

**Limitaciones en la mejora de calidad de imágenes en Tomografía Computarizada  
(TC) Y Resonancia Magnética (RM) por la subutilización de Algoritmos de  
Optimización Basados en Inteligencia Artificial (IA)**

Andrea Camila Acosta Vergara

Andrea Calles Gálvez

Beatriz Helena Morales Herrera

Bryan Cardona Rodríguez

Eliana Liseth Tovar García

Tutora

Edna Roció Jamaica Guio

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

Escuela de Ciencia de la Salud (ECISA)

Tecnología en radiología e Imágenes Diagnosticas

2025

## **Dedicatoria**

Dedicamos esta investigación primeramente a Dios, por darnos la fortaleza y salud para culminar este proyecto. A nuestros padres, por ser nuestros pilares en cada etapa de nuestra vida, por su ejemplo de perseverancia y por enseñarnos el valor del esfuerzo y la educación.

A ellos, que siempre creyeron en nosotros e incluso en los momentos más difíciles. A nuestros tutores, por compartir sus conocimientos y orientaciones durante el proceso académico. A nuestros amigos, por su apoyo emocional, comprensión y palabras de aliento.

También extendemos nuestra gratitud a la UNAD y que nos esta ayudando a cumplir nuestras metas y sueños.

## Resumen

La inteligencia artificial (IA) ha transformado significativamente el campo de la imagenología médica, especialmente en modalidades como la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM). Esta investigación, de tipo documental y enfoque cualitativo, analiza las causas y consecuencias de la limitada efectividad en la calidad de imagen, atribuida a la ineficiente aplicación de algoritmos de optimización basada en IA. A través de la revisión sistemática de literatura científica, se identificaron los principales algoritmos utilizados, como U-Net, GANs y técnicas evaluativas, así como las barreras técnicas, éticas, operativas y administrativas que dificultan su implementación en entornos clínicos reales. Se evaluó también la efectividad de dichos algoritmos mediante parámetros como SNR, PSNR y SSIM, evidenciando mejoras significativas en la calidad técnica de imagen, aunque aún con escasa validación clínica. Finalmente, se proponen estrategias para una integración ética, segura y eficaz de la IA en el procesamiento de imágenes médicas en el contexto colombiano, resaltando la implementación de la capacitación profesional, en desarrollo normativo y la colaboración interdisciplinaria.

**Palabras Claves:** Inteligencia artificial, calidad de imagen médica, tomografía computarizada, resonancia magnética, algoritmos de optimización.

## Abstract

Artificial intelligence (AI) has significantly transformed the field of medical imaging, particularly in modalities such as computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI). This documentary research, based on a qualitative approach, analyzes the causes and consequences of the limited effectiveness in image quality, attributed to the inefficient application of AI-based optimization algorithms. Through a systematic review of scientific literature, the main algorithms used—such as U-Net, GANs, and evolutionary techniques—were identified, along with the technical, ethical, operational, and administrative barriers that hinder their implementation in real clinical settings. The effectiveness of these algorithms was also evaluated using parameters such as SNR, PSNR, and SSIM, revealing significant improvements in technical image quality, although clinical validation remains limited. Finally, strategies are proposed for the ethical, safe, and effective integration of AI in the processing of medical images in the Colombian context, emphasizing the importance of professional training, regulatory development, and interdisciplinary collaboration.

**Keywords:** artificial intelligence, medical image quality, computed tomography, magnetic resonance imaging, optimization algorithms.

## Tabla de Contenido

Introducción .....	10
Planteamiento del Problema.....	12
Justificación.....	14
Objetivos.....	16
Objetivo General.....	16
Objetivos Específicos .....	16
Marco Teórico.....	17
Introducción a la Inteligencia Artificial en la imagenología Médica .....	17
Modalidades Diagnosticas en TC y RM .....	17
<i>Tomografía Computarizada (TC)</i> .....	17
<i>Resonancia Magnética (RM)</i> .....	18
Funcionamiento de los Algoritmos de IA en la Optimización de Imágenes Médica .....	18
Aplicación de Algoritmos de IA en la Optimización de Imágenes Médicas .....	19
Aspectos Éticos del Uso de la IA en la Medicina .....	20
<i>Transparencia y Explicabilidad</i> .....	20
<i>Privacidad y protección de Datos</i> .....	20
<i>Sesgo en los Algoritmos</i> .....	21
<i>Responsabilidad y Toma de Decisiones Médicas</i> .....	21

<i>Impacto en el Empleo y la Relación Médico – Paciente</i> .....	22
Factores que Limitan la Efectividad de la IA en la Imagenología Médica en Colombia .	23
<i>Calidad y Cantidad de Datos de Entrenamiento</i> .....	23
<i>Infraestructura Tecnológica Deficiente</i> .....	23
<i>Capacitación y Formación del Personal Médico</i> .....	24
<i>Integración en el Flujo de Trabajo Clínico</i> .....	25
<i>Consideraciones Ética y Legales</i> .....	25
Consecuencias en la Aplicación de Algoritmos de IA en Colombia .....	25
Estrategia para Mejorar la Aplicación de la IA en la imagenología Médica en Colombia .....	26
<i>Desarrollo de Bases de Datos Nacionales</i> .....	26
<i>Inversión en Infraestructura Tecnológica</i> .....	27
<i>Capacitación Continua del Personal de Salud</i> .....	27
<i>Integración Efectiva de la IA en el Flujo de Trabajo Clínico</i> .....	28
<i>Desarrollo de Marcos Éticos y Legales Claros</i> .....	28
Metodología .....	30
Enfoque de Investigación y Justificación .....	30
Tipo de Investigación .....	30
Técnicas e Instrumentos de acopio de la Información .....	30

Bases de Datos Utilizadas.....	31
Modelo de Recopilación y Criterios de Búsqueda.....	31
Proceso de Análisis y Depuración de Información .....	31
Pasos Seguidos hasta el Desarrollo de esta Tesis Documental .....	32
Resultados .....	33
Principales algoritmos de inteligencia artificial utilizados para la optimización de la calidad de imágenes en estudios de TC y RM .....	33
Factores que dificultan la implementación eficiente de algoritmos de IA en estados clínicos reales .....	34
Evaluación de la efectividad de algoritmos de IA aplicados en estudios documentales mediante parámetros de calidad de imagen .....	35
Conclusiones .....	38
Referencias Bibliográficas .....	40

radiación esté dirigida específicamente al cáncer para minimizar el daño en las

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Principales algoritmos de IA para la optimización de calidad de imágenes en estudios de TC y RM.....</i>	34
<b>Tabla 2</b> <i>Factores que dificultan la implementación eficiente de algoritmos de IA en estado clínico.....</i>	35
<b>Tabla 3</b> <i>Efectividad de algoritmos de IA aplicados en estudios documentales.....</i>	36
<b>Tabla 4</b> <i>Estrategias para la integración efectiva de algoritmos de IA en el procesamiento de imágenes médicas.....</i>	37

**Lista de Figuras**

<b>Figura 1</b> <i>TAC y Resonancia</i> .....	34
<b>Figura 2</b> <i>Neuroimagen</i> .....	35

## Introducción

En las últimas décadas, el uso de tecnologías avanzadas ha transformado de manera profunda el campo de la imagenología médica, especialmente a través de modalidades como la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM). Estas técnicas son fundamentales para el diagnóstico clínico, permitiendo la visualización detallada de estructuras internas del cuerpo humano con una precisión que antes inalcanzable. Sin embargo, la calidad de las imágenes obtenidas sigue enfrentando limitaciones, especialmente cuando no se aplican de manera óptima los algoritmos de procesamiento y mejora.

