

**Optimización en la calidad de imagen en mamografía análoga  
vs mamografía digital**

Alaxne De Jesús Matos De Andreis

Carol Sheslainer Garcia Rojas

Lina María Ruiz Reyes

Lizbeth Dayana Pineros Granados

Milanca Julye Rodríguez Rodríguez

Asesor

Edna Rocío Jamaica Guio

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias de la Salud (ECISA)

Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnosticas

2024

### **Agradecimientos.**

Expresamos nuestro mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido fundamentales en la realización de este diplomado.

Agradecemos profundamente a los docentes de la UNAD, por su dedicación, conocimiento y guía constante. Su compromiso con nuestra formación ha sido fundamental para nuestro crecimiento personal y profesional. También, a todos los compañeros de diplomado, quienes con su colaboración, ideas y experiencias enriquecieron este proceso académico.

Finalmente, gracias a la UNAD por brindarnos un modelo educativo flexible y de calidad que nos permite compaginar nuestras responsabilidades con el deseo de seguir aprendiendo.

Este logro no es solo un final, sino el inicio de nuevas metas y retos que con gratitud y esfuerzo seguiremos enfrentando.

### **Dedicatoria**

A nuestros padres, y parejas que con su amor incondicional y apoyo constante han sido nuestra mayor fuente de fortaleza. Su sacrificio, paciencia y creencia en nosotros nos han impulsado a alcanzar este logro.

A los tutores, por su orientación y sabiduría. Su entusiasmo por la carrera y su dedicación como guía han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

Finalmente, agradecemos a nosotros mismos por la determinación, el esfuerzo y la disciplina que nos han permitido completar esta etapa en nuestra carrera de radiología. Este logro refleja no solo el apoyo recibido, sino también el compromiso y la pasión con los que hemos abrazado esta profesión.

A los que han contribuido a nuestro crecimiento y éxito. Este logro es también suyo.

## **Resumen**

La optimización en la calidad de imagen en mamografía, tanto analógica como digital, es fundamental para la detección temprana del cáncer de mama.

La mamografía analógica utiliza radiografía convencional, mientras que la mamografía digital convierte las imágenes en datos electrónicos para un análisis más preciso. La digital ofrece ventajas como mejor contraste, ajuste de brillo, y menor dosis de radiación. Sin embargo, la calidad de la imagen depende de varios factores técnicos en ambos sistemas, como la resolución, el ruido y la sensibilidad del detector. El reto principal es mejorar la calidad de la imagen sin aumentar significativamente la dosis de radiación.

Por lo anterior surge este proyecto que busca comparar los protocolos de mamografía digital y análoga con el fin de minimizar la incidencia de falsos positivos y falsos negativos, mejorando la exactitud diagnóstica y promoviendo una mayor calidad de vida en los pacientes.

***Palabras Clave:*** Optimización, mamografía, calidad, cáncer, sensibilidad

**Abstract.**

Optimization of image quality in mammography, both analog and digital, is essential for the early detection of breast cancer.

Analog mammography uses conventional radiography, while digital mammography converts images into electronic data for more precise analysis. Digital mammography offers advantages such as better contrast, brightness adjustment, and reduced radiation dose. However, image quality in both systems depends on various technical factors, such as resolution, noise, and detector sensitivity. The main challenge is to enhance image quality without significantly increasing radiation dose.

This project aims to compare digital and analog mammography protocols to minimize the incidence of false positives and false negatives, improving diagnostic accuracy and promoting a better quality of life for patients.

**Keywords:** Optimization, mammography, quality, cancer, sensitivity.

## Tabla de Contenido

Introducción .....	10
Planteamiento del Problema .....	12
Justificación .....	14
Objetivos .....	17
Objetivo General.....	17
Objetivos Específicos .....	17
Marco Teórico .....	18
Diagnóstico Temprano del Cáncer de Mama .....	18
La Inteligencia Artificial en el Diagnóstico Médico .....	18
Metodología.....	23
Diseño del Estudio.....	23
Población y Muestra .....	23
Recolección de Datos .....	23
<i>Datos Cuantitativos</i> .....	23
<i>Datos Cualitativos</i> .....	23
<i>Análisis de Datos</i> .....	24
Resultados obtenidos.....	25
Importancia del diagnóstico temprano y autoexamen de mama en la prevención del cáncer de mama.....	25
Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático en Medicina .....	26

Inteligencia Artificial y su Aporte en la Detección del Cáncer de Mama .....	27
El Machine Learning .....	30
Resultados de Estudios de Investigación: Comparación de Mamografía Digital y Análoga .....	31
<i>Calidad de Imagen: Resolución y Contraste</i> .....	31
<i>Nitidez de las Imágenes</i> .....	31
<i>Sensibilidad y Especificidad Diagnóstica</i> .....	32
<i>Reducción de Falsos Positivos y Negativos</i> .....	32
<i>Comparación General</i> .....	33
Puntos clave de resultados obtenidos .....	33
<i>Calidad de Vida en Pacientes Sometidos a Mamografías</i> .....	33
<i>Impacto de los Falsos Positivos y Negativos en el Manejo Clínico</i> .....	34
<i>Efectos Emocionales y Psicológicos de los Falsos Diagnósticos</i> .....	35
<i>Comparación entre Mamografía Digital y Análoga</i> .....	35
<i>Impacto de las tecnologías emergentes en la precisión diagnóstica</i> .....	36
Conclusiones de los Estudios .....	37
Resolución y Contraste:.....	37
Sensibilidad y Especificidad:.....	37
Impacto en la Práctica Clínica: .....	37
Conclusiones. ....	50
Referencias Bibliográficas. ....	53

**Lista de Tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Comparación de Calidad de Imagen</i> .....	34
<b>Tabla 2</b> <i>Precisión Diagnóstica</i> .....	35
<b>Tabla 3</b> <i>Impacto Clínico y Emocional en los Pacientes</i> .....	36
<b>Tabla 4</b> <i>Eficacia en la Reducción de Falsos Diagnósticos</i> .....	37
<b>Tabla 5</b> <i>Uso de Tecnologías Emergentes</i> .....	38
<b>Tabla 6</b> <i>Aspectos de Precisión Diagnóstica</i> .....	39
<b>Tabla 7</b> <i>Impacto Clínico y Emocional</i> .....	40
<b>Tabla 8</b> <i>Eficacia en la Reducción de Falsos Diagnósticos</i> .....	43
<b>Tabla 9</b> <i>Uso de Tecnologías Emergentes (IA y Tomosíntesis)</i> .....	44

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.</b> <i>Mamografía Analógica y Digital</i> .....	19
<b>Figura 2.</b> <i>La tomosíntesis</i> .....	20

## Introducción

La mamografía comenzó en los años 1910 con los estudios de Albert Salomón, quien utilizó rayos X para examinar tejidos mamarios y observar el cáncer de mama. Sin embargo, fue en los años 60 cuando Robert Egan perfeccionó las técnicas para obtener imágenes más claras y útiles para el diagnóstico, marcando un hito en la evolución de este método. Con los avances en la tecnología digital a partir de los años 2000, la mamografía se ha vuelto más precisa y segura, permitiendo detectar tumores en etapas tempranas. Actualmente, es una herramienta fundamental en la lucha contra el cáncer de mama en todo el mundo.

