA y sus herramientas derivadas aplicadas al área de la salud, principalmente las que se han implementado ya sea de forma real o experimental con un conjunto de datos reales. Mediante una revisión sistemática de la literatura se logró identificar el avance de la IA en el área de la salud. El segundo punto consistió en el análisis de la literatura y la estructuración de gráficos para ver el estado del arte de las herramientas utilizadas en el área de la salud, a su vez la estructuración de gráficos para ver que áreas de la salud están siendo investigadas y trabajando con dichas herramientas, el tercero punto se centro en la que herramientas podían ser implementadas en Chile. Los puntos 2 y 3 son presentados en el capítulo 4 de resultados.

### 3.1 Primer punto Avance de la IA

#### 3.1.1 Bases de datos

Los artículos investigados tuvieron relación con la IA en los sistemas de salud y la aplicación de estos. por lo cual la búsqueda de información se centró en base de datos académicas en la cual se encuentran: IEEE-EXPLORE, PUBMED, WEB OF SCIENCE y SCOPUS.

#### 3.1.2 Estrategia de búsqueda

Para la estrategia de búsqueda se definió una serie de criterios base que se detallaran a continuación:

#### 3.1.3 Criterios de búsqueda:

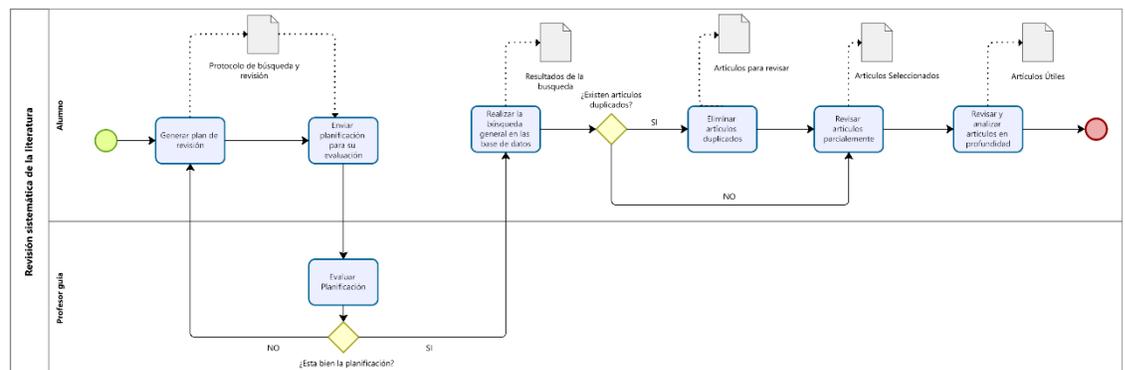
Las palabras clave se agruparon en 2 conjuntos, se consideraron sus sinónimos en inglés para realizar una búsqueda más profunda y actualizada del estado de la información:

Conjunto 1: Términos relacionados a las personas y la salud: “health” y “healthcare”

Conjunto 2: Términos relacionado con la intervención: “AI”, “systems”, “implemented”, “ML”, “Deep learning”

En la siguiente ilustración se detalle el proceso de revisión sistemática de la información:

ILUSTRACIÓN 3: PROCESO DE REVISIÓN SISTEMÁTICA



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA BASADO EN AUTHENTICATION SCHEMES AND METHODS: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW DE (VELÁSQUEZ, CARO, AND RODRÍGUEZ 2018)

La ilustración anterior muestra la estructura que se siguió para el proceso de la revisión sistemática de la literatura, comenzando por la estructuración de un plan base de revisión para la creación de un protocolo de búsqueda y revisión. Para continuar con la evaluación de la planificación y posteriormente realizar la búsqueda en las bases de datos, generando así un documento con los resultados de la búsqueda los cuales serán mostrados de una manera resumida mediante tablas, como en este proyecto se realizó la búsqueda en 4 bases de datos que fueron anteriormente nombradas, se debe verificar la existencia de duplicados, eliminando así los artículos duplicados y generando un documento parcialmente final a revisión, posterior a esto se realiza una selección de artículos potencialmente útiles, los cuales pasan a un proceso de revisión final en el cual se analizan los artículos en profundidad y se seleccionan los artículos útiles.

## Capítulo 4: Resultados:

En este capítulo se detalla los resultados preliminares y el proceso por el cual se fue realizando este proyecto:

### 4.1 Búsqueda en las bases de datos:

En el primer algoritmo se decidió buscar la información disponible en las bases de datos académicas entre los años 2014 y 2022 con las siguientes fórmulas de búsqueda: Inteligencia artificial AND salud, AI AND “Health care” AND Systems, Medical AND Assistant AND Systems, Artificial AND Intelligence AND healthcare. La cual arrojó los resultados que se mostraron a continuación en la tabla 1.

**TABLA 1: RESULTADOS ALGORITMO ((AI) AND (HEALTHCARE)) AND (SYSTEMS)**

| Base de datos digital | Keywords buscadas   | Tipo de contenido  | Tiempo de búsqueda | Resultados encontrados |
|-----------------------|---|--|--------------------|------------------------|
| IEEE-EXPLORE          | ((AI) AND (healthcare)) AND (systems)   | Artículo, Libre Acceso   | 2014-2022          | 84                     |
| Scopus                | ((ai) AND (“HEALTHCARE”)) AND PUBYEAR > 2013 AND PUBYEAR < 2023 AND (LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , "Artificial Intelligence" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , | Artículos Limitado a: Artificial Intelligent, Health care, Clinical Article, Clinical practice | 2014-2022          | 5673                   |

|                |  |  |           |      |
|----------------|--|--|-----------|------|
|                | "Health Care" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , "Clinical Article" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , "Clinical Practice" ) ) AND ( LIMIT-TO ( PUBSTAGE , "final" ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) ) |  |           |      |
| Web Of Science | ((AI) AND (healthcare)) AND (systems)  | Artículo, libre acceso   | 2014-2022 | 1784 |
| PubMed         | ((AI) AND (healthcare)) AND (systems)  | Case report, clinical study, clinical trial, Meta-Analysis, Randomized Controlled Trial, Review, Systematic Review | 2014-2022 | 1332 |

El primer algoritmo de búsqueda entregó un total de 8,872 artículos por lo cual se tomó la decisión de optimizar el segundo algoritmo al acotar los años buscados a los años de 2018 - 2022 y a la siguiente fórmula: ((AI) AND (systems) AND (healthcare)) la cual considera a la IA, los sistemas y el cuidado de la salud, esta búsqueda arrojó los siguientes resultados presentados en la tabla 2:

**TABLA 2: RESULTADOS ALGORITMO ((AI) AND (SYSTEMS) AND (HEALTHCARE))**

| Base de datos digital | Keywords buscadas  | Tipo de contenido                 | Tiempo de búsqueda | Resultados encontrados |
|-----------------------|--|-----------------------------------|--------------------|------------------------|
| IEEE-EXPLORE          | ((AI) AND (systems) AND (healthcare))  | Artículo, Libre Acceso, Abstract  | 2018-2022          | 58                     |
| Scopus                | ABS (( ( ai ) AND ( healthcare ) AND ( systems ) ) ) AND ( LIMIT-TO ( OA , "all" ) ) AND ( LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2022 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2021 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2020 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2019 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2018 ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English" ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) ) | Artículo, Libre Acceso, Abstract, | 2018-2022          | 331                    |
| Web Of Science        | ((AI) AND (systems) AND (healthcare))  | Artículo,                         | 2018-2022          | 444                    |

|        |                                       |  |           |     |
|--------|---------------------------------------|--|-----------|-----|
|        |                                       | Abstract, libre acceso, idioma ingles  |           |     |
| PubMed | ((AI) AND (systems) AND (healthcare)) | Abstract, Free full text, associated data, Books and Documents, Case Reports, Review, English. | 2018-2022 | 110 |

En la creación del tercer algoritmo se consideró que los factores preliminares estaban entregando un total de 943 artículos. Por lo cual se tomó la decisión de agregar una *keyword* la cual fue *implemented*; esto fue debido a que esta tesis se centra en un análisis del estado del arte de los sistemas de IA aplicados (implementados) en los sistemas de salud. Finalmente, la estructura de búsqueda y la ecuación quedó de la siguiente manera:

((AI) AND (systems) AND (healthcare) AND (implemented))

Se puede observar que, a través de esta ecuación de búsqueda, los resultados están presentados de forma exhaustiva, por lo que en la tabla 3 se muestran los distintos resultados de cada una de las bases de datos investigadas.

**TABLA 3: RESULTADOS ALGORITMO ((AI) AND (SYSTEMS) AND (HEALTHCARE) AND (IMPLEMENTED))**

| Base de datos digital | Keywords buscadas | Tipo de contenido | Tiempo de | Resultados |
|-----------------------|-------------------|-------------------|-----------|------------|
|-----------------------|-------------------|-------------------|-----------|------------|

|                |  |  | búsqueda        | encontrados |
|----------------|--|--|-----------------|-------------|
| IEEE-EXPLOR E  | ((AI) AND (systems) AND (healthcare) AND (implemented))  | Abstract, libre acceso   | 2018-Julio 2022 | 10          |
| Scopus         | ABS (((ai) AND (healthcare) AND (systems) AND (implemented))) AND PUBYEAR > 2017 AND PUBYEAR < 2023 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar") OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , "re" ) ) AND ( LIMIT-TO ( PUBSTAGE , "final" ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English" ) ) AND ( LIMIT-TO ( OA , "all" ) ) | Abstract, libre acceso, idioma inglés, documento final, artículo | 2018-Julio 2022 | 26          |
| Web Of Science | ((AI) AND (systems) AND (healthcare) AND (implemented))  | Abstract, libre acceso, idioma ingles                            | 2018-Julio 2022 | 53          |
| PubMed         | ((AI[Title/Abstract]) AND (HEALTHCARE[Title/Abstract]) AND (SYSTEMS[Title/Abstract]) AND (IMPLEMENTED[Title/Abstract]))  | Abstract, libre acceso, asociado a la data, idioma ingles        | 2018-Julio 2022 | 17          |

## 4.2 Criterios de selección manual

La selección inicial de los artículos se realizó durante el proceso de búsqueda de la tabla 3 anteriormente descrita, en la cual se aplicaron filtros teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión que se mostraran a continuación. Posteriormente se seleccionaron de manera manual en función a su título y resumen. Adicionalmente a esto si había alguna duda sobre algún artículo en particular se consultó al profesor guía para mayor certeza.

### Criterios de inclusión:

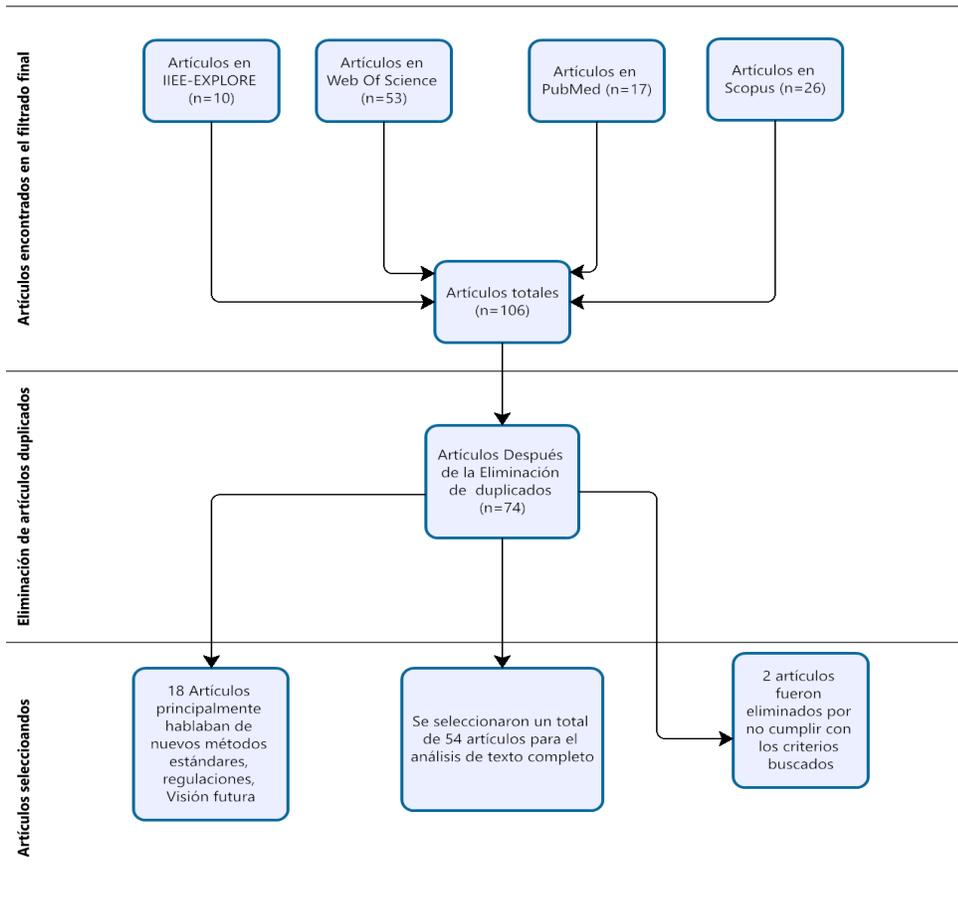
- Artículos en los que el abstracto mencionen explícitamente los criterios buscados o tecnologías relacionadas en el contexto de la salud.
- Artículos en inglés.
- Artículos delimitados entre 2018 y julio de 2022.
- Artículos que tuvieran el texto completo de libre acceso.
- Tipo de artículo: Casos empíricos y revisiones sistemáticas.

### Criterios de exclusión:

- Artículos publicados en editoriales, capítulos de libros y guías prácticas.
- Artículos no accesibles en texto completo.
- Artículos duplicados que ya fueron considerados en otra base de datos.
- Artículos no orientados o aplicados al área de la salud.
- Artículos no disponibles en idioma inglés.

En la siguiente ilustración se puede ver el desglose final del filtrado manual y la selección de artículos.

