

**Informe técnico resultado de investigación: “Optimización del Diagnóstico Médico: Un Análisis Bibliométrico de la Precisión de Técnicas de IA en la Detección Temprana de Enfermedades”**

Elaborado por:

Renaldo Luis Cueto Ojeda

Universidad Ean

Especialización en Gerencia de Procesos de Calidad e Innovación

Seminario de Investigación de Pregrado

Bogotá

23/10/2023

## Ficha de Viabilidad del Proyecto de Investigación

### Información General

<b>Información del estudiante 1</b>	Nombre: Renaldo Luis Cueto Ojeda
	Correo institucional: Rcuetoojeda23109@universidadean.com
	Programa al que pertenece: Especialización en Gerencia de procesos de calidad e innovación
<b>Campo de investigación:</b>	Ciencia, tecnología e innovación
<b>Grupo de investigación:</b>	GIS Grupo de Investigación en Salud
<b>Línea de investigación:</b>	Gestión en Salud y Salud Colectiva.
<b>Título tentativo del proyecto:</b>	“Optimización del Diagnóstico Médico: Un Análisis Bibliométrico de la Precisión de Técnicas de IA en la Detección Temprana de Enfermedades”

## Contenido

Resumen.....	4
Planteamiento del Problema .....	5
Antecedentes del Problema .....	5
Descripción del Problema.....	6
Pregunta de investigación.....	7
Objetivos .....	8
Conveniencia de la Investigación.....	9
Justificación .....	9
Marco Teórico .....	11
Metodología .....	16
<i>Enfoque, alcance y diseño de la investigación.....</i>	16
<i>Definición de Variables .....</i>	17
<i>Muestra.....</i>	19
<i>Técnicas y estrategia de búsqueda.....</i>	19
Análisis de resultados .....	21
Conclusiones .....	29
Agradecimientos.....	30
Referencias.....	31

## Resumen

El uso de la inteligencia artificial (IA) en todos los campos se encuentra en un constante crecimiento, y el área de la salud no es la excepción, con nuevas empresas de salud digital introduciendo tecnologías y servicios digitales que mejoran la eficiencia del diagnóstico y reducen costos y tiempo en este importante campo. No obstante, para aprovechar plenamente el potencial de la IA en la atención médica, es esencial una integración exitosa de esta herramienta. El objetivo de esta investigación se centró en identificar el impacto que ha tenido el uso de técnicas de IA con el fin de mejorar la precisión en el diagnóstico temprano de enfermedades. Para esto se realizó un análisis bibliométrico basado en la base de datos Scopus y herramientas de Bibliometrix en Rstudio, para obtener una visión actualizada del panorama de la IA en el diagnóstico clínico de enfermedades.

Esta investigación contribuye al avance teórico y metodológico en el campo de la IA aplicada a la salud, con el potencial de mejorar la precisión en el diagnóstico temprano de enfermedades y, beneficiar a la sociedad en general, así como a quienes estén interesados en profundizar en el tema con el fin de optimizar sus puntos de investigación desde lo académico y lo profesional.

Del análisis realizado se concluyó que en relación a las enfermedades de Interés se identificaron cinco enfermedades de interés principales para la investigación en el diagnóstico temprano con IA que incluyen Alzheimer, Cáncer, COVID, Enfermedades Neurodegenerativas y Enfermedades Oftalmológicas, siendo este el top 5 respectivamente, y los métodos de IA más citados para el diagnóstico temprano de enfermedades son Deep Learning (Aprendizaje Profundo), Machine Learning (Aprendizaje Automático), Redes Neuronales Convolucionales, Support Vector Machine (Máquina de Vectores de Soporte) y Diagnóstico Asistido por Computadora.

Adicionalmente la colaboración internacional en la investigación es evidente, con China liderando la producción científica en este campo. Los países más activos en colaboraciones de investigación incluyen China, Estados Unidos, India, Italia y Alemania.

En resumen, los resultados indican que la IA está desempeñando un papel cada vez más importante en el diagnóstico de enfermedades, La colaboración global y la inversión en investigación respaldan este crecimiento, y la tecnología de IA sigue evolucionando para mejorar la atención médica y el diagnóstico temprano de enfermedades.

## **Planteamiento del Problema**

### **Antecedentes del Problema**

Los avances tecnológicos han tenido un impacto significativo en la salud humana, no solo en los diferentes tratamientos que se han desarrollado sino en la base del éxito de estos que es un buen diagnóstico. En los últimos años estos avances han aumentado de una manera exponencial y en el ámbito de la medicina ha experimentado una transformación importante y fundamental gracias a la adopción de tecnologías emergentes.

Estas innovaciones están siendo aplicadas en diversas áreas de tratamientos y diagnósticos médicos, lo que ha llevado a la simplificación de procesos médicos complejos y a una mayor eficiencia en el diagnóstico clínico (Kumar et al., 2022). En particular, se ha destacado la capacidad de estas tecnologías para identificar enfermedades en etapas tempranas, lo que a su vez mejora las posibilidades de éxito en los tratamientos (Lugo-Reyes et al., 2014).

La inteligencia artificial (IA) ha emergido como un pilar fundamental en esta transformación, especialmente en el campo del diagnóstico médico, donde ha demostrado ser un apoyo invaluable para los profesionales de la salud en la emisión de diagnósticos precisos (Estrada Patiño et al., 2017). Esta colaboración entre la medicina y la IA se logra a través de diversas técnicas avanzadas como los árboles de decisión, agentes inteligentes, máquinas de soporte vectorial, minería de datos y redes neuronales (Estrada Patiño et al., 2017). Un ejemplo concreto es el uso de redes neuronales como clasificadores, que aprovechan historiales clínicos representativos para construir modelos neuronales capaces de clasificar nuevos casos con precisión (Estrada Patiño et al., 2017).

Por lo anterior, y teniendo en cuenta las múltiples técnicas de diagnóstico basadas en IA, es clave que se puedan comparar y evaluar dichas técnicas, lo que podrá orientar a tomar decisiones informadas sobre cómo incorporar estas tecnologías en la práctica médica y cómo aprovechar al máximo sus beneficios mientras se abordan los posibles desafíos que se puedan presentar, tales como precisión, fiabilidad, eficiencia, personalización de tratamientos, validación científica, optimización de recursos y por ultimo pero no menos importante la transparencia y ética en el uso de esta tecnología.

## **Descripción del Problema**

A pesar de los múltiples avances y beneficios mencionados anteriormente, es importante tener en cuenta que el mundo se enfrenta a retos que limitan la adopción o inclusión completa de estas tecnologías en entornos médicos y de investigación clínica.

Entre las problemáticas actuales se encuentran la falta de precisión en el diagnóstico temprano, la sobrecarga laboral de los profesionales de la salud y la limitación de recursos técnicos (Bernaldo & Raymundo, 2020; Ghaffar Nia et al., 2023).

En este contexto, emerge la propuesta de implementar la tecnología basada en inteligencia artificial (IA) como una posible solución para enfrentar estos desafíos (Bernaldo & Raymundo, 2020). En la actualidad los métodos de diagnóstico equipados con capacidades avanzadas de IA, podrían actuar como aliados fundamentales en el proceso de diagnóstico

médico. Su capacidad para analizar rápidamente datos clínicos y de imágenes podría agilizar la evaluación inicial, brindando resultados precisos que respalden las decisiones de los profesionales de la salud (Bernaldo & Raymundo, 2020; Ghaffar Nia et al., 2023).

