

## **Optimización de parámetros de imagen basada en IA y aprendizaje automático**

Carlos Roberto Brand Villegas.

Maria Camila Figueroa Amelines.

Heidy Vanessa Mezu Gómez.

Anderson Orejuela Penaranda.

Kundry Charlotte Vanegas López.

Asesor

Maria Camila Davila Castañeda

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias de la Salud ECISAD

Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnosticas

2025

## **Agradecimientos**

En primer lugar, queremos agradecer a Dios por proporcionarnos su orientación, la fuerza, la motivación y la sabiduría requerida para realizar este trabajo. Valoramos su orientación continua y su presencia en cada fase de nuestra vida.

También queremos extender nuestro más sincero agradecimiento a nuestras familias, cuyo amor, apoyo incondicional y sacrificio han sido pilares fundamentales en nuestro desarrollo académico y personal. Su aliento y apoyo nos impulsaron a superar los desafíos que íbamos teniendo en nuestro camino, lo cual nos permitió alcanzar nuestras metas.

Además, queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a las tutoras María Camila Dávila y Edna Rocío Jamaica, por su invaluable guía, el apoyo, la paciencia y la dedicación que nos brindaron a lo largo de este trabajo. Sus experiencias y conocimientos fueron fundamentales para poder desarrollar esta investigación.

También queremos agradecer a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) por habernos brindado la oportunidad y los recursos proporcionados, los cuales hicieron posibles la realización de este trabajo y la culminación de nuestra carrera.

## Resumen

La inteligencia artificial (IA) ha venido transformando la práctica en el área de imágenes diagnósticas, mediante la automatización y optimización de los parámetros técnicos en diversos estudios, como lo son: radiografías, tomografía computarizada y la resonancia magnética. Este trabajo analiza la fiabilidad y seguridad de los sistemas de la IA en la mejora de la calidad de las imágenes y así mismo la precisión diagnóstica; identificando los beneficios como los desafíos técnicos, éticos y regulatorios.

A través de una revisión documental, se destacan las aplicaciones del uso de los algoritmos de aprendizaje profundo (Deep Learning), los cuales permiten reducir la dosis de radiación y así mismo los tiempos de adquisición sin comprometer la calidad de la imagen obtenida. Sin embargo, se observa la ausencia de la regulación homogénea que restringe la aplicación de esta tecnología en escenarios con escasos recursos. Este trabajo sugiere que, para asegurar un diagnóstico seguro y confiable, es importante establecer el uso de esta tecnología con marcos regulatorios sólidos, capacitación continua del personal encargado y por último la equidad de la implementación clínica.

**Palabras clave:** Inteligencia artificial; Deep learning; Radiología; Machine Learning; Calidad de la imagen.

## Abstract

Artificial intelligence (AI) has been transforming the field of diagnostic imaging by automating and optimizing technical parameters in various studies, such as radiography, computed tomography (CT), and magnetic resonance imaging (MRI). This study analyzes the reliability and safety of AI systems in improving image quality and diagnostic accuracy, while identifying both the benefits and the technical, ethical, and regulatory challenges involved.

Through a documentary review, this paper highlights the applications of deep learning algorithms, which allow for reduced radiation doses and shorter acquisition times without compromising image quality. However, the lack of standardized regulations limits the implementation of this technology in resource-constrained settings.

This study suggests that to ensure safe and reliable diagnostics, the adoption of AI in diagnostic imaging must be supported by strong regulatory frameworks, continuous training of healthcare professionals, and equitable clinical implementation.

**Keywords:** Artificial Intelligence; Deep Learning; Radiology; Machine Learning; Image Quality.

## Tabla de contenido

Introducción .....	9
Planteamiento del problema.....	11
Justificación .....	14
Objetivos .....	18
Objetivo General .....	18
Objetivos Específicos.....	18
Marco Teórico.....	19
Técnicas de imágenes diagnosticas: Generalidades y formación de la imagen .....	19
Avances técnicos y aplicaciones clínicas de la IA en imágenes diagnosticas. ....	20
Avances técnicos y aplicaciones clínicas.....	21
Desafíos técnicos y operativos.....	23
Normativas regulatorias. ....	24
Aprendizaje profundo y entrenamiento de los modelos. ....	25
Ética, sesgos y perspectivas futuras.....	26
Marco Metodológico.....	27
Definición y Delimitación del Problema .....	28
Selección de Bases de Datos y Fuentes Confiables .....	29
Establecimiento de Criterios de Búsqueda .....	29
Filtrado y Selección de Documentos Relevantes.....	29
Análisis Crítico de la Calidad de los Datos .....	29
Síntesis, Integración y Consideraciones Ético-Legales .....	30
Redacción y Validación .....	31

Resultados .....	32
Avances Técnicos y Aplicaciones Clínicas Identificadas:.....	32
Desafíos Técnicos, Operativos y Limitaciones:.....	33
Marco Regulatorio y Normativo:.....	34
Aspectos Éticos y Sociales: .....	34
Tabla Resumen de Resultados: .....	35
Conclusiones .....	38
Referencias Bibliográficas .....	40

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Radiología Análoga vs Radiología Digital.</i> .....	19
<b>Tabla 2.</b> <i>Resumen de Hallazgos Clave sobre IA en Optimización de Parámetros de Imagen Diagnóstica.</i> .....	35

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b>	<i>Ventajas y Desventajas del Uso de la IA</i> .....	21
<b>Figura 2</b>	<i>Comparación Entre una Imagen de RM con y sin IA (Deep Resolve)</i> .....	22
<b>Figura 3</b>	<i>Árbol de Problemas</i> .....	28

## Introducción

La inteligencia artificial (IA) ha tenido impacto en diversas áreas, y la medicina es un buen ejemplo de su aplicación práctica. Su uso en el área de radiología ha transformado por completo la forma en que se lleva a cabo el análisis de las imágenes. Actualmente, las IA están siendo utilizadas en diversos estudios de imagen como la tomografía computarizada, resonancia magnética, mamografía y radiografía. La optimización de los parámetros en la obtención de las imágenes conduce a obtener mejores resultados, lo cual permite avanzar en la precisión y la eficacia de los diagnósticos médicos.

Sin embargo, a pesar de los avances en su desarrollo y ejecución, persisten desafíos importantes relacionados con la potencia y confiabilidad de estos sistemas. Aunque la IA puede automatizar la optimización de parámetros, existe el riesgo de que los resultados no sean los esperados si los algoritmos no están bien entrenados o configurados correctamente (Rouhiainen, 2018). En este contexto, tecnologías como las redes neuronales convolucionales (CNN) y el aprendizaje profundo (Deep Learning) resultan fundamentales para lograr un funcionamiento adecuado, especialmente cuando la calidad de la imagen puede influir directamente en el diagnóstico y en la salud del paciente (López, 2023).

Además, es esencial que estos sistemas no solo sean eficientes, sino también transparentes. Deben incluir mecanismos de validación y auditoría por parte de personal capacitado, ya que una implementación deficiente podría poner en riesgo tanto el diagnóstico como el tratamiento adecuado del paciente.

