

**Explorando tendencias en inteligencia artificial y su impacto en la calidad de imágenes
digitales en procedimientos hemodinámicos**

Sandra Milena Ayala García

Barbara Patricia Canas Vargas

Diana María Díaz Beltrán

Buendiy Danila Palacio Quintana

Deimer Pérez Ríos

Asesora

Vanessa Catherine Perea

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias de la Salud (ECISA)

Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnosticas

2024

Dedicatoria

Este trabajo lo dedicamos a Dios primeramente que nos permite tener las habilidades necesarias para aprender continuamente y especializarnos en un campo profesional tan esencial para el ser humano, a nuestros familiares porque sin su apoyo, no sabemos si lo hubiésemos logrado, Gracias por toda la atención y dedicación a nuestros profesores por los cuales tenemos una enorme deuda de gratitud, a mis compañeros que siempre estuvieron dispuestos a ayudar para finalizar un proyecto, muchas veces asumiendo mayor cantidad de responsabilidades

Agradecimientos

Agradecemos especialmente a la Docente Vanessa Catherine Perea quien nos orientó y nos acompañó en el proceso de elaboración de este trabajo a nuestros familiares por ser ese bastión donde apoyarnos en momentos difíciles, de quienes recibimos siempre apoyo y motivación para alcanzar estos logros basados en la unión y el Amor, a nuestros profesores que desempeñaron un rol fundamental para nuestra incursión en la vida profesional, con su ejemplo de trabajo y esfuerzo, a nuestros compañeros que estuvieron ahí en la dificultad, tristeza y alegría durante todo este proceso, que fueron redes de apoyo fundamentales para el desarrollo de este proyecto de vida

Resumen

Las nuevas tecnologías de la información y la comunicación han revolucionado todos los aspectos del ser humano, y también han ofrecido mejoras importantes en la búsqueda de su seguridad especialmente en el campo médico. Su objetivo fue explorar las tendencias actuales en inteligencia artificial y su aplicabilidad en la mejora de la calidad de imágenes digitales en procedimientos hemodinámicos, como estrategia de fortalecimiento del sector de la salud en Colombia. Se utilizó una revisión documental bajo el enfoque cualitativo permitiendo explorar literatura existente para dar respuesta a la pregunta ¿Cuáles son las tendencias en inteligencia artificial para el año 2024 y su impacto en la calidad de imágenes digitales en procedimientos hemodinámicos como estrategia de fortalecimiento del sector salud en Colombia? El alcance descriptivo incluyó la selección de documentos por medio de criterios de inclusión y el análisis desde cinco fases. Se pudo deducir que estas tendencias dentro de procedimientos hemodinámicos como la *Angioplastia Trasluminal Coronaria ATC* son el *Aprendizaje Automático (Machine Learning)*, *Aprendizaje Profundo (Deep Learning)* que aportan beneficios como la mejora en la precisión y eficiencia de las imágenes digitales y el diagnóstico de la enfermedad cardiovascular. Así mismo se concluye que es importante democratizar el uso de estas Tecnologías de IA a través de la integración de los equipos e infraestructura ya existente y la capacitación de los profesionales y asegurar que los sectores públicos y privados de la salud tengan un acceso equitativo a estas tendencias innovadoras que prometen mejorar la calidad de vida del paciente.

Palabras Clave. Aprendizaje profundo, calidad de imagen, hemodinamia, imagen digital, inteligencia artificial.

Abstract

New information and communication technologies have revolutionized all aspects of the human being, and have offered important improvements in the search for safety, especially in the medical field. Its objective was to explore current trends in artificial intelligence and its applicability in improving the quality of digital images in hemodynamic procedures, as a strategy to strengthen the health sector in Colombia. A documentary review was used under a qualitative approach, allowing the exploration of existing literature to answer the question: What are the trends in artificial intelligence for the year 2024 and their impact on the quality of digital images in hemodynamic procedures as a strategy to strengthen the health sector? in Colombia? The descriptive scope included the selection of documents through inclusion criteria and the analysis from five phases. It could be deduced that these trends within hemodynamic procedures such as *Coronary Transluminal Angioplasty (CTA)* are *Machine Learning (Machine Learning)*, *Deep Learning (Deep Learning)* that provide benefits such as improvement in the precision and efficiency of digital images and the diagnosis of cardiovascular disease. Likewise, it is concluded that it is important to democratize the use of these AI Technologies through the integration of existing equipment and infrastructure and the training of professionals and ensure that the public and private health sectors have equitable access to these. innovative trends that promise to improve the patient's quality of life.

Keywords. Deep Learning, image quality, hemodynamic, digital image, artificial intelligence.

Tabla de Contenido

Introducción	9
Justificación	11
Objetivos.....	12
Objetivo General.....	12
Objetivos Específicos.....	12
Planteamiento del Problema	13
Marco Teórico.....	16
Técnicas de la IA en el Campo de Imágenes Diagnósticas en Hemodinamia	16
Inteligencia Artificial en Hemodinamia: Avances y Beneficios.....	19
Uso de la Inteligencia Artificial en Técnicas de Hemodinamia: Enfoques y Requerimientos .	20
Metodología	23
Alcance de la Investigación	23
Diseño de la Investigación	23
Técnicas de Recolección de la Información	24
Unidad de Análisis	24
Estrategias de Búsqueda	25
Criterios de Inclusión.....	25
Criterios de Exclusión.....	25
Desarrollo.....	27
Conclusiones y Recomendaciones	29
Referencias Bibliográficas	32

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Resultados de Búsqueda</i>	25
--	----

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Campos y Subcampos de la Inteligencia Artificial.</i>	18
--	----

Introducción

Inicialmente se destaca que la Inteligencia Artificial ha sido valiosa en diferentes sectores culturales y organizacionales en el mundo, especialmente en la detección temprana de enfermedades como las cardiovasculares beneficiando aspectos como el diagnóstico, el tratamiento, el aumento de la productividad y el bienestar de las personas. Sin embargo, garantizar estos beneficios requiere que exista un verdadero acceso a ella desde el sector público y privado a través de la adecuación de la infraestructura, equipos y personal hoy en día existentes en el sector médico (Cala et al., 2022).