El objetivo central de esta investigación es evaluar la precisión en el diagnóstico temprano de enfermedades mediante la aplicación de técnicas de inteligencia artificial a datos clínicos e imágenes. Para lograrlo, se empleará una metodología cualitativa que permita identificar las mejoras potenciales que la implementación de tecnologías emergentes basadas en IA podría aportar al campo de la salud y la investigación clínica. Esto se logra a través de diversas técnicas de inteligencia artificial como lo son los árboles de decisión, agentes inteligentes, máquinas de soporte vectorial, minería de datos o redes neuronales (Estrada Patiño et al., 2017).

En adición, se explorará la literatura existente y los diferentes planteamientos que los autores nos brindan a partir de sus hallazgos con el fin de entender estas técnicas de IA pueden fortalecer la toma de decisiones médicas y por ende pueden mejorar la calidad de la atención al paciente y garantizar bienestar.

### **Pregunta de investigación**

¿Qué tanto se puede mejorar la precisión en el diagnóstico temprano de enfermedades mediante la aplicación de técnicas de inteligencia artificial a datos clínicos e imágenes?

## Objetivos

### Objetivo general.

Evaluar la precisión en el diagnóstico temprano de enfermedades mediante la aplicación de técnicas de inteligencia artificial a datos clínicos e imágenes.

### Objetivos específicos.

- Identificar, a través de una revisión exhaustiva de la literatura científica, sistemas de inteligencia artificial utilizados en el análisis de datos clínicos y de imágenes, definiendo de **enfermedades de Interés**, basado en la selección de artículos relevantes e identificando posibles brechas en la investigación actual y destaca las **tendencias emergentes**.
- Comparar diferentes **métodos de inteligencia artificial y modelos de aprendizaje profundo**, para determinar cuáles son los más citados para el diagnóstico temprano de enfermedades
- Evaluar, mediante un análisis bibliométrico el impacto de la implementación exitosa de técnicas de inteligencia artificial en el diagnóstico temprano de enfermedades a través recopilación de datos relevantes
- Utilizar análisis de coautoría y coocurrencia a través de un análisis bibliométrico para determinar los países más activos en colaboraciones de investigación en el campo de la inteligencia artificial y la salud.

## **Conveniencia de la Investigación**

Esta investigación se orienta y encaja directamente con el programa de especialización en Gerencia de Procesos de Calidad e Innovación de la Universidad EAN, contribuyendo al impulso a la Innovación, pues fomenta la colaboración entre diferentes instituciones y compañías dedicadas a la investigación clínica y prestadores de servicios, lo que puede estimular la creación de soluciones más avanzadas y precisas.

De la misma manera contribuye a una evaluación detallada que permite la reducción de errores mejorando la seguridad de los pacientes todo esto acompañado por la optimización de la eficiencia en el proceso de diagnóstico, personalización de tratamientos basado en la validación científica, la identificación de Limitaciones y Desafíos, la orientación en la Implementación y desde una perspectiva teórica, el proyecto contribuirá a la literatura sobre la aplicación de IA en el diagnóstico médico y su implicación en la mejora de los procesos de calidad en la atención médica.

## **Justificación**

Partiendo de los lineamientos establecidos por la Universidad EAN y la conveniencia de la investigación que se plantea, esta se enmarca en el campo de investigación de Ciencia, Tecnología e Innovación, específicamente en la línea de investigación de Gestión en Salud y Salud Colectiva, ubicándola en el Grupo de Investigación en Salud (GIS) de la Universidad. La elección de este campo y línea de investigación se sustenta en el momento actual que se vive en el mundo con la importancia de la aplicación de la inteligencia artificial (IA) en los diferentes campos de investigación y para este caso en el ámbito de la salud y la necesidad de abordar los desafíos que esta tecnología plantea (Thomasian et al., 2021).

Para comenzar, la conveniencia de llevar a cabo esta investigación se fundamenta en la demanda actual de soluciones efectivas para mejorar la precisión en el diagnóstico temprano de enfermedades, esto si se tiene en cuenta que los avances tecnológicos en el campo de la salud son el pilar de poderle ofrecer a los pacientes una mejor calidad de vida. A medida que la IA continúa avanzando, se presenta como una herramienta prometedora que puede contribuir significativamente a este objetivo. Por lo tanto, es pertinente investigar cómo estas técnicas de IA pueden aplicarse de manera efectiva en el contexto clínico (Murphy et al., 2021).

Desde la perspectiva de relevancia social, la salud es un tema de clave y de mucha importancia en la sociedad, de hecho, para muchos es el más importante, por lo mismo contar con un buen sistema de diagnóstico temprano de enfermedades no solo puede mejorar la calidad de vida sino salvarlas, adicionalmente también puede reducir costos significativos en el sistema de salud al prevenir complicaciones graves impactando de manera directa tanto los recursos públicos como privados. En un mundo donde los recursos de atención médica son limitados, la mejora de la precisión en el diagnóstico mediante técnicas de IA puede beneficiar a individuos y comunidades enteras (Thomasian et al., 2021).

Si se logra evaluar y validar la eficacia de las técnicas de IA en el diagnóstico temprano de enfermedades, se podrían implementar soluciones prácticas en entornos clínicos reales. Esto podría llevar a una atención médica más precisa y personalizada, así como a la optimización de recursos y tiempos en la toma de decisiones médicas (Caruccio et al., 2021). Lo que tendría implicaciones prácticas significativas, así como desde el punto de vista del valor teórico, esta investigación contribuirá al avance del conocimiento en el campo de la IA aplicada a la salud donde una revisión de la literatura existente permitirá consolidar teorías y modelos relacionados con la aplicación de la IA en el diagnóstico temprano de enfermedades. Además, proporcionará una visión actualizada de las tendencias y desafíos en este campo en constante evolución (Kumar et al., 2021).

En resumen, esta investigación encuentra su justificación en la conveniencia de abordar un tema relevante y actual, con importantes implicaciones prácticas y sociales. Contribuirá al avance teórico y metodológico en el campo de la IA aplicada a la salud, con el potencial de

mejorar la precisión en el diagnóstico temprano de enfermedades y, beneficiar a la sociedad en general, así como a quienes estén interesados en profundizar en el tema con el fin de optimizar sus puntos de investigación desde lo académico y lo profesional.

Finalmente, la utilidad metodológica de esta investigación radica en la posibilidad de desarrollar enfoques y protocolos específicos para la evaluación de técnicas de IA en el ámbito clínico. Estos métodos podrían servir como referencia para futuras investigaciones y proyectos relacionados con la aplicación de IA en la salud (Minssen et al., 2021).

## **Marco Teórico**

El diagnóstico temprano de enfermedades juega un papel crítico en la atención médica y puede marcar la diferencia en la optimización de los tratamientos posibles que puedan recibir los pacientes. La aplicación de técnicas de inteligencia artificial (IA) a datos clínicos e imágenes médicas ha revolucionado la capacidad de los profesionales de la salud para identificar y tratar enfermedades en sus etapas iniciales, adicional en el punto más importante de las fases clínicas y preclínicas de las enfermedades que es la prevención, la medicina y las ciencias de la salud históricamente se han enfocado en que sus avances puedan determinar una prevención correcta y oportuna lo que va a reducir muchos riesgos para los pacientes, siendo el uso de la IA una herramienta de soporte estratégica.