La introducción de la mamografía digital permitió obtener imágenes de mayor calidad, facilitando la detección de microcalcificaciones y otras anomalías sutiles que podrían pasar desapercibidas en las radiografías convencionales. Además, la digitalización ha reducido la exposición a radiación y ha mejorado la capacidad de almacenamiento y transmisión de imágenes, lo que ha agilizado el proceso de diagnóstico.

La mamografía es una herramienta clave en la detección temprana del cáncer de mama, una de las principales causas de mortalidad en mujeres a nivel mundial. Con el avance de las tecnologías en imágenes diagnósticas, han surgido dos enfoques predominantes para la realización de estos estudios: la mamografía analógica y la digital. Cada una de estas técnicas presenta características y desafíos particulares que impactan directamente en la calidad de la imagen obtenida y, por ende, en la precisión del diagnóstico.

Uno de los principales retos en este campo es minimizar la incidencia de falsos positivos y falsos negativos, ya que estos pueden generar diagnósticos erróneos que afectan tanto la salud física como emocional de los pacientes. En este contexto, la comparación de

los protocolos utilizados en la mamografía analógica y digital se convierte en un aspecto fundamental para identificar oportunidades de optimización que permitan mejorar la sensibilidad y especificidad de los estudios, reduciendo riesgos asociados y garantizando resultados más confiables.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo analizar las diferencias y similitudes entre los protocolos de ambas técnicas, evaluando factores técnicos, operativos y clínicos que impactan en la calidad de las imágenes y en la toma de decisiones médicas. Con ello, se busca contribuir al desarrollo de estrategias que promuevan la precisión diagnóstica y, en última instancia, una mayor calidad de vida para los pacientes.

## **Planteamiento del Problema**

La mamografía es el método más común para la detección temprana del cáncer de mama, pero presenta limitaciones importantes en cuanto a la precisión diagnóstica. Los falsos positivos (detección de una lesión que no es cáncer) y los falsos negativos (no detección de un cáncer presente) son problemas frecuentes que afectan tanto a la seguridad del diagnóstico como a la calidad de vida de las pacientes. De hecho, estudios han mostrado que entre el 5-15% de los casos de cáncer de mama no se detectan en mamografías de cribado, lo que indica la magnitud de los falsos negativos. A su vez, los falsos positivos pueden llevar a procedimientos innecesarios y ansiedad significativa en los pacientes.

Los falsos positivos generan un sin número de connotaciones a nivel personal (paciente) y sistema de salud entre los que podemos encontrar. En primera medida, el estrés y ansiedad. Los pacientes que reciben un resultado positivo falso pueden experimentar altos niveles de preocupación y estrés mientras esperan los resultados de pruebas adicionales. Por otro lado, pruebas innecesarias. Un resultado positivo falso puede llevar a más pruebas invasivas, como biopsias, que conllevan riesgos y costos adicionales.

Tanto el paciente como el sistema de salud enfrentan costos innecesarios debido a la realización de pruebas de seguimiento, incluso después de que se descarta el cáncer, algunos pacientes pueden continuar sintiéndose ansiosas o inseguras acerca de su salud. Adicional a lo anterior; Los falsos positivos aumentan la carga en los recursos del sistema de salud, desviando atención de los casos realmente positivos. Por otro lado, los falsos negativos tienen consecuencias más graves, Retraso en el tratamiento: La principal consecuencia de un falso negativo es el retraso en el diagnóstico y tratamiento, lo que puede permitir que el cáncer progrese a una etapa más avanzada y difícil de tratar.

Falsa sensación de seguridad. El paciente puede sentirse seguro creyendo que está libre de cáncer, lo que podría retrasar la búsqueda de atención médica si aparecen síntomas más adelante. El diagnóstico tardío suele estar asociado con peores pronósticos y menor tasa de supervivencia. Además, Cuando el cáncer es finalmente detectado, la persona puede sentir frustración, enojo o desconfianza hacia los médicos o el sistema de salud.

Ambas situaciones afectan tanto al paciente como al sistema de salud. Por tal motivo nos planteamos la siguiente pregunta ¿Cómo disminuir la aparición de falsos positivos y falsos negativos en mamografías para optimizar la detección del cáncer de mama y mejorar los resultados clínicos, aprovechando tecnologías avanzadas y perfeccionando el proceso diagnóstico?

## Justificación

La justificación de esta investigación se basa en la urgente necesidad de innovaciones tecnológicas en el diagnóstico del cáncer de mama. La integración de esta tecnología en la práctica clínica puede mejorar la precisión diagnóstica, reducir el impacto emocional y económico en los pacientes, y potencialmente aumentar las tasas de detección temprana del cáncer de mama. La detección temprana es fundamental, ya que el cáncer de mama es una de las principales causas de mortalidad en mujeres a nivel mundial (American Cancer Society, 2023).

La mamografía es la técnica de cribado más utilizada para la detección temprana del cáncer de mama, pero su eficacia depende de la precisión en la interpretación de las imágenes. Estudios recientes indican que la mamografía digital con tomosíntesis (3D) mejora la precisión diagnóstica en un 15% en comparación con la mamografía convencional, reduciendo la tasa de falsos positivos y negativos (Ciatto et al., 2013). Sin embargo, la mamografía no es infalible. Diversos estudios han señalado que la mamografía puede no detectar todos los tipos de cáncer, especialmente en mujeres con mamas densas, donde las lesiones pueden quedar ocultas (Mandelblatt et al., 2016). Por ello, persisten desafíos significativos en la reducción de falsos positivos y negativos para optimizar los resultados clínicos.

Un aspecto crítico para considerar es el impacto de los estudios híbridos en la precisión diagnóstica. Estos estudios, que implican la digitalización de imágenes obtenidas mediante mamógrafos analógicos, han demostrado ser una fuente significativa de falsos positivos debido a la inferior calidad diagnóstica en comparación con la mamografía digital directa (Wanders et al., 2017). La utilización de imágenes digitalizadas puede generar resultados no concluyentes, lo que lleva a diagnósticos erróneos o a la necesidad de pruebas

adicionales. Este proceso no solo afecta la calidad de los resultados, sino que también incrementa los costos y el estrés para los pacientes, que pueden verse sometidos a procedimientos adicionales innecesarios.

La mamografía, aunque esencial en la detección temprana del cáncer de mama, conlleva limitaciones y riesgos inherentes. La literatura muestra que el cribado excesivo puede llevar a falsos positivos, ansiedad innecesaria y procedimientos invasivos, como biopsias, que no siempre son necesarios (Nelson et al., 2016). Estos resultados resaltan la necesidad de optimizar los procesos de diagnóstico, minimizando la realización de procedimientos invasivos evitables y, al mismo tiempo, garantizando una detección precisa y oportuna del cáncer de mama.