Además, el uso de la inteligencia artificial (IA) en radiología implica la necesidad de un manejo adecuado de los datos personales y la privacidad del paciente; siendo este último un tema sensible en la clínica no solo por la confidencialidad en el manejo de la información del paciente,

sino también por las implicaciones legales (Lenca, et al. 2018). Para la responsabilidad del diseño de la imagen clínica, el extremo del sistema de imágenes técnicas, el control de la optimización de los parámetros mediante la mejora de la calidad intencionada es un tema clave. (Iglesias 2023, Ingvast & Thibela)

Sin embargo, está claro que el entrenamiento constante del personal de salud es indispensable para que las nuevas tecnologías que se están añadiendo de manera incremental se utilicen según lo previsto en todo el proceso. Por lo tanto, es crucial determinar si las tecnologías de IA utilizadas en la imagenología diagnóstica son confiables y seguras para la salud de los pacientes. El objetivo del estudio es resolver los problemas creados por los procedimientos de imagen y diagnóstico que se realizan con IA, con especial énfasis en el control en la optimización de parámetros y la mejora de la calidad diagnóstica. (Aguirre, et al. 2021; Fernández, et al. 2024) Para lograr esto, buscamos asegurar la confiabilidad y seguridad en su uso controlando los riesgos asociados, así como en el entorno clínico.

## Planteamiento del problema

En la actualidad, el mundo está rodeado de nuevas tecnologías que impactan de manera significativa en la sociedad, mejorando la calidad de vida y ofreciendo mayor bienestar. Una de las tecnologías que ha ganado un gran apogeo en los últimos años es la inteligencia artificial (IA). Según Rouhiainen (2018), la inteligencia artificial es definida como:

*“La capacidad de las máquinas para usar algoritmos, aprender de los datos y utilizar lo aprendido en la toma de decisiones tal y como lo haría un ser humano. Sin embargo, a diferencia de las personas, los dispositivos basados en IA no necesitan descansar y pueden analizar grandes volúmenes de información a la vez.” (p. 17)*

En el ámbito de la medicina, y particularmente en los procesos de optimización de los parámetros de imágenes diagnósticas como la radiografía, tomografía computarizada, resonancia magnética y mamografía, la IA ha mostrado un gran potencial. Estos sistemas, al integrar algoritmos avanzados y modelos de aprendizaje profundo (Deep Learning), se presentan como herramientas claves para la detección de patologías, acelerando los tiempos de diagnóstico y aumentando la precisión en la interpretación de las imágenes.

Sin embargo, es fundamental abordar los retos de confiabilidad y seguridad asociados con el uso de modelos de IA en el diagnóstico médico. Aunque estas tecnologías pueden incrementar la precisión y eficiencia, también presentan riesgos si no se gestionan adecuadamente. Los errores de calibración o deficiencias en los algoritmos pueden tener efectos perjudiciales en la interpretación de las imágenes, lo que puede comprometer la seguridad del paciente y la calidad del diagnóstico.

El problema central radica en que, a pesar de los avances en la implementación de la IA en los procesos de diagnóstico, no está garantizada su confiabilidad total ni su seguridad en todas

las situaciones clínicas. Aunque la IA ha demostrado ser efectiva en la optimización de parámetros para la obtención de imágenes diagnósticas, se deben identificar y abordar las falencias tecnológicas y las limitaciones prácticas en su aplicación.

Específicamente, esta investigación se centrará en evaluar los modelos de IA aplicados en el ámbito de la radiología diagnóstica, analizando aspectos cruciales como:

La configuración de los modelos basados en redes neuronales convolucionales (CNNs) y aprendizaje profundo (Deep Learning).

Los posibles errores de calibración y sus implicaciones en la precisión diagnóstica.

La influencia de la gestión de parámetros en la efectividad de estos modelos.

Otro aspecto esencial es la falta de un marco normativo y regulatorio claro sobre el uso de la IA en la medicina, especialmente en el diagnóstico por imágenes. Aunque algunas normativas han comenzado a implementarse en ciertos países, el contexto regulatorio sigue siendo incierto y variado entre diferentes regiones. Esto genera una incertidumbre sobre los estándares que deben cumplirse para asegurar la fiabilidad y seguridad de los modelos de IA en el sector salud.

La falta de regulación clara puede resultar en la adopción de tecnologías sin supervisión adecuada, lo que incrementa el riesgo de errores y pone en peligro la calidad del diagnóstico médico. Por lo tanto, es necesario establecer regulaciones internacionales que proporcionen directrices específicas para el uso de IA en el ámbito clínico.

Aunque se reconoce que la IA presenta beneficios considerables en términos de optimización y precisión diagnóstica, se observa una escasa evidencia empírica que respalde su efectividad en escenarios clínicos reales. A pesar de los avances teóricos, es fundamental contar

con estudios que proporcionen datos cuantitativos y cualitativos para evaluar la confiabilidad de estos sistemas y verificar su desempeño en la práctica.

La pregunta central de esta investigación es: ¿Son los sistemas de inteligencia artificial utilizados en la optimización de parámetros de imágenes diagnósticas lo suficientemente confiables y seguros para su implementación en la práctica clínica?

Este estudio tiene como objetivo responder a esta pregunta, analizando los algoritmos más utilizados en el diagnóstico por imágenes, evaluando sus ventajas y desventajas, y explorando las implicaciones de su mal uso o incorrecta calibración. Además, se abordará la importancia de una adecuada regulación y se propondrán recomendaciones para garantizar la fiabilidad y seguridad de los modelos de IA en el contexto médico.

## Justificación

El avance que ha experimentado la inteligencia artificial (IA) en el área de la salud ha permitido mejorar significativamente la precisión y rapidez en la interpretación de imágenes diagnósticas. Es gracias a los modelos de IA que se han implementado en esta área, que los profesionales médicos pueden detectar las patologías con mayor eficiencia, optimizando los tiempos de diagnóstico y reduciendo la carga laboral en hospitales y clínicas alrededor del mundo. Sin embargo, la optimización automatizada de los parámetros en estos modelos plantea desafíos fundamentales en términos de fiabilidad y seguridad, ya que cualquier configuración incorrecta puede comprometer la calidad del diagnóstico y, por ende, poner en riesgo la salud de los pacientes, lo cual es una preocupación creciente.

Por ello, este trabajo busca identificar la fiabilidad y seguridad de la IA en el diagnóstico por imagen, ya que se sabe que existen técnicas para optimizar sus parámetros. Es fundamental garantizar que estos procesos sean seguros y confiables en el ámbito médico. Como menciona Aguirre et al. (2021), "esta disciplina se sigue desarrollando a gran velocidad y está traspasando la frontera del campo experimental al uso clínico diario" (p. 1). Sin embargo, también es esencial subrayar que la integración de estas tecnologías debe ir acompañada de una sólida base normativa que regule su implementación y uso, especialmente en lo relacionado con la privacidad de los pacientes y la seguridad de los datos.

Si bien es cierto que la optimización de los parámetros en los modelos de IA puede ser compleja, y más cuando no se gestionan adecuadamente, esto puede dar lugar a sesgos o interpretaciones erróneas en los estudios de imagen, como falsos positivos o falsos negativos. Por tanto, es crucial identificar las ramas que conforman la IA, como el Deep Learning o aprendizaje profundo, que se basa en redes neuronales artificiales que mejoran su eficacia

conforme se aumenta la cantidad de datos de entrenamiento (Aguirre et al., 2024, p. 2), así como el Machine Learning, el cual se divide en aprendizaje supervisado y no supervisado. En los diagnósticos por imágenes, se recomienda el primero, ya que permite que los sistemas aprendan a partir de grandes volúmenes de datos bajo la supervisión humana, reduciendo el riesgo de sesgos o fallos en la optimización de los parámetros (Fernández et al., 2024, p. 6).