Este marco teórico tiene como objetivo construir una base sólida para abordar la pregunta de investigación: "¿Qué tanto se puede mejorar la precisión en el diagnóstico temprano de enfermedades mediante la aplicación de técnicas de inteligencia artificial a datos clínicos e imágenes?" Una base teórica robusta permite explorar teorías, modelos y marcos conceptuales relacionados con la IA en la medicina, respaldados por un conjunto de referencias clave, y para construir esta base es vital contar con diferentes puntos de vista, en diferentes áreas y regiones del mundo especialmente de Europa, Asia y por supuesto Estados Unidos, sin dejar de lado que

países latinoamericanos como México y africanos como Sudáfrica han volcado recursos en avanzar en sus investigaciones relacionadas al uso de la IA en este ámbito científico.

Con respecto a los Avances en Inteligencia Artificial en la Medicina, la IA ha experimentado avances significativos en el campo de la medicina. Thomasian et al. (2021) destacan cómo la IA contribuye a avanzar en la equidad en salud, proporcionando diagnósticos precisos y oportunidades de atención médica más justas. La IA permite una toma de decisiones basada en datos que puede reducir los errores humanos y mejorar la precisión en el diagnóstico temprano de enfermedades (Thomasian et al., 2021). La Aplicación de Deep Learning en el Análisis de Imágenes Médicas es un subcampo de la IA que ha demostrado ser especialmente efectivo en el análisis de imágenes médicas.

Suganyadevi et al. (2021) realizan una revisión exhaustiva sobre el DL en el análisis de imágenes médicas, destacando su capacidad para identificar patologías en radiografías y escaneos. El Deep Learning es esencial para mejorar la precisión en el diagnóstico temprano de enfermedades basado en imágenes médicas. Sin embargo, hay que tener en cuenta un punto que en este momento fundamenta el uso de este tipo de tecnología y es la Ética en la Aplicación de Inteligencia Artificial en la Medicina. La ética juega un papel fundamental en la aplicación de IA en la atención médica. Murphy et al. (2021) revisan la literatura ética relacionada con la IA en la salud, enfocándose en la toma de decisiones éticas y equitativas. La IA debe utilizarse de manera transparente y justa para garantizar que la mejora en la precisión del diagnóstico beneficie a todos los pacientes, sin sesgos injustos, lo que debe estar regulado en cada uno de los países pues la regulación de la Inteligencia Artificial. Minssen et al. (2020) analizan las respuestas regulatorias a la IA en la atención médica. Los marcos legales y políticas de regulación deben adaptarse para abordar los desafíos éticos y prácticos que surgen con la implementación de la IA en la atención médica.

Durante el desarrollo de esta investigación y para responder a los objetivos específicos que se presentan se hace una evaluación de las diferentes técnicas disponibles, por lo que es clave hacer una revisión de la literatura por ejemplo Ghaffar Nia et al. (2023) en sus estudios se centran en la evaluación de técnicas de IA en el diagnóstico de enfermedades. Destacan cómo la IA ofrece resultados precisos en la detección de diversas patologías, lo que puede mejorar la precisión en el diagnóstico temprano. Técnicas como Support Vector Machine (SVM) y Convolutional Neural Network (CNN) se utilizan ampliamente para el análisis y diagnóstico de enfermedades.

La utilidad de la IA en la práctica clínica se explora en el artículo de Liu et al. (2023). Los autores investigan el papel de la IA, como ChatGPT, en la toma de decisiones clínicas. Estos sistemas pueden proporcionar diagnósticos inteligentes y mejorar la precisión en el diagnóstico temprano de enfermedades, lo que será el hilo conductor de esta investigación.

El uso de la IA en la evaluación de enfermedades tiene un gran potencial, como se evidencia en la revisión realizada por Bélisle-Pipon et al. (2021). Los autores destacan cómo la IA puede ser un actor clave en la evaluación de tecnologías de salud y cómo esta tecnología continuará evolucionando en el futuro. Por lo anterior en esta investigación se abordan consideraciones no solo éticas como se manifiesta sino también legales y sociales.

Cartolovni et al. (2022) exploran consideraciones legales y sociales en herramientas de apoyo a decisiones médicas basadas en IA. Enfocándose como estas herramientas deben garantizar la privacidad y equidad en el diagnóstico, tema que puede ser completamente distinto según la regulación local de cada país, pero que se debe entender con algunos requerimientos mínimos que permitan un standard internacional.

Otro de los temas que construyen esta investigación es entender de donde puede provenir la información, la fusión de información de múltiples fuentes es esencial para la salud inteligente con IA Tao & Velásquez (2022). Esta técnica permite la combinación de datos clínicos y de

imágenes para un diagnóstico más completo y preciso. La IA desempeña un papel central en esta integración de información, teniendo en cuenta esto una de esas fuentes proviene de las organizaciones de salud pública, Fisher y Rosella (2022) revisan las prioridades para el uso exitoso de la IA por parte de organizaciones de salud pública, destacan cómo la IA puede mejorar la precisión en la detección y seguimiento de enfermedades a nivel poblacional, contribuyendo así a la salud pública, para esto Estrada Patiño et al. (2017) proponen un enfoque de aprendizaje híbrido evolutivo para la clasificación de casos médicos. Esta técnica combina algoritmos de IA para mejorar la precisión en el diagnóstico, especialmente en el análisis de datos clínicos e imágenes, todo esto basado en la aplicación responsable de la IA en la Atención Médica

Obasa y Palk (2023) abordan la aplicación responsable de la IA en la atención médica. Destacan la importancia de un enfoque ético y transparente en el desarrollo y uso de sistemas de IA y Murphy et al. (2021) sobre ética en la IA para la salud ofrece una revisión exhaustiva de la literatura ética en este campo. Los autores destacan la necesidad de abordar todo desde un punto de vista ético.

Teniendo en cuenta que el diagnóstico médico debe ser resultado de la evaluación por parte de un médico o profesional de la salud de la sintomatología, la evidencia clínica (soportada en exámenes, imágenes, resultados) y observación del caso, en base a su conocimiento y experiencia; sin embargo, existen factores que pueden dificultar la realización de un diagnóstico de manera correcta. Por lo anterior, los diagnósticos médicos no siempre resultan sencillos debido a la complejidad en la detección de los síntomas. Uno de los motivos que fundamentan esta investigación es que un diagnóstico equivocado podría llevar al paciente a complicaciones muy graves y a la elección errónea de su plan de tratamiento. (Estrada Patiño et al., 2017).

La inteligencia artificial ha ayudado con anterioridad al área encargada de la salud a realizar diagnósticos para varias enfermedades. Las redes neuronales en particular han tenido

diversas aplicaciones en el área de diagnóstico médico como auxiliares en el diagnóstico (Pérez Romero et al., 2023).

Pese a los esfuerzos previos, se requieren métodos computacionales con mayor precisión para realizar diagnóstico de enfermedades. En este trabajo se presentan los resultados del desarrollo de una red neuronal híbrida evolutiva entrenada con conjuntos de datos médicos y se compara su desempeño con respecto a otras técnicas neuro evolutivas (Estrada Patiño et al., 2017).

Uno de los métodos mayormente estudiados y con resultados más precisos es la Minería de datos como fuente de información para las herramientas de IA, la minería de datos es un proceso de descubrimiento del conocimiento mediante técnicas que analizan información en grandes volúmenes o volúmenes relevantes. El objetivo de la minería de datos es el descubrimiento de patrones, relaciones y tendencias de información, que en el caso del diagnóstico médico resultan difíciles de detectar fácilmente en humanos, o bien es imposible de realizar sin herramientas computacionales debido al gran volumen de información que se requiere manejar para lograr dichos objetivos. Afortunadamente, tales objetivos se pueden lograr mediante un proceso de extracción de conocimientos comúnmente conocido como KDD (Knowledge Discovery Data) (Estrada Patiño et al., 2017).