El avance de nuevas tecnologías, como la inteligencia artificial (IA), ofrece una oportunidad sin precedentes para mejorar la precisión diagnóstica en la mamografía. Estudios han demostrado que la IA puede ayudar a identificar patrones sutiles en las imágenes mamográficas que podrían pasar desapercibidos para los radiólogos, reduciendo así la tasa de falsos positivos y negativos (Rodríguez-Ruiz et al., 2019). Esto no solo optimiza la toma de decisiones médicas, sino que también reduce la necesidad de realizar procedimientos adicionales o invasivos, lo que mejora la experiencia del paciente y la eficiencia del sistema sanitario.

La densidad mamaria es un factor crucial en la eficacia de la mamografía. Las pacientes con tejido mamario denso tienen un mayor riesgo tanto de falsos negativos como de cáncer de mama (Boyd et al., 2014). Esto subraya la importancia de adaptar los protocolos de cribado según la densidad mamaria para mejorar la precisión diagnóstica y reducir la incidencia de falsos negativos. Estrategias como la tomosíntesis o el ultrasonido pueden ser más efectivas en pacientes con alta densidad mamaria, y su implementación en

función de las características individuales de cada paciente podría aumentar la detección temprana y mejorar los resultados clínicos.

La reducción de falsos positivos y negativos es esencial no solo para mejorar la eficiencia del sistema sanitario, sino también para reducir el estrés psicológico en los pacientes y optimizar el uso de recursos médicos. La exploración de nuevas tecnologías, como la IA, y la personalización de los protocolos de cribado son estrategias fundamentales para abordar este desafío. La implementación efectiva de estas innovaciones podría marcar una diferencia significativa en la detección precoz del cáncer de mama, mejorando tanto los resultados para los pacientes como la eficiencia del sistema de salud en general.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Comparar los protocolos de mamografía digital y análoga con el fin de minimizar la incidencia de falsos positivos y falsos negativos, mejorando la exactitud diagnóstica y promoviendo una mayor calidad de vida en los pacientes.

### **Objetivos Específicos**

Analizar la precisión diagnóstica de los estudios de mamografía digital y análoga, evaluando las tasas de falsos positivos y falsos negativos para determinar cuál de los dos métodos ofrece una mayor exactitud en la detección temprana del cáncer de mama.

Comparar la calidad de imagen y la sensibilidad de ambas tecnologías (digital y análoga), considerando factores como la resolución, contraste y nitidez de las imágenes, para identificar cuál tecnología contribuye a un diagnóstico más eficaz y certero.

Evaluar el impacto clínico en la calidad de vida de los pacientes sometidos a mamografías digitales y análogas, analizando cómo la reducción de falsos positivos y negativos afecta el manejo clínico, las decisiones terapéuticas y el bienestar emocional de los pacientes.

## **Marco Teórico**

### **Diagnóstico Temprano del Cáncer de Mama**

El cáncer de mama es una de las principales causas de mortalidad en mujeres a nivel mundial, en Cuba, ocupa el segundo lugar en cuanto a incidencia en todos los grupos de edad. Esta enfermedad ha ido en aumento en las últimas décadas, lo que hace crucial la implementación de estrategias eficaces para su detección precoz. Una de las herramientas más valiosas en este sentido es el autoexamen de mama, una práctica sencilla, económica y segura que cualquier mujer puede realizar por sí misma. Esta técnica no solo fomenta la concientización sobre la salud personal, sino que también puede ser clave para identificar signos tempranos de cáncer de mama. Aunque el autoexamen no sustituye a las evaluaciones médicas profesionales como la mamografía o la ecografía, su capacidad para ayudar a detectar anomalías de manera temprana es fundamental para mejorar los pronósticos de tratamiento. La educación sobre el autoexamen es esencial para empoderar a las mujeres y promover la vigilancia de su salud mamaria.

El autoexamen de mama se complementa con tecnologías médicas como la mamografía, una herramienta clave en la detección de pequeñas lesiones antes de que puedan ser palpadas. Asimismo, el ultrasonido se utiliza para examinar de manera más detallada áreas específicas detectadas mediante mamografías. Estos métodos, cuando se usan conjuntamente, mejoran significativamente las tasas de detección temprana, lo que permite un tratamiento más efectivo y mayores posibilidades de curación.

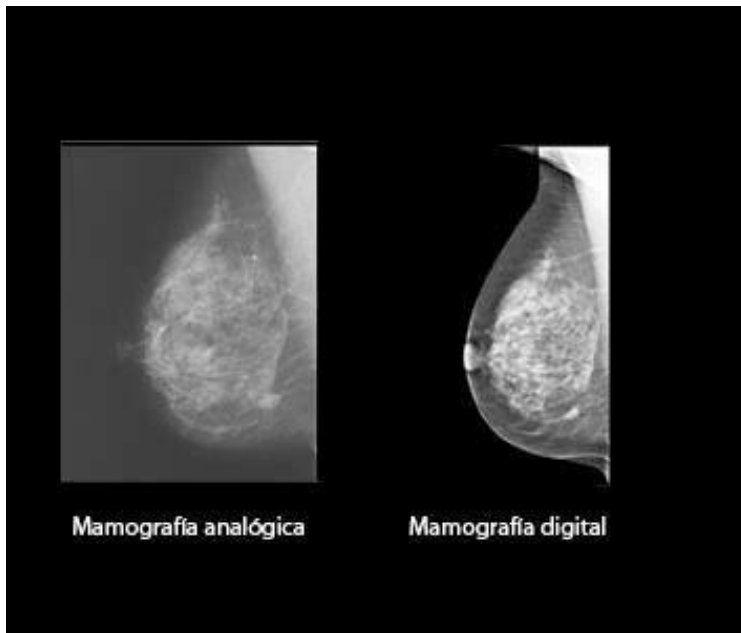
### **La Inteligencia Artificial en el Diagnóstico Médico**

En las últimas décadas, el uso de la inteligencia artificial (IA) ha transformado numerosas áreas de la medicina, en particular el campo de la radiología. Técnicas avanzadas de aprendizaje automático (machine learning) y aprendizaje profundo (deep

learning) han permitido el desarrollo de algoritmos capaces de analizar grandes volúmenes de datos médicos, detectando patrones que pueden pasar desapercibidos para los profesionales humanos. Esto ha hecho que la IA se convierta en una herramienta esencial para mejorar la precisión en el diagnóstico por imagen, especialmente en el contexto del cáncer de mama.