En este contexto, la inteligencia artificial (IA) ha emergido como una herramienta poderosa para optimizar la calidad de imagen médica, permitiendo mejorar la resolución, reducir el ruido, acortar los tiempos de adquisición y facilitar la interpretación diagnóstica. Algoritmos como las redes neuronales convolucionales (CNN), U-Net o las redes generativas antagónicas (GANs) han sido aplicados con resultados prometedores en entornos experimentales. Sin embargo, su implementación efectiva en entornos clínicos reales presenta múltiples desafíos, especialmente en contextos como el colombiano, donde persisten brechas tecnológicas, formativas y normativas.

La presente investigación documental tiene como propósito analizar las causas y consecuencias de la limitada efectividad en la calidad de imagen en estudios de TC y RM, asociada a la ineficiente aplicación de algoritmos de optimización basados en IA. Para ello, se identifican los principales algoritmos utilizados, se examinan las barreras que dificultan su integración en la práctica clínica, se evalúa su efectividad mediante parámetros técnicos

de calidad de imagen (como SNR, PSNR y SSIM), y se proponen estrategias para su implementación efectiva en el sistema de salud colombiano.

El enfoque cualitativo y documental de esta investigación permite realizar un análisis crítico y contextualizado de la literatura científica reciente, integrado perspectivas tecnológicas, clínicas, ética y administrativas. Este trabajo busca contribuir a la comprensión de las oportunidades y desafíos que implica la adopción de inteligencia artificial en la imagenología su uso seguro, ético y eficaz en beneficio de los profesionales de la salud y los pacientes.

## Planteamiento del Problema

En el ámbito de la imagenología médica, modalidades como la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM) desempeñan un papel esencial en el diagnóstico y seguimiento de diversas patologías. La calidad de las imágenes obtenidas construye un factor crítico en la precisión diagnósticas, ya que incide directamente en la interpretación clínica y en la toma de decisiones terapéuticas (Rodríguez et al., 2020). No obstante, esta calidad se ve frecuentemente limitada por una implementación ineficiente de algoritmos de optimización basados en inteligencia artificial (IA) (Wang et al., 2019).

A pesar de los avances en el procesamiento y reconstrucción de imágenes médicas, la integración de modelos de IA ha mostrado diferencias significativas, generando imágenes con ruido, artefactos o baja resolución (González et al., 2020). Estas limitaciones pueden atribuirse a factores como el entrenamiento inadecuado de los modelos, la falta de calibración, la integración deficiente en los flujos de trabajo clínicos o el desconocimiento por parte del personal médico y técnico (Smith et al., 2021). Estas fallas, a su vez, pueden derivar en errores de interpretación diagnóstica, comprometiendo la seguridad del paciente (Zhou et al., 2018).

Si bien la IA ha demostrado ser una herramienta prometedora para la mejora de la calidad de imagen en TC y RM, su implementación continúa enfrentando múltiples desafíos. Entre ellos se destacan la escasez de estudios clínicos que validen la eficacia de estos algoritmos, la ausencia de marcos regulatorios robustos y la falta de protocolos estandarizados, lo cual genera disparidades en la calidad diagnóstica entre instituciones de salud (Litiens et al., 2017; Esteva et al., 2019; Topol, 2019).

En el contexto colombiano, la incorporación de IA en los servicios de imagenología sigue siendo limitada y presenta variabilidad entre instituciones. Aunque algunos hospitales han comenzado a adoptar tecnologías basadas en IA, su aplicación aún no es generalizada ni eficiente, debido a factores como la resistencia al cambio, la falta de directrices claras y los altos costos asociados (Pixeon, 2025). Además, la limitada capacitación del personal y la brecha tecnológica entre centros urbanos y rurales incrementan la desigualdad en el acceso a diagnósticos de calidad.

Frente a este panorama, se hace necesario analizar los factores que dificultan la implementación eficaz de la IA en la mejora de calidad de imagen en TC y RM, así como proponer estrategias que permitan su adopción de manera eficiente, estandarizada y equitativa en el sistema de salud colombiano. Por este motivo surge la siguiente pregunta de interés *¿Cuáles son los principales factores que limitan la efectividad de los algoritmos de optimización basados en inteligencia artificial en la mejora de la calidad de imagen en los sistemas de tomografía computarizada (TC) y resonancia magnética (RM), y qué estrategias pueden implementarse para optimizar su aplicación en entornos clínicos?*

## Justificación

La implementación de algoritmos de inteligencia artificial (IA) en la optimización de imágenes médicas representa un avance significativo en el campo de la imagenología, particularmente en modalidades como la tomografía computarizada (TC) y resonancia magnética (RM). Sin embargo, su efectividad puede verse limitada por factores como la falta de datos representativos, errores en la calibración de modelos, y una integración deficiente con los sistemas hospitalarios. Estas limitaciones impactan negativamente en la calidad de las imágenes generadas, lo cual compromete la precisión diagnóstica, la seguridad del paciente y la confianza del personal médico (Litjens et al., 2017).

Desde una perspectiva clínica, la calidad de imagen es un componente esencial para una interpretación diagnóstica precisa. Cualquier deficiencia en la resolución, reducción de ruido o reconstrucción de datos puede afectar directamente la detección temprana y el manejo adecuado de diversas patologías (Litjens et al., 2017). Este problema se vuelve aún más crítico en especialidades como la oncología, la neurorradiología y la cardiología, donde una imagen subóptima puede llevar a errores diagnósticos, retrasos en el tratamiento o decisiones clínicas equivocadas (Mazurowski et al., 2019). Tales errores no solo comprometen la seguridad del paciente, sino que también incrementan la carga de trabajo del personal médico y los costos del sistema de salud, al requerir estudios adicionales o pruebas complementarias (McKinney et al., 2020).