Entre las técnicas de extracción de la información más relevantes se encuentran el algoritmo KNN, perceptrón, redes neuronales multicapa, clasificadores bayesianos y árboles de decisión (Nitiéma, P. 2023)

Las redes neuronales son una herramienta de clasificación y predicción basadas en el comportamiento del cerebro humano. Una de sus principales características es la simplicidad de su estructura, debido a que están compuestas por dos elementos básicos. El primer elemento son las neuronas, las cuales son unidades simples de procesamiento que están limitadas a hacer cálculos matemáticos relativamente sencillos. El segundo elemento son las conexiones de las

neuronas, esto es la forma en la que ellas se comunican y es lo que hace que esta estructura simple sea muy poderosa. Las redes neuronales pueden definirse como un conjunto de nodos interconectados que transforman valores de entrada en uno o varios valores de salida deseados (Estrada Patiño et al., 2017).

La evolución en redes neuronales evolutivas puede dividirse en 3 bloques significativos. La evolución de los pesos y umbrales de la red, la evolución de la topología de la red, y la evolución de las reglas de aprendizaje (Estrada Patiño et al., 2017).

Finalmente, la aplicación de técnicas de inteligencia artificial a datos clínicos e imágenes médicas ofrece un gran escenario para mejorar la precisión en el diagnóstico temprano de enfermedades, definir tratamientos y prevenir las mismas. Los avances en IA, el aprendizaje profundo, la ética, la regulación y la fusión de datos son fundamentales para lograr este objetivo.

## **Metodología**

### **Primer nivel**

#### ***Enfoque, alcance y diseño de la investigación***

Para dar continuidad con la investigación, se realizó un estudio bibliométrico este considera una investigación cuantitativa de tipo no experimental. La metodología bibliométrica implica el uso de datos cuantitativos y estadísticas para analizar la producción científica, evaluar la cantidad y calidad de las publicaciones, identificar patrones y tendencias, y medir la influencia de autores, revistas o instituciones en un campo de investigación específico, lo que da respuesta a los objetivos planteados en esta investigación.

En un estudio bibliométrico, los investigadores recopilan datos bibliográficos, como el número de artículos publicados en un período determinado, las citas que reciben estos artículos,

la distribución de las publicaciones en diferentes revistas y la colaboración entre autores e instituciones. Luego, utilizaron técnicas cuantitativas para analizar estos datos y obtener conclusiones. (Guo, Y et al., 2020).

El análisis bibliométrico que se presenta se ajusta a las características de una investigación descriptiva, pues este se enfoca en la descripción y cuantificación de la producción científica como se menciona anteriormente y no se tiene la intención de establecer relaciones de causa o manipular variables, sino es proporcionar una imagen clara y precisa de la literatura científica al día de hoy relacionada con el uso de la inteligencia artificial en el diagnóstico clínico.

### ***Definición de Variables***

Un paso fundamental para desarrollar este análisis Bibliométrico (Este se realizó a través del uso de Rstudio utilizando la librería de Bibiometrix y bibliometrixData) es poder definir las variables que van a permitir realizar una medición correcta de los datos que aportarán y darán sentido a la investigación con el fin de garantizar la calidad y la validez de esta. Según el análisis realizado basado en el marco teórico presentado y la lectura de diferentes fuentes las variables a trabajadas en esta investigación fueron:

**Número de Publicaciones** (Definición Conceptual): La cantidad total de publicaciones científicas relacionadas con un tema o campo de estudio específico.

Definición Operacional: Utilizar Bibliometrix para extraer el número total de publicaciones en la base de datos de Scopus que cumplen con los criterios de búsqueda.

**Frecuencia de Citación** (Definición Conceptual): La cantidad de veces que se ha citado cada publicación en la literatura científica.

Definición Operacional: Usar Bibliometrix para obtener datos sobre la cantidad de citas recibidas por cada publicación en la base de datos de Scopus.

**Autoría** (Definición Conceptual): La identificación de los autores de las publicaciones y su contribución a los trabajos.

**Definición Operacional:** Bibliometrix permite identificar los autores de las publicaciones y analizar su contribución a través de medidas como la autoría única, la autoría múltiple, etc.

**Top journals** (Definición Conceptual): Las revistas en las que se publican los trabajos, artículos, papers, etc. Para identificar su relevancia a nivel mundial y enfoque en la investigación.

**Definición Operacional:** Utilizar Bibliometrix para identificar las revistas donde se publican y analizar patrones de publicación.

**Palabras Clave y tendencias** (Definición Conceptual): Las palabras clave utilizadas en las publicaciones para describir el contenido, con el fin de identificar las tendencias de los temas en las publicaciones.

**Definición Operacional:** Utilizar Bibliometrix para extraer y analizar las palabras clave más frecuentes en las publicaciones.

**Redes de Colaboración** (Definición Conceptual): Las conexiones entre autores, instituciones o países que colaboran en la investigación relacionada al tema.

**Definición Operacional:** Bibliometrix ayuda a crear y visualizar redes de colaboración basadas en los datos de coautoría y afiliación.

**Tasa de Crecimiento de las Publicaciones** (Definición Conceptual): La tasa de crecimiento de las publicaciones mide cómo ha evolucionado el número de publicaciones a lo largo del tiempo en un campo o tema específico de investigación.

**Definición Operacional:** Utilizar Bibliometrix para calcular la tasa de crecimiento anual o periódica del número de publicaciones en función de los datos de año de publicación. Esto implica calcular la diferencia entre el número de publicaciones en un año y el año anterior y expresarla como un porcentaje de crecimiento.

**Países de Publicación** (Definición Conceptual): Esta variable analiza cómo se distribuyen las publicaciones en diferentes países y cómo han evolucionado los patrones de publicación a lo largo del tiempo, así como identificar el ranking de países con más publicaciones.

Definición Operacional: Utilizar Bibliometrix para agrupar y analizar las publicaciones según el país de afiliación de los autores.

### ***Muestra***

Para este análisis bibliométrico la muestra se refiere al conjunto de documentos seleccionados de una base de datos bibliográfica para su análisis, en este caso tomada de SCOPUS, sin embargo no se limita solo al número de publicaciones, sino que también se debe tener en cuenta una selección de documentos de acuerdo con los criterios específico que van a dar respuesta y cumplimiento a los objetivos planteados en esta investigación, razón por la cual la selección de una muestra adecuada es fundamental para obtener resultados representativos en este análisis.

La muestra seleccionada fue de 847 artículos relacionados al uso de inteligencia artificial en el diagnóstico clínico de enfermedades, todos tomados de la base de datos SCOPUS.

A continuación, se explica la metodología utilizada para la selección de la muestra.

### **Segundo nivel**

#### ***Técnicas y estrategia de búsqueda***

En este estudio realizó un análisis bibliométrico de la literatura existente sobre inteligencia artificial en la Detección Temprana de Enfermedades. Se utilizaron los paquetes de Bibliometrix y BibliometrixData a través del programa RStudio, el cual es un software de visualización para realizar el análisis bibliométrico. La búsqueda se realizó en septiembre de 2023 utilizando la base de datos Scopus accediendo con las credenciales de la Universidad EAN de Bogotá Colombia.