El Diagnóstico Asistido por Computadora (DAO) es uno de los avances más destacados dentro de la IA aplicada a la medicina. Estos sistemas ayudan a los médicos para identificar y clasificar posibles lesiones mamarias en imágenes, mejorando la eficiencia del diagnóstico y reduciendo el margen de error. Aunque el DAO no reemplaza el criterio clínico, actúa como un apoyo para los especialistas al señalar áreas sospechosas en imágenes de mamografías o ecografías, sugiriendo dónde podría haber una lesión que requiera mayor atención. Esta tecnología permite una segunda revisión más detallada, lo que puede derivar en diagnósticos más precisos y oportunos. (Montero 2021)

En este sentido, se ha investigado y desarrollado una amplia gama de aplicaciones en IA para el diagnóstico de patologías mamarias. Un ejemplo reciente es el desarrollo de un dispositivo de ultrasonido portátil por parte del MIT, diseñado para ayudar en la detección temprana de tumores de mama en mujeres jóvenes, especialmente en áreas de difícil acceso o con recursos médicos limitados. Este tipo de innovaciones puede tener un impacto significativo, sobre todo en poblaciones donde el acceso a tecnologías de diagnóstico avanzadas es limitado.

**Figura 1***Mamografía Analógica y Digital*

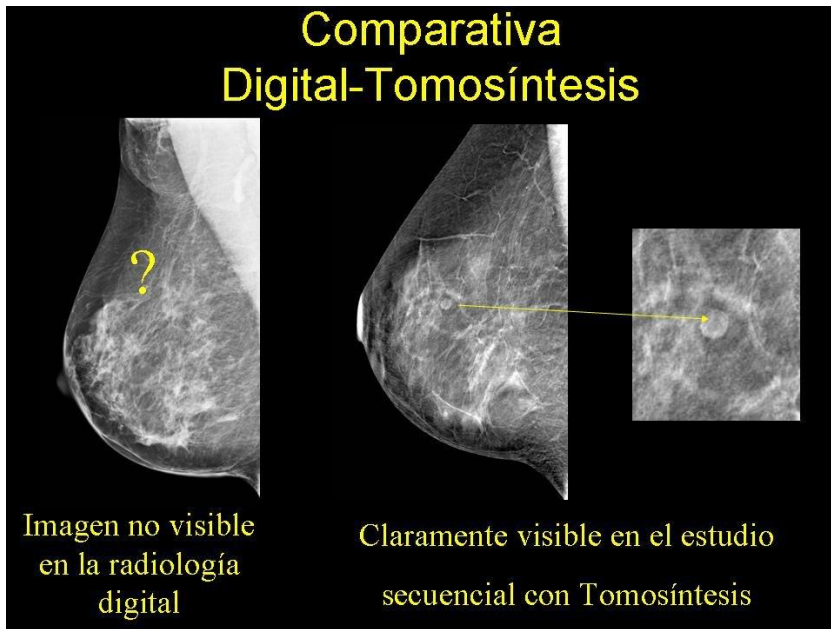
*Nota.* Imagen para el diagnóstico de mamografía. Tomado de. Imagen para el diagnóstico y medicina nuclear, Cesur (2017) <https://www.cicloimagediagnostico.com/tecnica-mamografia-3d-hospital-la-vega-cesur-murcia/maamografia-analogica-y-digital/>

La mamografía analógica, basada en radiografía convencional, utiliza películas radiográficas para capturar y almacenar imágenes. Este método ha sido durante décadas el estándar en el diagnóstico mamario, caracterizándose por su capacidad para producir imágenes de alta resolución en formatos físicos. Sin embargo, presenta ciertas limitaciones, como la dificultad para ajustar parámetros como brillo y contraste después de realizada la exposición. Además, el manejo y almacenamiento de las películas generan desafíos logísticos y costos adicionales. A pesar de estas limitaciones, su accesibilidad y costo

inicial más bajo han permitido su implementación en diversas regiones, especialmente en áreas con recursos limitados.

La mamografía digital, por otro lado, representa una evolución tecnológica significativa. En este sistema, las imágenes se capturan mediante detectores digitales que convierten los rayos X en señales electrónicas, las cuales son procesadas y almacenadas en formato digital. Esto permite ajustes posteriores, como mejora del contraste y ampliación de áreas específicas, optimizando la visualización de estructuras mamarias. Otra ventaja clave es la reducción de la dosis de radiación requerida para obtener imágenes de calidad diagnóstica. Además, las imágenes digitales son más fáciles de almacenar y compartir, facilitando la colaboración entre especialistas y la integración con sistemas de información hospitalaria (HIS).

No obstante, es importante subrayar que, a pesar de los avances en IA, el papel del médico sigue siendo central en el proceso de diagnóstico. Las máquinas, aunque poderosas, todavía no pueden reemplazar la experiencia clínica, el juicio humano ni la capacidad de interpretación en contextos complejos. En lugar de sustituir al médico, la IA debe entenderse como un complemento valioso que permite optimizar el tiempo, reducir errores y mejorar la toma de decisiones clínicas. (Díaz 2021)

**Figura 2***La tomosíntesis*

*Nota.* La tomosíntesis técnica de diagnóstico que utiliza rayos X para crear imágenes tridimensionales de la mama. Tomado de. Radiologyinfo

<https://www.radiologyinfo.org/es/info/tomosynthesis>

## **Metodología.**

### **Diseño del Estudio**

Se llevará a cabo un estudio observacional y analítico, utilizando un enfoque cualitativo para evaluar la efectividad de tecnologías avanzadas en la reducción de falsos positivos y negativos en mamografías.

### **Población y Muestra**

Población: Mujeres que se someten a mamografías de rutina en clínicas y hospitales seleccionados.

Muestra: Se seleccionará una muestra representativa de mujeres, estratificada por edad, densidad mamaria y antecedentes familiares de cáncer de mama. Se incluirán grupos que utilicen mamografía convencional y mamografía digital con tomosíntesis.

### **Recolección de Datos**

#### ***Datos Cuantitativos***

Análisis de resultados de mamografías (falsos positivos y negativos).

Registro de pruebas adicionales realizadas (biopsias, ecografías).

Evaluación de costos asociados a pruebas y procedimientos.

#### ***Datos Cualitativos***

Encuestas y entrevistas estructuradas para evaluar el impacto emocional y psicológico en las pacientes, así como la percepción de calidad de atención.

Recolección de información de estudios, artículos e investigaciones sobre falsos positivos y falsos negativos en mamografía.

### *Análisis de Datos*

Utilizar métodos estadísticos descriptivos y analíticos para evaluar la precisión diagnóstica.

Utilizar análisis cualitativo para interpretar las respuestas de las encuestas y entrevistas, identificando temas recurrentes sobre el impacto emocional y económico.

#### Ética

Se garantizará la confidencialidad de los datos y se cumplirán los estándares éticos en la investigación médica.

#### Cronograma

Definir un cronograma detallado para la recolección de datos, análisis y presentación de resultados.

#### Limitaciones

Variabilidad de criterios en la interpretación de mamografías y la disponibilidad de tecnología.