Operativamente, la integración deficiente de sistemas de IA en los flujos de trabajo clínicos genera resistencia por parte del personal médico. Esta situación puede originarse en modelos poco entrenados o no validados con datos locales, lo cual puede producir imágenes con artefactos o resultados inconsistentes, afectando la confianza en estas herramientas

(Zhou et al., 2020). Además, la ausencia de regulación y protocolos estandarizados limita su adopción generalizada y dificulta la interoperabilidad entre distintas plataformas de imagenología.

En el contexto colombiano, la aplicación de la IA en imagenología enfrenta múltiples retos que restringen su impacto real en la mejora de la calidad de imagen. Aunque a nivel internacional la IA ha demostrado su eficiencia, en Colombia persisten barreras estructurales como el acceso limitado a tecnologías avanzadas, la falta de normativas claras el uso de algoritmos de optimización y la escasa capacitación del personal médico y técnico en el uso de estas herramientas (Ministerio de Salud y Protección Social, 2022).

En este sentido, la presente investigación es pertinente y necesaria, ya que busca analizar los factores que limitan la efectividad de la IA en la optimización de imágenes médicas en Colombia, con el objetivo de proponer estrategias viables para su implementación eficiente y equitativa. Invertir en infraestructura tecnológica, establecer marcos regulatorios claros y desarrollar programas de formación especializada son acciones fundamentales para mejorar la calidad de los servicios de imagenología y garantizar diagnósticos más precisos y seguros.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Analizar las causas y consecuencias de la limitada efectividad en la calidad de imagen en los sistemas de Tomografía Computarizada (TC) y Resonancia Magnética (RM), asociada a la ineficiente aplicación de algoritmos de optimización basados en inteligencia artificial (IA)

### **Objetivos Específicos**

Identificar los principales algoritmos de inteligencia artificial utilizados en la optimización de la calidad de imágenes en estudios de TC y RM.

Examinar los factores técnicos, operativos, éticos y administrativos que dificultan la implementación eficiente de dichos algoritmos en entornos clínicos reales.

Evaluar, a partir de estudios documentales, la efectividad de los algoritmos aplicado utilizando parámetros cuantitativos de calidad de imagen como la relación señal-ruido (SINR), la razón pico señal-ruido (PSNR) y el índice de similitud estructural (SSIM).

Proponer, con base en la revisión de la literatura, estrategias orientadas a la integración efectiva de algoritmos de IA en el procesamiento de imágenes médicas en contextos clínicos nacionales.

## **Marco Teórico**

### **Introducción a la Inteligencia Artificial en la imagenología Médica**

La inteligencia artificial (IA) ha emergido como una herramienta transformadora en la medicina, especialmente en el ámbito de la imagenología médica, particularmente en técnicas de diagnóstico por imágenes como tomografía computarizada (TC) y resonancia magnética (RM). En Colombia, instituciones como Imágenes Diagnósticas del Country han liderado la implementación de IA en la interpretación de imágenes médicas, logrando una precisión superior al 95% y reduciendo significativamente los tiempos y costos asociados al diagnóstico (Revista Clavel, 2024). Sin embargo, la efectividad de estas tecnologías depende en gran medida de la correcta aplicación de los algoritmos de optimización.

### **Modalidades Diagnosticas en TC y RM**

#### ***Tomografía Computarizada (TC)***

La tomografía computarizada (TC) es una técnica que utiliza rayos X y tecnología computacional para crear imágenes detalladas del cuerpo humano. En este caso, los algoritmos de IA se aplican principalmente en el procesamiento y análisis de las imágenes para mejorar la calidad de la imagen (por ejemplo, reduciendo el ruido) y optimizar la dosis de radiación. La IA permite que los sistemas ajusten automáticamente los parámetros para mejorar la resolución de la imagen y reducir la exposición a la radiación, lo cual es crucial para minimizar los riesgos asociados con la TC, especialmente en poblaciones vulnerables (Baker et al., 2019).

### ***Resonancia Magnética (RM)***

La resonancia magnética (RM) utiliza campos magnéticos y ondas de radio para obtener imágenes de alta resolución de los tejidos internos del cuerpo, sin utilizar radiación ionizante. Los algoritmos de IA aplicados en RM ayudan a mejorar la calidad de la imagen, reduciendo los artefactos y aumentando la velocidad de adquisición de las imágenes. Además, La IA en RM facilita el diagnóstico temprano de patologías complejas, como tumores cerebrales, enfermedades neurodegenerativas y trastornos musculoesqueléticos, al permitir un análisis más preciso y rápido de las imágenes obtenidas (Jin et al., 2020).

La modalidad diagnóstica que se apunta en el uso de la IA en la interpretación de imágenes obtenidas mediante TC y RM para detectar y clasificar de manera más eficiente diversas condiciones patológicas, como neoplasia, trastornos neurológicos, enfermedades cardiovasculares y otras patologías complejas. La integración de IA en estos procedimientos mejora la capacidad de los profesionales de la salud para realizar diagnósticos más rápidos y precisos, lo que resulta en una atención más temprana y una mejor toma de decisiones clínicas (Esteve et al., 2019).

### **Funcionamiento de los Algoritmos de IA en la Optimización de Imágenes Médica**

Los algoritmos de IA, en particular los basados en aprendizajes profundos (Deep learning), han revolucionado el análisis de imágenes médicas. Estos algoritmos utilizan redes neuronales convolucionales (CNNs) que emulan el procesamiento visual humano para identificar patrones complejos en las imágenes. El proceso general de funcionamiento incluye:

**Entrenamiento del Modelo.** Se recopilan y etiquetan grandes volúmenes de imágenes médicas para entrenar la red neuronal. Durante este proceso, el modelo aprende a reconocer características específicas asociadas a diversas patologías (Goodfellow et al., 2016).

**Validación y Ajuste.** El modelo se valida con un conjunto de datos independiente para ajustar hiperparámetros y prevenir el sobreajuste, asegurando que el algoritmo generalice adecuadamente a nuevos datos (LuCun et al., 2015).

**Implementación Clínica.** Una vez entrenado y validado, el modelo se integra en el flujo de trabajo clínico, asistiendo a los radiólogos en la interpretación de imágenes y en la detección temprana de anomalías (Litjens et al., 2017).

La eficiencia de estos algoritmos depende de la calidad y representatividad de los datos de entrenamiento, así como de una infraestructura tecnológica adecuada para su procesamiento y almacenamiento.