**ILUSTRACIÓN 4: ARTÍCULOS SELECCIONADOS DE FORMA MANUAL**

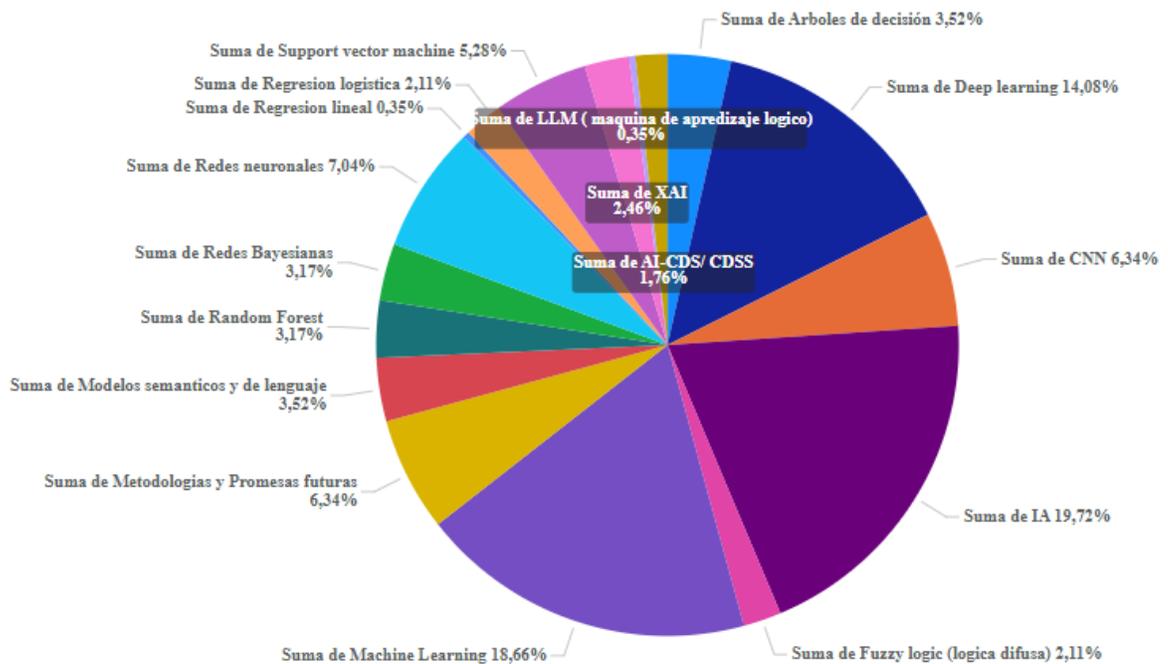


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA BASADO EN EL MODELO PRISMA

### 4.3 Análisis de resultados:

En la ilustración número 5 se pueden ver las tendencias actuales que fueron visualizadas con la lectura, las principales son de Inteligencia artificial, *Machine Learning* y *Deep learning*, seguidos por CNN (Redes neuronales convolucionales), Redes Neuronales y *Support vector machine*. En esta ilustración se incluyó los artículos relacionados con metodologías, revisiones sistemáticas y otros que no aplicaban las herramientas de forma real o experimental en entornos reales.

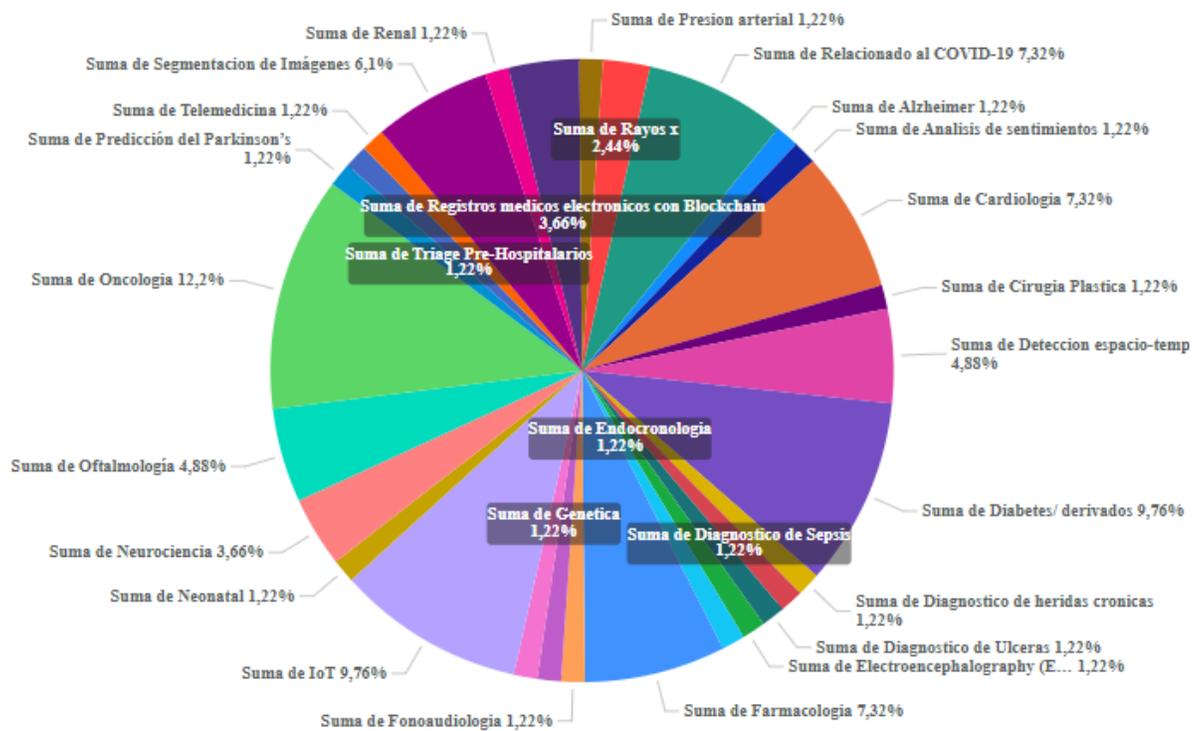
ILUSTRACIÓN 5: HERRAMIENTAS/TÉCNICAS DE IA



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La ilustración número 6, muestra las áreas de la salud en las cuales se está implementando y experimentando con herramientas de IA, con el análisis de la literatura se puede observar una tendencia en las áreas de Oncología, con relación a la diabetes, IoT (Internet de las cosas), segmentación de imágenes, cardiología, oftalmología, relacionadas al COVID-19 y farmacología.

ILUSTRACIÓN 6: ÁREAS DE LA SALUD APLICANDO IA



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

#### 4.4 Artículos que no usan herramientas de manera directa:

En la siguiente tabla se puede ver en detalle los artículos que son parte del estado del arte, pero no son aplicados de manera directa en entornos de prueba controlados o en entornos reales.

**TABLA 4: ARTÍCULOS QUE NO HABLAN DE UN ÁREA PARTICULAR DE USO/IMPLEMENTACIÓN**

| Autor(es) -Título   | Objetivos  | Nivel de relevancia para este estudio | Tipo de artículo     | Resumen de resultados  |
|---|--|---------------------------------------|----------------------|--|
| (Meacham, Pech, and Nauck 2021)- Adaptive Systems: an integrated framework for adaptive systems design and development using MPS JetBrains domain-specific modelling environment. | Diseño y desarrollo de un marco de sistemas adaptativo.  | Baja.                                 | Método               | Desarrollo de un marco para los sistemas adaptativos, basado en los elementos de MAPE-K loop.                                      |
| (Tagliaferri et al. 2020) - Artificial intelligence to improve back pain outcomes and lessons learnt from clinical classification approaches: three systematic reviews.           | Revisión sistemática para la detección de patrones de características clínicas para el dolor lumbar. | Baja.                                 | Revisión sistemática | -Realizaron 3 revisiones sistemáticas.<br>-Compararon el estado de avance con los sistemas establecidos de LBP (StartT, McKenzie). |
| (Kashyap et al. 2021) - A survey of extant  | La realización de una  | Baja.                                 | Investigación        | Lograron identificar 3 tipos de configuraciones  |

|   |   |       |        |  |
|---|---|-------|--------|--|
| organizational and computational setups for deploying predictive models in health systems.  | encuesta para analizar las configuraciones organizacionales.                        |       |        | organizacionales y las posibles formas a adoptar al querer integrar o implementar herramientas de IA en las áreas de la salud.   |
| (Alhayani et al. 2021)- 5G standards for the industry 4.0 enabled communication systems using artificial intelligence: perspective of smart healthcare system of Things · Industry 4.0 · Interference management · Resource optimization. | La introducción de la IA en los estándares 5G para la optimización del rendimiento. | Baja. | método | Diseño e implementación de un modelo propuesto con la utilización de Network Simulator (NS2) para la investigación de los métodos 5G actuales.   |
| (Davahli et al. 2021) - Controlling Safety of Artificial Intelligence-Based Systems in Healthcare.  | El desarrollar un marco de sistema de control de seguridad.                         | Baja. | método | El marco propuesto se desarrolló adoptando el enfoque del modelo de valor múltiple de atributos, el marco proporciona una base para implementar y monitorear la legislación de seguridad e identificar los riesgos de los modelos de IA. |

|  |   |              |                                 |   |
|--|---|--------------|---------------------------------|---|
| <p>(Aung, Cs Wong, and Ting 2021) - The promise of artificial intelligence: a review of the opportunities and challenges of artificial intelligence in healthcare.</p> | <p>Revisión de las aplicaciones actuales de IA en cuidado de la salud, beneficios, limitantes y alcance futuro.</p>                     | <p>Baja.</p> | <p>Revisión</p>                 | <p>-La revisión se llevó a cabo en base a literatura disponible desde los años 2000 a 2021.</p> <p>-La IA podría desde ayudar a los médicos y reemplazar tareas de rutina, hasta incrementar el conocimiento médico.</p> <p>-La implementación de la IA es difícil e incremental.</p> <p>-Uno de los desafíos del ML es la falta de claridad en la toma de decisiones, esto puede ser aceptable siempre y cuando se pueda probar su eficacia.</p> |
| <p>(Vikhrov, Abdurakhimov, and Ashirbaev 2021)- The Use of Big Data in Healthcare: Lessons for Developing Countries from Uzbekistan.</p>                               | <p>Examinar el uso de la Bigdata en el cuidado de la salud e identificar los problemas regulatorios con el uso de bases de datos en</p> | <p>Baja.</p> | <p>Revisión de literatura .</p> | <p>-Se busco la literatura disponible de BD en salud y BD en medicina, entre los años 2016 y 2021.</p> <p>-El volumen de información se duplica cada 73 días.</p> <p>-Los países más avanzados en BD</p>  |

|  |  |       |                  |  |
|--|--|-------|------------------|--|
|  | varios países.   |       |                  | <p>son: EE. UU., China, La Unión Europea, Japón, Singapur y Corea del sur.</p> <p>-Uno de los temas fundamentales a evaluar es el costo financiero para el desarrollo, implementación y mantener un sistema para la Recolectar y almacenar de datos de forma periódica, sin contar con el costo del personal altamente calificado.</p> |
| (Kueper et al. 2022) - Connecting artificial intelligence and primary care challenges: findings from a multi stakeholder collaborative consultation. | Identificar las áreas prioritarias para la IA y la atención de salud primaria. | Baja. | Estudio de caso. | Se identificaron 9 áreas de prioridad, entre ellas: perfil de riesgo y atención preventiva, comunicación mejorada entre la atención primaria y la IA, autogestión de las condiciones del paciente, gestion y análisis de información, soporte de decisiones clínicas, Intercambio de datos e interoperabilidad,                        |

|   |  |       |                  |   |
|---|--|-------|------------------|---|
|   |  |       |                  | Soporte de tareas rutinarias y de oficina, mayor capacidad y soporte de la salud mental, soporte del personal administrativo.   |
| (Alam and Mueller 2021) - Examining the effect of explanation on satisfaction and trust in AI diagnostic systems.               | Examinar el efecto de la explicación sobre la Confianza en los sistemas de IA.   | Baja. | Estudio de caso. | Se realizaron 2 experimentos de simulación, para el Re- diagnóstico para comprender el efecto de las explicaciones globales y locales.<br>-Los resultados demuestran que la explicación ayuda a mejorar los índices de satisfacción durante el periodo crítico del Re- diagnóstico, pero poco efecto antes y después del Re - diagnóstico |
| (Van Der Schaar et al. 2021) - How artificial intelligence and machine learning can help healthcare systems respond to COVID-19 | Presentar los 5 desafíos más importantes para responder al Covid-19 y mostrar cómo se pueden abordar con los recientes desarrollos de IA y ML. | Baja  | Investigación.   | -Los desafíos son:<br>La IA y ML pueden ayudar en la identificación de personas que corren mayor riesgo de contagiarse con el nuevo coronavirus, La determinación del tratamiento más eficiente para cada paciente individual, Proporcionar conocimientos objetivos y utilizables que   |

|   |   |       |         |  |
|---|---|-------|---------|--|
|   |   |       |         | <p>superen las capacidades de los métodos existentes, Reclutar sujetos de subgrupos identificables y asignar los a grupos de tratamiento o control de manera que acelere el aprendizaje.</p> <p>-Hay modelos de aprendizaje dinámico de interacción social, los cuales podrían predecir la probabilidad de que una persona hubiera estado con un contacto portador de covid-19.</p> <p>-Los modelos basados en IA pueden utilizar de manera eficiente los datos de observación disponibles y ver los efectos de los tratamientos existentes, esto puede ayudar a identificar el mejor enfoque para cada cliente en particular.</p> |
| (Melander et al. 2020) -<br>Diagnostics as<br>the Key to<br>Advances in | Proponer una estructura y un método para el | Baja. | método. | -Analizan 9 factores que obstaculizan el avance de la atención de la salud   |

|  |   |       |           |   |
|--|---|-------|-----------|---|
| Global Health:<br>Proposed<br>Methods for<br>Making Reliable<br>Diagnostics<br>Widely Available  | desarrollo<br>de un<br>sistema de<br>diagnóstico<br>con IA.   |       |           | en entornos de<br>escasos recursos.<br>-También se revisa<br>el sistema<br>propuesto para que<br>pueda trabajar con<br>éxito ante los<br>factores de<br>impedimento que<br>se mencionan.<br>-Es costo de<br>construcción del<br>sistema completo<br>puede ser<br>relativamente alto,<br>pero es pequeño<br>comparado a los<br>posibles ingresos<br>anuales,<br>incrementó de<br>pacientes o<br>sistemas de salud. |
| (Sivan and<br>Zukarnain 2021)<br>- Security and<br>Privacy in Cloud-<br>Based E-Health<br>System | La<br>exploración<br>de las<br>Técnicas<br>Inteligentes<br>en los<br>sistemas de<br>salud,<br>principalme<br>nte en<br>problemas<br>de seguridad<br>y privacidad<br>de las<br>técnicas<br>actuales. | Baja. | Revisión. | -Propusieron una<br>técnica de<br>intercambio de<br>datos segura y<br>encriptada basada<br>en la identidad.<br>-Propusieron<br>múltiples<br>soluciones para<br>salvaguardar los<br>datos basados en la<br>nube de los<br>sistemas de salud<br>electrónica.  |
| (Bayu et al. 2021)<br>- Progress in<br>micro/nano<br>sensors and nano<br>energy for future       | Presentar<br>micro/nano<br>sensores<br>basados en<br>el sistema   | Baja. | Revisión. | -Las tecnologías de<br>recolección de<br>energía han surgido<br>como una opción<br>prometedora de la  |