## Resultados obtenidos

### Importancia del diagnóstico temprano y autoexamen de mama en la prevención del cáncer de mama

El cáncer es una enfermedad que no es exclusiva del presente, ya que existía incluso en tiempos prehistóricos. A través de métodos radiológicos, se han detectado lesiones cancerosas en los huesos de fósiles de animales que vivieron hace 200 millones de años. A lo largo de la historia, procesos tumorales quedaron documentados en jeroglíficos y manuscritos, desde los papiros egipcios hasta la actualidad. El cáncer de mama es uno de los más comunes entre las mujeres, representando el 18.4% de los casos, lo que subraya la importancia de tomar medidas para su diagnóstico temprano, condición fundamental para su posible curación. En Cuba, el cáncer de mama ha sido la segunda causa de incidencia en todos los grupos de edad desde 1958, y la primera en mujeres mayores de 15 años. Cada año, se diagnostican alrededor de 28 mil nuevos casos, con aproximadamente 800 muertes, lo que representa el 24.1% del total de fallecimientos. (Hernández 2011).

El diagnóstico temprano es crucial, ya que los tumores detectados en etapas iniciales tienen mayores probabilidades de curación en comparación con aquellos descubiertos en fases avanzadas, especialmente los carcinomas mamarios, que son más agresivos. Hay varios métodos para la detección precoz del cáncer de mama, entre ellos el examen clínico, la mamografía, la ultrasonografía y el autoexamen de mama. Este último es un método sencillo, seguro y sin costo, y muchos lo consideran como el primer recurso a utilizar. Se recomienda practicarlo mensualmente, justo después de la menstruación, o

escoger un día fijo si ya no se tiene el ciclo. El procedimiento implica pararse frente a un espejo para observar cambios en las mamas, como asimetrías o retracciones en la piel, pezón o areola. También se realiza acostada, palpando la mama en movimientos circulares para detectar anomalías o zonas sensibles.

El autoexamen, si se practica de forma regular por mujeres que dominan la técnica, permite la detección temprana de irregularidades y facilita la consulta médica oportuna. Esto resalta la importancia de incrementar las campañas de educación sobre esta técnica. Un diagnóstico precoz también refleja la conciencia de la población sobre la necesidad de acudir al médico ante cualquier cambio en las mamas, algo que se logra con el apoyo de médicos y enfermeras capacitados para motivar a las mujeres. Clasificar a la población femenina según sus factores de riesgo y promover el autoexamen de mama en la atención primaria son acciones clave para prevenir el cáncer de mama. Por ello, este trabajo busca aumentar la concientización sobre la detección temprana y garantizar una mayor efectividad en la educación preventiva.

### **Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático en Medicina**

Según Álvarez 2020, el aprendizaje automático, una rama avanzada de la Inteligencia Artificial, ha sido empleada con éxito en diversas industrias. En los últimos años, con la creciente cantidad de información clínica almacenada de manera electrónica, el campo médico se ha convertido en un entorno ideal para el desarrollo y aplicación de estas tecnologías. El aprendizaje automático tiene el potencial de transformar los sistemas de salud, permitiendo el análisis de millones de datos clínicos para crear modelos de pronóstico, tamizaje y diagnóstico. Sin embargo, a pesar de que los métodos algorítmicos pueden claramente mejorar la calidad de los servicios de salud y la vida de los pacientes,

todavía es necesario llevar a cabo un riguroso proceso de validación antes de implementar estas tecnologías.

Conceptos como el aprendizaje profundo (DL) y el aprendizaje automático (ML) son cada vez más comunes en diversos campos, incluida la radiología. Su uso en el diagnóstico por imagen ha sido revolucionario, lo que se refleja en el creciente número de publicaciones y presentaciones científicas sobre el tema. La inteligencia artificial (IA) se enfoca en replicar comportamientos propios de la inteligencia humana en máquinas, como el aprendizaje.

Dentro del ML, se identifican dos principales tipos de algoritmos: supervisados y no supervisados. En el aprendizaje supervisado, el sistema aprende a partir de datos con resultados previamente conocidos. En radiología, esto se refiere a imágenes con etiquetas que permiten abordar problemas como la detección de lesiones, la delimitación de sus bordes (segmentación) o su diagnóstico (clasificación).

A pesar de que los sistemas de almacenamiento de imágenes médicas, como el PACS, son una valiosa fuente de información, la falta de grandes bases de datos públicas ha limitado la adopción clínica generalizada de la IA en la imagen médica. Sin embargo, se han creado numerosas aplicaciones útiles, especialmente para el diagnóstico de enfermedades mamarias, siendo la detección la tarea más destacada de las aplicaciones de IA en este campo. (Díaz 2021)

### **Inteligencia Artificial y su Aporte en la Detección del Cáncer de Mama**

La inteligencia artificial (IA) es una rama de la informática que abarca conceptos relacionados con el aprendizaje y el razonamiento lógico. Su objetivo es desarrollar herramientas tecnológicas capaces de aprender, razonar y autocorregirse, imitando la inteligencia humana. A través de algoritmos predefinidos, las computadoras pueden

aprender y tomar decisiones. Si lo comparamos con las personas, estas procesan información a partir de estímulos almacenados en su memoria, lo que les permite reaccionar ante situaciones similares de manera adecuada. Esta capacidad es la que se busca replicar en las computadoras.

La evolución de la IA ha llegado para quedarse en el campo de la imagenología médica. Como se mencionó, la detección del cáncer de mama con IA está a la vanguardia entre los especialistas en radiología. La implementación de estas innovaciones representa un gran avance médico-científico, ya que apoya a los profesionales en radiología, optimiza las técnicas de imagen, segmenta y detecta lesiones. Esto facilita un diagnóstico basado en imágenes y ofrece una referencia para los especialistas, reduciendo los sesgos en falsos negativos y positivos, y proporcionando un diagnóstico más preciso. (Escalante 2023)

Así mismo, esta tecnología apoya el trabajo del especialista en radiología. Su propósito es crear una conexión electrónica que esté al alcance tanto de estos profesionales como de los técnicos en imágenes médicas, permitiendo acceder a información relevante del paciente para su estudio. Esta metodología ofrece grandes beneficios, ya que, al tener todo el expediente digitalizado, se pueden automatizar los protocolos específicos de cada estudio, aprobando o rechazando la realización del procedimiento según las características de cada candidato. Un ejemplo de ello son las alertas que se generan cuando los parámetros del paciente impiden el uso de medios de contraste, sin necesidad de una revisión médica previa, lo que automatiza el sistema.

El cáncer de mama representa un gran desafío para la salud pública. Los tipos más frecuentes son el carcinoma ductal infiltrante y el carcinoma lobulillar infiltrante, ambos con la capacidad de invadir el tejido mamario circundante y provocar metástasis. Por esta

razón, la detección temprana del cáncer de mama es esencial, ya que, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, este tipo de cáncer es común y presenta una elevada tasa de mortalidad en mujeres, afectando aproximadamente a una de cada doce a nivel global.