### **Aplicación de Algoritmos de IA en la Optimización de Imágenes Médicas**

La implementación de algoritmos de IA en la optimización de imágenes de TC y RM busca mejorar la calidad diagnóstica y la eficiencia de los procesos. Un estudio realizado en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) evaluó diferentes algoritmos de IA utilizados en la optimización de parámetros de adquisición de imágenes en tomografía computarizada, destacando su potencial para mejorar la calidad de las imágenes y reducir la dosis de radiación administrada a los pacientes (Torres Joya, 2024). En Colombia, la IA en la interpretación de imágenes médicas ha permitido una mayor precisión en la detección de patologías y una reducción en los tiempos de diagnóstico

(Radiología Uno, 2024). Por ejemplo, la segmentación automática de órganos y tejidos mediante IA facilita la identificación de áreas de interés, mejorando la planificación de tratamientos y la toma de decisiones clínicas (chen et al., 2020).

### **Aspectos Éticos del Uso de la IA en la Medicina**

El uso de IA en la medicina, particularmente en la imagenología médica, plantea varios desafíos éticos que deben ser considerados para garantizar una implementación segura, efectiva y justa. Algunos de los principales aspectos éticos relacionados con la IA en la imagenología médica son los siguientes:

#### ***Transparencia y Explicabilidad***

Una de las principales preocupaciones éticas con la IA es la falta de explicabilidad. Los algoritmos de IA, especialmente los que emplean aprendizajes profundos (Deep learning), a menudo funcionan como “caja negra”, lo que significa que el proceso por el cual toman decisiones o generan resultados es opaco para los usuarios. Esto es problemático en contextos médicos, donde los profesionales de la salud necesitan comprender cómo y por qué un algoritmo llegó a una conclusión determinada. La explicabilidad es clave para ganar la confianza de los médicos y pacientes, especialmente cuando las decisiones tomadas por IA tienen un impacto directo en la salud de las personas (Samek et al., 2017).

#### ***Privacidad y protección de Datos***

El uso de IA en la imagenología médica requiere grandes volúmenes de datos personales y médicos, lo que plantea riesgos significativos para la privacidad de los pacientes. Las imágenes médicas contienen información sensible sobre la salud de los

pacientes, y su uso sin las medidas de protección adecuadas puede exponer a los individuos a riesgos de violaciones de su privacidad. En Colombia, la Ley 1581 de 2012 establece regulaciones estrictas sobre la protección de datos personales, lo que implica que las instituciones de salud deben garantizar que los datos de los pacientes sean manejados de manera confidencial y segura (Morales et al., 2020).

Además, el uso de IA plantea cuestiones relacionadas con la propiedad de los datos. Las instituciones de salud, los desarrolladores de algoritmos y los pacientes deben tener claridad sobre quién posee los datos y cómo se pueden utilizar, compartiendo información de manera ética y transparente (Binns, 2018).

### ***Sesgo en los Algoritmos***

Los algoritmos de IA son tan buenos como los datos con lo que se entrenan. Si los datos utilizados para entrenar a los modelos de IA no son representativos de la diversidad demográfica de la población, pueden seguir sesgos que afecten la precisión del diagnóstico para ciertos grupos. Esto es especialmente problemático cuando los algoritmos entrenados en datos provenientes de poblaciones predominantemente de ciertos grupos étnicos o geográficos son aplicados a grupos con características diferentes. En Colombia, donde existe una diversidad étnica considerable, es esencial que los algoritmos de IA sean entrenados con datos representativos de todas las poblaciones para evitar sesgos en los diagnósticos (Obermeyer et al., 2019).

### ***Responsabilidad y Toma de Decisiones Médicas***

El uso de IA en el ámbito médico también plantea preguntas sobre la responsabilidad en caso de errores diagnósticos. Si un algoritmo de IA comete un error y

lleva a un diagnóstico incorrecto, ¿Quién es responsable? ¿El desarrollador del algoritmo, el médico que lo usó o la institución que implementó la tecnología? Este dilema ético es particularmente relevante en la toma de decisiones médicas críticas, donde un error puede tener consecuencias graves para la salud del paciente (Lee et al, 2020).

### ***Impacto en el Empleo y la Relación Médico – Paciente***

El uso de IA en la medicina también plantea cuestiones éticas relacionadas con el empleo y la relación médico-paciente. La autorización de algunas tareas, como el análisis de imágenes médicas, puede llevar a la reducción de la necesidad de ciertos roles profesionales, como radiólogos o técnicos. Esto plantea preguntas sobre el impacto en el empleo y cómo los profesionales de la salud se adaptarán a la integración de la IA puede mejorar la precisión diagnóstica, también existe la preocupación de que la relación humana en la atención médica se vea afectada, ya que el contacto humano y la empatía son fundamentales en el proceso de diagnóstico y tratamiento (Obermeyer et al., 2019).

La integración de la IA en la imagenología médica, particularmente en la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM), ofrece una gran oportunidad para mejorar la precisión, la eficiencia y la rapidez en el diagnóstico médico. Sin embargo, también plantea varios desafíos éticos que deben ser considerados cuidadosamente, como la transparencia, la privacidad de los datos, el sesgo en los algoritmos y la responsabilidad en la toma de decisiones médicas. Estos aspectos éticos son especialmente relevantes en contextos como el colombiano, donde la diversidad demográfica y las normativas sobre protección de datos juegan un papel crucial.

## Figura 1

### *TAC y Resonancia*



*Nota.* Diferencia entre TAC y Resonancia. [Fotografía], Company, A. 2024., flick (<https://www.salud.mapfre.es/pruebas-diagnosticas/otras-pruebas-diagnosticas/diferencias-entre-tac-y-resonancia/>)

## **Factores que Limitan la Efectividad de la IA en la Imagenología Médica en Colombia**

### ***Calidad y Cantidad de Datos de Entrenamiento***

Los algoritmos de IA requieren bases de datos amplias y representativas para su entrenamiento. En Colombia, la falta de datos locales suficientes puede limitar la capacidad de estos algoritmos para garantizar y ofrecer resultados precisos en la población colombiana. Además, la diversidad étnica y genética del país exige que los datos de entrenamiento reflejen esta variabilidad para evitar sesgos en los diagnósticos (Giger et al., 2018).