El artículo aborda las aplicaciones en Inteligencia Artificial (IA) que son tendencia actualmente en procedimientos hemodinámicos y deja planteada la necesidad de democratizar en Colombia este tipo de tecnología para mejorar la eficiencia del sector de la salud, teniendo en cuenta aspectos como el mejoramiento en los procesos de toma de decisiones basadas en datos de calidad; la optimización de los procesos y recursos del sector salud en Colombia; el desarrollo de nuevas herramientas para mejorar la precisión diagnóstica y eficiencia de tratamiento frente a enfermedades cardiovasculares y finalmente la necesidad de la democratización de la adquisición, inclusión y uso de estas tecnologías en todos los sectores médicos en el país.

El trabajo se integra de 4 capítulos. En el primero se presenta el planteamiento del problema en donde se habla sobre la importancia de explorar desde las nuevas tendencias en Inteligencia Artificial técnicas, metodologías, herramientas, entre otros aspectos que puedan ofrecer una mejor calidad de la imagen digital en procedimientos médicos como los hemodinámicos en Colombia, teniendo en cuenta la prevalencia que existe en el mundo frente a las enfermedades cardiovasculares. En este capítulo se plantean los objetivos del trabajo, así como las principales razones que justifican su desarrollo.

Seguido de esto se presenta el marco teórico en donde se presentan los principales documentos que fueron analizados por medio de la revisión documental en donde se resalta a Olano et al., (2023) y Loncaric et al., (2020) quienes mencionan los modelos usados por Inteligencia Artificial en procedimientos hemodinámicos como la técnica Machine Learning ML, técnicas de supervisado, aprendizaje profundo y no supervisado y la integración de estas en la imagen cardiaca. En cuarto lugar, se presentan los aspectos metodológicos de la revisión documental implementada en donde se permite dar respuesta a la pregunta de investigación.

Los resultados desde la revisión de Olano et al., (2023) y Loncaric et al., (2020) coinciden con tendencias del aprendizaje supervisado, aprendizaje profundo y no supervisado cuyas principales ventajas son la resolución, proyección y precisión de las estructuras cardiovasculares en la imagen digital.

Justificación

La integración de la inteligencia artificial (IA) en los sistemas de salud ha cobrado una creciente relevancia, especialmente en la toma de decisiones fundamentadas en datos de calidad (Sánchez y Díez, 2024). En este contexto, la investigación en IA se considera un pilar fundamental para la formación de profesionales en el ámbito de las imágenes diagnósticas, quienes desempeñan un papel crucial en la mejora de la atención sanitaria. La situación actual del sistema de salud colombiano exige la implementación de estrategias innovadoras y eficientes para la reducción de costos. En este sentido, la IA, con sus capacidades avanzadas para el análisis de datos y la detección de patrones, se presenta como una alternativa prometedora para optimizar los procesos y recursos del sector (Sánchez y Díez, 2024).

El estudio de las tendencias en IA en el campo de las imágenes diagnósticas, particularmente en hemodinamia, puede contribuir al desarrollo de nuevas herramientas y metodologías que mejoren la precisión diagnóstica y la eficiencia de los tratamientos. Esta investigación no solo enriquece el conocimiento científico, sino que también capacita a los profesionales de la salud con habilidades y competencias actualizadas, permitiéndoles permanecer a la vanguardia de los avances tecnológicos y buscar ofrecer servicios de alta calidad mediante la implementación de estas nuevas herramientas globales.

Además, la evaluación de las tendencias actuales en tecnologías 5.0 y su aplicabilidad en el campo de la hemodinamia e imágenes diagnósticas representa una propuesta de mejoramiento continuo que puede ser difundida en instituciones de salud, con el objetivo de elevar la calidad de la atención al paciente. Reconocer estas tecnologías, sus beneficios y las formas de acceso a ellas desde el contexto latinoamericano puede agregar valor a los servicios de salud y contribuir de manera significativa a la búsqueda de la seguridad del paciente.

Objetivos

Objetivo General

Explorar las tendencias en inteligencia artificial (IA) y su impacto en la calidad de imágenes digitales en procedimientos hemodinámicos a través de una revisión documental.

Objetivos Específicos

Revisar la literatura científica exhaustivamente sobre las aplicaciones de la inteligencia artificial en diagnósticos por imagen en hemodinamia.

Identificar y clasificar las tecnologías emergentes relacionadas con el concepto de Tecnología 5.0 en hemodinamia.

Analizar los desafíos y oportunidades documentados en la literatura sobre la adopción de tecnologías de inteligencia artificial en el contexto latinoamericano, enfocándose en su potencial para la mejora de la atención y la seguridad del paciente.

Planteamiento del Problema

La imagenología digital en hemodinamia ha revolucionado la detección temprana de patologías cardiovasculares, como la enfermedad coronaria, las valvulopatías, y la hipertensión arterial, entre otras. Esta modalidad diagnóstica es crucial para la instauración oportuna de tratamientos específicos, mejorando así el diagnóstico y la calidad de vida de los pacientes (Echaverri et al., 2016).

La precisión en el diagnóstico cardiovascular está directamente relacionada con la calidad de las imágenes obtenidas, lo que es fundamental para la correcta interpretación por parte de especialistas y para la toma de decisiones clínicas eficaces. Un ejemplo de ello es la angiografía coronaria por tomografía computarizada, una modalidad en hemodinamia, que ha revolucionado la evaluación no invasiva de las arterias coronarias, permitiendo la detección precoz de placas de aterosclerosis y la estratificación del riesgo cardiovascular en pacientes asintomáticos (Gómez et al., 2020).

Teniendo en cuenta el enfoque de este trabajo frente a los procedimientos hemodinámicos que atienden las enfermedades cardiovasculares debe decirse que estas son una de las principales causas de morbilidad y mortalidad a nivel global. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021), se registran aproximadamente 7.9 millones de muertes anuales debido a estas afecciones. En Colombia, las estadísticas del Ministerio de Salud (2023) revelan que la tasa de mortalidad entre personas de 30 a 70 años alcanza las 100 muertes por cada 100,000 habitantes, evidenciando una alta prevalencia de estas patologías en un sector de la población que impacta negativamente en la longevidad.

Sumado a lo anterior, en Colombia estas enfermedades representan mayor carga y costos para el sistema de salud por lo que es importante mejorar la calidad del diagnóstico para la prevención (Ministerio de Salud y Protección Social, 2023).