Scopus se seleccionó como base de datos para esta investigación ya que es una base de datos reconocida y utilizada en la comunidad académica ya que cuenta con amplia cobertura (Global), constante actualización y herramientas de búsqueda avanzada lo que garantiza una excelente fuente de información para realizar un análisis bibliométrico.

Se desarrolló una estrategia de búsqueda teniendo en cuenta términos relevantes para la investigación. Se realizó una búsqueda para alimentar la base de datos de Scopus combinando palabras clave con el operador AND, de la siguiente forma: “Artificial Intelligence” AND “Medical Diagnosis”, posterior a esto se evaluaron los datos arrojados, teniendo en cuenta el número de publicaciones con el fin de garantizar una muestra representativa y que permita realizar un análisis bibliométrico de alta calidad.

Por lo anterior es importante tener en cuenta que al momento de hacer esta búsqueda se debe tener en cuenta que los datos bibliográficos de la metadata sean lo suficientemente completos, de lo contrario se deben cambiar los parámetros de búsqueda, para este estudio se presentan a continuación estos datos para respaldar los resultados:

**Figura 1:**

**Completeness of bibliographic metadata**

Metadata	Description	Missing Counts	Missing %	Status
AU	Author	0	0.00	Excellent
DT	Document Type	0	0.00	Excellent
LA	Language	0	0.00	Excellent
PY	Publication Year	0	0.00	Excellent
TI	Title	0	0.00	Excellent
TC	Total Citation	0	0.00	Excellent
SO	Journal	1	0.12	Good
AB	Abstract	4	0.47	Good
C1	Affiliation	17	2.01	Good
DI	DOI	54	6.38	Good
ID	Keywords Plus	107	12.63	Acceptable
DE	Keywords	170	20.07	Poor
RP	Corresponding Author	193	22.79	Poor
CR	Cited References	847	100.00	Completely missing
NR	Number of Cited References	847	100.00	Completely missing
WC	Science Categories	847	100.00	Completely missing

[Advice](#)
[Save](#)
[Close](#)

*Tomado de Bibliometrix*

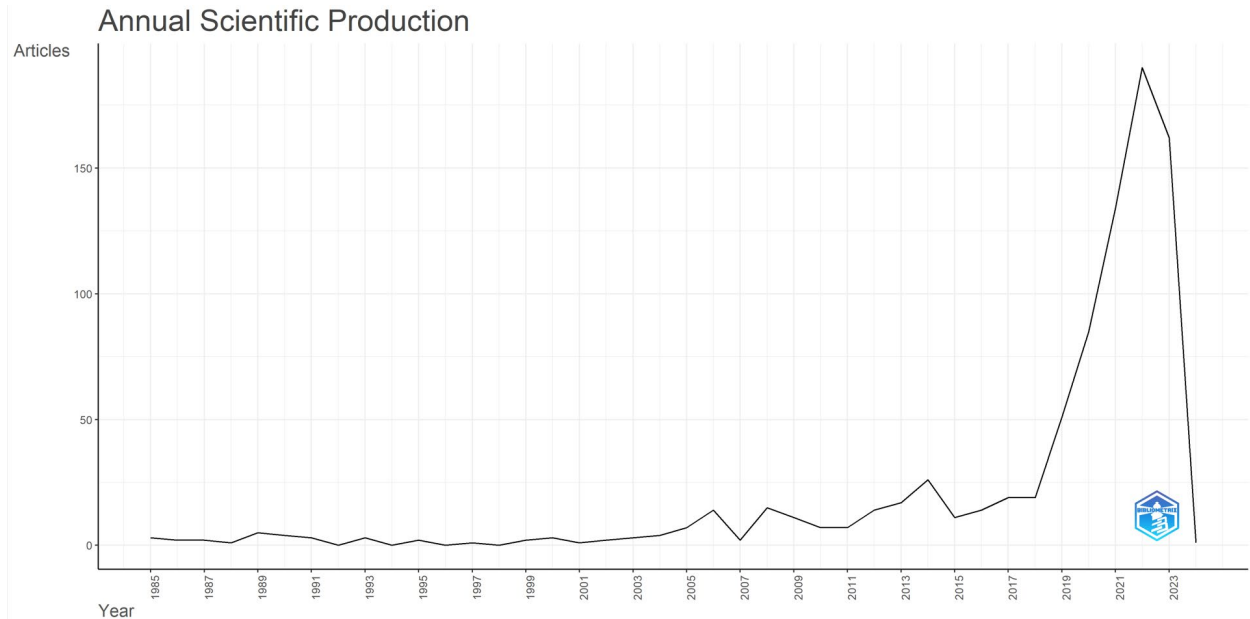
## **Análisis de resultados**

A continuación, se presenta un análisis basado en las estadísticas desarrolladas a través del análisis bibliométrico, con el fin de dar respuesta a la pregunta de investigación en base a los objetivos tanto principal como específicos. La información fue tomada de la muestra seleccionada es de 847 artículos relacionados al uso de inteligencia artificial en el diagnóstico clínico de enfermedades, todos tomados de la base de datos SCOPUS.

Adicionalmente se hizo una comparación de los resultados presentados en 3 artículos de investigación basada en análisis bibliométricos, con el fin de evaluar e identificar diferencias entre lo actual y lo reportado anteriormente por otros autores.

Para comenzar a dar respuesta a nuestro primer objetivo específico, que se enfoca en identificar cuales son esas enfermedades de interés científico en que se ha enfocado la investigación a nivel global y cual es la tendencia que se está siguiendo en cuanto a sistemas de inteligencia artificial utilizados en el análisis de datos clínicos y de imágenes, es importante contextualizar como está el ecosistema de publicaciones y como ha sido su evolución en el tiempo, de esta manera entender cual es el nivel de interés de la comunidad científica. Para esto a continuación se presenta en la siguiente figura la Producción científica anual, desde 1985 a la actualidad.

**Figura 2: Producción científica anual**



*Fuente: Tomado de Bibliometrix*

La producción científica relacionada con el uso de inteligencia artificial (IA) en el diagnóstico de enfermedades experimentó un aumento significativo, especialmente desde el año 2020 esto no es ajeno a los efectos de la pandemia de COVID-19 por varias razones.

Durante la pandemia, se generaron grandes cantidades de datos clínicos y de pruebas de COVID-19, lo que permitió a los investigadores desarrollar y entrenar modelos de IA para mejorar el diagnóstico y el pronóstico de la enfermedad y de otras enfermedades adicionalmente los Avances Tecnológicos, que han surgido a gran velocidad se encuentra que la IA ha experimentado avances significativos en términos de algoritmos y capacidades computacionales en los últimos años, lo que hizo posible abordar problemas de diagnóstico médico de manera más efectiva. También se encuentra que la pandemia impulsó la colaboración entre científicos y expertos de todo el mundo, lo que aceleró la investigación y el desarrollo de soluciones basadas en IA para el diagnóstico y la gestión de enfermedades, así como el incremento en la inversión de los gobiernos.

Para detallar la información de la figura 2, se ve como entre 1985 y comienzos de los años 2000 la producción científica era muy baja, con menos de 10 artículos reportados por año durante este periodo, sin embargo, fue incrementando hasta llegar al año 2020 donde se reportan 85 publicaciones, 134 en el 2021, 190 en 2022 y al día de hoy se cuentan con 162 publicaciones a 2023. Si comparamos estos resultados con los reportados por Albert Feisal, et al en el año 2022 en su artículo “*Artificial intelligence in healthcare business ecosystem: A bibliometric study*” donde reportaban que en 2021 se contaban con 39 publicaciones y en 2020 con 21, hace evidente que en esta investigación bibliométrica los parámetros de búsqueda brindan un escenario mas claro de la actualidad, sin embargo se aclara que los resultados de su publicación son un excelente referente para continuar con este tipo de investigaciones.