|   |  |             |                |   |
|---|--|-------------|----------------|---|
| <p>AIoT-based smart home applications</p>                                   | <p>microelectro mecánico rígido convencional y recolectores de energía, también se presentan los avances en la contraparte de los dispositivos portátiles y finalmente destacan el desarrollo de herramientas AIoT (Inteligencia artificial de las cosas).</p> |             |                | <p>fuelle de energía de los sensores inalámbricos para que estos sean autosostenibles.<br/>         -Se presentan la nueva generación de sensores textiles, los cuales son más flexibles, livianos y portátiles.<br/>         -La próxima generación de sistemas de atención medica donde se proporciona detección física y química multifuncional junto con un enfoque de tratamiento rápido a través de interfaces neuronales avanzadas, micro agujas, parches para la piel, puede proporcionar una alta velocidad de transmisión de datos y problemas.</p> |
| <p>(Taniguchi et al. 2022) - Counseling (ro)bot as a use case for 5G/6G</p> | <p>Presentar a un Robot de asesoramiento llamado Visual counseling Agent (VICA) que se centra en atención de la salud</p>  | <p>Baja</p> | <p>Método.</p> | <p>-VICA muestra limitaciones en la continuidad de la comunicación en las redes 4g convencionales, lo cual causa caída de palabras, retraso en la respuesta y uno que otro fallo en la conexión.</p>  |

|  |   |              |                  |  |
|--|---|--------------|------------------|--|
|  | <p>mental y mostrar los problemas de conexión por Redes 4G y como mejorarían con una Red 5G/6G.</p> |              |                  | <p>-Proponen mitigar estos problemas con la ayuda de las redes 5G/6G.<br/>         -Proponen e implementan una versión mejorada de VICA de manera parcial y realizan experimentos en la red 4G para la identificación de problemas particulares.</p>   |
| <p>(Gilbert et al. 2021) - Algorithm change protocols in the regulation of adaptive machine learning-based medical devices</p> | <p>Examinar los marcos regulatorios actuales y los desarrollos en este dominio.</p>                 | <p>Baja.</p> | <p>Revisión.</p> | <p>-Hablaron sobre que los sistemas de detección son una generación antigua y esto podría significar que al actualizar los sistemas de ML podrían verse perjudicados por el uso de la información anterior para la entregar resultados en tiempos y debían realizar modificaciones que podrían ser significativas, desde una nueva remodelación de los modelos y revalidación de estos.<br/>         -Se necesitan enfoques innovadores que sean coincidentes con las regulaciones y que</p> |

|   |   |       |                |   |
|---|---|-------|----------------|---|
|   |   |       |                | <p>estos enfoques sean beneficiosos con los pacientes.</p> <p>-El borrador del marco regulatorio de la Unión Europea indica enfoques similares, pero aún no se han entregado detalles sobre cómo se implementarán estos cambios de algoritmos en la Unión Europea.</p> <p>-Describen como se podría realizar de una manera que permita obtener todos los beneficios de la innovación basada en IA/ML.</p> |
| (Joerin et al. 2020) - Ethical Artificial Intelligence for Digital Health Organizations | <p>Describir los métodos emprendidos por una empresa de salud digital para el desarrollo de un código ético para entornos de inicio y otras organizaciones que brindan servicios de IA emocional.</p> | Baja. | método.        | <p>Este artículo brinda una planilla para un código ético que se puede implementar en los servicios de IA emocional y sus afiliados.</p>  |
| (Paton and Kobayashi 2019) - An Open  | <p>Analizar el enfoque del como una</p>   | Baja. | Investigación. | <p>-Se realizó una revisión rápida de literatura reciente</p>   |

|  |   |              |                |  |
|--|---|--------------|----------------|--|
| <p>Science Approach to Artificial Intelligence in Healthcare</p>                                     | <p>ciencia abierta podría afectar el desarrollo de herramientas de IA, intercambio de datos, educación y la investigación puede apoyar la adopción clínica de los sistemas de IA.</p> |              |                | <p>relacionada con la ciencia abierta y la IA en el cuidado de la salud y se discutió como un enfoque de ciencia abierta podría ayudar a superar las preocupaciones sobre la adopción de la nueva tecnología<br/> -La literatura demuestra que los enfoques de ciencia abierta par para el desarrollo de sistemas de IA están bien establecidos.<br/> -La adopción puede verse perjudicada por el uso de sistemas de IA con caja negra, en los cuales se entienden las entradas y salidas, pero faltan los estudios de implementación y efectividad clínica.</p> |
| <p>(Yang et al. 2022) - Advancing primary care with Artificial Intelligence and Machine Learning</p> | <p>Presentar un marco que identifique los 5 dominios para la integración de IA/ML en la atención de salud primaria.</p>   | <p>Baja.</p> | <p>método.</p> | <p>Presentan el Marco IDEAS que este compuesto por:<br/> Mejora de infraestructura,<br/> Transformación de entrega,<br/> Modernización de la evaluación,<br/> Algoritmo de autorización para la comercialización,<br/> Justicia Social.</p>  |

|   |   |       |                |   |
|---|---|-------|----------------|---|
| (Salehi et al. 2022) - A reinforcement learning development of the FRAM for functional reward-based assessments of complex systems performance                            | Desarrollar un enfoque para acoplar FRAM al aprendizaje de refuerzo para la exploración de operaciones complejas. | Baja. | método.        | Dicen que este enfoque desarrollado proporciona un medio novedoso para la exploración de entornos operativos e identificar que rutas tienen el potencial de afectar al sistema.   |
| (Ibeneme et al. 2021) - Data revolution, health status transformation and the role of artificial intelligence for health and pandemic preparedness in the African context | AI en el entorno africano.  | Baja  | investigación. | -Realizaron un taller donde reúnen a un grupo aproximado de 250 personas, representantes de países del ministerio de salud, información y tecnología, Organizaciones de desarrollo, Sector privado, académicos e instituciones de investigación.<br>-Debatieron y proponen soluciones durante 4 días, analizaron las oportunidades, desafíos y el futuro de estas herramientas. |
| (Kohn et al. 2021) - Creating learning health systems and the emerging role of  | Describir la creación de un sistema de informática  | Baja. | Método.        | -Describieron una variedad de implementaciones de sistemas de salud del   |

|                        |  |  |  |  |
|------------------------|--|--|--|--|
| biomedical informatics | biomédica para ayudar a la evolución de la institución médica. |  |  | aprendizaje y programas educativos para la mejora en la atención médica.<br>-Uno de los mayores desafíos no está en la adquisición de los datos, sino en calidad, relevancia y valor de los datos. |
|------------------------|--|--|--|--|

#### 4.5 Artículos con relación a la IA, áreas de uso e implementación.

**TABLA 5: ARTÍCULOS QUE MENCIONAN/USAN HERRAMIENTAS DE IA Y EL ÁREA DE USO**

| Tema(s) / Área(s)  | Autor - Título   | Aplicado | Donde / Basado   |
|--|--|----------|--|
| Oncológica.  | (Brenas and Shaban-Nejad 2020) - Health Intervention Evaluation Using Semantic Explainability and Causal Reasoning                           | Si.      | Basado en modelos lógicos de Estados unidos y escocia.                                     |
| Oncológica, farmacológica, biológica.  | (Nagarajan et al. 2019) - Application of Computational Biology and Artificial Intelligence Technologies in Cancer Precision Drug Discovery   | Si.      | Chapel Hill Eshelman School of Pharmacy De la Universidad de Carolina del Norte (EE. UU.). |
| Oncológica, Neurociencia.  | (Ishii et al. 2020) - The advent of medical artificial intelligence: lessons from the Japanese approach                                      | Si.      | Japón. La universidad de Tokio, la corporación Shimadzu y la universidad Juntendo.         |
| Oncológica.  | (Kourou et al. 2021) - Applied machine learning in cancer research: A systematic review for patient diagnosis, classification, and prognosis | Si.      | Escenarios clínicos.   |
| Oncológica.  | (Fionda et al. 2020) - Artificial intelligence (AI) and interventional radiotherapy (brachytherapy): state of art and future perspectives    | No.      | Presenta una esperanza de visión futura en esta área.                                      |
| Oncológica, Alzheimer, Predicción del Parkinson, Diagnóstico de heridas crónicas, Relacionado al COVID-19. | (Srinivasu et al. 2022) - From Blackbox to Explainable AI in Healthcare: Existing Tools and Case Studies                                     | Si.      | Estudio de casos.  |

|                                       |  |     |   |
|---------------------------------------|--|-----|---|
| Oncológica.                           | (Carter et al. 2020) - The ethical, legal, and social implications of using artificial intelligence systems in breast cancer care                        | Si. | India.  |
| Oncológica.                           | (Johri, Saxena, and Kumar 2021) - Rummage of Machine Learning Algorithms in Cancer Diagnosis   | Si. | India.<br>No muestra un caso real particular, pero habla de que la implementación de los sistemas de IA en el área de la salud es ampliamente aceptada en india y que los recursos en esta área abarcan aproximadamente un 4,7% del PIB total del sector de la salud. |
| Oncológica, Análisis de sentimientos. | (Alahmari et al. 2022) – Musawah: A Data-Driven AI Approach and Tool to Co-Creat Healthcare Services with a Case Study on Cancer Disease in Saudi Arabia | Si. | Arabia Saudita.   |
| Oncológica, Diagnóstico de úlceras.   | (Attique Khan et al. 2020) - Computer-Aided Gastrointestinal Diseases Analysis from Wireless Capsule Endoscopy: A Framework of Best Features Selection   | Si. | Corea.<br>Instituto coreano para el avance de la tecnología (KIAT), Gobierno de corea (MOVIT), (p0012724, Programa de desarrollo de competencias para especialistas de la industria y el fondo de investigación de la universidad de Soonchunhyang.                   |

|   |  |     |  |
|---|--|-----|--|
| Cardiología,<br>Detección de<br>anomalías.  | (Lakkamraju,<br>Anumukonda, and<br>Chowdhury 2020) -<br>Improvements in Accurate<br>Detection of Cardiac<br>Abnormalities and<br>Prognostic Health<br>Diagnosis Using Artificial<br>Intelligence in Medical<br>Systems | Si. | India.<br>Estudio de caso.                                       |
| Cardiovascular,<br>Evaluación del<br>azúcar en la sangre,<br>Predicción de<br>componentes<br>sanguíneos basado en<br>electrocardiogramas,<br>Predicción de<br>enfermedades<br>cardiovasculares y<br>predicción de<br>comorbilidad para<br>personas con<br>diabetes. | (Lee et al. 2022) -<br>Diffusion of a Lifelog-<br>Based Digital Healthcare<br>Platform for Future<br>Precision Medicine: Data<br>Provision and Verification<br>Study   | Si. | Corea.   |
| Cardiología,<br>farmacología y<br>Relacionado a la<br>diabetes.   | (Nadeem et al. 2021) -<br>Incessant threat of<br>COVID-19 variants:<br>Highlighting need for a<br>mix of FDA-approved<br>artificial intelligence tools<br>and community pharmacy<br>services                           | No. | Pakistán.<br>Comunidad<br>farmacéutica.                          |
| Cardiología.<br>(Sarcoidosis<br>cardíaca),<br>Neurociencia.   | (Wen et al. 2019) -<br>Desiderata for delivering<br>NLP to accelerate<br>healthcare AI<br>advancement and a Mayo<br>Clinic NLP-as-a-service<br>implementation  | Si. | Rochester,<br>Minnesota.<br>(EE. UU.)<br>Clínica Mayo.           |
| Cardiología,<br>Detección espacio<br>temporal.  | (Mohan et al. 2021) -<br>Edge Artificial<br>Intelligence: Real-Time<br>Noninvasive Technique<br>for Vital Signs of<br>Myocardial Infarction  | Si. | Entorno de prueba,<br>Nuevo enfoque<br>para el dolor<br>torácico |

|   |  |     |  |
|---|--|-----|--|
|   | Recognition Using Jetson Nano  |     |  |
| Neurociencia, Segmentación de Imágenes médicas. (Segmentación de tumores cerebrales)                      | (Camajori Tedeschini et al. 2022) - Decentralized Federated Learning for Healthcare Networks: A Case Study on Tumor Segmentation   | Si. | Unión Europea. Organización europea de física nuclear<br>Estudio de casos. |
| Segmentación de Imágenes médicas. (Diagnóstico de tuberculosis u otras enfermedades pulmonares), Rayos X. | (Gite, Mishra, and Ketan Kotecha 2021) - Enhanced lung image segmentation using deep learning  | Si. | Estudio de casos   |
| Segmentación de Imágenes médicas.   | (Hill et al. 2021) - Emerging artificial intelligence applications in liver magnetic resonance imaging   | No. | Reino Unido.   |
| Segmentación de Imágenes médicas.   | (Castiglioni et al. 2021) - AI applications to medical images: From machine learning to deep learning  | Si. | Italia.<br>Entornos de prueba.   |
| Segmentación de Imágenes médicas, Relacionado al COVID-19.  | (Bhattacharya et al. 2021) - Deep learning and medical image processing for coronavirus (COVID-19) pandemic: A survey  | Si. | India.<br>Estudio de casos.  |
| Oftalmología, Endocrinología, Diabtes/Derivados (Rinoplastia diabética)                                   | (Scheetz et al. 2021) - Real-world artificial intelligence-based opportunistic screening for diabetic retinopathy in endocrinology and indigenous healthcare settings in Australia | Si. | Australia.   |
| Oftalmología, Diabetes/Derivados (Rinoplastia diabética)  | (Sedova et al. 2022)- Comparison of early diabetic retinopathy staging in asymptomatic patients between autonomous AI-based screening and human-                                   | Si. | Viena, Austria.<br>Universidad medica de Viena.                            |