A pesar de los avances en tecnologías, la implementación de la inteligencia artificial en hemodinamia enfrenta desafíos en Colombia. La escasez de recursos económicos y el limitado conocimiento sobre estas tecnologías por parte de los profesionales de la salud dificultan su adopción efectiva (Sanabria, 2023). Sin embargo, se han logrado implementar innovaciones como la monitorización remota cardiovascular utilizando algoritmos de machine learning y dispositivos portátiles, como electrocardiogramas y holteres electrocardiográficos que son los más comúnmente usados en el país; mejorando la atención y calidad de vida de los pacientes (Sociedad Colombiana de Cardiología y Cirugía Cardiovascular, 2023).

El análisis de imágenes diagnósticas también depende en gran medida de la experiencia humana, lo que introduce riesgos de sesgo y errores interpretativos, resaltando la necesidad de integrar inteligencia artificial para optimizar la seguridad diagnóstica (Cala et al., 2022). Es a través de la implementación de tecnología de aprendizaje profundo, conocida como Deep Learning, lo que permite el procesamiento avanzado de datos a través de la categorización de imágenes y el análisis en capas, facilitando la identificación rápida y precisa de patologías y anomalías físicas en los pacientes y reduciendo así el sesgo por la interpretación humana (Lubinus y Rueda, 2021). Así mismo, estas tecnologías como la ya mencionada permite optimizar el flujo de trabajo lo que podría proporcionar a los pacientes un acceso más ágil a los especialistas, por lo tanto, se puede concluir que estas tecnologías proporcionan una mayor calidad del diagnóstico y un procesamiento más ágil de los datos.

Por lo anterior, la calidad de las imágenes diagnósticas en hemodinamia es crucial para el control, la prevención y el diagnóstico precoz de enfermedades cardiovasculares y la inteligencia artificial proporciona oportunidades de mejoramiento. Pese a esto, su implementación en Colombia enfrenta desafíos económicos, infraestructurales, humanos, institucionales, debido a causas como el desconocimiento de estas herramientas tecnológicas y su aporte en el mejoramiento de la calidad de las imágenes diagnósticas en procedimientos hemodinámicos. Por lo tanto, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son las tendencias en inteligencia artificial para el año 2024 y su impacto en la calidad de imágenes digitales en procedimientos hemodinámicos como estrategia de fortalecimiento del sector salud en Colombia?

Marco Teórico

La Inteligencia Artificial (IA) ha demostrado ser una herramienta valiosa en el ámbito de las imágenes diagnósticas, actuando en la detección precisa de enfermedades, la optimización de procesos diagnósticos y de tratamiento, así como en el aumento de la productividad y el bienestar del paciente (Morales et al., 2023). Para maximizar su impacto, es esencial llevar a cabo un proceso de democratización de la IA en entornos médicos. Este proceso implica garantizar igualdad de oportunidades para que tanto los sectores públicos como privados tengan acceso a esta tecnología en sus procedimientos diagnósticos.

Para lograr la democratización de la IA en el ámbito médico, es necesario que las instituciones de salud, los profesionales del sector y las entidades públicas trabajen en conjunto para integrar la IA con los equipos biomédicos existentes, realizar adecuaciones en la infraestructura y capacitar al personal (Asociación Colombiana de Hospitales y Clínicas, 2022). Por lo tanto, esta investigación tiene como objetivo, a través de una revisión documental, determinar las tendencias actuales de la inteligencia artificial que aseguran la calidad de las imágenes diagnósticas en las salas de hemodinamia. Esto permitirá replantear los temas, necesidades y requisitos que enfrenta la comunidad médica en Colombia para garantizar tanto la formación adecuada de sus profesionales como la democratización de la IA.

El siguiente marco teórico presenta conceptos, temas y avances pertinentes a la discusión del presente estudio, proporcionando una comprensión profunda de la influencia de la IA en el ámbito de las imágenes diagnósticas.

Técnicas de la IA en el Campo de Imágenes Diagnósticas en Hemodinamia

La Inteligencia Artificial ha empezado a dejar importantes aportes a la obtención de imágenes y diagnóstico médico. Desde lo mencionado por García (2019) la Inteligencia

Artificial es un programa computarizado semejante al cerebro humano al tener la capacidad de recopilar información y procesarla de manera rápida y efectiva para emitir información de acuerdo con la programación que se le ofrezca. El Machine Learning es el término usado para el aprendizaje de las máquinas que es considerada una subdisciplina de la Inteligencia Artificial y que soporta técnicas importantes en el estudio de las imágenes diagnósticas. El Machine Learning y sus diversas técnicas se basan en la creación de algoritmos sin previas reglas para realizar predicciones o clasificaciones de los datos.

El Machine Learning puede clasificarse en 3 grandes grupos: aprendizaje supervisado, aprendizaje no supervisado y aprendizaje semi supervisado. Su diferencia radica en que en el aprendizaje supervisado el punto de vista del especialista en el área de la salud impregna asociaciones en el algoritmo que luego se usan para posteriores aprendizajes. El aprendizaje no supervisado depende totalmente de la capacidad de aprendizaje de la máquina sin conceptos previos del especialista por lo que no sería una opción favorable para la calidad de las imágenes en el ámbito de la salud desde nuestro punto de vista (García, 2019).