A pesar de los grandes beneficios que la IA puede ofrecer en el área de diagnóstico por imágenes, su implementación presenta altos costos y una limitada accesibilidad a nivel global. Muchas zonas del mundo no cuentan con los recursos necesarios ni con el personal capacitado para su uso adecuado, lo que representa otro desafío importante en su desarrollo y adopción total. En este sentido, sería recomendable que los organismos internacionales establezcan directrices normativas claras que aseguren tanto la seguridad como la confianza en la implementación de la IA. Además, las estrategias de implementación deben incluir programas de capacitación continua para los profesionales de salud y el desarrollo de herramientas que permitan un uso eficaz y seguro de estas tecnologías.

Es fundamental que la implementación de la IA no se vea como una amenaza para los profesionales de la salud, sino como una herramienta que complementa su labor y optimiza el flujo de trabajo. Esto permitirá una mejora continua en la calidad del servicio y un aumento en la precisión diagnóstica (Quiroga, 2019). Sin embargo, el proceso de actualización profesional y la incorporación de la IA deben estar acompañados de un marco ético y regulatorio robusto que garantice la seguridad en el manejo de los datos del paciente y que proteja la privacidad de la información médica.

Aunque muchos profesionales de la salud muestran desconfianza hacia la implementación de estas nuevas tecnologías, López (2023) sostiene que “es necesaria la

implementación de estas herramientas en los servicios de imagenología, ya que permitirá un aprovechamiento óptimo de los recursos informáticos y reducirá la estadía hospitalaria.” Este punto refuerza la idea de que la IA no es intrínsecamente perjudicial, sino que puede ser una herramienta valiosa, siempre y cuando se garantice su fiabilidad y seguridad en el entorno clínico.

Para consolidar la efectividad de la IA, se deben presentar casos de estudio y evidencia empírica que respalden la implementación de estos sistemas en escenarios reales de diagnóstico. Aunque ya existen algunos estudios que demuestran sus beneficios, se requieren más datos empíricos que validen su aplicabilidad y efectividad a gran escala. Este tipo de evidencia ayudará a convencer a los profesionales de la salud sobre los beneficios reales de la IA, mejorando la aceptación de estas tecnologías en los entornos clínicos.

Por ende, esta investigación espera beneficiar a varios sectores del ámbito de la salud y la tecnología. Profesionales como tecnólogos en radiología, médicos radiólogos, médicos generales y estudiantes podrán contar con herramientas más precisas y seguras para el diagnóstico, reduciendo así la carga laboral y mejorando la toma de decisiones médicas. Además, los pacientes se verán favorecidos con diagnósticos más rápidos y certeros, siempre y cuando se garantice la fiabilidad y seguridad de la implementación de la IA en la radiología diagnóstica.

Finalmente, esta investigación es clave para el futuro del diagnóstico por imágenes, ya que se espera que la IA se perfeccione de tal manera que se convertirá en una herramienta indispensable para la detección temprana y precisa de diferentes enfermedades. Por esta razón, la implementación de la IA debe garantizar estándares de seguridad y fiabilidad que minimicen los errores y fomenten la confianza en su uso. Analizar e identificar los modelos de IA y los algoritmos de optimización aplicados en el sector hoy en día es esencial, ya que este

conocimiento permitirá realizar los ajustes necesarios para que su aplicación sea segura y confiable. Más importante aún, fomentará desarrollos futuros en el campo de la salud, mejorando la calidad de la atención médica.

## Objetivos

### Objetivo General

Evaluar la fiabilidad y seguridad de los sistemas de inteligencia artificial (IA) aplicados en la optimización de imágenes diagnósticas en radiología, para determinar su impacto en la calidad del diagnóstico y en la seguridad del paciente.

### Objetivos Específicos

Identificar los algoritmos de IA más utilizados en la optimización de imágenes diagnósticas en radiología y evaluar su efectividad en la mejora de la precisión diagnóstica.

Analizar los retos y limitaciones de la implementación de IA en radiología, incluyendo cuestiones de fiabilidad, variabilidad de los parámetros técnicos y la exposición a posibles sesgos algorítmicos.

Revisar y comparar las normativas y marcos regulatorios que rigen el uso de IA en la radiología diagnóstica, con el fin de identificar estándares internacionales y nacionales sobre su implementación.

Evaluar el impacto de la IA en la eficiencia de los flujos de trabajo radiológicos, así como en la reducción de tiempos de diagnóstico y la mejora del confort del paciente.

Examinar los aspectos éticos y sociales del uso de IA en la radiología, incluyendo la aceptación por parte de los profesionales de la salud y los pacientes, y las implicaciones del sesgo algorítmico.

## Marco Teórico

### Técnicas de imágenes diagnósticas: Generalidades y formación de la imagen

La radiología digital ha transformado el diagnóstico por imágenes, ya que al sustituir las películas radiográficas tradicionales por sistemas digitales que permiten adquirir, procesar y almacenar las imágenes de forma electrónica permite que se presente nuevos avances en la medicina. El funcionamiento de la radiología digital se basa en convertir los rayos X en señales digitales mediante detectores electrónicos, los cuales permiten obtener las imágenes en tiempo real y con una alta resolución. Las imágenes digitales en esta técnica se forman a partir de la interacción de los rayos X con el cuerpo del paciente, los rayos son atenuados de diferente forma por los tejidos que atraviesan, una vez que pasan los tejidos la información es captada por los detectores digitales (como el flat panel) y luego se convertirá en una matriz de píxeles que nos generará la imagen. (Tabla 1).

#### Tabla 1

##### *Radiología Análoga vs Radiología Digital*

Radiología análoga	Radiología digital
Fuente de Rayos X → Paciente → Placa radiográfica (film) → Revelado químico en cuarto oscuro → Imagen en película física → Almacenamiento físico (archivo) → Distribución física.	Fuente de Rayos X → Paciente → Detector digital (DR/CR) → Conversión inmediata a imagen digital → Imagen digital en computador → Almacenamiento digital (PACS, nube) → Distribución digital (Red, email)

*Nota.* Esta tabla muestra las diferencias que hay entre la radiología análoga y la digital.

La tomografía computarizada (TC) es otro estudio que usa los rayos X para la obtención de la imagen, solo que en este caso la reconstrucción es computacional y genera las imágenes en cortes axiales o transversales del cuerpo. El principio físico es igual que en la radiografía, solo que se cuenta con una mayor cantidad de detectores, que puede ir desde los 16 hasta 120 detectores, entre más detectores presente el equipo, más rápido se realizará el estudio y no se perderá información de la anatomía estudiada.

Y la resonancia magnética (RM) emplea campos magnéticos que van desde 0.5 Teslas hasta 3 Teslas y ondas de radiofrecuencia, para generar imágenes detalladas del tejido blando, en este caso no se presenta radiación ionizante. El encargado de generar la imagen va a hacer las antenas receptoras las cuales reciben las señales de radiofrecuencia y transformaran esa señal en una matriz llena de pixeles y voxeles, generando la imagen.

### **Avances técnicos y aplicaciones clínicas de la IA en imágenes diagnósticas.**

El campo de las imágenes diagnóstica está recibiendo avances notables con el uso de la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático (ML), que mejoran la precisión diagnóstica, optimizan flujos de trabajo y automatizan tareas. Según Hosny et al. (2018), los sistemas de IA son capaces de redefinir los sistemas de salud al incrementar la precisión de los diagnósticos y disminuyendo los tiempos de procesamiento de las imágenes médicas. No obstante, como informan Thrall et al. (2018), estos cambios presentan retos como el reconfigurado ajuste de los algoritmos, la validación clínica de los sistemas, y la solución de cuestiones ético-legales sobre la utilización de estos sistemas. (Figura 1)

## Figura 1

### *Ventajas y Desventajas del Uso de la IA en Imágenes Diagnosticas*



*Nota.* Ventajas y desventajas de la IA en imágenes diagnosticas.