|   |  |     |   |
|---|--|-----|---|
|   | graded ultra-widefield colour fundus images  |     |   |
| Oftalmología, Fonoaudiología, Internet de las cosas (IoT).            | (Long et al. 2020) - A DEEP LEARNING BASED WEARABLE HEALTHCARE IOT DEVICE FOR AI-ENABLED HEARING ASSISTANCE AUTOMATION   | Si. | Inglaterra. Universidad de North Umbría, Newcastle                                  |
| Oftalmología, Diabetes/Derivados (Rinoplastia diabética).             | (Raman et al. 2021) - Using artificial intelligence for diabetic retinopathy screening: Policy implications  | Si. | India. Estudio de casos.  |
| Diabetes/Derivados  | (Lysaght et al. 2019) - AI-Assisted Decision-making in Healthcare the Application of an Ethics Framework for Big Data in Health and Research                                       | Si. | Singapur.   |
| Diabetes/Derivados, farmacología, farmacología orientada al embarazo. | (Davidson and Boland 2020) - Enabling pregnant women and their physicians to make informed medication decisions using artificial intelligence                                      | Si. | Filadelfia Pensilvania, Estados unidos. Universidad de Pensilvania. Estudio de caso |
| Diabetes/Derivados  | (Alian, Pandey, and Li 2018) - A Personalized Recommendation System to Support Diabetes Self-Management for Native Americans   | Si  | Dakota del Norte, Estados unidos. Universidad estatal de Dakota del Norte.          |
| Detección espaciotemporal   | (Lin and Wai 2021) - A Feasible Fall Evaluation System via Artificial Intelligence Gesture Detection of Gait and Balance for Sub-healthy Community-dwelling Older Adults in Taiwan | Si. | Taipéi, Taiwán.   |
| Detección espaciotemporal   | (Yang et al. n.d.) - An Edge-device Based Fast Fall Detection Using  | Si. | China.  |

|   |   |     |  |
|---|---|-----|--|
|   | Spatio-temporal Optical Flow Model  |     |  |
| Detección espaciotemporal                                     | (Mcguirk, Baddour, and Lemaire 2021) - Video-Based Deep Learning Approach for 3D Human Movement Analysis in Institutional Hallways: A Smart Hallway                           | Si. | Ottawa, Canadá.  |
| Rayos X, Relacionado al COVID-19, internet de las cosas (IoT) | (Ullah et al. 2022) - Explainable artificial intelligence approach in combating real-time surveillance of COVID19 pandemic from CT scan and X-ray images using ensemble model | Si. | Estudio de casos.  |
| Electroencefalograma (EEG) Neonatal                           | (Sullivan et al. 2018) - Neonatal EEG Interpretation and Decision Support Framework for Mobile Platforms  | Si. | Estudio de caso.   |
| Farmacológica.  | (Ilan 2021) - Improving Global Healthcare and Reducing Costs Using Second-Generation Artificial Intelligence-Based Digital Pills: A Market Disruptor                          | Si. | Jerusalén, Israel. Universidad hebrea de Jerusalén – Centro médico Hadassah. |
| Farmacológica. (Farmacovigilancia)                            | (Liang et al. 2022) - Artificial Intelligence-Based Pharmacovigilance in the Setting of Limited Resources   | Si  | China.   |
| Farmacológica.  | (Kumar, Gadag, and Nayak 2021) - The Beginning of a New Era: Artificial Intelligence in Healthcare  | Si. | India. Colegio Manipal de Ciencias Farmacéuticas.                            |
| Triage Prehospitalario, Relacionado al COVID-19.              | (Lai et al. 2020) - Digital triage: Novel strategies for population health management in response   | Si. | Massachusetts, Estados Unidos, en la red de 15 Hospitales que son            |

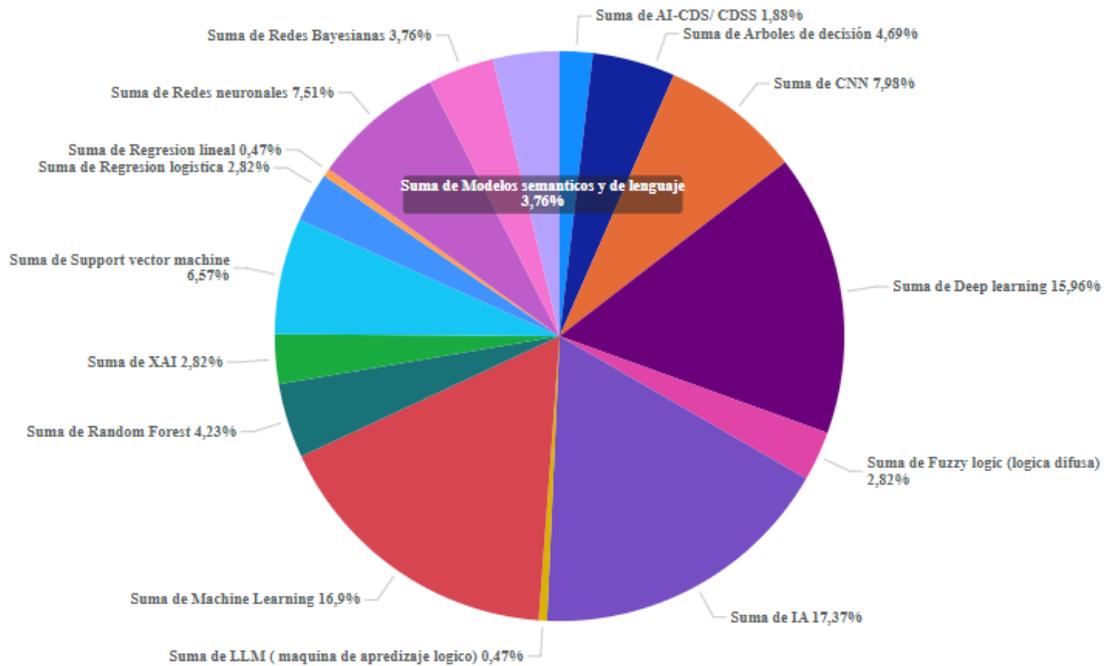
|  |   |     |                                |
|--|---|-----|--------------------------------|
|  | to the COVID-19 pandemic  |     | parte de Mass general Brigham. |
| Cardiología, Presión Arterial.                 | (Wang et al. 2022) - Intelligent Bio-Impedance System for Personalized Continuous Blood Pressure Measurement                    | Si. | Taiwán.                        |
| Registros médicos electrónicos con Blockchain. | (Azaria et al. 2020) - Blockchain based healthcare system with Artificial Intelligence  | No. | Corea.                         |
| Registros médicos electrónicos con Blockchain. | (Chamola et al. 2021) - Artificial intelligence-assisted blockchain-based framework for smart and secure EMR management         | Si. | India.                         |
| Registros médicos electrónicos con Blockchain. | (Aerts and Bogdan-Martin 2021) - Leveraging data and AI to deliver on the promise of digital health                             | Si. | Switzerland, Suiza.            |
| Cirugía plástica.                              | (Murphy and Saleh 2020) - Artificial Intelligence in plastic surgery: What is it. Where are we now? What is on the horizon?     | Si. | Reino Unido.                   |
| Enfermedades y patologías renales.             | (Pesce et al. 2022) - Identification of glomerulosclerosis using IBM Watson and shallow neural networks                         | Si. | Italia.                        |
| Diagnóstico de Sepsis                          | (Yuan et al. 2020) – The development an artificial intelligence algorithm for early sepsis diagnosis in the intensive care unit | Si. | Taiwán.                        |
| Internet de las cosas (IoT).                   | (Sobecki et al. 2020) - Framework for Integration Decentralized and Untrusted Multi-Vendor IoMT Environments                    | Si  | España.                        |
| Internet de las cosas (IoT).                   | (Malik et al. 2022) – Intelligent Load-Balancing Framework for  | No. | No especificado.               |

|   |   |     |   |
|---|---|-----|---|
|   | Fog-Enabled Communication in Healthcare   |     |   |
| Internet de las cosas (IoT), Relacionado al COVID-19. | (Channa et al. 2020) - The Rise of Wearable Devices during the COVID-19 Pandemic: A Systematic Review   | No. | Unión Europea.  |
| Internet de las cosas (IoT).                          | (Vaccari et al. 2021) - A Generative Adversarial Network (GAN) Technique for Internet of Medical Things Data                                      | Si. | Entorno de prueba.  |
| Internet de las cosas (IoT).                          | (Štufi, Bačić, and Stoimenov 2020) - Big Data Analytics and Processing Platform in Czech Republic Healthcare                                      | Si. | Republica Checa.  |
| Relacionado al COVID-19                               | (Gianquintieri et al. 2022) - Generating High-Granularity COVID-19 Territorial Early Alerts Using Emergency Medical Services and Machine Learning | Si. | Lombardy, Italia.   |
| Telemedicina, Internet de las cosas (IoT).            | (Yu and Zhou 2021) - Optimization of IoT-Based Artificial Intelligence Assisted Telemedicine Health Analysis System                               | Si. | China.  |
| Neonatal.   | (Trujillo et al. 2022) - A Perspective on a Quality Management System for AI/ML-Based Clinical Decision Support in Hospital Care                  | Si. | Utrecht, Países bajos.<br>Centro médico universitario de Utrecht. |

#### 4.6 Herramientas y distribución post filtrado.

De manera posterior a la identificación y clasificación de artículos, se analizaron los artículos que contaban o nombraran un área de la salud, la distribución por temas de interés y tipo de herramientas puede ser visualizado en la Ilustración número 7.

ILUSTRACIÓN 7: DISTRIBUCIÓN DE HERRAMIENTA POST FILTRADO



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Como se puede ver en la ilustración anterior, las tendencias hacia el uso de herramienta son liderado por IA, aprendizaje de máquinas (*machine learning*) y aprendizaje profundo (*Deep learning*) seguidos por CNN (*Convolutional Neural Network*, redes neuronales convolucionales), Redes neuronales, *Support Vector Machine* (SVP, máquinas de vectores de soporte), árboles de decisión, *random forest* (bosques aleatorios), modelos semánticos y de lenguaje, entre otros.

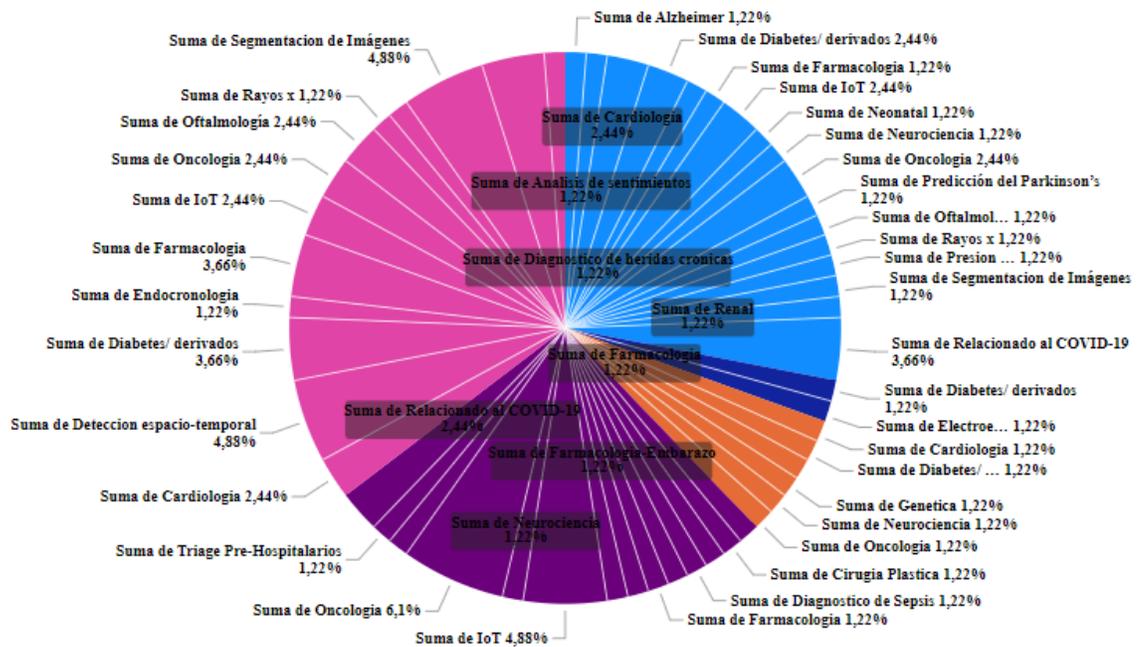
Recapitulando el objetivo principal de esta tesis fue la realización de un estado del arte de las herramientas de IA y/o machine learning que se han aplicado a los sistemas de salud, mediante el análisis literario, se pudo descubrir que hay 37 artículos que aplican herramientas de IA, 36 artículos que aplican *machine learning* , 34 artículos que aplican *Deep learning* , 16 artículos que aplican redes neuronales, 14 artículos que aplican *Support vector machine*, 4 artículos que utilizan AI-CDS( Inteligencia artificial para el control de decisiones clínicas ), 10 artículos que utilizan arboles de decisiones, 8 artículos que utilizan Redes bayesianas, 9 que usan herramientas de *Random forest*, 8 artículos que usan Modelos semánticos o de Lenguaje, 6 artículos que utilizan lógica difusa, 6 artículos que utilizan regresión logística, 6 artículos que usan XAI( Inteligencia artificial Explicable), 17 que utilizan *Convolutional neural network*, 1 artículo utiliza LLM(máquina de aprendizaje) y 1 artículo que habla de regresión lineal, también hubieron 21 artículos que no aplicaron las herramientas a un área de estudio particular.

En la siguiente sección se puede ver el análisis por área de investigación y el cambio de las tendencias o nuevas investigaciones que se han aplicado las herramientas de forma real o experimentan en entornos de prueba controlados.

## 4.7 Áreas de interés de investigación por año

En esta sección se describen las áreas donde se han centrado los artículos investigados en esta revisión del estado del arte, presentando la información de forma gráfica año a año, en la ilustración 8 puede vislumbrar el total de artículos separado por colores, comenzando por el color azul del año 2018, en color naranja el año 2019, de color morado el año 2020, de color rosa el año 2021 y finalmente de color celeste el año 2022, los cuales serán mostrados en mayor profundidad en las siguientes ilustraciones.