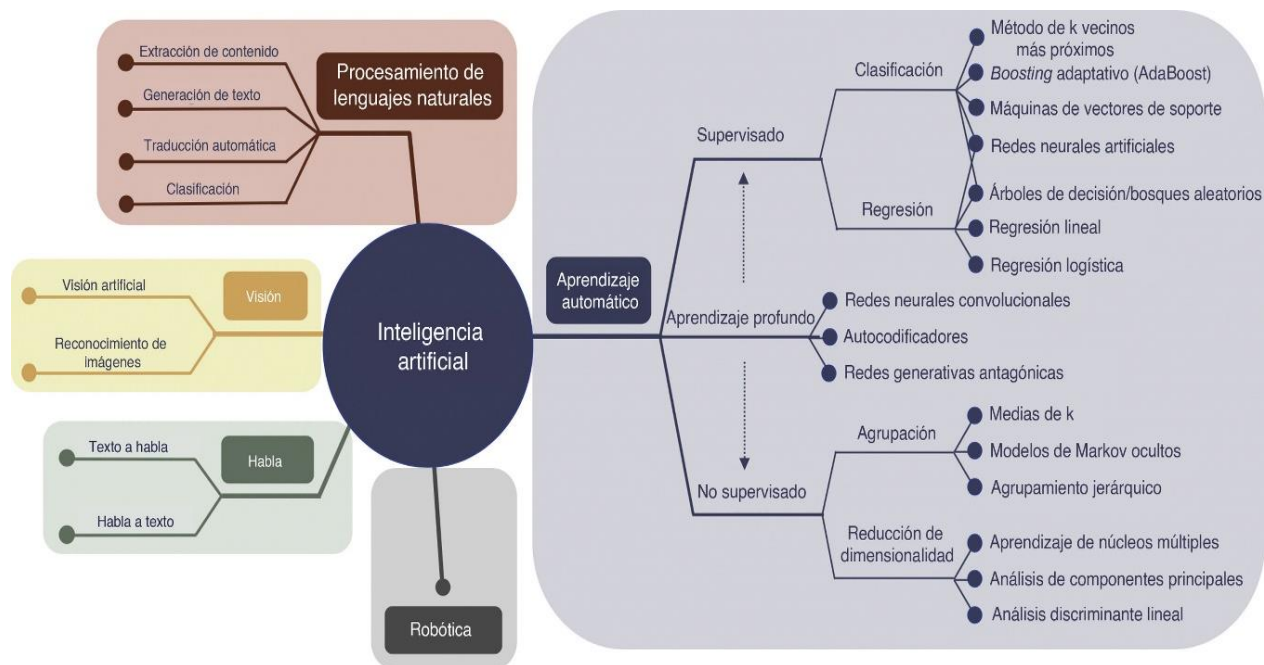
Otros autores como Loncaric et al., (2020) menciona que la inteligencia artificial posee 3 técnicas que son el aprendizaje supervisado, el aprendizaje profundo y el no supervisado, es decir que difiere de García (2019) frente al aprendizaje semisupervisado cambiándolo por el aprendizaje profundo.

Dentro de las técnicas de aprendizaje profundo se pueden encontrar redes neuronales convolucionales, decodificadores y redes generativas antagónicas. Y finalmente dentro de las técnicas de no supervisado se pueden encontrar las de agrupación entre las que se encuentran Medas de K, Modelos de Markov ocultos y agrupamiento jerárquico, y las de reducción de dimensionalidad que se dividen en aprendizaje de núcleos múltiples, análisis de componentes

primarios y análisis discriminantes lineales (Loncaric et al.,2020). Todo lo anterior puede verse resumido de forma más sencilla en la figura 1.

Figura 1

Campos y Subcampos de la Inteligencia Artificial



Nota. Una clasificación de las diferentes técnicas de la IA en hemodinamia. *Fuente.* (Loncaric et al., 2020).

De igual manera Machado y Aparicio (2021) mencionan que las técnicas que utiliza la Inteligencia Artificial en el campo del diagnóstico de imágenes son el aprendizaje automático y el aprendizaje profundo agregando que estos mejoran aspectos como la precisión y la eficiencia. Este estudio es más específico al mencionar el NesNet que es un algoritmo de red neuronal residual basado en el aprendizaje automático y supervisado que permite determinar el sesgo en las imágenes, con el propósito de su categorización y comparación con un mapeo codificador-decodificador y SVM permitiendo su clasificación en los procesos de diagnóstico.

Este mismo autor resalta que la tomografía computarizada es la técnica de diagnóstico por imagen más utilizada en Colombia, gracias a su disponibilidad, bajo costo y simplicidad de operación (Machado y Aparicio, 2021).

Inteligencia Artificial en Hemodinamia: Avances y Beneficios

La inteligencia artificial (IA) es considerada una oportunidad para la tomografía computarizada, mejorando aspectos significativos como la segmentación, la caracterización tisular y los pronósticos médicos. Es fundamental destacar que la IA no busca suplantar la labor de los especialistas, sino más bien estandarizar los informes y aumentar la eficiencia diagnóstica, lo que, a su vez, optimiza la calidad de vida de los pacientes (Loncaric et al., 2020). En el contexto de la hemodinamia, la IA ofrece beneficios considerables al mejorar los procesos de adquisición de imágenes, diagnóstico y presentación de resultados (Loncaric et al., 2020).

En el ámbito de la hemodinamia, Olano et al. (2023) destacan el uso de la IA para abordar condiciones médicas prioritarias, como la identificación y prevención de la preeclampsia en embarazos de alto riesgo. Los algoritmos de Deep Learning, basados en redes neuronales y árboles de clasificación, facilitan el análisis de grandes volúmenes de datos, permitiendo el reconocimiento de patrones para la predicción, diagnóstico y planificación del tratamiento. Una aplicación específica de la IA en este contexto es el uso de Machine Learning (ML) para mejorar la evaluación de la velocidad de onda del pulso carotídeo-femoral durante el embarazo, lo cual proporciona signos más evidentes sobre el volumen de sangre en los vasos, favoreciendo diagnósticos más precisos (Olano et al., 2023).

Otro aporte de Olano et al., (2023) respecto al tema, es que la Inteligencia Artificial se complementa con la estadística tradicional revolucionando diagnósticos más precisos y con esto alcanzar beneficios agregados como la reducción de costos en la atención médica, mejores

oportunidades terapéuticas, entre otras. Este autor también afirma que en ámbito de la hemodinamia la IA tiene la capacidad de aliviar la carga del profesional proporcionando análisis de referencias que permiten reducir los errores de diagnóstico y estos pueden ser consultados para su comparación y posteriores conclusiones mucho más estructuradas y efectivas.

Desde lo mencionado por este autor, se puede concluir que la IA además de proporcionar beneficios administrativos dentro del sector de la salud como reducción de costos, optimización de tiempos, precisión en los diagnósticos para el control de riesgos por posibles errores humanos, requiere de un soporte tecnológico que le permita el procesamiento de gran cantidad de datos que se generan y se recogen a través de cada servicio. Por lo tanto, se evidencia que tanto la infraestructura como la preparación de los profesionales debe ser cada vez más rigurosa y una prioridad para las instituciones de salud.