### **Avances técnicos y aplicaciones clínicas**

Uno de los desarrollos más relevantes en las imágenes diagnosticas asistida por IA es la optimización de los parámetros de imagen. Chartrand, et al. (2017) mostraron que el empleo de los algoritmos de aprendizaje profundo reduce prácticamente todos los tiempos de adquisición de imágenes por resonancia magnética (IRM), preservando la calidad de las imágenes y aumentando la eficiencia y el confort del paciente. Un ejemplo notable es la implementación del Deep Resolve el cual es un sistema IA que es desarrollado por la corporación Siemens Healthiners, el cual permite que los estudios de IRM sean más rápidos, manteniendo una alta calidad de imagen (Figura 2). Esta IA se ha implementado en centros médicos como Atrium Health Wake Forest Baptist Davie en EE. UU, la clínica Lyon Nord en Francia y en la clínica

Yoshida en Japón, y en todas estas instalaciones informan que primero la experiencia del paciente ha mejorado, las imágenes presentan una mayor resolución y que se aumento en un 10 – 15% los estudios realizados reduciendo las listas de espera. (SIEMENS Healthineers, s.f.)

## Figura 2

Comparación Entre una Imagen de RM con y sin IA (Deep Resolve).



*Nota.* Comparación de una imagen de una resonancia magnética de tobillo con y sin IA. Tomado de. Siemens Healthineers. (s.f). <https://www.siemens-healthineers.com/latam/magnetic-resonance-imaging/technologies-and-innovations/deep-resolve>

Asimismo, Sahiner et al. (2019) también han demostrado cómo la IA permite optimizar la dosificación de radiación en la tomografía computarizada (TC) sin comprometer la calidad diagnóstica y ayudando a mitigar uno de los problemas más críticos en este estudio: la exposición a la radiación ionizante. Un ejemplo destacado es el nuevo equipo de TC implementado en el Hospital Universitario La Zarzuela, en Madrid. Este equipo es de última generación y utiliza la IA en todas las etapas del procedimiento diagnóstico e intervencionista, es

considerado como el primer escáner que implementa la IA al 100% y que se encuentre en el mercado y sus principales ventajas es que reduce la dosis de radiación hasta el 82% en comparación con los demás TC tradicionales, además que tiene una red neuronal profunda la cual permite genera las imágenes de alta calidad con un menor ruido y disminución de los artefactos. (Hospital Universitario La Zarzuela Madrid. , s.f.)

### **Desafíos técnicos y operativos.**

Wang y Summers (2012) señalan que la variabilidad en protocolos de adquisición de imagen de un centro médico a otro puede deteriorar el rendimiento de los algoritmos de IA, por lo que no gestionado, su programación lógica de interpretación visual automatizada intenta abordar estas dificultades estructurales. Esto implica que para alcanzar el nivel de confiabilidad requerido para realizar un diagnóstico preciso y garantizar la seguridad del paciente, los sistemas deben tener flexibilidad para adaptarse a cambios dentro de los parámetros técnicos, así como variar la calidad de la imagen producida, además de minimizar errores confiables de diagnóstico. Gulshan et al (2016) sostienen que cada uno de estos desafíos se interrelaciona con la seguridad y confiabilidad del uso de IA en imágenes diagnósticas.

Por ello, las instituciones que carecen de las condiciones idóneas para implementar la IA se enfrentaran a obstáculos como una infraestructura tecnología avanzada, el personal capacitado y grandes volúmenes de datos requeridos para entrenar los modelos; lo que puede llegar a impedir replicar los éxitos que en otras instalaciones si se pudieron realizar. Generando así un riesgo en la desigualdad diagnóstica, ya que estas tecnologías se limitarán a los centros de alto nivel tecnológico.

### **Normativas regulatorias.**

En este contexto, las normativas y directrices internacionales reguladoras ofrecen un marco de suma importancia en el uso de IA. En este sector, la IA debe cumplir con rigurosos criterios de confiabilidad y seguridad técnica para desempeñar sus funciones, como lo menciona la FDA (2021). Por último, Larson et al (2021) abogan en la definición de IA en imagenología que para permitirlo, un marco de responsabilización deberá previamente ser abordado en cuanto al consentimiento informado, el intercambio de información, la confidencialidad y la responsabilidad médica.

Por ende, la integración de la IA en el diagnóstico médico debe cumplir con ciertas normativas que se implementaran dependiendo de la zona y/o el país, rigiéndose bajo normativas internacionales o nacionales, las cuales se encargaran de garantizar la seguridad y privacidad del paciente.

Entre las normativas más relevantes se encuentra el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD), la cual es una normativa que se ha implementado en la Unión Europea y establece que el tratamiento de los datos personales deben llevar a cabo de forma rigurosa y con sumo cuidado, evitando que la información personal llegue a ser difundida sin el consentimiento previo de la persona (Boletín Oficial del Estado, 2016); la Ley de Portabilidad y Responsabilidad del Seguro Médico (HIPAA) en Estados Unidos, la cual establece las pautas estrictas sobre cómo se debe compartir la información de salud y así mismo le otorga a los pacientes derechos como el acceso o la solicitud de correcciones en su informe, esta ley se aplica a los hospitales y clínicas de todo Estados Unidos (U. S. Department of Health and Human Services, 2022).

Así mismo, hay normativas que son implementadas a nivel nacional como lo es la normal ISO 13485, cuya principal función es asegurar que los fabricantes de dispositivos médicos demuestren que sus equipos son seguros y ofrecen así mismo una buena calidad, los cuales son dos aspectos que no son negociables en el área de la medicina/salud. Es por ello, que si una organización se encuentra certificada con esta normativa quiere decir que proporciona equipos de buena calidad y ante todo seguros (VERACITY By DNV) y también se cuenta con una normativa ISO/IEC 42001, la cual brinda una guía para las organizaciones que comienzan a trabajar y desarrollar sistemas de gestión de IA que sean confiables (KPMG Suiza)

### **Aprendizaje profundo y entrenamiento de los modelos.**

El aprendizaje automático (ML) y el aprendizaje profundo (DL) son los dos enfoques principales para el análisis de imágenes médicas utilizando inteligencia artificial (IA). Como lo indican Fernández et al. (2024), el ML permite que los sistemas aprendan de grandes cantidades de datos para tareas como la detección, clasificación o predicción de patologías, lo cual es crítico en el ámbito de la radiología. El DL es una subcategoría del ML que utiliza redes neuronales artificiales con más de una capa que pueden reconocer características más complejas dentro de las imágenes. Aguirre et al. (2021) explican que esto hace que el DL sea ideal para procesar datos sofisticados y volumétricos, como las imágenes médicas.

Litjens et al. (2017) proporciona una revisión integral de las aplicaciones de aprendizaje profundo en el análisis de imágenes médicas y destaca cómo asiste a los radiólogos en la detección de patrones complejos a niveles más sutiles que muchos radiólogos, sin importar cuán experimentados sean, con décadas de experiencia, pueden pasar por alto. Greenspan et al. (2016) comentan que hay una necesidad de tener conjuntos de datos de entrenamiento grandes y

diversos para garantizar que los modelos de IA sean capaces de generalizar y funcionar bien en diferentes poblaciones de pacientes.