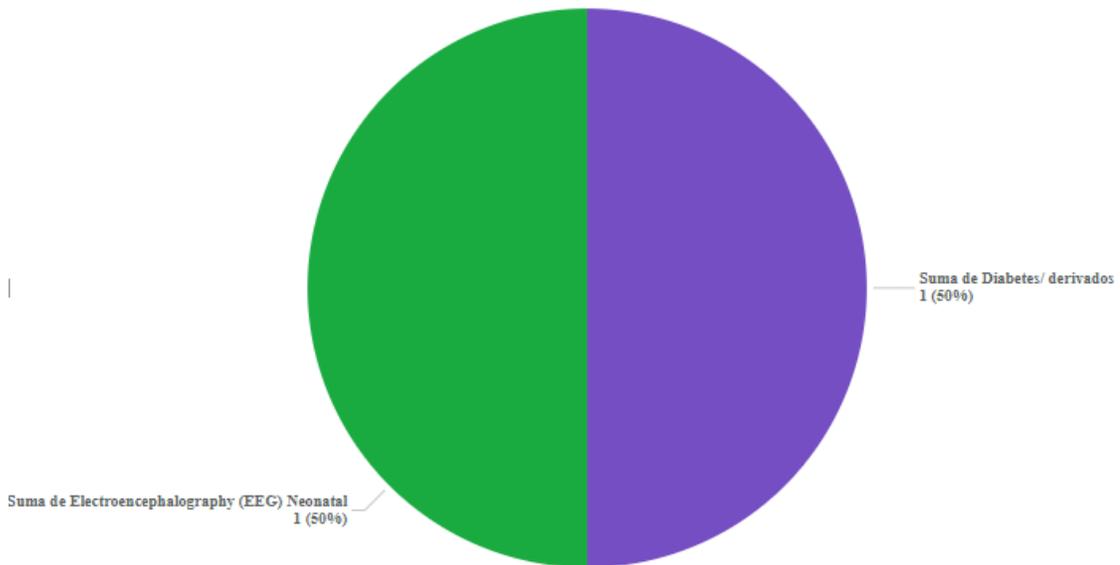
ILUSTRACIÓN 8: GRÁFICO PASTEL DE LA DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS POR AÑO



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

En la siguiente Ilustración se puede ver las áreas donde se centraron los esfuerzos de los artículos analizados sobre la implementación/Aplicación de herramientas de IA durante el año 2018.

ILUSTRACIÓN 9: ÁREAS DE INVESTIGACIÓN AÑO 2018

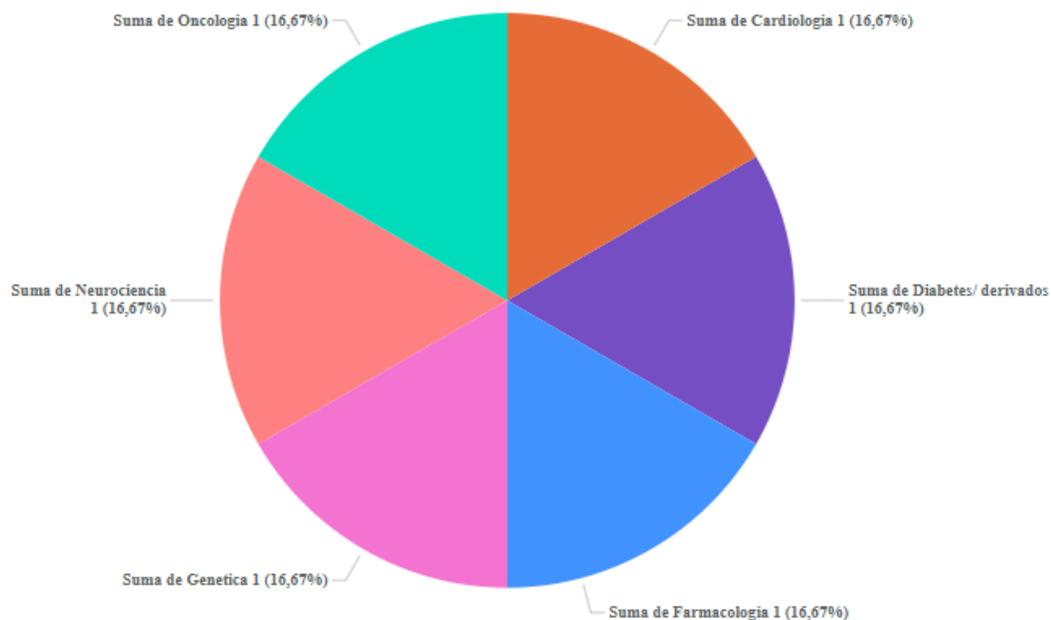


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Como se puede ver en la ilustración anterior los esfuerzos se enfocaron en el área neonatal con el análisis de anomalías en el cual utilizaron los signos de un electroencefalograma para la detección de estas, a su vez otro estudio se centro en el área de la diabetes, en particular en un sistema de IA de recomendaciones para el autocuidado del paciente de forma específica y personalizada.

En la Ilustración 10 se puede observar las áreas donde se centraron los esfuerzos de los artículos analizados sobre la implementación/Aplicación de herramientas de IA durante el año 2019.

**ILUSTRACIÓN 10: ÁREAS DE INVESTIGACIÓN AÑO 2019**

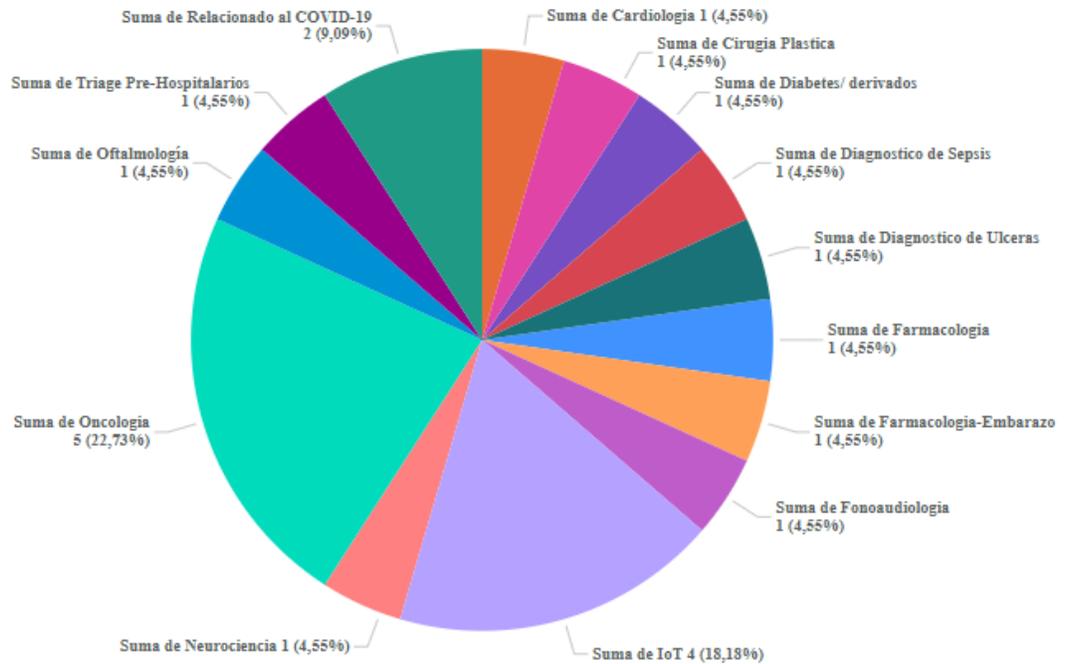


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Como se logra ver la ilustración anterior los esfuerzos durante el año 2019 fueron en las áreas: oncológica, farmacéutica, cardiológica, Neurociencia, Genética y por último en la diabetes y derivados.

En la Ilustración 11 se puede apreciar las áreas donde se centraron los esfuerzos de los artículos analizados sobre la implementación/Aplicación de herramientas de IA durante el año 2020.

ILUSTRACIÓN 11: ÁREAS DE INVESTIGACIÓN AÑO 2020

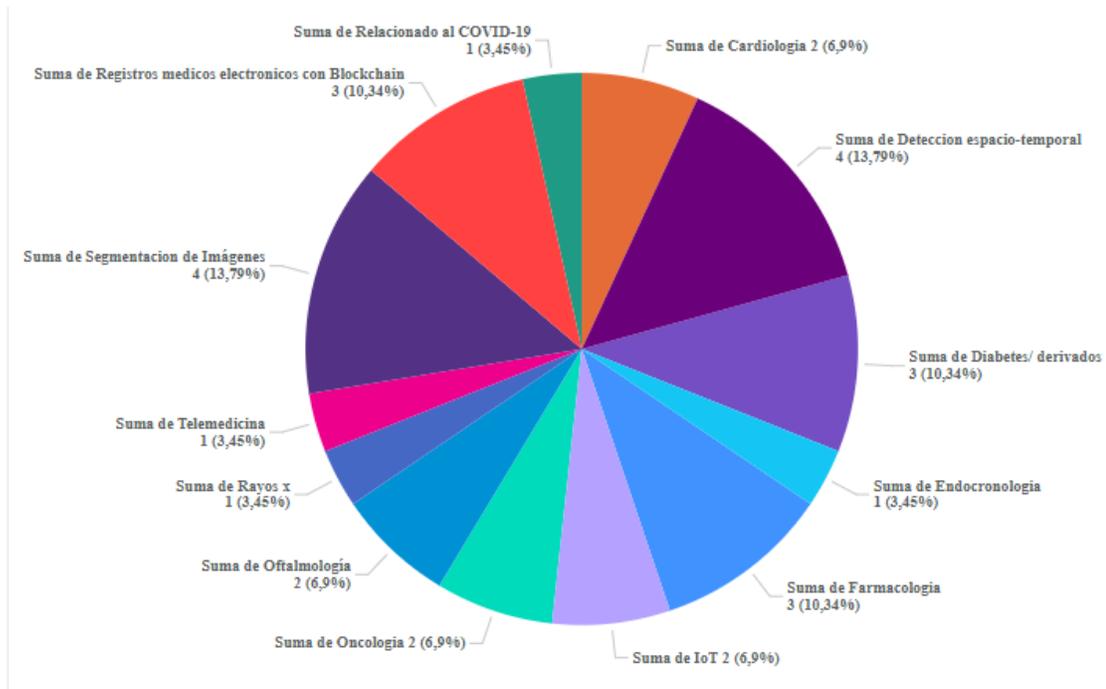


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Como se puede ver en la ilustración anterior hay una tendencia de los artículos hacia el área de la oncología en diferentes tipos de cáncer, también se puede ver la aparición de artículos con relación al COVID-19 y varios centrados en internet de las cosas (IoT), aunque esta última en el área de la salud puede ser nombrada como MIoT( internet de las cosas en medicina) o AIoT( Inteligencia artificial de las cosas),las demás áreas visualizadas son: Neurociencia, fonoaudiológica, farmacológica, farmacológica específica orientada al embarazo, Diagnóstico de sepsis, diagnóstico de úlceras, Cirugía plástica, cardiológica, Oftalmológica, y finalmente un chatbot para el Triage prehospitalario.

En la Ilustración 12 se puede ver las áreas donde se centraron los esfuerzos de los artículos analizados sobre la implementación/ Aplicación de herramientas de IA durante el año 2021.

ILUSTRACIÓN 12: ÁREAS DE INVESTIGACIÓN AÑO 2021

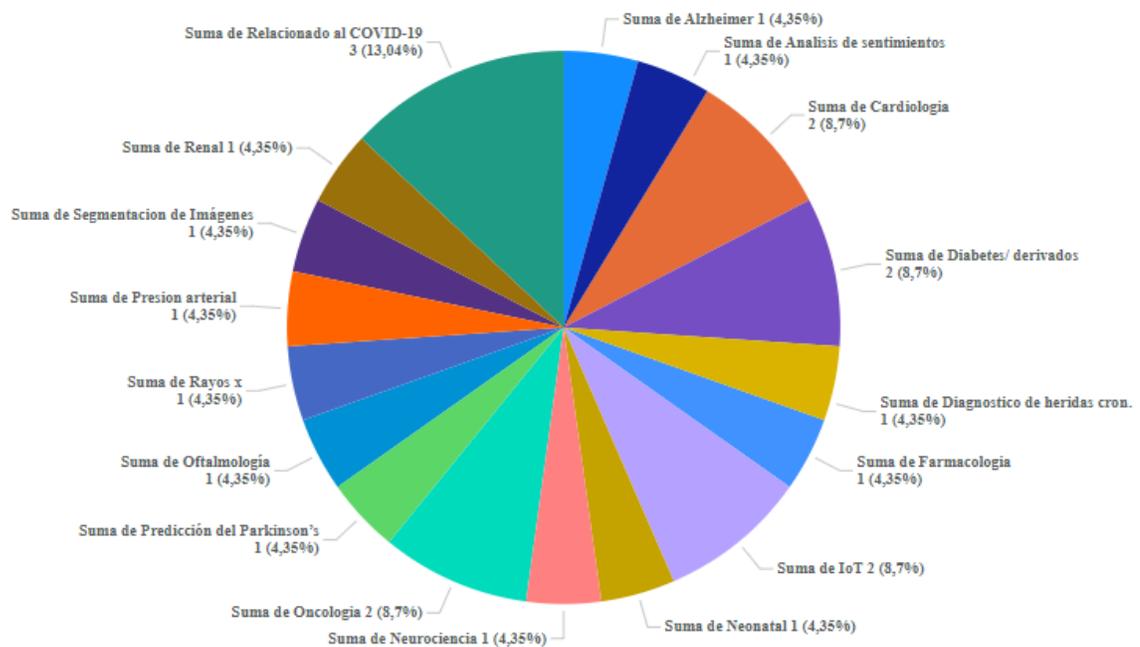


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Como muestra la ilustración anterior los artículos tienen una tendencia hacia el área de segmentación de imágenes para ser más específico en esta área se evalúan segmentos de imágenes para la detección de anomalías; la siguiente área en tener tendencia es la de detección espacio-temporal, para ser más preciso en esta área se están creando tecnologías de análisis de imágenes con la ayuda de la IA para la prevención de caídas de los adultos mayores en tiempo real, esta sección también podría llamarse área geriátrica, durante este año también se visualiza una tendencia hacia las áreas de la diabetes, temas de seguridad y privacidad de los datos de los pacientes con la ayuda de los registros médicos electrónicos con Blockchain además de una tendencia en el área farmacológica en la cual con la ayuda de las herramientas pueden probar medicamentos y ver sus posibles consecuencias en entornos simulados, las otras áreas nombradas son: la cardiológica, rayos x, oftalmológica, IoT, telemedicina, el área relacionada con COVID-19, oncológica y el área de endocrinología.