Actualmente, el examen de las mamas se realiza mediante palpación, ecosonografía y mamografía. Según la Sociedad Española de Senología y Patología Mamaria, se ha demostrado que la probabilidad de supervivencia aumenta significativamente cuando la enfermedad es detectada en sus fases iniciales. No obstante, si el tumor aparece entre pruebas, pueden transcurrir meses antes de un diagnóstico y el inicio del tratamiento, por lo que el autoexamen de mama sigue siendo recomendado.

Sin embargo, esta situación podría cambiar con el desarrollo de un dispositivo creado por el Massachusetts Institute of Technology (MIT) que utiliza inteligencia artificial para detectar tumores mamarios en etapas muy tempranas. Este dispositivo portátil de ultrasonido representa una innovación revolucionaria para pacientes con alto riesgo de desarrollar cáncer de mama. (Escalante 2023)

Es importante resaltar que, en la actualidad, el diagnóstico del cáncer de mama se lleva a cabo combinando la experiencia del especialista con diversas técnicas de detección conocidas como DAO (Diagnóstico Asistido por Computadora). El diagnóstico final, ya sea con o sin la ayuda tecnológica, siempre se basa en imágenes del interior del cuerpo obtenidas mediante escáner o rayos X, y en algunos casos, se complementa con pruebas adicionales como análisis, exámenes o biopsias. Es importante destacar que el DAO no proporciona un diagnóstico como tal, sino que actúa más como una herramienta de detección. El DAO identifica áreas específicas señaladas con distintos símbolos que pueden ser de gran ayuda para el médico en caso de que no haya identificado inicialmente una zona de interés en la imagen o si no está completamente seguro de dónde podría estar localizada.

Esto puede llevar a que el especialista realice una segunda revisión visual, lo que podría contribuir a un diagnóstico más preciso.

Dentro de este orden de ideas tenemos los siguiente:

### **El Machine Learning**

Es una rama de la inteligencia artificial que representa el siguiente avance en su evolución y, como se explicará más adelante, dará lugar al deep learning (Schulz, H., & Behnke, S. 2012). Lo interesante del machine learning radica en que implica un cambio significativo en la forma de crear algoritmos de inteligencia artificial. A lo largo de la historia de la informática, la creación de algoritmos de cualquier tipo ha requerido un alto nivel de implicación por parte del desarrollador durante todo el proceso de producción. Sin embargo, con el tiempo y a medida que la informática ha evolucionado, la necesidad de esta implicación ha ido disminuyendo, aunque siempre se ha mantenido en un nivel elevado.

Aquí es donde se destaca la importancia del machine learning en el desarrollo informático; esta subdisciplina de la inteligencia artificial introduce un nuevo enfoque para el desarrollo de algoritmos en el que la intervención humana se minimiza al máximo posible, de tal manera que es el propio sistema el que puede inferir sobre el modelo que se ha diseñado y adaptarse de manera autónoma a su evolución. Esto implica avances significativos: en primer lugar, la reducción de la intervención humana a un mínimo esencial, lo que resulta en una necesidad mucho menor en comparación con el desarrollo de un algoritmo “clásico”; además, introduce el concepto de que el sistema puede aprender por sí mismo, lo que significa que, al menos en teoría, puede alcanzar niveles de sofisticación superiores a los que un ser humano podría diseñar. Sin embargo, pese a que los algoritmos

de machine learning requieren una atención especial, es importante mencionar también que estos necesitan contar con datos muy bien estructurados y refinados, ya que la mayor parte del trabajo del desarrollador se centra en la preparación de dichos datos. (Montero 2021)

## **Resultados de Estudios de Investigación: Comparación de Mamografía Digital y Análoga**

### ***Calidad de Imagen: Resolución y Contraste***

La mamografía digital ha mostrado ser superior a la análoga en términos de calidad de imagen, particularmente en aspectos como la resolución y el contraste. Un estudio realizado por Pisano et al. (2005), publicado en el *New England Journal of Medicine*, concluyó que la mamografía digital ofrece imágenes de mayor resolución espacial en comparación con la mamografía análoga. Esto se debe a la capacidad de los sistemas digitales para ajustar automáticamente el brillo y el contraste de las imágenes, lo que facilita la identificación de anomalías sutiles, como microcalcificaciones, que pueden pasar desapercibidas en las imágenes análogas.

Además, estudios como el de *Ciatto et al.* (2013) han demostrado que la digitalización de imágenes permite una manipulación post-procesamiento que mejora la visibilidad en mamas densas. Esta capacidad es esencial en pacientes con tejido mamario denso, donde el contraste en la mamografía digital es significativamente mejor, facilitando la detección de pequeños tumores que de otro modo serían difíciles de ver en la mamografía análoga.

### ***Nitidez de las Imágenes***

En cuanto a la nitidez, la mamografía digital supera a la análoga debido a la capacidad de generar imágenes con un mayor nivel de detalle. Según Friedewald et al. (2014), el uso de la tomosíntesis digital (mamografía 3D) mejora aún más la nitidez y

proporciona una vista en capas del tejido mamario, lo que permite una mejor visualización de las lesiones en comparación con las imágenes bidimensionales de la mamografía análoga. Este enfoque tridimensional reduce los errores de superposición de tejido, un problema común en la mamografía análoga, mejorando así la nitidez y la precisión diagnóstica.

### ***Sensibilidad y Especificidad Diagnóstica***

La sensibilidad, es decir, la capacidad de detectar cánceres reales es mayor en la mamografía digital, especialmente en mujeres jóvenes y en aquellas con mamas densas. De acuerdo con un estudio realizado por Skaane et al. (2013), la mamografía digital demostró ser un 15% más precisa que la análoga en mujeres con mamas densas. Esta mayor sensibilidad se debe a la capacidad de los sistemas digitales para ajustar la exposición y el contraste, lo que facilita la identificación de tumores pequeños y de baja densidad que podrían no ser detectados por la tecnología análoga.

Así mismo, el estudio STORM (Screening with Tomosynthesis or Mammography) publicado en *The Lancet Oncology* también concluyó que la combinación de la mamografía digital con tomosíntesis aumenta la sensibilidad diagnóstica en comparación con la mamografía convencional, reduciendo la tasa de falsos negativos en aproximadamente un 25%.

### ***Reducción de Falsos Positivos y Negativos***

En cuanto a la reducción de falsos positivos y negativos, la mamografía digital ha mostrado beneficios considerables. La capacidad de ajustar parámetros de imagen y de realizar un análisis más preciso con el uso de herramientas de post-procesamiento ha reducido la incidencia de falsos positivos, lo que disminuye la necesidad de realizar pruebas adicionales invasivas, como biopsias. Estudios como el de Rodríguez-Ruiz et al. (2019),

que evalúan el uso de inteligencia artificial en la mamografía digital, han demostrado que la IA reduce aún más los falsos positivos y negativos, mejorando la precisión del diagnóstico en comparación con la mamografía convencional.