### **Ética, sesgos y perspectivas futuras.**

Las consideraciones éticas y de sesgo algorítmico juegan un papel significativo en el desarrollo de la IA en radiología. Geis et al. (2019) y Obermeyer et al. (2019) advierten sobre los posibles efectos de amplificación de sesgo de los sistemas de IA, particularmente cuando los conjuntos de datos empleados para entrenar los modelos no son representativos de la heterogeneidad de la población de pacientes. Esto puede contribuir a desigualdades en el diagnóstico y tratamiento recibido por diferentes pacientes. En este sentido, Topol (2019), así como Davenport y Kalakota (2019), abogan por un enfoque de “IA aumentada” en el que la IA no sustituye a los radiólogos, sino que mejora sus habilidades y experiencia, empoderándolos para tomar decisiones clínicas más informadas.

Finalmente, la explicación de los algoritmos es un tema para desarrollar y que es clave. Kim, et al. (2020) enfatizan que los algoritmos explicables pueden proporcionar asistencia cognitiva a los radiólogos al ofrecer explicaciones para los procesos de toma de decisiones en las predicciones, lo que ayuda a fomentar la confianza en los resultados producidos por el sistema. Como lo destacan Holzinger et al. (2019), la transparencia es esencial no solo para ganar la confianza de los profesionales de la salud, sino también para abordar los estándares regulatorios y éticos.

De cara al futuro, Tang et al. (2021) sugiere: “evoluciones en calibrado continuo permitirán que los modelos de IA se perfeccionen automáticamente y con el tiempo, además de ajustarse a los cambios en demandas clínicas”.

## Marco Metodológico

El presente trabajo adopta un enfoque cualitativo, acorde con la naturaleza del tema, ya que busca analizar, interpretar y comprender en profundidad el uso de la inteligencia artificial (IA) en la optimización de los parámetros de las imágenes diagnósticas, abordándolo desde una perspectiva teórica y contextual. La investigación se fundamenta en una revisión crítica y reflexiva de diversas fuentes de literatura científica actualizada y otros documentos pertinentes, con la finalidad de identificar los beneficios, los desafíos técnicos y operativos, las consideraciones éticas y las posibles limitaciones inherentes a la aplicación de los sistemas de IA en el entorno clínico radiológico. En consonancia con este enfoque, se selecciona un método y una modalidad analítico y documental. Esta elección permite explorar y analizar detalladamente fuentes bibliográficas como artículos científicos, normativas nacionales e internacionales (ej., Ley 1581 de 2012, RGPD, HIPAA, ISO 13485, ISO/IEC 42001), documentos institucionales y reportes técnicos relevantes para el uso de la IA en salud, evaluando cómo estas fuentes sustentan la investigación.

En cuanto al diseño de la investigación, este se caracteriza por ser no experimental y correlacional. No se realiza manipulación de variables ni intervención directa en entornos clínicos; en su lugar, se busca establecer relaciones y conexiones entre la información obtenida de diversos autores, casos de estudio reportados y las reflexiones propias del grupo de investigación, generando así el análisis plasmado en el trabajo. El tipo de investigación es descriptiva y teórica, dado que el objetivo es identificar y describir cómo se implementan los modelos de IA (con énfasis en tecnologías como Deep Learning y redes neuronales) en la optimización de las imágenes diagnósticas, así como analizar las implicaciones éticas, normativas y de seguridad asociadas. Finalmente, la modalidad de investigación es netamente

documental, sustentándose en un análisis riguroso de fuentes secundarias que permiten fundamentar teóricamente los hallazgos y, posteriormente, formular posibles recomendaciones para la aplicación segura y efectiva de la IA en la práctica radiológica.

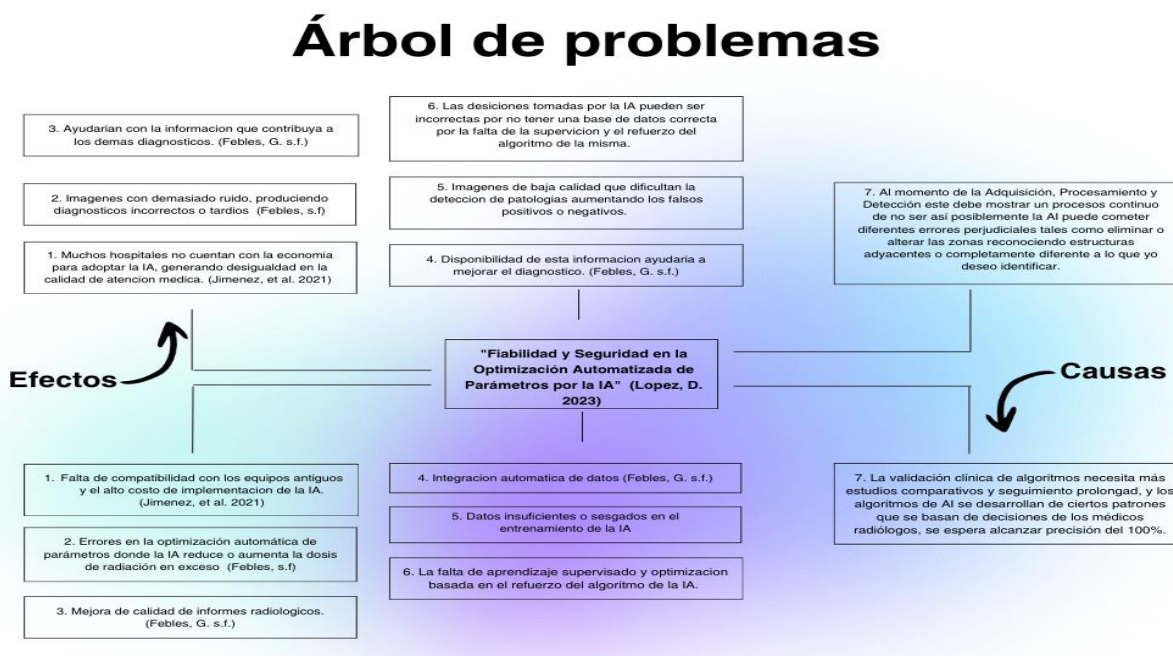
El proceso metodológico seguido para el desarrollo de esta investigación documental comprende las siguientes fases:

### Definición y Delimitación del Problema

Se partió de la identificación del tema central: la fiabilidad y seguridad de los modelos de IA aplicados a la optimización de los parámetros técnicos en imágenes diagnósticas. Para refinar el enfoque, se utilizó un diagrama de árbol de problemas (Figura 3), que ayudó a centrar la investigación en tecnologías específicas como el Deep Learning y las redes neuronales, y en las problemáticas asociadas a su aplicación clínica.

### Figura 3

*Árbol de Problemas.*



*Nota.* Diagrama de árbol de problemas que ayudo a identificar la problemática.

## **Selección de Bases de Datos y Fuentes Confiables**

Se priorizó el uso de bases de datos académicas de acceso abierto y con respaldo institucional, como Scielo y Google Scholar. Adicionalmente, se consultaron portales oficiales de entidades regulatorias y profesionales (ej., FDA, SERAM, KPMG) y se revisaron normativas nacionales e internacionales clave (ej., ISO, RGPD, HIPAA) pertinentes al campo de estudio para asegurar la rigurosidad y actualidad de la información recopilada.