Con el fin de alcanzar el primer objetivo e identificar las tendencias y Enfermedades de Interés, se hizo un análisis de las palabras clave o palabras mas frecuentes encontradas en las publicaciones. Los resultados se presentan a continuación:

### **Enfermedades de interés:**

En el análisis bibliométrico se encontraron una serie de enfermedades reportadas en las diferentes fuentes, y del total se identificaron las 5 enfermedades tendencia o para las cuales se ha enfocado la investigación del uso de técnicas de IA para su diagnóstico temprano, estas son:

- Alzheimer con 46 ocurrencias
- Cáncer con 33 ocurrencias
- COVID con 27 ocurrencias
- Enfermedades neurodegenerativas con 31 ocurrencias
- Enfermedades oftalmológicas con 21 ocurrencias

En el año 2020 los 5 principales problemas de salud eran cáncer, depresión, enfermedad de Alzheimer, insuficiencia cardíaca y diabetes, según la investigación realizada por Yuqi Guo, et al, en su artículo “*Artificial Intelligence in Health Care: Bibliometric Analysis*” Esto nos muestra un claro impacto de la aparición del COVID-19 ubicándolo en la segunda posición en

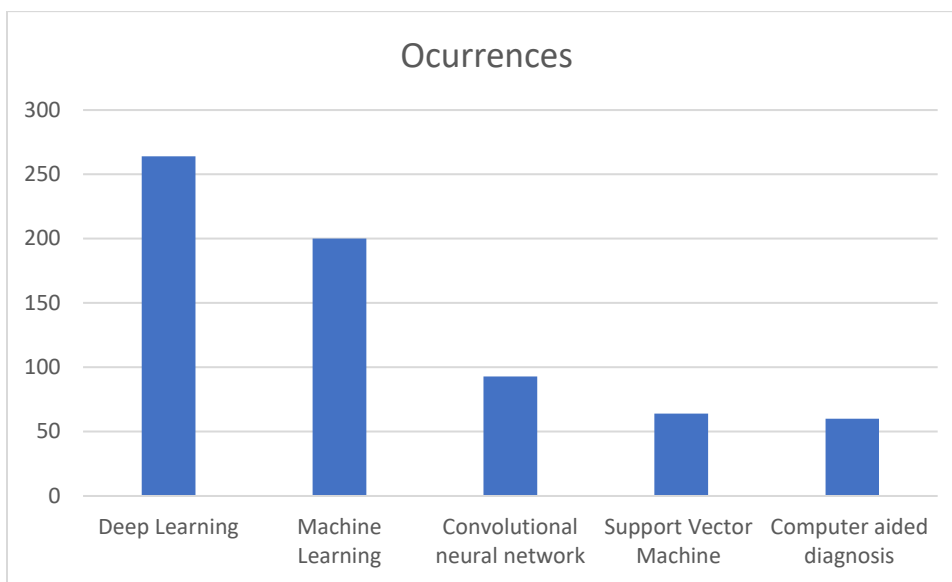
esta investigación, manteniéndose el cáncer y el Alzheimer y de una interesante forma el ingreso de las enfermedades oftalmológicas a hacer parte de este grupo de enfermedades de interés

Continuando para dar alcance al segundo objetivo que es determinar cuáles son los **métodos de inteligencia artificial y modelos de aprendizaje** más citados para el diagnóstico temprano de enfermedades. Se establecieron según el análisis bibliométrico dentro de las palabras más frecuentes. En el año 2020 según la investigación de Yuqi Guo, et al, en su artículo “*Artificial Intelligence in Health Care: Bibliometric Analysis*” estos eran : machine learning, artificial neural networks, deep learning neural networks, electronic health records, y support vector machines. A continuación, nuestros resultados en la tabla 1:

#### **Métodos de IA más citados**

<b>Words</b>	<b>Ocurrences</b>
Deep Learning	264
Machine Learning	200
Convolutional neural network	93
Support Vector Machine	64
Computer aided diagnosis	60

**Figura 3: Comparación de ocurrencias de Métodos de IA más citados**



*Fuente: Elaboración propia con base en datos de Bibliometrix*

Basado en los resultados del análisis bibliométrico el Deep Learning (Aprendizaje Profundo) - 264 ocurrencias, en particular las redes neuronales profundas, ha demostrado ser altamente eficaz en el procesamiento de datos médicos complejos, como imágenes y registros de pacientes como se estableció en el marco teórico de esta investigación, seguido por el Machine Learning (Aprendizaje Automático) - 200 ocurrencias que incluye una variedad de técnicas, como regresión, clasificación y agrupación, que son aplicables a una amplia gama de enfermedades.

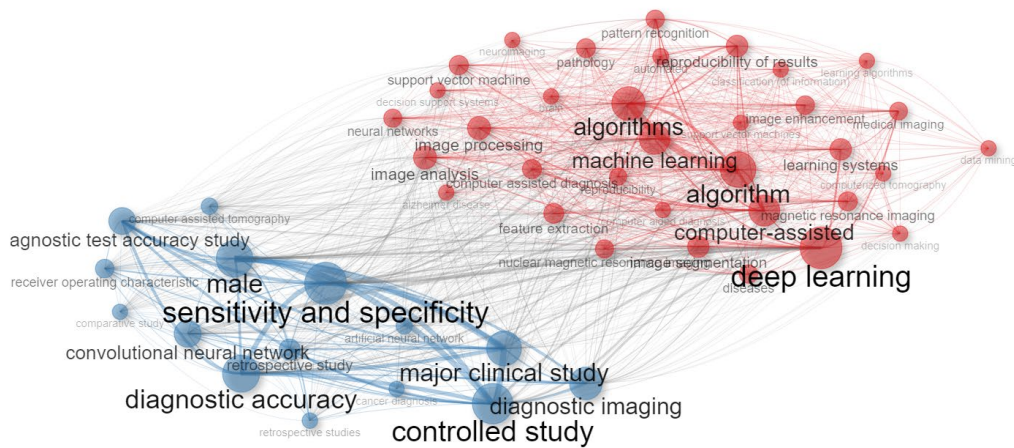
Las Redes Neuronales Convolucionales - 93 ocurrencias, son una variante de las redes neuronales profundas diseñadas específicamente para procesar datos de imágenes. Son extremadamente efectivas en la detección de patrones y características en imágenes médicas.

En cuarto lugar, del top 5 encontramos las Support Vector Machine (Máquina de Vectores de Soporte) - 64 ocurrencias, que es un método con capacidad para clasificar datos en dos categorías (Diagnóstico binario). Y finalmente el Diagnóstico Asistido por Computadora con 60 ocurrencias y es un método que implica el uso de software y algoritmos de IA para ayudar a los médicos en el proceso de toma de decisiones diagnósticas.