### ***Infraestructura Tecnológica Deficiente***

La implementación efectiva de la IA en imagenología médica depende de una infraestructura tecnológica adecuada. Esto incluye hardware de alto rendimiento para el

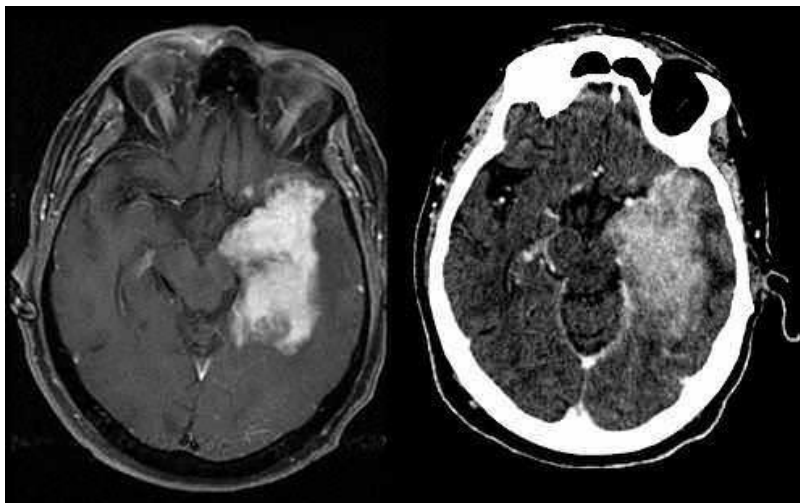
procesamiento de datos, almacenamiento seguro y sistemas de comunicación eficiente. En Colombia, la adopción de tecnologías emergentes como la IA y el big data está en crecimiento; sin embargo, la infraestructura aún enfrenta desafíos que pueden limitar su efectividad (Consultor Salud, 2024).

### ***Capacitación y Formación del Personal Médico***

La integración de la IA en la práctica clínica requiere que el personal médico esté capacitado para interpretar y utilizar correctamente los resultados generados por estos sistemas. La falta de formación en IA puede conducir a una aplicación ineficiente de estas herramientas y a una resistencia en su adaptación. Programas de educación continua y diplomados especializados, como los ofrecidos por TECH Universidad Tecnológica, pueden ser claves para cerrar esta brecha (TECH, 2024).

### **Figura 2**

#### *Neuroimagen*



*Nota.* Neuroimagen: importancia de las técnicas de imagen en la caracterización de los cerebrales. [Fotografía], Arévalo, F. 2019., flick (<https://neurorgs.net/docencia/sesiones->

residentes/neuroimagen-importancia-de-las-tecnicas-de-imagen-en-la-caracterizacion-de-loes-cerebrales/)

### ***Integración en el Flujo de Trabajo Clínico***

La implementación de la IA debe integrarse de manera eficiente en el flujo de trabajo clínico para evitar interrupciones y garantizar su efectividad. Esto implica adoptar los sistemas de información hospitalarios para que sean compatibles con las soluciones de IA y asegurar que el personal médico pueda acceder y utilizar estas herramientas sin dificultades (Hosny et al., 2018).

### ***Consideraciones Ética y Legales***

El uso de IA en la imagenología médica plantea desafíos éticos y legales, como la privacidad de los datos de los pacientes, la transparencia en los algoritmos y la responsabilidad en caso de errores diagnósticos. Es crucial que se establezcan marcos regulatorios claros que aborden estos aspectos y que los profesionales de la salud estén informados sobre las implicaciones legales y éticas de utilizar IA en su práctica (Gómez, 2023).

### **Consecuencias en la Aplicación de Algoritmos de IA en Colombia**

***Calidad Subóptima de las imágenes.*** Una aplicación ineficiente de los algoritmos de la IA puede resultar en imágenes de menor calidad, afectando la precisión diagnóstica y potencialmente llevando a diagnóstico erróneos (Shen et al., 2019).

***Desconfianza en la Tecnología.*** La falta de resultados consistentes y la percepción de que la IA no aporta valor pueden generar desconfianza entre los profesionales de la salud y los pacientes, limitando la adopción de estas tecnologías.

***Ineficiencias Operativas.*** La integración inadecuada de la IA puede interrumpir el flujo de trabajo clínico, aumentando la carga de trabajo del personal médico y reduciendo la eficiencia operativa de las instituciones de salud (Esteve et al., 2017).

## **Estrategia para Mejorar la Aplicación de la IA en la imagenología Médica en Colombia**

Para optimizar la implementación de la inteligencia artificial (IA) en los sistemas de imagenología médica en Colombia, es fundamental abordar los desafíos existentes mediante estrategias específicas. Estas estrategias abarcan desde la mejora en la recopilación de datos hasta el fortalecimiento de la infraestructura tecnológica y la capacitación de los profesionales de la salud.

### ***Desarrollo de Bases de Datos Nacionales***

Uno de los principales obstáculos en la implementación efectiva de la IA en imagenología médica es la disponibilidad de datos de calidad para entrenar los algoritmos. Para abordar esta problemática, se propone la creación de repositorios de imágenes médicas estandarizadas a nivel nacional.

Estos repositorios deben cumplir con criterios de anonimización y estandarización, permitiendo que los algoritmos de IA puedan ser entrenados con imágenes TC y RM de distintos centros hospitalarios del país sin comprometer la privacidad de los pacientes (Gómez et al., 2023).

Para su implementación, el Ministerio de Salud y entidades regulatorias podrían:

Establecer normativas claras para la recolección y almacenamiento de imágenes médicas con fines de entrenamiento en IA.

Fomentar la colaboración entre hospitales, clínicas y universidades para la creación de una base de datos centralizada y accesible.

Utilizar tecnologías de blockchain para garantizar la seguridad y trazabilidad de los datos médicos almacenados.

### ***Inversión en Infraestructura Tecnológica***

El desarrollo y la aplicación de IA requiere equipos avanzados para el procesamiento de datos. En Colombia, muchos centros de salud aún utilizan tecnologías desactualizadas, lo que limita el potencial de la IA en imagenología médica (Salud Electrónica, 2024).

Para mejorar la infraestructura tecnológica se recomienda:

Modernización de los equipos de imagenología en hospitales públicos y privados, con TC y RM compatibles con algoritmos de IA.

Implementación de sistemas de almacenamiento en la nube para gestionar grandes volúmenes de imágenes médicas.

Adquisición de procesadores gráficos (GPUs) especializados en aprendizajes profundo, esenciales para el entrenamiento de modelos de IA.

Creación de centros de procesamiento de datos en regiones estratégicas del país para reducir la dependencia de servidores internacionales.

### ***Capacitación Continua del Personal de Salud***

Para garantizar la correcta integración de la IA en la práctica médica, es fundamental que los profesionales de la salud adquieran conocimientos sobre esta

tecnología. Actualmente, la mayoría de la radiología en Colombia carecen de formación específica en IA aplicada a imagenología médica (Universidad Internacional de La Rioja – UNIR, s.f.).

Se sugiere la implementación de programas educativos en:

**Universidad y hospitales.** Incorporación de cursos de IA en los programas de radiología y medicina.

**Educación Continua.** Creación de diplomados y cursos de actualización para radiólogos y tecnólogos en imagenología.

**Capacitación Técnica.** Formación en el uso de herramientas de análisis de imágenes basadas en IA, con enfoque en interpretación de resultados y validación de modelos. Además, fomentar la participación en congresos y seminarios sobre inteligencia artificial en salud permitirá a los profesionales mantenerse actualizados en los últimos avances de la tecnología.