## **Establecimiento de Criterios de Búsqueda**

Se definieron palabras clave específicas para la búsqueda de documentos, tales como: “Inteligencia artificial en radiología”, “aprendizaje profundo”, “Deep Learning”, “optimización de parámetros técnicos”, “normativas aplicadas a la IA en salud”, “redes neuronales”. Las búsquedas se realizaron tanto en español como en inglés para ampliar el espectro de la literatura consultada. Se estableció un rango temporal principal para los documentos entre los años 2016 y 2024, con el fin de incluir investigaciones recientes y relevantes, admitiendo una excepción puntual (documento de 2012) por su alta relevancia conceptual para el tema.

## **Filtrado y Selección de Documentos Relevantes**

Se aplicó un proceso de filtrado inicial mediante la lectura crítica de títulos, resúmenes y palabras clave de los documentos encontrados. Se seleccionaron aquellos textos que aportaban información técnica detallada, análisis de normativas, evidencia empírica o discusiones relevantes sobre el uso, fiabilidad, seguridad y ética de la IA en el contexto específico de la optimización de imágenes diagnósticas.

## **Análisis Crítico de la Calidad de los Datos**

Un componente clave del análisis es la evaluación crítica sobre la calidad, diversidad y representatividad de los datasets que se reportan en los estudios revisados para entrenar los

modelos de IA. Se presta especial atención a cómo la heterogeneidad (o falta de ella) en los datos de entrenamiento puede impactar el rendimiento y la generalización de los algoritmos en poblaciones diversas y en la práctica clínica real, considerando la posible necesidad de calibración local de los sistemas y el riesgo inherente de sesgos algorítmicos. Adicionalmente, la conciencia sobre este riesgo de sesgo algorítmico, ampliamente discutido en el marco teórico, se integra como un elemento de reflexión crítica dentro de este proceso metodológico. Esto implica no solo reconocer que los modelos de IA descritos en la literatura pueden heredar o amplificar sesgos presentes en los datos (por ejemplo, subrepresentación de ciertos grupos demográficos, étnicos o socioeconómicos), sino también evaluar críticamente cómo este fenómeno podría afectar los resultados y conclusiones presentados en dichos estudios. La interpretación de la literatura revisada, por tanto, requiere cuestionar la validez externa y la equidad de los hallazgos reportados, preguntándose si las afirmaciones sobre la eficacia o fiabilidad de una IA podrían no ser aplicables universalmente o si podrían incluso exacerbar disparidades existentes en la atención sanitaria. Se considera, además, si los propios estudios revisados abordan explícitamente las limitaciones relacionadas con el sesgo de sus datos o algoritmos y las estrategias de mitigación empleadas, utilizando esta información para ponderar la robustez y aplicabilidad de sus conclusiones en el contexto de esta investigación.

### **Síntesis, Integración y Consideraciones Ético-Legales**

La información relevante de los documentos seleccionados fue organizada y clasificada temáticamente (ej., modelos de IA, reducción de dosis/tiempo, normativas, ética/sesgos). Se procedió a sintetizar e integrar estos contenidos para elaborar el planteamiento del problema, la justificación y el marco teórico, asegurando una argumentación coherente. En esta fase, se tuvieron presentes los principios de manejo de datos y protección (legalidad, transparencia,

minimización, confidencialidad, consentimiento informado, auditoría), cruciales en el contexto de la aplicación de IA en salud.

### **Redacción y Validación**

Finalmente, toda la información y el análisis se redactaron siguiendo criterios académicos de claridad, coherencia y rigurosidad. Se prestó especial atención al respaldo bibliográfico de todas las afirmaciones, utilizando el estilo de citación APA 7ma edición para garantizar la validez y trazabilidad del contenido presentado en el trabajo final.

## **Resultados**

Esta sección presenta los resultados derivados del análisis de la literatura científica y técnica consultada para evaluar la fiabilidad y seguridad de los sistemas de inteligencia artificial (IA) aplicados en la optimización de parámetros de imágenes diagnósticas en radiología. Los hallazgos se centran en las aplicaciones identificadas, los desafíos técnicos y operativos, el marco normativo y los aspectos éticos, tal como se documenta en las fuentes revisadas.

### **Avances Técnicos y Aplicaciones Clínicas Identificadas:**

La revisión documental confirma que la IA y el aprendizaje automático (ML) están generando avances notables en imágenes diagnósticas, orientados a mejorar la precisión, optimizar flujos de trabajo y automatizar tareas. Se destaca que estos sistemas tienen el potencial de redefinir los sistemas de salud al incrementar la precisión diagnóstica y disminuir los tiempos de procesamiento.

Un desarrollo clave es la optimización de los parámetros de imagen asistida por IA. Estudios como los de Chartrand et al. (2017) indican que algoritmos de aprendizaje profundo (Deep Learning) pueden reducir significativamente los tiempos de adquisición en resonancia magnética (RM), preservando la calidad de imagen y mejorando la eficiencia y el confort del paciente. Un ejemplo concreto es el sistema Deep Resolve de Siemens Healthineers, implementado en centros como Atrium Health Wake Forest Baptist Davie (EE.UU.), la clínica Lyon Nord (Francia) y la clínica Yoshida (Japón), donde se reporta una mejora en la experiencia del paciente, mayor resolución de imagen y un aumento del 10-15% en los estudios realizados, reduciendo listas de espera.

Asimismo, en tomografía computarizada (TC), la IA se aplica para optimizar la dosis de radiación sin comprometer la calidad diagnóstica. Sahiner et al. (2019) respaldan esta aplicación,

que mitiga la preocupación por la exposición a radiación ionizante. Un ejemplo es el equipo de TC de última generación en el Hospital Universitario La Zarzuela (Madrid), que utiliza IA en todo el procedimiento y logra reducir la dosis hasta en un 82% comparado con equipos tradicionales, empleando una red neuronal profunda para generar imágenes de alta calidad con menor ruido y artefactos.

El aprendizaje profundo (Deep Learning - DL), una subcategoría del ML que usa redes neuronales artificiales multicapa se considera ideal para procesar datos complejos y volumétricos como las imágenes médicas. Investigaciones como las de Litjens et al. (2017) señalan que el DL puede asistir a los radiólogos detectando patrones sutiles que podrían pasar desapercibidos incluso para profesionales experimentados.

#### **Desafíos Técnicos, Operativos y Limitaciones:**

A pesar de los avances, la implementación de la IA enfrenta desafíos significativos. La variabilidad en los protocolos de adquisición de imágenes entre diferentes centros médicos puede afectar negativamente el rendimiento de los algoritmos, como señalan Wang y Summers (2012). Para garantizar la fiabilidad y seguridad, los sistemas de IA deben ser flexibles para adaptarse a estas variaciones y minimizar errores diagnósticos.

La necesidad de grandes volúmenes de datos de entrenamiento, diversos y representativos es otro desafío crucial, mencionado por Greenspan et al. (2016). La falta de datos adecuados puede impedir que los modelos generalicen correctamente a diferentes poblaciones.

Además, existen barreras operativas como la necesidad de infraestructura tecnológica avanzada y personal capacitado. Gulshan et al. (2016) y otros autores advierten que las instituciones sin las condiciones idóneas tendrán dificultades para implementar estas tecnologías, lo que podría generar desigualdad en el acceso a diagnósticos avanzados, limitando estos

beneficios a centros de alto nivel tecnológico. Los altos costos de implementación también son una barrera considerable.

### **Marco Regulatorio y Normativo:**

La revisión documental subraya la importancia de un marco normativo claro para el uso seguro y fiable de la IA en radiología. Entidades como la FDA (2021) exigen que estos sistemas cumplan con rigurosos criterios de confiabilidad y seguridad.