En la Ilustración 13 se puede ver las áreas donde se centraron los esfuerzos de los artículos analizados sobre la implementación/Aplicación de herramientas de IA en el año 2022 específicamente los artículos publicados hasta julio del año nombrado que fueron utilizados para este análisis.

ILUSTRACIÓN 13: ÁREAS DE INVESTIGACIÓN AÑO 2022



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

En la ilustración anterior se pudo ver que hay una tendencia hacia el área relacionada al COVID-19 en algunos de los artículos aplican *machine learning* para ver la posible expansión de la pandemia y los casos en tiempo real, creando alertas de emergencia por territorios, hablo sobre las herramientas que se estaban utilizando y los casos de estudio, las otras áreas de tendencia fueron la oncológica y la cardiológica, a su vez las áreas relacionadas con la diabetes y la IoT también presentaron una tendencia menor, las demás áreas que han abarcado los artículos son las de: Alzheimer, renal, segmentación de imágenes, rayos x, presión arterial, oftalmología, predicción del párkinson, neurociencia, neonatal, farmacológica, diagnóstico de heridas crónicas y finalmente un análisis de sentimientos que fue enfocado a pacientes con cáncer.

## 4.8 Herramientas que pueden ser aplicadas en Chile

El análisis de literatura logro demostrar que el avance de la inteligencia artificial implementada en los sistemas de salud aun está en sus primeras fases y varios autores concuerdan que para que esta funcione de forma eficiente, practica y sin problemas éticos, es necesario poder visualizar la toma de decisiones que hace la inteligencia artificial, en particular el Deep learning con múltiples capas ocultas. En este estudio también se vislumbró el futuro de las XAI, que son la inteligencia artificial explicables, estas últimas son llamadas cajas blancas, a pesar de que aun estén en modelos básicos y teóricos, buscan resolver el problema de las Caja negra de la IA, brindando así mayor seguridad para los profesionales y al no solo entregar un simple informe con la solución, sino que también pueden mostrar el por qué y cómo se llegó a esa decisión.

El avance de la tecnología y los datos en los próximos años podrá acercarnos a la medicina de precisión orientada a cada paciente particular y el uso de la inteligencia artificial brindara una reducción importante en los diversos costos, tanto de los profesionales como el bolsillo de los pacientes, como decía el artículo de (Lai et al. 2020) en el cual crearon un sistema de Chatbot basado en IA para el Triage hospitalario que ayudo en la crisis del covid-19 .

Para las herramientas que podrían utilizarse en Chile, deben ser para resolver problemas en específico, como lo son el pre diagnóstico de la rinoplastia diabética, que es una afección derivada de la diabetes que afecta la visión y puede causar desde pérdida de visión hasta ceguera, actualmente ya se realizado estudios en población de corea y de indios americanos, en estos últimos el sistema que se realizó mediante la IA también era de uso offline para los lugares más recónditos y aislados (Scheetz et al. 2021), esto ayudará a los pacientes con una optimización de tiempo y un ahorro de dinero al no tener que visitar a un especialista de forma directa y más rápida, sumado a esto último la escases de oftalmólogos capacitados en el mundo, si bien hay un pequeño sesgo por el uso de las imágenes base de corea tuvieron un buen margen de precisión.

Otra de las áreas donde noto un avance o parte del área de estudio era la relacionada con el área oncológica, desde la segmentación de imágenes hasta el análisis de sentimientos

en redes sociales mediante la IA esto es interesante debido a que se pueden realizar análisis externos y diferente a los directamente médicos y encontrar factores ambientales, sociales y hasta económicos que pueden afectar la recuperación de un paciente del área oncológica, también puede mostrar un área de interés para el gobierno o un grupo de apoyo para los pacientes, en esta área también se encontró unos modelos XAI en el diagnóstico del cáncer pulmonar, en el cual se muestra la diferencia entre un modelo de IA con una caja negra en la cual el sistema entrega una decisión y un informe ( no siempre con la información clara del por qué tomo esa decisión ) y la traducción del modelo con XAI el cual mostraba la misma información y en adición una imagen mostrando las áreas con las cuales se tomó dicha decisión .la cual puede verse en el artículo de (Gite et al. 2021).

#### 4.9 ¿Cómo las herramientas pueden ser aplicadas en Chile?

Antes de querer implementar estas herramientas en Chile según Kashyap (Kashyap et al. 2021), es necesario tener acceso a las base de datos para la creación de los algoritmos, además da a conocer las configuraciones organizacionales existentes y muestra las diversas formas de trabajo disponibles para la implementación de estas herramientas.

También es necesario tener contacto de forma directa con el Centro Nacional en Sistemas de Información en Salud (CENS) que fue creado en el año 2014 por Corfo y busca promover la interoperabilidad de software a nivel nacional , CENS también trabaja con organizaciones internacionales de establecimientos de estándares así lo dice el artículo de (Aerts and Bogdan-Martin 2021), es por ello que si necesita la aprobación de los algoritmos o ver los avances actuales en áreas como la tecnología e innovación es importante tener un contacto de forma directa.

Las herramientas deben ser aplicadas de forma directa idealmente desde la etapa de formación de los profesionales en las distintas áreas de especialización, al brindarles la oportunidad de conocer estas nuevas herramientas y métodos, los futuros profesionales podrán utilizarlas con mayor confianza para el apoyo de sus decisiones, en el caso de los profesionales actuales se recomienda la realización de cursos y capacitaciones.

Los autores (Arenas-Cavalli et al. 2022) realizaron una validación clínica de una herramienta basada en IA para la detección de rinoplastia diabética en el sistema nacional de salud y llegaron a conclusión de que sería una herramienta valida la cual podría implementarse en Chile, la herramienta evaluada fue desarrollada en colaboración con el MINSAL.

Las herramientas finalmente pueden ser aplicadas cuando se cumplan las siguientes condiciones: Cumpla con las regulaciones necesarias, se tenga el suficiente personal capacitado para todo el proceso de creación y desarrollo estas herramientas, pueda validar la calidad de los datos para el entrenamiento, pueda cumplir con todas las normas de privacidad de la información y anonimizar los datos de los pacientes, cumpla con los debidos estándares que puedan surgir en el tiempo.

## Capítulo 5: Conclusiones

### 5.1 Conclusiones:

Al finalizar el análisis se puede concluir que las principales áreas donde se implementaron y/o investigaron las herramientas de IA fueron: 8 artículos con relación a la diabetes, principalmente a la Rinoplastia diabética, 10 artículos relacionados al área oncológica y diferentes tipos de cáncer en los procesos de diagnóstico mediante segmentación de imágenes, 6 artículos relacionados con el área de cardiología, 6 artículos relacionados con el área farmacéutica, desde la creación de nuevas fórmulas y evaluación de medicamentos, hasta la creación de una pastilla que toma fotografías para realizar un escaneo de vías traqueales y detección de anomalías. un artículo se centró en la segmentación de tumor para la identificación de problemas con el uso de radiografías y IA, 4 artículos también abordaron el área oftalmológica, desde la detección temprana de rinoplastia diabética hasta la creación de unas gafas que con relación al área fonaudiológica permite enviar un mensaje a través de las gafas para la detección de sirenas de emergencia y prevenir accidentes, también hay 8 artículos que involucran el internet de las cosas para la toma de información e integración a un EMR( registro electrónico de datos médicos), a su vez también hay 4 artículos que usaron la IA para la detección espacio temporal, identificando caídas y posibles lesiones de los pacientes con la ayuda de cámaras, 1 articulo habló sobre la creación de un Chatbot que mediante la IA ayudo en la crisis de la Covid-19 en el Triage Pre-Hospitalario, 1 artículo se centró en el análisis de sentimientos de los pacientes con cáncer en arabia saudita mediante la aplicación de machine learning, obteniendo así, información sobre pacientes, médicos, progresos y comunidades de apoyo. 1 artículo se centró en el área neonatal con el uso de un encefalograma para prevenir e identificar posibles problemas. 3 artículos se centraron en el área de la neurociencia, 1 artículo en el alzhéimer, 1 artículo para la predicción del párkinson y finalmente 1 artículo en el diagnóstico de heridas crónicas.

Esta información es muy valiosa para la saber las áreas de implementación que se están investigando actualmente y cumple con el objetivo específico numero 4 el cual habla sobre un resumen de las herramientas junto a las áreas de aplicación.

De las herramientas analizadas las que podrían implementarse en Chile y que responden al objetivo específico número 3 son las de IA, machine learning, Deep learning, principalmente las que cuentan con una base de entrenamiento con información validada, particularmente las herramientas que trabajan con segmentación y identificación de imágenes, las cuales se centran en el área de oncológica con la identificación de anomalías, también las herramientas que se centran en la identificación de la rinoplastia diabética, a su vez las herramientas que trabajan y se desarrollan con un Chatbot para el área de diagnóstico de severidad en los servicios de atención primaria o para la el área de la salud mental, cabe recalcar que todas las herramientas brindan apoyo al área de la salud y siempre deben ser validadas por profesionales especialistas de cada área, como lo son las AI-CDS (Aplicaciones de inteligencia artificial para el soporte de decisiones clínicas).

Considero que las mejores herramientas y las que le brindara un mayor beneficio a los profesionales de la salud son las que trabajen con métodos XAI, debido a que son las herramientas de inteligencia artificial explicables, con estas herramientas se puede ver el proceso de la toma de decisiones y por qué la herramienta tomo dicha decisión y no solo un diagnóstico final como las AI-CDS, además de este entrega un informe detallado del paso a paso de la toma de decisiones, esto ayudara a entender el como y porque se llegó a dicha decisión.

Finalmente puedo concluir que las herramientas de IA que se han aplicado a los sistemas de salud están principalmente centradas entre IA, machine learning, Deep learning y redes neuronales, al realizar este estado del arte se logró ver el progreso de las herramientas en diferentes áreas de la salud, también las oportunidades actuales en las diferentes especialidades de estudio en donde aun no hay registros de investigación, este punto engloba a el objetivo general, debido al cumplimiento del objetivo específico numero 1 en el cual se analizó la documentación disponible.

## 5.2 Trabajos futuros que investigar

Muchas de las áreas anteriormente nombradas son los primeros pasos para lo que se podría llamar la medicina de precisión, las herramientas de IA evolucionan día a día , al igual que los registros médicos electrónicos, para futuras investigaciones se recomienda analizar la *Bigdata* y las herramientas centradas en las XAI, debido a que estas brindan una explicación más clara de cómo la IA realizó la toma de decisiones para cada tipo de diagnóstico y es un punto importante para los especialistas de cada área, además de que podrían basar su opinión con datos e información más clara del porque se llegó a esa decisión, También se invita a investigar los dilemas éticos del uso de estas herramientas, a su vez las regulaciones que son necesarias para la implementación en entornos reales.

## Bibliografía

1. Alcántara Moreno, G. (2008). La definición de salud de la Organización Mundial de la Salud y la interdisciplinariedad. *Sapiens. Revista Universitaria de Investigación*, , 93-107.
2. APD. (23 de 02 de 2021). Obtenido de Efectos de la inteligencia artificial en la medicina y sus aplicaciones más novedosas: <https://www.apd.es/aplicaciones-inteligencia-artificial-en-medicina/>
3. Bell, T. (16 de Abril de 2020). *¿Qué es y cómo funciona el procesamiento del lenguaje natural?* Obtenido de ComputerWord: <https://www.computerworld.es/tecnologia/que-es-y-como-funciona-el-procesamiento-del-lenguaje-natural>
4. Bello , E. (15 de Diciembre de 2021). *Lógica Difusa o Fuzzy Logic: Qué es y cómo funciona + Ejemplos*. Obtenido de <https://www.iebschool.com/blog/fuzzy-logic-que-es-big-data/#:~:text=la%20Fuzzy%20Logic-,%C2%BFQu%C3%A9%20es%20la%20L%C3%B3gica%20Difusa%20o%20Fuzzy%20Logic%3F,un%20mayor%20n%C3%BAmero%20de%20seguidores>.
5. Cespedes, D., & Hernandez, W. (2017). *Trabajo de investigacion sobre inteligencia artificial*. Obtenido de <https://es.calameo.com/read/0051074327b779c4a67ad>
6. Chavarría, I. (febrero de 2021). *Técnicas y métodos de Inteligencia Artificial*. Obtenido de <https://www.mindomo.com/es/mindmap/tecnicas-y-metodos-de-inteligencia-artificial-0ef62c58c84a4102b288373e9b912f0c>
7. Chich-Jen , S., Guang-Sheng , W., Wei, W., & Yuzhou, L. (2019). Evaluation Model for the Application of Artificial Intelligence Medical Assistant System to the Development of Medical Ecology in China. *Ekoloji*, 311-316. Obtenido de Ekoloji: <http://www.ekolojidergisi.com/article/evaluation-model-for-the-application-of-artificial-intelligence-medical-assistant-system-to-the-5656>

8. Cruz Ac, J. M., González Fajardo , J. A., & Zaragoza Grifé , J. N. (2013). *Un sistema de razonamiento basado en casos para apoyar la toma de decisiones en la industria de la construcción. Ingeniería*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46730913003>
9. Dias, R., & Torkamani, A. (2019). *Artificial intelligence in clinical and genomic diagnostics*. Obtenido de *gebimedicine*:  
<https://genomemedicine.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13073-019-0689-8?ref=https://githubhelp.com#additional-information>
10. Gutiérrez O., J. A., & Molina, B. (2016). Identificación de técnicas de minería de datos para apoyar la toma de decisiones en la solución de problemas empresariales. *Revista Ontare*, págs. 33-51.
11. *Inteligencia artificial en la medicina*. (s.f.). Obtenido de *Ibm*:  
<https://www.ibm.com/cl-es/watson-health/learn/artificial-intelligence-medicine>
12. Mehta, N., Pandit, A., & Sharvari, S. (2019). *Transforming healthcare with big data analytics and artificial intelligence: A systematic mapping study*. Obtenido de Science Direct :  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1532046419302308>
13. *Minsal*. (10 de Marzo de 2018). Obtenido de Programa de Salud del Presidente Sebastián Piñera 2018-2022: <https://www.minsal.cl/programa-de-salud-2018-2022/>
14. *Organizacion Mundial de la Salud*. (7 de Abril de 1948). Obtenido de Organizacion Mundial de la Salud:  
<https://www.who.int/es/about/governance/constitution#:~:text=La%20salud%20es%20un%20estado,o%20condici%C3%B3n%20econ%C3%B3mica%20o%20social>.
15. Redacciones APD. (07 de Enero de 2021). *Métodos y técnicas de inteligencia artificial: ¿cuáles son y para qué se usan?* Obtenido de <https://www.apd.es/tecnicas-de-la-inteligencia-artificial-cuales-son-y-para-que-se-utilizan/>