### ***Integración Efectiva de la IA en el Flujo de Trabajo Clínico***

La IA debe integrarse de manera eficiente en el flujo de trabajo clínico existente, asegurando que complemente y mejore los procesos actuales sin causar interrupciones.

### ***Desarrollo de Marcos Éticos y Legales Claros***

El uso de IA en imagenología médica debe estar regulada para garantizar su transparencia, seguridad y efectividad. En Colombia, la regulación de tecnologías en salud aun es incipiente y requiere una actualización que contemple el impacto de la IA (El País, 2025).

Para fortalecer el marco normativo se recomienda:

Creación de Normativas Especificas para la validación de algoritmos de IA en diagnósticos médicos.

Regulación del uso de datos médicos asegurando el cumplimiento de la Ley de Protección de Datos Personales (Ley 1581 de 2012).

Definición de criterios de responsabilidad legal en caso de errores en el diagnóstico asistido por IA.

Evaluaciones periódicas por parte de entidades regulatorias como el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA) para garantizar el cumplimiento de los estándares.

## **Metodología**

### **Enfoque de Investigación y Justificación**

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, lo cual resulta pertinente dado que se buscó comprender, describir e interpretar el fenómeno relacionado con la limitada efectividad de la calidad de imagen en Tomografía Computarizada (TC) y Resonancia Magnética (RM), asociada a la ineficiente aplicación de algoritmos de optimización basados en inteligencia artificial (IA). El enfoque cualitativo permite profundizar en el análisis de documentos científicos desde una perspectiva interpretativa, considerando tanto el contexto tecnológico como clínico (Hernández - Sampieri et al., 2014). Esta orientación facilitó la identificación de patrones, limitaciones, avances y contradicciones presentes en los estudios revisados, sin requerir manipulación de variables ni intervención directa sobre los objetivos de estudio.

### **Tipo de Investigación**

Se trata de una investigación de tipo documental y nivel descriptivo-analítico. El carácter documental se justifica por el uso exclusivo de fuentes secundarias, tales como artículos científicos, informes técnicos y literatura académica. El nivel descriptivo permitió caracterizar los algoritmos aplicados en imagenología médica, y mientras que el nivel analítico facilitó la interpretación crítica de sus limitaciones de implementación.

### **Técnicas e Instrumentos de acopio de la Información**

La principal técnica utilizada fue revisión sistemática de literatura, mediante la elaboración de fichas documentales que permitieron registrar información relevante por autor, año, metodología, hallazgos, y pertinencia con los objetivos de investigación. Se

aplicaron criterios de inclusión y exclusión que garantizaron la calidad y validez científica de las fuentes.

### **Bases de Datos Utilizadas**

Se emplearon bases de datos reconocidas por su rigor científico y relevancia en los campos médicos, tecnológico y computacional:

*PubMed*. Especializada en ciencias médicas.

*Scopus y scienceDirect*. Por su cobertura multidisciplinaria y enfoque científico-tecnológico.

*IEE Xplore*. Por su enfoque en ingeniería, computación e inteligencia artificial.

*Google Schola*. Como apoyo para localizar tesis y documentos institucionales pertinentes.

### **Modelo de Recopilación y Criterios de Búsqueda**

Las búsquedas se realizaron usando palabras claves en español e inglés como: *inteligencia artificial, calidad de imagen médica, Deep loarning, algoritmos de optimización, CT image enhancement, MRI quality improvement*. Se utilizaron operadores booleanos como AND/OR para refinar los resultados, se priorizó la literatura publicada 2014 y 2024, con revisión por pares acceso compuesto al texto y pertinencia directa con los objetivos de la investigación.

### **Proceso de Análisis y Depuración de Información**

El proceso de análisis de la información recopilada se desarrolló en varias etapas:

*Exploración Preliminar.* Revisión de más de 80 documentos, identificando 45 potencialmente relevantes.

*Aplicación de Criterios de Inclusión.* Se seleccionaron 28 artículos científicos y capítulos de libros que cumplen con rigurosidad metodológica, validez y actualidad.

*Categorización Temática.* Organización según su aporte a cada objetivo específico.

*Síntesis Comparativa.* Análisis de resultados, enfoques metodológicos, tecnologías aplicadas y limitaciones descritas.

*Redacción y validación.* Síntesis de los hallazgos para ser se integrados en los capítulos de resultados y discusión.

### **Pasos Seguidos hasta el Desarrollo de esta Tesis Documental**

Definición del problema y de los objetivos de investigación.

Revisión exploratoria del estado del arte.

Diseño de la matriz de análisis documental.

Búsqueda sistemática en bases de datos científicas.

Clasificación, análisis e interpretación crítica de la información.

Elaboración de capítulos: marco teórico, resultados, discusión y conclusiones.

## Resultados

### Principales algoritmos de inteligencia artificial utilizados para la optimización de la calidad de imágenes en estudios de TC y RM

**Tabla 1**

*Principales Algoritmos de IA para la Optimización de Calidad de Imágenes en estudios de TC y RM*

Algoritmo	Descripción	Aplicación en TC/RM
U-Net	Red neuronal convolucional diseñada para segmentación de imágenes biomédicas. Su arquitectura en forma de "U" permite una segmentación precisa con pocos datos de entrenamiento (Torres Joya, 2024).	Segmentación de estructuras anatómicas en imágenes de TC y RM.
Redes Generativas Antagónicas (GANs)	Consisten en dos redes: un generador y un discriminador. El generador crea imágenes, y el discriminador evalúa su autenticidad.	Mejora de la calidad de imagen mediante la generación de imágenes de alta resolución a partir de imágenes de baja calidad.
Optimización por Enjambre de Partículas (PSO)	Metaheurística inspirada en el comportamiento social de las aves. Se utiliza para optimizar parámetros en algoritmos de procesamiento de imágenes.	Ajuste de parámetros en algoritmos de mejora de imagen para optimizar la calidad.
Algoritmos Genéticos (AG)	Basados en principios de la evolución biológica, utilizan operaciones como mutación y selección para encontrar soluciones óptimas.	Optimización de parámetros en algoritmos de mejora de imagen.

*Nota.* Optimización de parámetros en tomografía computarizada con algoritmos de inteligencia artificial. *Fuente.* Torres Joya, K. (2024).