Para evaluar el impacto de la implementación de técnicas de inteligencia artificial en el diagnóstico temprano de enfermedades a través recopilación de datos relevantes, se utilizó a través de los datos de bibliometrix una red de co-ocurrencia, esta es una representación gráfica de la relación entre términos o conceptos que aparecen juntos en documentos científicos con el fin de identificar patrones y relaciones entre términos o conceptos en un análisis bibliométrico, los nodos de la red representan términos o conceptos, y los enlaces entre los nodos indican que esos términos o conceptos aparecen juntos en los mismos documentos. Cuanto más a menudo dos términos o conceptos aparezcan juntos en documentos, más fuerte será la conexión entre ellos en la red de co-ocurrencia (Radhakrishnan S et, al 2017)

En la Figura 4, se observa y se confirman las tendencias de métodos de IA donde se ha enfocado la investigación en general según nuestro análisis bibliométrico, siendo los métodos los nodos principales en esta red de co-ocurrencia, y demostrando el impacto que tiene en el campo de la investigación. En el estudio bibliométrico realizado en 2015 por Adunlin, G "Las palabras clave más destacadas fueron Inteligencia artificial, Internet de las cosas, Blockchain, Big Data, Ciudades inteligentes, Aprendizaje profundo, Atención médica, Tecnología de la información y la comunicación, Sostenibilidad y Covid-19".

**Figura 4: Red de Co-Ocurrencia**



*Fuente: Bibliometrix*

Finalmente, para responder al último objetivo y determinar los **países más activos** en colaboraciones de investigación en el campo de la inteligencia artificial y la salud, se utilizaron los datos de bibliometrix correspondientes al país de origen de las publicaciones, así como las colaboraciones entre los diferentes autores, encontrando un interesante resultado en cuanto a la red de colaboración entre ellos especialmente el interés de la mayoría de los autores en colaborar con China.

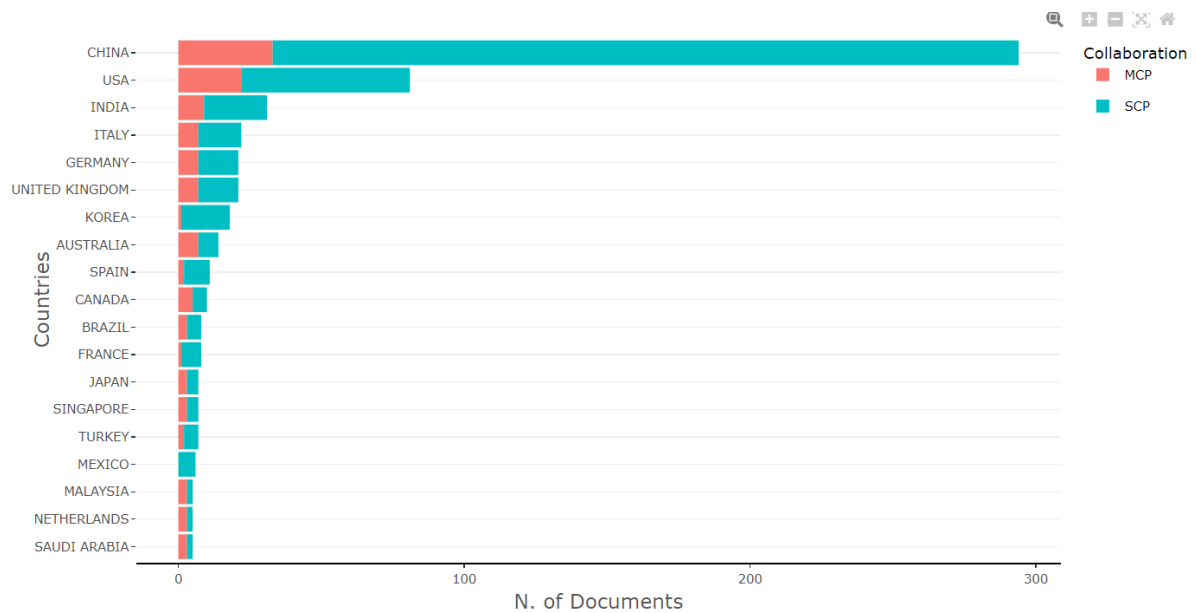
Dentro de los resultados se encuentra liderando China con 261 publicaciones SCP (Single country publications) y 33 publicaciones en colaboración, Seguido por USA con 201 publicaciones SCP y 29 MCP, India con 22 SCP, Italia con 15 y Alemania con 14 SCP respectivamente. El detalle se presenta a continuación en la tabla 2 y figura 5.

**Tabla 2: Países prominentes**

Country	Articles	SCP	MCP
CHINA	294	261	33
USA	201	172	29
INDIA	81	59	22
GERMANY	31	22	9
ITALY	22	15	7
UNITED KINGDOM	21	14	7
KOREA	21	14	7
AUSTRALIA	18	17	1
SPAIN	14	7	7

*Fuente: Bibliometrix*

**Figura 5: Países prominentes y colaboraciones**



*Fuente: Bibliometrix*

En comparación con lo publicado por Albert Feisal en 2022, donde Los tres primeros países eran Estados Unidos, España e Italia con 14, 13 y 11, con publicaciones respectivamente y los otros países líderes que han contribuido a una serie de las publicaciones en el campo de la inteligencia artificial y el ecosistema de salud digital eran India, Reino Unido, Australia, China, Irlanda, Países Bajos y Canadá. Nos arroja como resultado que Estados Unidos se mantiene como uno de los líderes sin embargo China con un número mucho mayor de publicaciones ingresa a este top y se ubica en el primer lugar, adicionalmente vemos que los países latinoamericanos aun se encuentran lejos de alcanzar estas cifras.

### **Conclusiones**

Para dar respuesta a la pregunta de investigación ¿Qué tanto se puede mejorar la precisión en el diagnóstico temprano de enfermedades mediante la aplicación de técnicas de inteligencia artificial a datos clínicos e imágenes? Se realizó un análisis bibliométrico que permitió concluir que la producción científica relacionada con el uso de inteligencia artificial en el diagnóstico de enfermedades ha experimentado un crecimiento significativo, especialmente a partir de 2020. Esto se debe a la pandemia de COVID-19, que generó una necesidad urgente de soluciones de diagnóstico más rápidas y precisas, no solo para esta enfermedad, sino que la importante generación de datos clínicos a raíz de la pandemia Aumentó de la Producción Científica en IA para el Diagnóstico de Enfermedades.

Adicionalmente la IA ha experimentado avances significativos en términos de algoritmos y capacidades computacionales, lo que ha permitido abordar problemas de diagnóstico médico de manera más efectiva, impulsado la adopción de la IA en el campo de la medicina, así como la colaboración Global en Investigación y el aumento en la Inversión en Investigación

En cuanto a las enfermedades de Interés se identificaron cinco enfermedades de interés principales para la investigación en el diagnóstico temprano con IA que incluyen Alzheimer, Cáncer, COVID, Enfermedades Neurodegenerativas y Enfermedades Oftalmológicas, siendo este el top 5 respectivamente, y los métodos de IA más citados para el diagnóstico temprano de enfermedades son Deep Learning (Aprendizaje Profundo), Machine Learning (Aprendizaje Automático), Redes Neuronales Convolucionales, Support Vector Machine (Máquina de Vectores de Soporte) y Diagnóstico Asistido por Computadora.

Finalmente es importante concluir que la colaboración internacional en la investigación es evidente, con China liderando la producción científica en este campo. Los países más activos en colaboraciones de investigación incluyen China, Estados Unidos, India, Italia y Alemania.

En resumen, los resultados indican que la IA está desempeñando un papel cada vez más importante en el diagnóstico de enfermedades, La colaboración global y la inversión en investigación respaldan este crecimiento, y la tecnología de IA sigue evolucionando para mejorar la atención médica y el diagnóstico temprano de enfermedades. Estos hallazgos proporcionan una visión clara de la dinámica actual en el campo de la IA y la medicina.