También desde lo mencionado por Loncaric et al., (2020) se establece que la Inteligencia artificial incluida dentro de los diferentes métodos de imagen en hemodinámica para el estudio de enfermedades cardiovasculares ofrece oportunidades de optimización de la proyección cardíaca por parte del profesional para el análisis de las estructuras cardíacas específicas y personalización del proceso de técnicas de imagen para el diagnóstico. Además de esto, ofrece un análisis mucho más detallado desde procesos de segmentación de la imagen para el análisis y cuantificación de su estructura y función.

Uso de la Inteligencia Artificial en Técnicas de Hemodinamia: Enfoques y Requerimientos

Un claro ejemplo del uso de la IA en el ámbito de la salud es su utilización en la angioplastia transluminal coronaria (ATC), un procedimiento ampliamente empleado para la revascularización de pacientes aquejados de enfermedades coronarias. Garmendía (2024) señala que la implementación de técnicas de imagen endovascular apoyadas en IA no solo promueve

estas intervenciones complejas y vitales para la salud humana, sino que también facilita su adopción en la población general.

Dentro de este contexto, se destacan las técnicas de Machine Learning, una subdisciplina de la IA que permite a las máquinas crear algoritmos de manera autónoma mediante el aprendizaje automático. Otra subdisciplina relevante es el aprendizaje profundo o Deep Learning, que se caracteriza por construir redes neuronales artificiales presentando una complejidad mayor en comparación con el Machine Learning.

Los beneficios de la IA en la imagen endovascular en hemodinamia, según Garmendía (2024), son múltiples: se observa un aumento en la precisión diagnóstica, una reducción en la duración de los procedimientos y una disminución de la variabilidad interobservador en la interpretación de imágenes, lo que se traduce en diagnósticos más precisos. Por tanto, el uso de ambas subdisciplinas de la IA favorece la calidad de la imagen endovascular, optimizando así los métodos de diagnóstico.

La integración de la IA en el campo de la hemodinamia demanda una capacitación cada vez más especializada de los profesionales en áreas como física médica, bioingeniería, telemedicina y trabajo en equipos multiprofesionales. En lo que respecta a los equipos biomédicos, es esencial que la IA se base en estándares como DICOM, que regula la transmisión de imágenes médicas y datos entre dispositivos de propósito médico. Además, requiere la creación de amplias bases de datos para el almacenamiento adecuado de imágenes (Santana et al., 2023).

Para la efectiva implementación de la IA en el sector salud, es crucial la generación y recopilación de grandes volúmenes de datos, lo que implica el uso de tecnologías avanzadas conocidas como *Big Data* y *Health Care 4.0* (Asociación Colombiana de Hospitales y Clínicas,

2022). En Colombia, se ha identificado una notable deficiencia en esta tecnología, puesto que solo el 4.2% de los prestadores del servicio de salud cuentan con herramientas apoyadas en IA.

Coincidiendo con lo anterior, en lo que respecta a la infraestructura necesaria para la integración de la IA en salas de hemodinamia, es imperativo contar con sistemas informáticos y equipos optimizados que soporten el procesamiento de grandes volúmenes de datos, lo cual es crucial para la aplicación de técnicas de Deep Learning que emplea la IA (Saavedra y Sánchez, 2023). De este modo, se establece que la infraestructura adecuada y la capacitación de los profesionales son piezas fundamentales para capitalizar los avances que la inteligencia artificial puede ofrecer en el campo de la salud.

Metodología

La presente investigación se fundamenta en una metodología de revisión documental con un enfoque cualitativo. Esta aproximación permite, de acuerdo con Martínez et al. (2023), la localización, procesamiento y análisis de datos cualitativos, facilitando así la respuesta a la pregunta de investigación. En este trabajo, dicha pregunta está vinculada a explorar las tendencias en inteligencia artificial (IA) aplicadas a las imágenes diagnósticas en hemodinamia, identificando estrategias que optimicen la calidad del diagnóstico y la atención en salud en el contexto colombiano.

Alcance de la Investigación

Dado que el trabajo se desarrolla mediante una revisión documental, su alcance es descriptivo. Esta metodología implica la búsqueda de documentación que evidencie, de manera narrativa, las tendencias contemporáneas en inteligencia artificial que aportan a mejorar la calidad de las imágenes digitales en procedimientos hemodinámicos. Galarza (2020) indica que las investigaciones de tipo descriptivo y cualitativo se caracterizan por un enfoque narrativo constructivista, el cual busca describir las representaciones subjetivas emergentes de los datos encontrados, de tal modo que las respuestas a la presente investigación se construyen a partir de la información consignada en los documentos revisados.

Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación es de naturaleza teórica, en concordancia con los elementos propuestos por García y Sánchez (2020). Este diseño se estructura desde una situación problemática que lleva a la formulación de preguntas de investigación, la definición de objetivos, el establecimiento de tareas científicas y la formulación de hipótesis. Además, este proceso incluye la selección de muestras documentales, así como las técnicas de recolección y

procesamiento de la información, todo ello con el fin de realizar un análisis teórico que conduzca a resultados finales y recomendaciones pertinentes.

La revisión documental se lleva a cabo siguiendo las fases descritas por Martínez et al. (2023), que incluyen: (1) selección y delimitación del tema a investigar; (2) acopio de información o fuentes; (3) análisis de los datos; (4) elaboración de un esquema conceptual de resultados o categorías a partir del análisis de los documentos; y (5) redacción del informe final.

Técnicas de Recolección de la Información

Para la recolección y análisis de la información, se utiliza la matriz RAE (Registro Analítico Especializado), elaborada a través de Microsoft Excel. Esta matriz se compone de columnas que incluyen: bases de datos, tipo de publicación, país, título del documento, autor, año de publicación, objetivo general, metodología, resultados sobre tendencias en inteligencia artificial, aplicabilidad de la IA en la calidad de las imágenes digitales en procedimientos hemodinámicos y enlaces.

Unidad de Análisis

El análisis se centra en la herramienta de investigación asistida por inteligencia artificial denominada Elicit, que permite localizar literatura académica sobre temas específicos. Además, se consultaron bases de datos como Google Académico, Redalyc, SciELO, Dianet, ProQuest Central y Web of Science, utilizando palabras clave tales como: "Inteligencia Artificial", "imágenes digitales", "imagen diagnóstica", "hemodinamia" y "procedimientos hemodinámicos".