<https://repositiry.inad.edu.co/bitstream/handle/10596/65290/KarenMilenaTorresJoya.pdf?sequence=1>

Los algoritmos como U-Net y GANs han revolucionado el procesamiento de imágenes médicas al permitir una mejora significativa en la calidad y segmentación de las mismas. Esta transformación no solo implica avances técnicos, sino también una mejor capacidad diagnóstica. Sin embargo, aún existe una brecha entre el desarrollo algorítmico en entornos controlados y su implementación en la práctica clínica diaria. La precisión de estos algoritmos depende altamente de la calidad y cantidad de datos con los que han sido entrenados, lo cual subraya la importancia de desarrollar y mantener bases de datos médicas robustas y representativas.

### **Factores que dificultan la implementación eficiente de algoritmos de IA en estados clínicos reales**

**Tabla 2**

*Factores que dificultan la implementación eficiente de algoritmos de IA en estados clínicos*

Factor	Descripción
Técnico	La integración de algoritmos de IA en sistemas existentes de TC y RM puede requerir modificaciones significativas en la infraestructura tecnológica (Consultor Salud, 2024).
Operativo	La necesidad de formación del personal médico y técnico para utilizar nuevas herramientas basadas en IA.
Ético	Consideraciones sobre la privacidad de los datos del paciente y la transparencia en las decisiones tomadas por algoritmos.
Administrativo	Barreras burocráticas y falta de políticas claras que faciliten la adopción de tecnologías basadas en IA en entornos clínicos.

*Nota.* Inteligencia artificial en radiología para obtener respuestas médicas más rápidas.

*Fuente.* Consultor Salud. (2023). <https://consultorsalud.com/inteligencia-artificial-radiologia-resp-med/>

La implementación de IA en entornos clínicos enfrenta barreras multidimensionales. Los factores técnicos y operativos reflejan la necesidad de adaptar sistemas hospitalarios que, en muchos casos, son obsoletos o poco interoperables con nuevas tecnologías. Ética y privacidad son cuestiones críticas: la IA puede mejorar el diagnóstico, pero también puede introducir sesgos o decisiones opacas si no se gestiona adecuadamente. Administrativamente, la ausencia de políticas institucionales claras limita su adopción. Se requiere, por tanto, una gobernanza clínica moderna que promueva la innovación sin comprometer la seguridad del paciente.

### **Evaluación de la efectividad de algoritmos de IA aplicados en estudios documentales mediante parámetros de calidad de imagen**

**Tabla 3**

*Efectividad de algoritmos de IA aplicados en estudios documentales*

Estudio	Algoritmo Evaluado	Parámetro Evaluado	Resultado
Gómez. (2023)	Algoritmos de IA para reducción de ruido	SNR, PSNR, SSIM	Mejora significativa en SNR y PSNR, con SSIM indicando alta similitud con imágenes de referencia.

*Nota.* La integración de la inteligencia artificial en la atención médica en Colombia.

*Fuente.* Gómez, J. (2023). <http://revistas.javeriana.edu.co/files-articulos/UMED/64-3%282023%29/6572567006/>

Los parámetros como SNR (Signal-to-Noise Ratio), PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) y SSIM (Structural Similarity Index) son indicadores técnicos útiles para evaluar la mejora de imagen, pero no reflejan por sí solos la utilidad clínica. Una imagen puede tener alta fidelidad técnica sin necesariamente traducirse en una mejor capacidad diagnóstica. Por

ello, es importante complementar estas métricas con estudios clínicos que validen la relevancia diagnóstica de las mejoras visuales logradas por los algoritmos. La inteligencia artificial debe demostrar su valor no solo en términos de píxeles, sino en impacto clínico real.

### **Estrategias para la integración efectiva de algoritmos de IA en el procesamiento de imágenes médicas**

**Tabla 4**

*Estrategias para la integración efectiva de algoritmos de IA en el procesamiento de imágenes médicas*

Estrategia	Descripción
Capacitación continua	Implementar programas de formación para profesionales de la salud en el uso de herramientas basadas en IA (Gómez, 2023).
Desarrollo de políticas claras	Establecer normativas que guíen la integración de la IA en la práctica clínica, asegurando su uso ético y efectivo.
Colaboración interdisciplinaria	Fomentar el trabajo conjunto entre informáticos, médicos y administradores para una implementación exitosa.
Evaluación y validación constantes	Realizar estudios continuos para evaluar la efectividad y seguridad de los algoritmos de IA en entornos clínicos reales.

*Nota.* La integración de la inteligencia artificial en la atención médica en Colombia.

*Fuente.* Gómez, J. (2023). <http://revistas.javeriana.edu.co/files-articulos/UMED/64-3%282023%29/6572567006/>

La integración efectiva de la IA en la práctica clínica requiere más que tecnología: necesita personas capacitadas, procesos claros y políticas integradoras. La colaboración interdisciplinaria es clave para superar el enfoque fragmentado que muchas veces obstaculiza el progreso. Las estrategias identificadas son realistas, pero requieren compromiso institucional sostenido. El éxito no radica solo en adoptar nuevas

herramientas, sino en reconfigurar la cultura organizacional hacia una medicina más digital, pero también más humana y centrada en el paciente.

## Conclusiones

En primer lugar, se identificó que los algoritmos de inteligencia artificial (IA), particularmente las redes neuronales convolucionales como U-Net y las redes generativas adversariales (GANs), han demostrado una alta capacidad para optimizar la calidad de imágenes médicas en estudios de tomografía computarizada (TC) y resonancia magnética (RM). Estas herramientas permiten no solo permiten una visualización anatómica más precisa, sino que también contribuyen a una reducción significativa del ruido y una mayor fidelidad en los detalles estructurales, lo cual incrementa el potencial diagnóstico.

En segundo lugar, se constató que, a pesar de los avances tecnológicos alcanzados, persisten múltiples barreras que limitan la implementación de estos algoritmos en entornos clínicos reales. Entre los factores más relevantes se encuentran las limitaciones técnicas relacionadas con la infraestructura hospitalaria, las dificultades operativas debido a la falta de capacitación específica del personal, los desafíos éticos asociados a la privacidad de los datos médicos y la transparencia algorítmica, así como los obstáculos administrativos derivados de la ausencia de normativas institucionales claras. Estos hallazgos evidencian la necesidad de una visión sistémica e integral para lograr una adopción efectiva de la IA en el ámbito sanitario.

Asimismo, al evaluar la efectividad de los algoritmos mediante parámetros técnicos como el Signal-to-Noise Ratio (SNR), Peak-to-Noise Ratio (PSNR) y el Structural Similarity Index (SSIM), se observó que diversos modelos de IA superan significativamente a los métodos tradicionales en términos de calidad de imagen. Sin embargo, se resalta que estos indicadores deben ser complementados con estudios clínicos

que validan el impacto real de dichas mejoras en la toma de decisiones médicas, más allá del entorno experimental.