Se identificaron normativas internacionales y nacionales relevantes:

I.Reglamento General de Protección de Datos (RGPD) en la Unión Europea, que establece normas estrictas para el tratamiento de datos personales, requiriendo cuidado y consentimiento.

II.Ley de Portabilidad y Responsabilidad del Seguro Médico (HIPAA) en Estados Unidos, que define pautas sobre cómo compartir información de salud y otorga derechos a los pacientes.

III.ISO 13485, una norma internacional que asegura que los fabricantes de dispositivos médicos demuestren la seguridad y calidad de sus equipos.

IV.ISO/IEC 42001, que guía a las organizaciones en el desarrollo de sistemas de gestión de IA confiables.

Sin embargo, se constata una falta de un marco regulatorio global homogéneo y específico para la IA en diagnóstico por imágenes, lo que genera incertidumbre y dificulta la adopción estandarizada.

### **Aspectos Éticos y Sociales:**

Las consideraciones éticas son fundamentales. Existe preocupación por la transparencia y explicabilidad de los algoritmos de IA, especialmente los modelos de "caja negra". Autores como Holzinger et al. (2019) y Kim et al. (2020) enfatizan la necesidad de algoritmos explicables para fomentar la confianza de los profesionales y cumplir con estándares éticos y regulatorios.

El sesgo algorítmico es otro riesgo ético significativo. Geis et al. (2019) y Obermeyer et al. (2019) advierten que, si los datos de entrenamiento no son representativos de la diversidad poblacional, la IA puede amplificar sesgos existentes, llevando a desigualdades en el diagnóstico y tratamiento.

Se aboga por un enfoque de "IA aumentada", donde la tecnología complementa y mejora las habilidades del radiólogo, en lugar de reemplazarlo, como proponen Topol (2019) y Davenport & Kalakota (2019). La aceptación por parte de los profesionales de la salud es variable, existiendo desconfianza, aunque se reconoce el potencial para optimizar recursos y reducir tiempos. La privacidad y confidencialidad de los datos del paciente son también preocupaciones centrales, abordadas por normativas como RGPD y HIPAA.

### **Tabla Resumen de Resultados:**

***Tabla 2***

*Resumen de Hallazgos Clave sobre IA en Optimización de Parámetros de Imagen Diagnóstica*

Área de aplicación/aspecto	Hallazgo principal reportado en literatura	Desafío/limitación principal identificado
Optimización Parámetros (General)	IA/ML mejoran precisión diagnóstica, optimizan flujos de trabajo y automatizan tareas.	Riesgo si los algoritmos no están bien entrenados/configurados.
Reducción Tiempo Adquisición (RM)	Algoritmos DL reducen tiempos de adquisición preservando calidad (Ej. Deep Resolve).	Requiere validación clínica robusta.
Reducción Dosis Radiación (TC)	IA permite optimizar/reducir dosis sin comprometer calidad diagnóstica (Ej. TC La Zarzuela).	Preocupación por exposición a radiación ionizante sigue siendo relevante.

Área de aplicación/aspecto	Hallazgo principal reportado en literatura	Desafío/limitación principal identificado
Fiabilidad y Validación	Necesidad de validación clínica, ajuste de algoritmos y abordar cuestiones ético-legales.	Variabilidad en protocolos de adquisición afecta rendimiento; Necesidad de datos grandes y diversos.
Desafíos Operativos	Requiere infraestructura avanzada, personal capacitado, grandes volúmenes de datos. Altos costos.	Riesgo de desigualdad diagnóstica entre centros con diferentes recursos.
Regulación y Normativas	Existen normativas (RGPD, HIPAA, ISO 13485, ISO/IEC 42001). FDA exige criterios estrictos.	Falta de marco regulatorio global homogéneo y específico para IA en diagnóstico por imagen.
Ética y Sesgos	Riesgo de amplificación de sesgos si datos no son representativos. Necesidad de transparencia y explicabilidad.	Preocupaciones sobre privacidad y confidencialidad. Desconfianza de profesionales.
Aprendizaje Profundo (DL)	Ideal para procesar imágenes médicas complejas. Puede detectar patrones sutiles.	Requiere grandes datasets para entrenamiento.
Perspectiva Futura / IA Aumentada	IA como herramienta para mejorar habilidades del radiólogo, no reemplazarlo. Potencial de calibración continua.	Necesidad de desarrollar algoritmos explicables.

*Nota.* Resumen de los resultados plasmados en una tabla.

Los resultados de la revisión documental indican que la IA, particularmente a través del Deep Learning, ofrece capacidades significativas para la optimización de parámetros en imágenes diagnósticas, logrando reducciones en tiempos de adquisición (RM) y dosis de

radiación (TC) mientras se mantiene o mejora la calidad de imagen, como lo demuestran ejemplos clínicos específicos. Sin embargo, estos beneficios están condicionados por importantes desafíos técnicos (variabilidad de protocolos, necesidad de datos masivos y diversos), operativos (costos, infraestructura, capacitación) y éticos (sesgos, transparencia, privacidad). La falta de un marco regulatorio global unificado añade complejidad a su implementación segura y fiable. La evidencia sugiere que el enfoque más prometedor es el de una "IA aumentada" que potencie al profesional, pero su adopción generalizada requiere superar las barreras identificadas y generar mayor confianza mediante validación rigurosa y marcos normativos claros.

## Conclusiones

Se concluye que la inteligencia artificial (IA) se ha consolidado de forma innovadora en el campo de las imágenes diagnósticas, revolucionando la forma en que se adquieren, se procesan e interpretan las imágenes diagnósticas. La capacidad que tienen las IA para analizar grandes volúmenes de datos con rapidez y precisión ha permitido optimizar los flujos de trabajo, mejorar la eficiencia de los profesionales de la salud y mejorar la calidad de atención del paciente. Por ende, la IA ha demostrado ser especialmente valiosa en la optimización de los parámetros de imagen, lo que se traduce a una mayor calidad de las imágenes y por ende de diagnósticos más seguros.

Además, la aplicación de la IA en imágenes diagnósticas tiene el potencial de mejorar significativamente la detección temprana y precisa de múltiples patologías, ya que los algoritmos están entrenados de forma tal que pueden identificar patrones sutiles en las imágenes que pueden pasar desapercibidos para el ojo humano, pero no para ellas, permitiendo un diagnóstico más temprano, y por lo tanto, un tratamiento oportuno y efectivo.

Sin embargo, la implementación de la IA en imágenes diagnósticas no está exenta de presentar desafíos e inconvenientes, es por eso que la confiabilidad y seguridad de los sistemas de IA son aspectos fundamentales que deben abordarse desde un principio para garantizar su aplicación. Por ello es crucial asegurar que los algoritmos sean adecuadamente entrenados y validados, para así minimizar los sesgos y errores. Además de brindar seguridad de la privacidad y confidencialidad de los datos del paciente.

Lo cual nos llega a pensar en que no se cuenta con un marco regulatorio global y armonizado para la IA implementada en el campo de las imágenes diagnósticas, representando un obstáculo para la adopción generalizada y segura. Es esencial que los organismos reguladores

establezcan directrices claras y específicas. Generando así la normativa la cual debe fomentar la innovación al tiempo que protegen los derechos y la seguridad de los pacientes.