Martínez et al. (2023) indican que el acopio de información debe considerar la clasificación o parámetros de selección de los documentos, lo cual es esencial para reducir la base de investigación a una muestra significativa. Para el presente estudio, se estableció una

muestra de 15 documentos tras considerar una población inicial de 55,599 documentos encontrados en las bases de datos mencionadas.

Estrategias de Búsqueda

La búsqueda se llevó a cabo utilizando operadores booleanos, que, según Gutiérrez (2017), permiten combinar las palabras clave, aumentando así el número de documentos encontrados relacionados con el tema. Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 1

Resultados de Búsqueda

Combinaciones	Elicit	Google Académico	Redalyc	SciELO	ProQuest Central
Inteligencia Artificial AND procedimientos hemodinámicos AND imágenes digitales.	8	141	97	46	123
Inteligencia Artificial AND procedimientos hemodinámicos AND imágenes digitales OR imagen diagnóstica	8	184	45	-	11,123
Inteligencia Artificial AND imagen diagnóstica.	8	23,700	16,857	-	3,267

Nota. Resultados obtenidos de literatura académica sobre temas específicos utilizando palabras clave.

Para la selección de los documentos que se sistematizarán en la matriz RAE, se establecieron los siguientes criterios:

Criterios de Inclusión

Documentos relacionados con hemodinamia o procedimientos cardiovasculares.

Documentos publicados en los últimos cinco años.

Criterios de Exclusión

Documentos que aborden la inteligencia artificial e imágenes diagnósticas en otras áreas de la ciencia médica.

Este enfoque metodológico garantiza una revisión exhaustiva y rigurosa de la literatura existente, contribuyendo así a la comprensión de las tendencias actuales en inteligencia artificial y su impacto en la hemodinamia.

Desarrollo

Desde la investigación de documentos se encuentran los aportes de Olano et al., (2023) y Loncaric et al., (2020) quienes coinciden de que la Inteligencia Artificial (IA) hoy en día juega un papel fundamental en la detección temprana de enfermedades de gran prioridad como las cardiovasculares como por ejemplo en etapas de preeclampsia en embarazos de alto riesgo y en donde los procedimientos hemodinámicos son importantes.

Sobre esto, Olano et al., (2023) considera que existen tendencias en IA como la Técnica de Deep Learning considerada como el aprendizaje profundo que utiliza analogías como las redes neuronales y arboles de clasificación para el análisis de grandes volúmenes de datos para el reconocimiento de patrones preestablecidos para otorgar precisión en el diagnóstico y eficiencia en la toma de decisiones en planes de tratamiento. Loncaric et al., (2020) deja en evidencia las tendencias del aprendizaje supervisado, aprendizaje profundo y no supervisado en donde se incluyen tendencias como las redes neuronales artificiales ya mencionadas, las redes neuronales convolucionales, generativas antagónicas y otras como las no supervisadas como el análisis discriminante lineal y de componentes principales.

Además, Olano et al., (2023) refiere a que la IA en hemodinamia durante la intervención de embarazos de alto riesgo también aporta al análisis de la velocidad de onda del pulso carotídeo femoral permitiendo evaluar el volumen y la presión que ejerce la sangre en los vasos sanguíneos sin procedimientos evasivos beneficiando el diagnóstico precoz de posibles preeclamsias y otorgando mayor seguridad de la paciente y su bebe.

Loncaric et al. (2020) considera que la IA en la imagen cardiaca permite analizar con mayor proyección y precisión las diferentes estructuras del corazón y de vasos sanguíneos desde mejores procesos de segmentación, análisis y cuantificación.

Los beneficios que estas tecnologías ofrecen en los procedimientos hemodinámicos e imagen digital también se destacan en la parte administrativa por medio de la reducción de costos, mejores oportunidades terapéuticas por diagnósticos más acertados, control de errores humanos, alivio en la carga de trabajo del profesional por medio de análisis automáticos que permiten dar seguridad en la toma de decisiones.

Conclusiones y Recomendaciones

El estudio presenta diversas oportunidades que la Inteligencia Artificial (IA) puede ofrecer en el contexto de la salud cardiovascular en Colombia, enmarcadas en la mejora de la eficiencia, precisión y accesibilidad de los servicios de imagen diagnóstica.

En primer lugar, la Inteligencia Artificial (IA) a través de técnicas avanzadas como el Deep Learning y las redes neuronales convolucionales, permiten obtener imágenes médicas de mayor resolución, precisión y detalle. Esto facilita el diagnóstico temprano de afecciones cardiovasculares, posibilitando intervenciones más oportunas y efectivas. Asimismo, el análisis de grandes volúmenes de datos hemodinámicos y la segmentación precisa de estructuras cardíacas viabiliza la detección precoz de signos de enfermedad, mejorando los procesos de prevención y tratamiento.

Por otra parte, la implementación de la IA en el ámbito médico puede contribuir a la reducción de procedimientos invasivos, disminuyendo el riesgo para los pacientes y optimizando el uso de los recursos sanitarios. Adicionalmente, la automatización de tareas a través de la IA puede aliviar la carga de trabajo del personal médico, incrementando la eficiencia de los procesos y, en consecuencia, reduciendo los costos asociados a la atención.

Finalmente, la aplicación de la IA en el diagnóstico y toma de decisiones clínicas puede mejorar la precisión de los diagnósticos, respaldando a los profesionales de la salud en la adopción de decisiones fundamentales en evidencia. Esto, a su vez, se traduce en una mejor calidad de atención y mejores resultados para los pacientes.

Hasta el momento, se han mencionado los aspectos positivos que podría brindar la IA en el contexto de la salud cardiovascular en Colombia, sin embargo, también es preciso que existen limitaciones en el campo médico y que deben afrontarse.

En primer lugar, la implementación de soluciones de la IA requiere una infraestructura tecnológica adecuada para el almacenamiento y análisis de grandes cantidades de datos médicos de alta calidad. Sin embargo, en muchos países latinoamericanos, el acceso a estas tecnologías puede ser limitado y los datos sanitarios pueden no contar con la estructura suficiente para su digitalización y análisis, lo cual puede obstaculizar el desarrollo e implementación de sistemas de IA.