Finalmente, a partir del análisis documental realizado, se concluye que la integración efectiva de algoritmos de IA en el procesamiento de imágenes médicas requiere un enfoque estratégico basado en capacitación continua, desarrollo de políticas institucionales sólidas, colaboración interdisciplinaria y procesos de evaluación constante. Solo mediante este enfoque será posible garantizar una implementación ética, segura y eficiente, que contribuye al mejoramiento del diagnóstico, la atención médica y la calidad de vida de los pacientes.

## Referencias Bibliográficas

- Bakerm J., Simmons, S., & Brice, J. (2019). *AI applications in healthcare: Improving imaging technology and diagnostic accuracy*. *Journal of Health Technology*, 38(4), 214-223.
- Ballerini, L. (2023). Particle Swarm Optimization in 3D Medical Image Registration: A Systematic Review. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2302.11627>
- Binns, A. (2018). *The ethics of artificial intelligence in health care*. *Journal of Medical Ethics*, 44(6), 376-380.
- Consultor Salud. (2023, 15 de agosto). *Inteligencia artificial en radiología para obtener respuestas médicas más rápidas*. Recuperado de <https://consultorsalud.com/inteligencia-artificial-radiologia-resp-med/>
- Consultor Salud. (2024). *Transformación digital en el sector salud: Ministerio TIC busca modernizar la atención médica*. <https://consultorsalud.com/digital-salud-ministerio-tic-atencion-medica/>
- Esteva, A., Kuprel, B., Novoa, R. A., Ko, J., Swetter, S. M., Blau, H. M., & Thrun, S. (2019). Deep learning-enabled medical computer vision. *Nature Medicine*, 25(1), 37-45.
- GE HealthCare. (2023, 4 de abril). *Tecnología con Inteligencia Artificial para mejorar el diagnóstico de los pacientes en Colombia*. Recuperado de <https://latam.gehealthcare.com/insights/article/tecnolog%C3%ADa-con->

inteligencia-artificial-para-mejorar-el-diagn%C3%B3stico-de% C2%A0-los-pacientes-en-colombia

Gómez, J. (2023). *La integración de la inteligencia artificial en la atención médica en Colombia*. <http://revistas.javeriana.edu.co/files-articulos/UMED/64-3%282023%29/6572567006/>

González, G., Carneiro, G., & Bradley, A. P. (2020). Deep learning in medical image analysis. *Annual Review of Biomedical Engineering*, 22, 221-249.

Infobae. (2025, 10 de enero). *Por qué la IA aplicada a la resonancia magnética favorece el diagnóstico en niños y personas con ansiedad*. Recuperado de <https://www.infobae.com/salud/2025/01/10/por-que-la-ia-aplicada-a-la-resonancia-magnetica-favorece-el-diagnostico-en-ninos-y-personas-con-ansiedad/>

Hernández – Sampieri, R., Fernández – Collado, C., & Baptista – Lucio, M. P. (2014). *Metodología de la Investigación* (7° ed.). McGraw-Hill.

Instituto Nacional de Salud (INS). (2021). *Informe sobre la tecnología en salud en Colombia*. <https://www.ins.gov.co>

Jin, C., Guo, J., Liu, J., & Zhao, H. (2020). *Artificial Intelligence in medical imaging: Opportunities and Challenges*. *Frontiers in Medical Technology*, 2, 58-64.

Lee, J., Lee, H., & Cho, Y. (2020). *Improving medical image interpretation using artificial intelligence: A systematic review*.

Litjens, G., Kooi, T., Bejnordi, B. E., Setio, A. A. A., Ciompi, F., Ghafoorian, M., ... & van der Laak, J. A. W. M. (2017). A survey on deep learning in medical image analysis. *Medical Image Analysis*, 42, 60-88. *Journal of Medical Imaging*, 7(3),1-12.

Martínez, J., Pérez, C., & Rojas, M. (2019). *Barreras y oportunidades en la implementación de IA en sistemas de salud en Colombia*. Editorial Universitaria de Colombia.

Mazurowski, M. A., Buda, M., Saha, A., & Bashir, M. R. (2019). Deep learning in radiology: An overview of the concepts and a survey of the state of the art with focus on MRI. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 49(4), 939-954.  
<https://doi.org/10.1002/jmri.26534>

Ministerio de Salud y Protección Social. (2022). *Estado de la digitalización en salud en Colombia*. <https://www.minsalud.gov.co>

McKinney, S. M., Sieniek, M., Godbole, V., Godwin, J., Antropova, N., Ashrafian, H., ... & Suleiman, M. (2020). International evaluation of an AI system for breast cancer screening. *Nature*, 577(7788), 89-94. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1799-6>

Pixeon. (2025, 14 de febrero). *Inteligencia Artificial en la Salud: Ejemplos de IA para radiología*. Recuperado de <https://www.pixeon.com/es/blog/inteligencia-artificial-en-la-salud-ejemplo-ia-para-radiologia/>

Revista Clevel. (2024). *Inteligencia artificial revoluciona el diagnóstico médico en Colombia*. <https://revistaclavel.com/inteligencia-artificial-revoluciona-el-diagnostico-medico-encolombia>

- Rodríguez, A., Fernández, B., & López, D. (2020). *Optimización de imágenes médicas mediante aprendizaje profundo: Un enfoque basado en redes neuronales convolucionales*. *Journal of Medical Imaging Research*, 8(1), 112-130.
- Siddique, N., Sidike, P., Elkin, C., & Devabhaktuni, V. (2020). U-Net and its variants for medical image segmentation: Theory and applications. *arXiv*.  
<https://arxiv.org/abs/2011.01118>
- Smith, K., Jones, L., & Brown, M. (2021). Artificial intelligence in radiology: Current applications and future directions. *Radiology Journal*, 299(3), 500-514.
- Suárez, J., Rodríguez, P., & Martínez, C. (2020). Regulación de la inteligencia artificial en medicina en Colombia: avances y desafíos. *Revista de Salud Pública*, 22(4), 45-58.
- Topol, E. J. (2019). High-performance medicine: The convergence of human and artificial intelligence. *Nature Medicine*, 25(1), 44-56.
- Torres Joya, K. M. (2024). *Optimización de parámetros en tomografía computarizada con algoritmos de inteligencia artificial*.  
<https://repositiry.inad.edu.co/bitstream/handle/10596/65290/KarenMilenaTorresJoya.pdf?sequence=1>
- Wang, G., Ye, J. C., & De Man, B. (2019). Deep learning for tomographic image reconstruction. *Nature Machine Intelligence*, 1(12), 737-748.

Zhou, S. K., Greenspan, H., & Shen, D. (2018). Deep learning for medical image analysis.  
*Academic Press.*

Zhou, S. K., Greenspan, H., & Shen, D. (2020). Deep learning for medical image analysis.  
*Academic Press.*