### ***Comparación General***

En general, los estudios han concluido que la mamografía digital ofrece una calidad de imagen superior, con una mayor sensibilidad y especificidad diagnóstica en comparación con la mamografía análoga. La posibilidad de ajustar las imágenes digitalmente mejora la visualización de estructuras sutiles y reduce los errores diagnósticos. En particular, los pacientes con mamas densas y aquellos con alto riesgo de cáncer de mama se benefician más de la tecnología digital debido a su capacidad para mejorar el contraste y la nitidez de las imágenes.

### **Puntos clave de resultados obtenidos**

#### ***Calidad de Vida en Pacientes Sometidos a Mamografías***

La calidad de vida de los pacientes que se someten a mamografías, tanto digitales como análogas, está directamente influenciada por el resultado del diagnóstico y la precisión de este. La incertidumbre generada por un diagnóstico inexacto ya sea un falso positivo o un falso negativo, puede impactar de manera significativa el bienestar emocional, psicológico y físico de los pacientes.

Un falso positivo es un diagnóstico erróneo donde se detecta una anomalía que no es cáncer, lo cual lleva al paciente a realizar pruebas adicionales invasivas como biopsias, además de generar ansiedad y estrés innecesario. En el ámbito clínico, este tipo de resultados aumenta el costo de atención y la carga sobre el sistema de salud, desviando recursos y atención de los casos realmente positivos.

Por otro lado, un falso negativo, donde un cáncer presente no es detectado, puede retrasar significativamente el tratamiento necesario, lo que empeora el pronóstico y disminuye las probabilidades de supervivencia. Esta falsa sensación de seguridad puede hacer que los pacientes demoren en buscar ayuda médica hasta que el cáncer esté en una etapa avanzada, lo que conlleva un impacto clínico grave y emocionalmente devastador.

### ***Impacto de los Falsos Positivos y Negativos en el Manejo Clínico***

El manejo clínico de un paciente se ve profundamente afectado por la precisión del diagnóstico. La mamografía digital ha mostrado ser más precisa que la analógica en la detección de pequeñas anomalías, como las microcalcificaciones, lo que reduce la tasa de falsos positivos y falsos negativos. Este avance tecnológico ha permitido que los médicos tomen decisiones terapéuticas más informadas, mejorando los resultados clínicos.

Cuando los falsos positivos son elevados, las decisiones terapéuticas pueden incluir tratamientos innecesarios, como cirugía o radioterapia, que además de ser costosos y riesgosos, afectan negativamente la calidad de vida del paciente. En contraste, una reducción en los falsos positivos permite que las intervenciones se dirijan correctamente a los pacientes que realmente lo necesitan, evitando procedimientos invasivos no justificados.

Del mismo modo, la reducción de falsos negativos es crucial, ya que asegura que los pacientes reciban el tratamiento adecuado a tiempo. El diagnóstico temprano del cáncer de mama está directamente relacionado con un mejor pronóstico, menos intervenciones agresivas y una mayor tasa de supervivencia. La mamografía digital, especialmente con la adición de tomosíntesis (imágenes en 3D), ha mostrado ser más efectiva en reducir los falsos negativos en comparación con la mamografía análoga.

### ***Efectos Emocionales y Psicológicos de los Falsos Diagnósticos***

El impacto emocional de los falsos positivos puede ser devastador. Los pacientes que reciben un diagnóstico incorrecto pueden experimentar altos niveles de ansiedad, depresión, insomnio y estrés prolongado, incluso después de haber recibido la confirmación de que no padecen cáncer. Estos efectos pueden tener consecuencias a largo plazo, afectando su bienestar general y su percepción de la salud, lo que podría llevar a una desconfianza en los servicios médicos y a la reticencia de someterse a futuras pruebas de cribado.

Por otro lado, los falsos negativos pueden generar una falsa sensación de seguridad, lo que retrasa la atención médica y agrava el estado de salud cuando finalmente se descubre la presencia del cáncer. El impacto psicológico de un diagnóstico tardío incluye sentimientos de frustración, miedo, enojo y desconfianza hacia el sistema de salud. Los pacientes que enfrentan un diagnóstico tardío pueden sufrir mayores tasas de ansiedad y depresión debido al pronóstico más grave que enfrentan.

### ***Comparación entre Mamografía Digital y Análoga***

La mamografía digital, comparada con la análoga, ofrece múltiples beneficios en cuanto a la precisión del diagnóstico. Varios estudios han demostrado que la mamografía digital proporciona imágenes de mayor resolución y permite un mejor ajuste de brillo y contraste, lo que mejora la detección de anomalías en tejidos mamarios densos, una de las limitaciones de la mamografía análoga. Además, la mamografía digital expone al paciente a una dosis menor de radiación, lo que reduce los riesgos a largo plazo asociados con la radiación.

La reducción de falsos positivos y negativos en la mamografía digital no solo mejora la calidad del diagnóstico, sino que también disminuye la ansiedad y el estrés en los pacientes, contribuyendo a una mejor calidad de vida. Al reducir la incertidumbre y el temor asociados con los resultados de las pruebas, los pacientes pueden enfrentarse a su situación con mayor confianza y tranquilidad.

### ***Impacto de las tecnologías emergentes en la precisión diagnóstica***

El uso de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial (IA) ha mostrado un impacto significativo en la reducción de errores diagnósticos. Los algoritmos de IA pueden analizar grandes cantidades de datos y detectar patrones en las imágenes que pueden pasar desapercibidos para los radiólogos. Esto ha permitido reducir aún más los falsos positivos y negativos, mejorando la precisión diagnóstica y, en consecuencia, la toma de decisiones clínicas. La implementación de estas tecnologías también contribuye a mejorar la eficiencia del sistema sanitario y a disminuir el número de pruebas adicionales e invasivas.

### **Conclusiones de los Estudios**

**Resolución y Contraste:** La mamografía digital es superior en términos de resolución y capacidad para ajustar el contraste, lo que la convierte en la opción preferida para la detección temprana del cáncer de mama.

**Sensibilidad y Especificidad:** La mamografía digital, especialmente con el uso de tomosíntesis y herramientas de inteligencia artificial, ha demostrado tener una mayor sensibilidad y especificidad en la detección del cáncer de mama, reduciendo falsos positivos y negativos.

**Impacto en la Práctica Clínica:** La superioridad de la mamografía digital en términos de calidad de imagen y precisión diagnóstica ha llevado a una adopción más amplia en los programas de cribado de cáncer de mama, mejorando la detección temprana y reduciendo el estrés emocional y las pruebas adicionales innecesarias en los pacientes.