16. Santiesteban Rojas, J. C., Utria Pérez, D., & Hernández Reyes, C. E. (2012). *Definición de Redes Bayesianas y sus aplicaciones*. Obtenido de Revista Vinculando: <https://vinculando.org/articulos/redes-bayesianas.html>
17. Santos, P. (2 de Diciembre de 2021). *Tipos de aprendizaje en Machine Learning: supervisado y no supervisado*. Obtenido de <https://empresas.blogthinkbig.com/que-algoritmo-elegir-en-ml-aprendizaje/>
18. Satavisa, P. (3 de Agosto de 2021). *What makes artificial intelligence so different from machine learning?* Obtenido de <https://www.analyticsinsight.net/the-difference-between-artificial-intelligence-and-machine-learning/>
19. Tyskbo , D., Gama, F., Nygren, J., Barlow, J., Reed, J., & Svedberg, P. (19 de Julio de 2021). *Implementation Frameworks for Artificial Intelligence Translation Into Health Care Practice: Scoping Review*. Obtenido de <https://www.jmir.org/2022/1/e32215#ref1>
20. *UNIR REVISTA*. (29 de Marzo de 2022). Obtenido de UNIR REVISTA: [https://www.unir.net/ingenieria/revista/sistema-experto/#:~:text=Los%20sistemas%20expertos%20\(SE\)%20son,un%20profesional%20en%20la%20materia.](https://www.unir.net/ingenieria/revista/sistema-experto/#:~:text=Los%20sistemas%20expertos%20(SE)%20son,un%20profesional%20en%20la%20materia.)
21. Aerts, Ann, and Doreen Bogdan-Martin. 2021. “Leveraging Data and AI to Deliver on the Promise of Digital Health.” *International Journal of Medical Informatics* 150:104456. doi: 10.1016/J.IJMEDINF.2021.104456.
22. Alahmari, Nala, Sarah Alswedani, Ahmed Alzahrani, Iyad Katib, Aiiad Albeshri, Rashid Mehmood, and A. A. Sa. 2022. “Musawah: A Data-Driven AI Approach and Tool to Co-Create Healthcare Services with a Case Study on Cancer Disease in Saudi Arabia.” doi: 10.3390/su14063313.
23. Alam, Lamia, and Shane Mueller. 2021. “Examining the Effect of Explanation on Satisfaction and Trust in AI Diagnostic Systems.” *BMC Medical Informatics and Decision Making* 21(1):1–15. doi: 10.1186/s12911-021-01542-6.
24. Alhayani, Bilal, · Ameer, Sardar Kwekha-Rashid, · Hemant, B. Mahajan, Haci

- Ilhan, Nilesh Uke, · Ahmed Alkhayyat, · Husam, Jasim Mohammed, Hemant B. Mahajan, and Ahmed Alkhayyat. 2021. “5G Standards for the Industry 4.0 Enabled Communication Systems Using Artificial Intelligence: Perspective of Smart Healthcare System of Things · Industry 4.0 · Interference Management · Resource Optimization.” *Applied Nanoscience* 1:3. doi: 10.1007/s13204-021-02152-4.
25. Alian, Shadi, Vikram Pandey, and Juan Li. 2018. “A Personalized Recommendation System to Support Diabetes Self-Management for American Indians.” doi: 10.1109/ACCESS.2018.2882138.
26. Arenas-Cavalli, José Tomás, Ignacio Abarca, Maximiliano Rojas-Contreras, Fernando Bernuy, and Rodrigo Donoso. 2022. “Clinical Validation of an Artificial Intelligence-Based Diabetic Retinopathy Screening Tool for a National Health System.” *Eye* 36:78–85. doi: 10.1038/s41433-020-01366-0.
27. Attique Khan, Muhammad, Seifedine Kadry, Majed Alhaisoni, Yunyoung Nam, Yudong Zhang, Muhammad Shahzad Sarfraz, and Muhammad Attique Khan. 2020. “Computer-Aided Gastrointestinal Diseases Analysis From Wireless Capsule Endoscopy: A Framework of Best Features Selection.” doi: 10.1109/ACCESS.2020.3010448.
28. Aung, Yuri Y. M., David Cs Wong, and Daniel Sw Ting. 2021. “The Promise of Artificial Intelligence: A Review of the Opportunities and Challenges of Artificial Intelligence in Healthcare.” doi: 10.1093/bmb/ldab016.
29. Azaria, Asaph, Ariel Ekblaw, Thiago Vieira, and Andrew Lippman. 2020. “Blockchain Based Healthcare System with Artificial Intelligence.” *Proceedings - 2016 2nd International Conference on Open and Big Data, OBD 2016* 25–30. doi: 10.1109/OBD.2016.11.
30. Bayu, J. P., A. A. Aryanto, G. Suweken, Ahmed Haroun, Xianhao Le, Shan Gao, Bowei Dong, Tianyiyi He, Zixuan Zhang, Feng Wen, Siyu Xu, and Chengkuo Lee. 2021. “Progress in Micro/Nano Sensors and Nanoenergy for Future AIoT-Based Smart Home Applications.” *Nano Express TOPICAL REVIEW • OPEN ACCESS*. doi: 10.1088/2632-959X/abf3d4.
31. Bhattacharya, Sweta, Praveen Kumar Reddy Maddikunta, Quoc Viet Pham,

- Thippa Reddy Gadekallu, Siva Rama Krishnan S, Chiranji Lal Chowdhary, Mamoun Alazab, and Md Jalil Piran. 2021. “Deep Learning and Medical Image Processing for Coronavirus (COVID-19) Pandemic: A Survey.” *Sustainable Cities and Society* 65(November 2020):102589. doi: 10.1016/j.scs.2020.102589.
32. Brenas, Jon Haël, and Arash Shaban-Nejad. 2020. “Health Intervention Evaluation Using Semantic Explainability and Causal Reasoning.” doi: 10.1109/ACCESS.2020.2964802.
33. Camajori Tedeschini, Bernardo, Stefano Savazzi, Roman Stoklasa, Luca Barbieri, Monica Nicoli, and Luigi Serio. 2022. “Decentralized Federated Learning for Healthcare Networks: A Case Study on Tumor Segmentation.” doi: 10.1109/ACCESS.2022.3141913.
34. Carter, Stacy M., Wendy Rogers, Khin Than Win, Helen Frazer, Bernadette Richards, and Nehmat Houssami. 2020. “The Ethical, Legal and Social Implications of Using Artificial Intelligence Systems in Breast Cancer Care.” *Breast* 49:25–32. doi: 10.1016/j.breast.2019.10.001.
35. Castiglioni, Isabella, Leonardo Rundo, Marina Codari, Giovanni Di Leo, Christian Salvatore, Matteo Interlenghi, Francesca Gallivanone, Andrea Cozzi, Natascha Claudia D’Amico, and Francesco Sardanelli. 2021. “AI Applications to Medical Images: From Machine Learning to Deep Learning.” *Physica Medica* 83(November 2020):9–24. doi: 10.1016/j.ejmp.2021.02.006.
36. Chamola, Vinay, Adit Goyal, • Pranab Sharma, Vikas Hassija, • Huynh, Thi Thanh Binh, and Vikas Saxena. 2021. “Artificial Intelligence-Assisted Blockchain-Based Framework for Smart and Secure EMR Management.” *Neural Computing and Applications*. doi: 10.1007/s00521-022-07087-7.
37. Channa, Asma, Nirvana Popescu, Justyna Skibinska, Radim Burget, Ki H. Chon, and Paolo Visconti. 2020. “The Rise of Wearable Devices during the COVID-19 Pandemic: A Systematic Review †.” 222–28. doi: 10.3390/s21175787.
38. Davahli, Mohammad Reza, Waldemar Karwowski, Krzysztof Fiok, Thomas Wan, and Hamid R. Parsaei. 2021. “Controlling Safety of Artificial Intelligence-Based Systems in Healthcare.” doi: 10.3390/sym13010102.
39. Davidson, Lena, and Mary Regina Boland. 2020. “Enabling Pregnant Women

and Their Physicians to Make Informed Medication Decisions Using Artificial Intelligence.” doi: 10.1007/s10928-020-09685-1.

40. Evelyn J.S. Hovenga, Cherrie Lowe. 2020. *Measuring Capacity to Care Using Nursing Data*. edited by C. L. Evelyn J.S. Hovenga. 2020.
41. Fionda, Bruno, Luca Boldrini, Andrea D’Aviero, Valentina Lancellotta, Maria Antonietta Gambacorta, György Kovács, Stefano Patarnello, Vincenzo Valentini, and Luca Tagliaferri. 2020. “Artificial Intelligence (AI) and Interventional Radiotherapy (Brachytherapy): State of Art and Future Perspectives.” *Journal of Contemporary Brachytherapy* 12(5):497–500. doi: 10.5114/jcb.2020.100384.
42. Gianquintieri, Lorenzo, Maria Antonia Brovelli, Andrea Pagliosa, Gabriele Dassi, Piero Maria Brambilla, Rodolfo Bonora, Giuseppe Maria Sechi, and Enrico Gianluca Caiani. 2022. “Generating High-Granularity COVID-19 Territorial Early Alerts Using Emergency Medical Services and Machine Learning.” doi: 10.3390/ijerph19159012.
43. Gilbert, Stephen, Matthew Fenech, Martin Hirsch, Shubhanan Upadhyay, Andrea Biasiucci, and Johannes Starlinger. 2021. “Algorithm Change Protocols in the Regulation of Adaptive Machine Learning-Based Medical Devices.” *Journal of Medical Internet Research* 23(10):8. doi: 10.2196/30545.
44. Gite, Shilpa, Abhinav Mishra, and • Ketan Kotecha. 2021. “Enhanced Lung Image Segmentation Using Deep Learning.” *Neural Computing and Applications*. doi: 10.1007/s00521-021-06719-8.
45. Goic G., Alejandro. 2015. “The Chilean Health Care System: The Task Ahead.” *Revista Medica de Chile* 143(6):774–86. doi: 10.4067/S0034-98872015000600011.
46. Gómez V. Maricelly, Galeano H Catalina, Jaramillo M. Dumar Andrey. 2015. “Redalyc.EL ESTADO DEL ARTE: UNA METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.” 6:423–42.
47. Gui, Chloe, and Victoria Chan. 2017. “Machine Learning in Medicine.” 76–78.
48. Hill, Charles E., Luca Biasioli, Matthew D. Robson, Vicente Grau, and Michael Pavlides. 2021. “Emerging Artificial Intelligence Applications in Liver Magnetic Resonance Imaging.” *World J Gastroenterol* 27(40):6825–43. doi:

10.3748/wjg.v27.i40.6825.

49. Ibeneme, Sunny, Joseph Okeibunor, Derrick Muneene, Ishrat Husain, Pascoal Bento, Carol Gaju, Ba Housseynou, Moredreck Chibi, Humphrey Karamagi, and Lindiwe Makubalo. 2021. “From Data Revolution, Health Status Transformation and the Role of Artificial Intelligence for Health and Pandemic Prepared-Ness in the African Context Virtual.” *BMC Proceedings* 12. doi: 10.1186/s12919-021-00228-1.
50. Ilan, Yaron. 2021. “Improving Global Healthcare and Reducing Costs Using Second-Generation Artificial Intelligence-Based Digital Pills: A Market Disruptor.” *Public Health* 18:811. doi: 10.3390/ijerph18020811.
51. Ishii, Euma, Daniel K. Ebner, Satoshi Kimura, Louis Agha-Mir-Salim, Ryo Uchimido, and Leo A. Celi. 2020. “The Advent of Medical Artificial Intelligence: Lessons from the Japanese Approach.” *Journal of Intensive Care* 8(1):4–9. doi: 10.1186/s40560-020-00452-5.
52. Joerin, Angela, Michiel Rauws, Russell Fulmer, and Valerie Black. 2020. “Ethical Artificial Intelligence for Digital Health Organizations.” doi: 10.7759/cureus.7202.
53. Johri, Prashant, Vivek Sen Saxena, and Avneesh Kumar. 2021. “Rummage of Machine Learning Algorithms in Cancer Diagnosis.” *International Journal of E-Health and Medical Communications* 12(1):1–15. doi: 10.4018/IJEHMC.2021010101.
54. Kashyap, Sehj, Keith E. Morse, Birju Patel, and Nigam H. Shah. 2021. “A Survey of Extant Organizational and Computational Setups for Deploying Predictive Models in Health Systems.” doi: 10.1093/jamia/ocab154.
55. Kohn, Martin S., Umit Topaloglu, Eric S. Kirkendall, Ajay Dharod, Brian J. Wells, and Metin Gurcan. 2021. “Creating Learning Health Systems and the Emerging Role of Biomedical Informatics.” doi: 10.1002/lrh2.10259.
56. Kourou, Konstantina, Konstantinos P. Exarchos, Costas Papaloukas, Prodromos Sakaloglou, Themis Exarchos, and Dimitrios I. Fotiadis. 2021. “Applied Machine Learning in Cancer Research: A Systematic Review for Patient Diagnosis, Classification and Prognosis.” *Computational and Structural*

*Biotechnology Journal* 19:5546–55. doi: 10.1016/j.csbj.2021.10.006.