### **Agradecimientos**

La realización de este análisis bibliométrico no habría sido posible sin el soporte y la tutoría de la Dra. en Ingeniería química Paola Andrea Acevedo Pabón, profesora en Seminario de Investigación de la universidad EAN de Colombia.

## Referencias

- Bélisle-Pipon, J.-C., Couture, V., Roy, M.-C., Ganache, I., Goetghebeur, M., & Cohen, I. G. (2021). What makes artificial intelligence exceptional in health technology assessment? *Frontiers in artificial intelligence*, 4. <https://doi.org/10.3389/frai.2021.736697>
- Bernaldo Joaquin, R. W., & Raymundo Rivera, L. K. (2020). *Propuesta de implementación de la tecnología emergente basada en inteligencia artificial (AI) en diagnóstico médico en Hospital Cayetano Heredia*. Universidad Tecnológica del Perú.
- Čartolovni, A., Tomičić, A., & Lazić Mosler, E. (2022). Ethical, legal, and social considerations of AI-based medical decision-support tools: A scoping review. *International Journal of Medical Informatics*, 161(104738), 104738. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2022.104738>
- Caruccio, L., Cirillo, S., Polese, G., Solimando, G., Sundaramurthy, S., & Tortora, G. (2024). Can ChatGPT provide intelligent diagnoses? A comparative study between predictive models and ChatGPT to define a new medical diagnostic bot. *Expert Systems with Applications*, 235(121186), 121186. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.121186>

- Estrada Patiño, E., Castilla Valdez, G., Frausto Solís, J., & Terán Villanueva, J. D. (2017). Enfoque de aprendizaje híbrido evolutivo para redes neuronales en la clasificación de casos médicos. *Programación Matemática y Software*, 9(3).  
<https://doi.org/10.30973/progmat/2017.9.3/8>
- Fisher, S., & Rosella, L. C. (2022). Priorities for successful use of artificial intelligence by public health organizations: a literature review. *BMC Public Health*, 22(1).  
<https://doi.org/10.1186/s12889-022-14422-z>
- Ghaffar Nia, N., Kaplanoglu, E., & Nasab, A. (2023). Evaluation of artificial intelligence techniques in disease diagnosis and prediction. *Discover Artificial Intelligence*, 3(1).  
<https://doi.org/10.1007/s44163-023-00049-5>
- Kumar, Y., Koul, A., Singla, R., & Ijaz, M. F. (2023). Artificial intelligence in disease diagnosis: a systematic literature review, synthesizing framework and future research agenda. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 14(7), 8459–8486.  
<https://doi.org/10.1007/s12652-021-03612-z>
- Liu, J., Wang, C., & Liu, S. (2023). Utility of ChatGPT in clinical practice. *Journal of Medical Internet Research*, 25(1), e48568. <https://doi.org/10.2196/48568>
- Lugo-Reyes, S. O., Maldonado-Colín, G., & Murata, C. (2014). Inteligencia artificial para asistir el diagnóstico clínico en medicina. *Revista Alergia México*, 61(2), 110–120.  
<https://doi.org/10.29262/ram.v61i2.33>

Minssen, T., Gerke, S., Aboy, M., Price, N., & Cohen, G. (2020). Regulatory responses to medical machine learning. *Journal of Law and the Biosciences*, 7(1).  
<https://doi.org/10.1093/jlb/ljaa002>

Murphy, K., Di Ruggiero, E., Upshur, R., Willison, D. J., Malhotra, N., Cai, J. C., Malhotra, N., Lui, V., & Gibson, J. (2021). Artificial intelligence for good health: a scoping review of the ethics literature. *BMC Medical Ethics*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/s12910-021-00577-8>

Nitiéma, P. (2023). Artificial intelligence in medicine: Text mining of health care workers' opinions. *Journal of Medical Internet Research*, 25, e41138.  
<https://doi.org/10.2196/41138>

Obasa, A. E., & Palk, A. C. (2023). Responsible application of artificial intelligence in health care. *South African Journal of Science*, 119(5/6).  
<https://doi.org/10.17159/sajs.2023/14889>

Park, C.-W., Seo, S. W., Kang, N., Ko, B., Choi, B. W., Park, C., Chang, D. K., Kim, H., Kim, H., Lee, H., Jang, J., Ye, J. C., Jeon, J. H., Seo, J. B., Kim, K. J., Jung, K.-H., Kim, N., Paek, S., Shin, S.-Y., ... Yoon, H.-J. (2020). Artificial intelligence in health care: Current applications and issues. *Journal of Korean Medical Science*, 35(42).  
<https://doi.org/10.3346/jkms.2020.35.e379>

Pérez Romero, F. R. (2023). Construcción de algoritmos como estrategia de aprendizaje en medicina. *Investigación en educación médica*, 12(45), 30–45.

<https://doi.org/10.22201/fm.20075057e.2023.45.22453>

Suganyadevi, S., Seethalakshmi, V., & Balasamy, K. (2022). A review on deep learning in medical image analysis. *International Journal of Multimedia Information*

*Retrieval*, 11(1), 19–38. <https://doi.org/10.1007/s13735-021-00218-1>

Tagde, P., Tagde, S., Bhattacharya, T., Tagde, P., Chopra, H., Akter, R., Kaushik, D., & Rahman, M. H. (2021). Blockchain and artificial intelligence technology in e-Health. *Environmental Science and Pollution Research International*, 28(38), 52810–

52831. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16223-0>

Tao, X., & Velásquez, J. D. (2022). Multi-source information fusion for smart health with artificial intelligence. *An International Journal on Information Fusion*, 83–84, 93–95.

<https://doi.org/10.1016/j.inffus.2022.03.010>

Thomasian, N. M., Eickhoff, C., & Adashi, E. Y. (2021). Advancing health equity with artificial intelligence. *Journal of Public Health Policy*, 42(4), 602–611.

<https://doi.org/10.1057/s41271-021-00319-5>

Wang, Y., Song, Y., Ma, Z., & Han, X. (2023). Multidisciplinary considerations of fairness in medical AI: A scoping review. *International Journal of Medical*

*Informatics*, 178(105175), 105175. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2023.105175>

Yong, B., Xu, Z., Wang, X., Cheng, L., Li, X., Wu, X., & Zhou, Q. (2018). IoT-based intelligent fitness system. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 118, 14–21.

<https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2017.05.006>

Ismail, A. F. M. F., Sam, M. F. M., Bakar, K. A., Ahamat, A., Adam, S., & Qureshi, M. I. (2022). Artificial Intelligence in Healthcare Business Ecosystem: A Bibliometric Study. *International journal of online and biomedical engineering*, 18(9), 100-114.

<https://doi.org/10.3991/ijoe.v18i09.32251>

Guo, Y., Hao, Z., Zhao, S., Gong, J., & Yang, F. (2020). Artificial intelligence in health care: Bibliometric analysis. *Journal of Medical Internet Research*, 22(7), e18228.

<https://doi.org/10.2196/18228>

Radhakrishnan S, Erbis S, Isaacs JA, Kamarthi S (2017) Novel keyword co-occurrence network-based methods to foster systematic reviews of scientific literature. *PLoS ONE* 12(3): e0172778.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172778>

Adunlin, G., Diaby, V., & Xiao, H. (2015). Application of multicriteria decision analysis in health care: a systematic review and bibliometric analysis. *Health Expectations: An International Journal of Public Participation in Health Care and Health Policy*, 18(6), 1894–1905. <https://doi.org/10.1111/hex.12287>