### Referencias Bibliográficas

- Aguirre, F., Carballo, L., Gonzalez, X., & Gigirey, V. (2021, agosto 2). Inteligencia artificial aplicada a la imagen médica. Sociedad de Radiología e Imagenología del Uruguay.  
<https://sriuy.org.uy/ojs/index.php/Rdi/article/view/94/102>
- Boletín Oficial del Estado. (2016, abril 27). Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016. Boletín Oficial del Estado.  
<https://www.boe.es/doue/2016/119/L00001-00088.pdf>
- Chartrand, G., Cheng, P., Vorontsov, E., Drozdal, M., Turcotte, S., Pal, C., ... Tang, A. (2017, noviembre 13). Deep learning: A primer for radiologists. RadioGraphics.  
<https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/rg.2017170077>
- Davenport, T., & Kalakota, R. (2019, junio). Future healthcare journal, 6(2), 94-98.  
<https://doi.org/10.7861/futurehosp.6-2-94>
- FDA. (2021). Artificial intelligence and machine learning in software as a medical device. U.S. Food and Drug Administration. <https://www.fda.gov/medical-devices/software-medical-device-samd/artificial-intelligence-and-machine-learning-software-medical-device>
- Fernández, T. T., García, M. d., Llano, M. d., Velasco, B. S., & Rodríguez, F. (2024, mayo 22–25). La inteligencia artificial como herramienta en radiología. Sociedad Española de Radiología Médica (SERAM). <https://piper.espacio-seram.com/index.php/seram/article/view/10989/9455>
- Greenspan, H., van Ginneken, B., & Summers, R. M. (2016). Guest editorial deep learning in medical imaging: Overview and future promise of an exciting new technique. IEEE Transactions on Medical Imaging, 35(5), 1153–1159.  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/7463094/authors>

Gulshan, V., Peng, L., Coram, M., Stumpe, M. C., Wu, D., Narayanaswamy, A., ... Webster, D.

R. (2016, diciembre 13). Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs. *JAMA*, 316(22), 2402–2410. <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2588763>

Holzinger, A., Langs, G., Denk, H., Zatloukal, K., & Müller, H. (2019, abril 2). Causability and explainability of artificial intelligence in medicine. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 9(4), e1312.

<https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/widm.1312>

Hosny, A., Parmar, C., Quackenbush, J., Schwartz, L. H., & Aerts, H. J. (2018, mayo 17).

Artificial intelligence in radiology. *Nature Reviews Cancer*, 18(8), 500–510.

<https://doi.org/10.1038/s41568-018-0016-5>

Hospital Universitario La Zarzuela Madrid. (s.f.). Nuevo TAC con IA que logra diagnósticos más precisos. Hospital Universitario La Zarzuela Madrid.

<https://www.hospitallazarzuela.es/es/actualidad/118/nuevo-tac-inteligencia-artificial>

Geis, J. R., & colaboradores. (2019). Ethics of artificial intelligence in radiology: Summary of the joint European and North American multisociety statement. *Radiology*, 293(2), 436–440. <https://doi.org/10.1148/radiol.2019191586>

KPMG Suiza. (s.f.). ISO/IEC 42001: El último estándar de sistemas de gestión de IA. KPMG Suiza. <https://kpmg.com/ch/en/insights/artificial-intelligence/iso-iec-42001.html>

Larson, D. B., Magnus, D. C., Lungren, M. P., Shah, N. H., & Langlotz, C. P. (2021). Ethics of using and sharing clinical imaging data for artificial intelligence: A proposed framework.

*Radiology*, 298(2), 405–413. <https://doi.org/10.1148/radiol.2020200997>

Lenca, M., Ferretti, A., Hurst, S., Puhan, M., Lovis, C., & Vayena, E. (2018, octubre 11).

Considerations for ethics review of big data health research: A scoping review. PLOS ONE. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0204937>

Litjens, G., Kooi, T., Bejnordi, B. E., Setio, A. A., Ciompi, F., Ghahfaridian, M., ... Sánchez, C. I. (2017, diciembre). A survey on deep learning in medical image analysis. *Medical Image Analysis*, 42, 60–88. <https://doi.org/10.1016/j.media.2017.07.005>

López, D. I. (2023, junio 1). Impacto de la inteligencia artificial en la radiología. SciELO. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1684-18592023000100013](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18592023000100013)

Obermeyer, Z., Powers, B., Mullainathan, S., & Vogeli, C. (2019). Dissecting racial bias in an algorithm used to manage the health of populations. *Science*, 366(6464), 447–453. <https://doi.org/10.1126/science.aax2342>

Quiroga, J. P. (2019, junio). Reflexiones sobre inteligencia artificial y radiología. SciELO. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-93082019000200043](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-93082019000200043)

Rouhiainen, L. (2018). *Inteligencia artificial: 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro*. Planeta S.A. [https://planetadelibrosec0.cdnstatics.com/libros\\_contenido\\_extra/40/39308\\_Inteligencia\\_artificial.pdf](https://planetadelibrosec0.cdnstatics.com/libros_contenido_extra/40/39308_Inteligencia_artificial.pdf)

Sahiner, B., Pezeshk, A., Hadjiiski, L. M., Wang, X., Drukker, K., Cha, K. H., ... Giger, M. L. (2018, octubre 26). Deep learning in medical imaging and radiation therapy. *Medical Physics*, 46(1), e1–e36. <https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/mp.13264>

Siemens Healthineers. (s.f.). Comparación entre una imagen de RM con y sin IA (Deep Resolve) [Imagen]. Siemens Healthineers. <https://www.siemens-healthineers.com/latam/magnetic-resonance-imaging/technologies-and-innovations/deep-resolve>

- Siemens Healthineers. (s.f.). Deep Resolve: Unrivaled speed in MRI. Siemens Healthineers.  
<https://www.siemens-healthineers.com/magnetic-resonance-imaging/technologies-and-innovations/deep-resolve>
- Tang, A., Tam, R., Cadrin-Chênevert, A., Bing, W. G., Chong, J., Barfett, J., ... Gray, B. (2021, mayo 1). Canadian Association of Radiologists white paper on artificial intelligence in radiology. *Canadian Association of Radiologists Journal*, 69(2), 120–135.  
<https://journals.sagepub.com/doi/10.1016/j.carj.2018.02.002>
- Thrall, J., Li, X., Li, Q., Do, S., Dreyer, K., & Brink, J. (2018, marzo). Artificial intelligence and machine learning in radiology: Opportunities, challenges, pitfalls, and criteria for success. *Journal of the American College of Radiology*, 15(3), 504–508.  
<https://doi.org/10.1016/j.jacr.2017.12.026>
- Topol, E. J. (2019, enero 7). High-performance medicine: The convergence of human and artificial intelligence. *Nature Medicine*, 25(1), 44–56.  
<https://www.nature.com/articles/s41591-018-0300-7>
- U. S. Department of Health and Human Services. (2022, septiembre 27). Norma de privacidad de la Ley de Responsabilidad y Movilidad del Seguro de Salud: Guía para órganos del orden público. U.S. Department of Health and Human Services.  
<https://www.hhs.gov/sites/default/files/september-2013-hipaa-guide-for-law-enforcement-spanish.pdf>
- VERACITY by DNV. (s.f.). ISO 13485 - Gestión de la calidad para la industria de dispositivos médicos. VERACITY by DNV. <https://www.dnv.es/services/iso-13485-gestion-de-la-calidad-para-la-industria-de-dispositivos-medicos--3282/>

Wang, S., & Summers, R. M. (2012, julio). Machine learning and radiology. *Medical Image Analysis*, 16(5), 933–951.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1361841512000333>