57. Kueper, Jacqueline K., Amanda Terry, Ravninder Bahniwal, Leslie Meredith, Ron Beleno, Judith Belle Brown, Janet Dang, Daniel Leger, Scott McKay, Andrew Pinto, Bridget L. Ryan, Merrick Zwarenstein, and Daniel J. Lizotte. 2022. “Connecting Artificial Intelligence and Primary Care Challenges: Findings from a Multi Stakeholder Collaborative Consultation.” *BMJ Health Care Inform* 29:100493. doi: 10.1136/bmjhci-2021-100493.
58. Kumar, Akshara, Shivaprasad Gadag, and Usha Yogendra Nayak. 2021. “The Beginning of a New Era: Artificial Intelligence in Healthcare.” *Adv Pharm Bull* 2021(3):414–25. doi: 10.34172/apb.2021.049.
59. Lai, Lucinda, Kelley A. Wittbold, Farah Z. Dadabhoy, Rintaro Sato, Adam B. Landman, Lee H. Schwamm, Shuhan He, Rajesh Patel, Nancy Wei, Gianna Zuccotti, Inga T. Lennes, Danika Medina, Thomas D. Sequist, Garrett Bomba, Yonatan G. Keschner, and Haipeng (Mark) Zhang. 2020. “Digital Triage: Novel Strategies for Population Health Management in Response to the COVID-19 Pandemic.” *Healthcare* 8(4):100493. doi: 10.1016/j.hjdsi.2020.100493.
60. Lakkamraju, Prasadraju, Madhubabu Anumukonda, and Roy Chowdhury. 2020. “Improvements in Accurate Detection of Cardiac Abnormalities and Prognostic Health Diagnosis Using Artificial Intelligence in Medical Systems.” doi: 10.1109/ACCESS.2020.2965396.
61. Lee, K., J. Lee, Hwang S., Y. Kim, Y. Lee, E. Urtnasan, S. .. Koh, and H. Youk. 2022. “Diffusion of a Lifelog-Based Digital Healthcare Platform for Future Precision Medicine: Data Provision and Verification Study.” doi: 10.3390/jpm12050803.
62. Liang, Likeng, Jifa Hu, · Gang Sun, Na Hong, Ge Wu, Yuejun He, Yong Li, Tianyong Hao, · Li Liu, and Mengchun Gong. 2022. “Artificial Intelligence-Based Pharmacovigilance in the Setting of Limited Resources.” 45:511–19. doi: 10.1007/s40264-022-01170-7.
63. Lin, Kai-Chih, and Rong-Jong Wai. 2021. “A Feasible Fall Evaluation System via Artificial Intelligence Gesture Detection of Gait and Balance for Sub-Healthy Community-Dwelling Older Adults in Taiwan.” doi:

10.1109/ACCESS.2021.3123297.

64. Long, Michael A., Paul B. Stretesky, Green Harms, Ragnhild Sollund, Palgrave Macmillan, and Book Chapter. 2020. "A DEEP LEARNING BASED WEARABLE HEALTHCARE IOT DEVICE FOR AI- ENABLED HEARING ASSISTANCE AUTOMATION." *2019 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* 51(September):1–51.
65. Lysaght, Tamra, Hannah Yeefen Lim, Vicki Xafis, &. Kee, and Yuan Ngiam. 2019. "AI-Assisted Decision-Making in Healthcare The Application of an Ethics Framework for Big Data in Health and Research." doi: 10.1007/s41649-019-00096-0.
66. Malik, Swati, Kamali Gupta, Deepali Gupta, Aman Singh, Muhammad Ibrahim, Arturo Ortega-Mansilla, Nitin Goyal, and Habib Hamam. 2022. "Intelligent Load-Balancing Framework for Fog-Enabled Communication in Healthcare." doi: 10.3390/electronics11040566.
67. Mcguirk, Connor J. C., Natalie Baddour, and Edward D. Lemaire. 2021. "Video-Based Deep Learning Approach for 3D Human Movement Analysis in Institutional Hallways: A Smart Hallway." doi: 10.3390/computation9120130.
68. Meacham, Sofia, Vaclav Pech, and Detlef Nauck. 2021. "AdaptiveSystems: An Integrated Framework for Adaptive Systems Design and Development Using MPS JetBrains Domain-Specific Modelling Environment." doi: 10.1109/ACCESS.2021.3111229.
69. Melander, David, Sudesh Sivasaru, Ibrahim Yekinni, Cheng Yunzhang, and Arthur Erdman. 2020. "Diagnostics as the Key to Advances in Global Health: Proposed Methods for Making Reliable Diagnostics Widely Available." *Journal of Medical Devices, Transactions of the ASME* 14(1). doi: 10.1115/1.4046046.
70. Mohan, H. M., S. Anitha, Rifai Chai, and Sai Ho Ling. 2021. "Edge Artificial Intelligence: Real-Time Noninvasive Technique for Vital Signs of Myocardial Infarction Recognition Using Jetson Nano." doi: 10.1155/2021/6483003.
71. Murphy, D. C., and D. B. Saleh. 2020. "Artificial Intelligence in Plastic Surgery: What Is It? Where Are We Now? What Is on the Horizon?" *Annals of the Royal College of Surgeons of England* 102(8):577–80. doi:

10.1308/RCSANN.2020.0158.

72. Nadeem, Muhammad Faisal, Nazish Matti, Shagufta Parveen, and Sehrish Rafiq. 2021. "Incessant Threat of COVID-19 Variants: Highlighting Need for a Mix of FDA-Approved Artificial Intelligence Tools and Community Pharmacy Services." *Research in Social and Administrative Pharmacy* 18(6):3076–78. doi: 10.1016/j.sapharm.2021.07.018.
73. Nagarajan, Nagasundaram, Edward K. Y. Yapp, Nguyen Quoc, Khanh Le, Balu Kamaraj, Abeer Mohammed Al-Subaie, and Hui-Yuan Yeh. 2019. "Application of Computational Biology and Artificial Intelligence Technologies in Cancer Precision Drug Discovery." doi: 10.1155/2019/8427042.
74. Paton, Chris, and Shinji Kobayashi. 2019. "An Open Science Approach to Artificial Intelligence in Healthcare A Contribution from the International Medical Informatics Association Open Source Working Group." doi: 10.1055/s-0039-1677898.
75. Perin, Andrea. 2019. "Standardization and Automation in Medicine: The Duty of Care of Health Professionals between Fair Reliance and Due Diligence." *Revista Chilena de Derecho y Tecnologia* 8(1):3–28. doi: 10.5354/0719-2584.2019.52560.
76. Pesce, Francesco, Federica Albanese, Davide Mallardi, Michele Rossini, Giuseppe Pasculli, Paola Suavo-Bulzis, · Antonio Granata, Antonio Brunetti, · Giacomo, Donato Cascarano, Vitoantonio Bevilacqua, · Loreto Gesualdo, and Aldo Moro. 2022. "Identification of Glomerulosclerosis Using IBM Watson and Shallow Neural Networks." 35:1235–42. doi: 10.1007/s40620-021-01200-0.
77. Pino V, Luis Eduardo, Andrés Eduardo Rico-carrillo, and Alejandro Hernández-arango. 2022. "DEL ÁBACO A LAS REDES NEURONALES O LA BREVE HISTORIA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN SALUD." (February).
78. Raman, Rajiv, Debarati Dasgupta, Kim Ramasamy, Ronnie George, Viswanathan Mohan, Daniel Ting, Bhagwan Mahavir, Vitreoretinal Services, and Sankara Nethralaya. 2021. "Using Artificial Intelligence for Diabetic Retinopathy Screening: Policy Implications PMID: \*\*\*\*\*." doi: 10.4103/ijo.IJO\_1420\_21.

79. Salehi, V., T. T. Tran, B. Veitch, and D. Smith. 2022. "A Reinforcement Learning Development of the FRAM for Functional Reward-Based Assessments of Complex Systems Performance." *International Journal of Industrial Ergonomics* 88:103271. doi: 10.1016/j.ergon.2022.103271.
80. Van Der Schaar, Mihaela, Ahmed M. Alaa, Andres Floto, Alexander Gimson, Stefan Scholtes, Angela Wood, Eoin Mckinney, Daniel Jarrett, Pietro Lio, and Ari Ercole. 2021. "How Artificial Intelligence and Machine Learning Can Help Healthcare Systems Respond to COVID-19." 110:1–14. doi: 10.1007/s10994-020-05928-x.
81. Scheetz, Jane, Dilara Koca, Myra Mcguinness, Edith Holloway, Zachary Tan, Zhuoting Zhu, Rod O'day, Sukhpal Sandhu, Richard J. Macisaac, Chris Gilfillan, Angus Turner, Stuart Keel, and Mingguang He. 2021. "Real-World Artificial Intelligence-Based Opportunistic Screening for Diabetic Retinopathy in Endocrinology and Indigenous Healthcare Settings in Australia." *Scientific Reports* | 11:15808. doi: 10.1038/s41598-021-94178-5.
82. Sedova, Aleksandra, Dorottya Hajdu, Felix Datlinger, Irene Steiner, Martina Neschi, Julia Aschauer, Bianca S. Gerendas, Ursula Schmidt-Erfurth, and Andreas Pollreisz. 2022. "Comparison of Early Diabetic Retinopathy Staging in Asymptomatic Patients between Autonomous AI-Based Screening and Human-Graded Ultra-Widefield Colour Fundus Images." doi: 10.1038/s41433-021-01912-4.
83. Sivan, R., and Z. A. Zukarnain. 2021. "Security and Privacy in Cloud-Based E-Health System." 14. doi: 10.3390/sym13050742.
84. Sobecki, Andrzej, Julian Szymański, David Gil, and Higinio Mora. 2020. "SPECIAL SECTION ON DEEP LEARNING ALGORITHMS FOR INTERNET OF MEDICAL THINGS Framework for Integration Decentralized and Untrusted Multi-Vendor IoMT Environments." doi: 10.1109/ACCESS.2020.3000636.
85. Srinivasu, Parvathaneni Naga, N. Sandhya, Rutvij H. Jhaveri, and Roshani Raut. 2022. "From Blackbox to Explainable AI in Healthcare: Existing Tools and Case Studies." doi: 10.1155/2022/8167821.

86. Štufi, Martin, Boris Bači' Bači'c, and Leonid Stoimenov. 2020. "Big Data Analytics and Processing Platform in Czech Republic Healthcare." doi: 10.3390/app10051705.
87. Sullivan, Mark O., Sergi Gomez, Alison O. Shea, Edu Salgado, Kevin Huilca, Sean Mathieson, Geraldine Boylan, Emanuel Popovici, and Andriy Temko. 2018. "Neonatal EEG Interpretation and Decision Support Framework for Mobile Platforms." 17–20.
88. Tagliaferri, Scott D., Maia Angelova, Xiaohui Zhao, Patrick J. Owen, Clint T. Miller, Tim Wilkin, and Daniel L. Belavy. 2020. "Artificial Intelligence to Improve Back Pain Outcomes and Lessons Learnt from Clinical Classification Approaches: Three Systematic Reviews." doi: 10.1038/s41746-020-0303-x.
89. Taniguchi, Yoshio, Yukino Ikegami, · Hiroshi Fujikawa, Yogesh Pathare, Andrea Kutics, · Banzi Massimo, Marco Anisetti, Ernesto Damiani, Yoshitaka Sakurai, and Setsuo Tsuruta. 2022. "Counseling (Ro)Bot as a Use Case for 5G/6G." doi: 10.1007/s40747-022-00664-2.
90. Trujillo, Sylvia, Saifur Rahman Sabuj, Richard Bartels, Jeroen Dudink, Saskia Haitjema, Daniel Oberski, and Annemarie Van. 2022. "A Perspective on a Quality Management System for AI/ML-Based Clinical Decision Support in Hospital Care." *Front. Digit. Health* 4:942588. doi: 10.3389/fdgh.2022.942588.
91. Ullah, Farhan, Jihoon Moon, · Hamad Naeem, and · Sohail Jabbar. 2022. "Explainable Artificial Intelligence Approach in Combating Real-Time Surveillance of COVID19 Pandemic from CT Scan and X-Ray Images Using Ensemble Model." *The Journal of Supercomputing*. doi: 10.1007/s11227-022-04631-z.
92. Vaccari, Ivan, Vanessa Orani, Alessia Paglialonga, Enrico Cambiaso, and Maurizio Mongelli. 2021. "A Generative Adversarial Network (GAN) Technique for Internet of Medical Things Data." doi: 10.3390/s21113726.
93. Vikhrov, Igor, Zokhid Abdurakhimov, and Sherzod Ashirbaev. 2021. "The Use of Big Data in Healthcare: Lessons for Developing Countries From Uzbekistan." *Health Problems of Civilization* 15(2):142–51. doi: 10.5114/hpc.2021.106173.
94. Wang, Ting-Wei, Jhen-Yang Syu, Hsiao-Wei Chu, Yen-Ling Sung, Lin Chou,

- Endian Escott, Olivia Escott, Ting-Tse Lin, and Shien-Fong Lin. 2022. “Intelligent Bio-Impedance System for Personalized Continuous Blood Pressure Measurement.” doi: 10.3390/bios12030150.
95. Wen, Andrew, Sunyang Fu, Sungrim Moon, Mohamed El Wazir, Andrew Rosenbaum, Vinod C. Kaggal, Sijia Liu, Sunghwan Sohn, Hongfang Liu, and Jungwei Fan. 2019. “PERSPECTIVE Desiderata for Delivering NLP to Accelerate Healthcare AI Advancement and a Mayo Clinic NLP-as-a-Service Implementation.” doi: 10.1038/s41746-019-0208-8.
96. Yang, Yuchao, Hongwei Ren, Chenghao Li, Chenchen Ding, and Hao Yu. n.d. *An Edge-Device Based Fast Fall Detection Using Spatio-Temporal Optical Flow Model.*
97. Yang, Zhou, Christina Silcox, Mark Sendak, Sherri Rose, David Rehkopf, Robert Phillips, Lars Peterson, Miguel Marino, John Maier, Steven Lin, Winston Liaw, Ioannis A. Kakadiaris, John Heintzman, Isabella Chu, and Andrew Bazemore. 2022. “Advancing Primary Care with Artificial Intelligence and Machine Learning.” *Healthcare* 10(1):100594. doi: 10.1016/j.hjdsi.2021.100594.
98. Yu, Heng, and Zhiqing Zhou. 2021. “Optimization of IoT-Based Artificial Intelligence Assisted Telemedicine Health Analysis System.” *IEEE Access* 9:85034–48. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3088262.
99. Yuan, Kuo Ching, Lung Wen Tsai, Ko Han Lee, Yi Wei Cheng, Shou Chieh Hsu, Yu Sheng Lo, and Ray Jade Chen. 2020. “The Development an Artificial Intelligence Algorithm for Early Sepsis Diagnosis in the Intensive Care Unit.” *International Journal of Medical Informatics* 141(May):104176. doi: 10.1016/j.ijmedinf.2020.104176.