El costo asociado al desarrollo e implementación de estas tecnologías es un factor restrictivo para instituciones de salud tanto públicas y privadas, lo que su adopción generalizada podría restringir al sector de los beneficios que la IA ofrece.

A pesar de que en Colombia se cuenta con políticas de promoción de las TIC en los diferentes sectores económicos y sociales, existe una ausencia de regulación clara y específica para el uso de la IA en el sector de la salud lo que puede generar incertidumbre retasando su adopción.

Para abordar estas limitaciones, desde este trabajo de investigación se generan recomendaciones que podrían ser tenidas en cuenta dentro del campo profesional de la salud cardiovascular. En primer lugar, los gobiernos e instituciones de salud deben priorizar la inversión en la modernización de la infraestructura tecnológica con el fin de poder implementar y desplegar los beneficios de la IA. Además de esto, se debe promover una mejora de la conectividad, la digitalización de los datos médicos y el fortalecimiento de las capacidades computacionales.

Es fundamental fomentar la investigación, el desarrollo y la innovación en el campo de la IA aplicada a la salud cardiovascular. Esto implica impulsar políticas de I+D+i que permitan generar conocimiento y desarrollo en sector de la salud y académico alineado a la necesidad de

implementar estas herramientas en beneficio de las personas. Además de esto, es importante invertir en capacitación y formación del personal de la salud para que tengan las competencias necesarias a la hora de poder implementar estas herramientas dentro del sector público y privado generando beneficios rápidamente. Es decir que esto contribuirá a generar confianza y una adopción más efectiva de estas tecnologías en la práctica clínica.

Finalmente, debe existir una colaboración y sinergia entre diferentes actores del sector de la salud como IPS, EPS, instituciones de investigación, empresas tecnológicas, profesionales de la salud, para promover una adopción acelerada de la IA superando los desafíos existentes de manera efectiva. La cooperación internacional podría ser una alternativa para buscar esta transformación del sector por medio de esta herramienta por lo que se requiere un liderazgo por parte del gobierno y por parte de las instituciones de salud en el país.

Referencias Bibliográficas

- Asociación Colombiana de Hospitales y Clínicas. (2022). Big Data en salud: cómo va su desarrollo en Colombia. <https://revistahospitalaria.org/enportada/big-data-en-salud-como-va-su-desarrollo-en-colombia-137/>
- Cabral, P., & González, C. J. (2024). Avances y desafíos en el uso de la Inteligencia artificial en medicina. *Salud Militar*. <https://elicit.com/notebook/81815273-0faf-4d4d-8761-a7ab3a97f45b#17febc3d5b17c1737022d2391b3d38bb>
- Cala, J. A., Esteban, L. V., Cepeda, L. A., Hernández, R. F., & Arciniegas, Y. K. (2022). Exploración del potencial de la inteligencia artificial en la calidad del diagnóstico de imágenes médicas. *Universidad Nacional Abierta y a Distancia*. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/53900/jacalap.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Calandrelli, M. (2024). Aliviando la presión: como la inteligencia artificial está redefiniendo la práctica de la ecocardiografía. *Revista Argentina de Cardiología*, 92-93. <https://www.scielo.org.ar/pdf/rac/v92n1/1850-3748-rac-92-01-2.pdf>
- Castellacio, A., Almeida, N., Palomo, M., & Quiñones, D. (2024). Inteligencia artificial en la imagen cardiovascular mediante resonancia magnética. *Sociedad Española de Radiología Médica*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0033833824000316?via%3Dihub>
- Echaverri, D., Peña, I., Suárez, A., & Cabrales, J. (2016). Hemodinamia e intervencionismo cardiovascular: ¿Evolución o revolución? *Revista Colombiana de Cardiología*, 159-162. <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-colombiana-cardiologia-203-articulo-hemodinamia-e-intervencionismo-cardiovascular-evolucion-S0120563315002363>

- Falconi, M., Aineseder, M., Pérez, D., & Ricci, M. A. (2024). Inteligencia artificial. Aplicación en las imágenes cardiovasculares y la prevención cardiovascular. *Revista Argentina Cardiología*, 55-63. <http://www.old2.sac.org.ar/wp-content/uploads/2024/03/55-63-Cardio-1-1-Falconi-C.pdf>
- Febles, G. (2020). Inteligencia artificial en imagenología. Revisión de conceptos, aplicaciones y consecuencias. <https://www.sriuy.org.uy/ojs/index.php/Rdi/article/download/53/70?inline=1>
- Galarza, C. R. (2020). Los alcances de una investigación. *Cienciamérica*, 9(3).
- García, J. R., & Sánchez, P. A. (2020). Diseño teórico de la investigación: instrucciones metodológicas para el desarrollo de propuestas y proyectos de investigación científica. *Revista Información tecnológica*. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642020000600159
- García, M. Á. (2019). Inteligencia Artificial en imagen cardíaca: El futuro está aquí. *Revista Argentina Cardiología*, 491-495. <https://www.scielo.org.ar/pdf/rac/v87n6/1850-3748-rac-87-06-491.pdf>
- García, M. A. (2023). La inteligencia artificial en el diagnóstico por imagen cardíaca: un camino lleno de retos, desafíos y trampas. *Revista de ecocardiografía*, 6(3). <https://imagenretic.org/RevEcocarPract/article/view/636/508>
- Garmendia, C., Gonzalo, N., Blanco, P., & García, H. (2024). Implicancia de la inteligencia artificial en los métodos de imagen endovascular. *Revista Argentina Cardiovascular*, 42-54. <http://www.old2.sac.org.ar/wp-content/uploads/2024/03/42-54-Cardio1-7-Garmendia-Nuevo-D.pdf>

- Garzona, A. (2022). Inteligencia Artificial en Cardiología. *Revista Costrarric Cardiología*, 24(2). <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rcc/v24n2/1409-4142-rcc-24-02-3.pdf>
- Gutiérrez, J. A. (2017). Técnicas para el procesamiento de búsqueda, acceso y selección de información digital: Los operadores.
- Jiménez, A. R., Silva, R. K., Nieto, P. A., Alejandro, H. D., & Hoz, B. B. (2022). La era de la inteligencia artificial radiológica. *Scientific Educación Medical Journal*.
- Loncaric, F., Camara, O., Piella, G., & Bijmens, B. (2020). La integración de la inteligencia artificial en el abordaje clínico del paciente: Enfoque en la imagen cardiaca. *Revista Española de Cardiología*, 7(1).
https://www.researchgate.net/publication/346196529_La_integracion_de_la_inteligencia_artificial_en_el_abordaje_clinico_del_paciente_enfoque_en_la_imagen_cardiaca
- López, D. I. (2023). Impacto de la Inteligencia Artificial en la Radiología. *Revista Cubana de Informática Médica*. <http://scielo.sld.cu/pdf/rcim/v15n1/1684-1859-rcim-15-01-e624.pdf>
- Lubinus, F., & Rueda, C. A. (2021). Redes neuronales Convolucionales: un modelo de Deep Learning en imágenes diagnósticas. Revisión de tema. *Revista Colombiana de Radiología*, 5591-5599.
- Machado, A. M., & Aparicio, L. E. (2021). Técnicas de inteligencia artificial aplicadas al análisis de imágenes diagnóstico. *Eco matemático*, 100-111.
<https://revistas.ufps.edu.co/index.php/ecomatematico/article/view/3237/4278>
- Marín, J. A., & Pelayo, G. L. (2021). Inteligencia artificial en radiología. *Universidad de Extremadura*.
https://dehesa.unex.es/bitstream/10662/12503/1/TFGUEX_2021_Marin_Rodriguez.pdf

- Martínez, J. I., Palacios, G. E., & Oliva, D. B. (2023). Guía para la investigación y el análisis documental: propuesta desde el enfoque investigativo. *Revista Científica de Sociedad, cultura desarrollo Sostenible*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8851658>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2023). Enfermedades Cardiovasculares. Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/salud/publica/PENT/Paginas/enfermedades-cardiovasculares.aspx>
- Moraes, J. J., Almeida, M. C., Cabral, P. H., Messias, A. C., Teles, E., Terebinto, D. V., . . . Lima, M. d. (2023). Impacto da tecnologia de inteligencia artificial na medicina diagnóstica. *Revista Ibero- Americana de Humanidades Ciencias e Educacao*.
- Narváez, M., & Herrera, D. A. (2024). Impacto de la inteligencia artificial en el control de calidad de imágenes radiológicas y la detección de artefactos. *Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD*. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/63440/alladinog.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Observatorio de Tendencias. (2023). Informe anticipado aplicaciones de la inteligencia artificial en medicina personalizada de precisión. *Fundación Instituto Roche*. https://www.institutoroche.es/static/archivos/Informes_anticipando_2023_Aplicaciones_de_la_Inteligencia_Artificial_en_Medicina_Personalizada_de_Precision.pdf
- Ochoa, N. E., Jaramillo, D. A., Alejandra, X., & Lara, M. I. (2023). Panorama de la inteligencia artificial medida por un Big Data en la Colombia Actual. *Revista de Investigación Científica y Tecnológica*.
- Olano, R., Espeche, W., Sisniegues, L., Carrera, P., Leiva, C., Iraola, A. d., & Daniela Gómez, J. M. (2023). Desarrollo de un modelo por inteligencia artificial con hemodinamia no

invasiva para predecir preeclampsia en embarazos de alto riesgo. *Revista Argentina de Cardiología*. chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://www.old2.sac.org.ar/wp-content/uploads/2023/11/345-351-Cardio5-11-Olano-B.pdf

Organización Mundial de la Salud. (2021). Enfermedades Cardiovasculares. Obtenido de https://www.who.int/es/health-topics/cardiovascular-diseases#tab=tab_1

Parada, O., Quintero, J., Quintero, J., Cetina, J., & Carvajal, E. (2024). Radiología 2.0: El futuro de la inteligencia artificial en la identificación e interpretación de imágenes diagnósticas. *Hospital Universitario Erasmo Meoz*. <https://herasmomeoz.gov.co/wp-content/uploads/2024/03/PROYECTO-17.pdf>

Saavedra, J. L., & Sánchez, K. C. (2023). Implementación de la inteligencia artificial y el aprendizaje profundo en las consultas médicas. 7(1). <https://camjol.info/index.php/ReSaDes/article/view/16588>

Sanabria, S. A. (2023). Proceso tecnológico y desigualdades económicas: una aproximación empírica para Colombia. *Apuntes del Cenes*. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-30532022000100083

Sánchez, J. C., & Díez, M. (2024). Impacto de la inteligencia artificial en la transformación de la sanidad: Beneficios y retos. <https://www.mintur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/423/SA%CC%81NCHEZ%20ROSAADO%20Y%20DI%CC%81EZ%20PARRA.pdf>

Sánchez, P. L. (2023). Inteligencia artificial y cardiología. *Instituto de investigación Biomédica de Salamanca*. <https://cardiologia.almirallmed.es/wp->

content/uploads/sites/8/2023/06/2023_cardiologia-hoy-num-12_inteligencia-artificial-y-cardiologia.pdf

Santana, V., Castro, F., Oliveira, F. d., Brasiliano, L., Azevedo, L. F., Azevedo, L. F., & Campos, A. S. (2023). O uso da inteligência artificial no diagnóstico por imagens médicas baseadas no padrão DICOM uma revisão sistemática. *Revista Multidisciplinar em Saúde*. <https://editoraintegrar.com.br/publish/index.php/remes/article/view/3993>

Sociedad Colombiana de Cardiología y Cirugía cardiovascular. (2023). Monitoria remota cardiovascular con inteligencia artificial. <https://scc.org.co/monitoria-remota-cardiovascular-con-inteligencia-artificial/>

Suazo, I. (2020). Inteligencia Artificial en Medicina Humana. *Medical and surgical Sciences*, 1-4.

Veletanga, J. (2023). Hospital Alcívar da un paso 'gigante' en el manejo y tratamiento de las enfermedades cardiovasculares. <https://www.edicionmedica.ec/secciones/empresas/hospital-alcivar-da-un-paso--gigante--en-el-manejo-y-tratamiento-de-las-enfermedades-cardiovasculares-100288>

Vigliano, A., Lastra, M. G., & Miquelini, A. (2024). Percepción de la inteligencia artificial en la comunidad radiológica argentina. <http://www.scielo.org.ar/pdf/rar/v88n2/1852-9992-rar-88-2-49.pdf>