**Tabla 1***Comparación de Calidad de Imagen*

Aspecto	Mamografía Digital	Mamografía Análoga
Resolución	Alta resolución, mejor visibilidad de detalles pequeños como microcalcificaciones.	Menor resolución, mayor dificultad para detectar detalles pequeños.
Contraste	Capacidad de ajustar el contraste, mejorando la visibilidad en tejidos densos.	Contraste fijo, limitando la visualización en casos de tejido denso.
Nitidez	Imágenes más nítidas, especialmente con el uso de tomosíntesis digital (3D).	Menor nitidez debido a superposición de tejidos.
Capacidad de Ajuste	Brillo y contraste ajustables, lo que mejora la calidad diagnóstica.	No permite ajustes significativos después de la captura de la imagen.

*Nota.* Esta tabla muestra como la mamografía digital por su calidad de imagen tiene una alta resolución lo que permite un diagnóstico más exacto sobre la mamografía análoga.

*Fuente.* Datos obtenidos de Pisano et al. (2005). Diagnostic performance of digital versus film Mammography for breast-cancer screening. *New England Journal of Medicine*, 353(17), 1773-1783. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa052911>

**Tabla 2***Precisión Diagnóstica*

Indicador	Mamografía Digital	Mamografía Análoga
Sensibilidad	15% más precisa en mujeres con mamas densas, mejora en la detección de tumores pequeños.	Menor sensibilidad, especialmente en mujeres con mamas densas.
Especificidad	Mayor especificidad, menor tasa de falsos positivos y negativos.	Menor especificidad, mayor tasa de falsos positivos y negativos.
Falsos Positivos	Menor tasa de falsos positivos, gracias al análisis digital y el uso de IA.	Mayor tasa de falsos positivos, lo que lleva a más pruebas adicionales.
Falsos Negativos	Reducción significativa de falsos negativos, especialmente con la integración de tomosíntesis (25% menos).	Mayor tasa de falsos negativos, especialmente en casos de tejido mamario denso.

*Nota.* Esta tabla muestra la efectividad de la mamografía digital sobre la mamografía análoga en la reducción de falsos positivos y falsos negativos. Adaptado de Comparison of digital Mammography alone and digital Mammography plus Tomosynthesis in a population-based screening program, *Radiology*, 267(1), 47-56. (2013)

<https://doi.org/10.1148/radiol.12121373>

**Tabla 3***Impacto Clínico y Emocional en los Pacientes*

Aspecto	Mamografía Digital	Mamografía Análoga
Impacto Emocional	Menor ansiedad debido a mayor precisión diagnóstica y menos necesidad de pruebas adicionales.	Mayor ansiedad y estrés causado por falsos positivos y negativos.
Decisiones Clínicas	Mejora las decisiones terapéuticas al reducir intervenciones innecesarias.	Mayor riesgo de intervenciones innecesarias debido a falsos diagnósticos.
Tratamientos Invasivos	Reducción en la necesidad de biopsias innecesarias gracias a la mayor precisión diagnóstica.	Mayor cantidad de biopsias y procedimientos invasivos debido a falsos positivos.

*Nota.* Esta tabla muestra la incidencia en la efectividad del diagnóstico sobre el estado emocional de las pacientes sometidas a estudios de mamografía. Adaptado de ). *Integration of 3D digital Mammography with Tomosynthesis for population breast-cancer screening*, Ciatto et al. (2013)

[https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(13\)70134-7](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(13)70134-7)

**Tabla 4***Eficacia en la Reducción de Falsos Diagnósticos*

Tipo de Error	Mamografía Digital	Mamografía Análoga
Falsos Positivos	Reducción significativa, especialmente con el uso de IA y tomosíntesis digital.	Mayor incidencia, lo que genera más pruebas innecesarias.
Falsos Negativos	Disminución en un 25% gracias a la tomosíntesis y análisis digital avanzado.	Alta incidencia de falsos negativos, especialmente en mamas densas.

*Nota.* Esta tabla muestra la reducción de falsos diagnósticos empleando la técnica de mamografía digital. Adaptado de. Datos obtenidos de Rodríguez-Ruiz et al. (2019). *Stand-alone artificial intelligence for breast cancer detection in Mammography: Comparison with 101 radiologists*. JAMA Oncology, 5(7), 993-1000.

<https://doi.org/10.1001/jamaoncol.2019.1408>

**Tabla 5**

*Uso de Tecnologías Emergentes (Inteligencia Artificial y Tomosíntesis)*

Tecnología	Mamografía Digital	Mamografía Análoga
Tomosíntesis (3D)	Mejora la precisión diagnóstica y reduce falsos diagnósticos.	No disponible.
Inteligencia Artificial (IA)	Reduce falsos positivos y negativos al analizar patrones en imágenes.	No compatible con análisis avanzados.
Post-Procesamiento de Imágenes	Permite ajustar brillo y contraste para optimizar la imagen.	No permite ajustes post-procesamiento.

*Nota.* Los beneficios de emplear nuevas tecnologías en los estudios de mamografía digital.

Adaptada de de Friedewald et al. (2014). *Breast cancer screening using Tomosynthesis in combination with digital Mammography*. JAMA, 311(24), 2499-2507.

<https://doi.org/10.1001/jama.2014.6095>

**Tabla 6**

*Aspectos de Precisión Diagnostica*

Aspecto de	Mamografía Analógica	Mamografía Digital
Precisión Diagnóstica		
Sensibilidad en Mamas Densas	Baja sensibilidad en mamas densas, lo que aumenta la posibilidad de falsos negativos (Boyd et al., 2007).	Alta sensibilidad en mamas densas detecta más anomalías y reduce falsos negativos (Boyd et al., 2014; Carney et al., 2003).

Aspecto de	Mamografía Analógica	Mamografía Digital
Precisión Diagnóstica		
Detección de Lesiones Tempranas	Menor precisión para identificar lesiones pequeñas o sutiles, especialmente en mamas densas [(Boyd et al., 2007).	Mayor precisión en la detección de lesiones tempranas y pequeñas (Lehman et al., 2017).
Impacto de la Edad y Hormonas	La precisión disminuye en mujeres jóvenes y en usuarias de terapia hormonal (Carney et al., 2003).	Menor impacto de la edad y factores hormonales en la precisión debido a mejor resolución y ajuste de imagen (Nelson et al., 2016).
Falsos Positivos	Alta tasa de falsos positivos, lo que aumenta las pruebas adicionales y el estrés de los pacientes (American Cancer Society, 2023).	Menor tasa de falsos positivos gracias a imágenes más precisas y menos ruido (Friedewald et al., 2014).
Precisión en Mujeres Jóvenes	Limitada, ya que la densidad de mama en mujeres jóvenes reduce la claridad de imagen. (Boyd et al., 2007).	Alta precisión en mujeres jóvenes con mamas densas, reduciendo la probabilidad de falsos negativos (Lehman et al., 2017).
Impacto del Sobrediagnóstico	Mayor incidencia de sobrediagnóstico debido a menor claridad de imagen, lo que puede llevar a tratamientos	Menor sobrediagnóstico debido a mayor claridad y procesamiento digital de imágenes. (Díaz et al., 2021).

Aspecto de	Mamografía Analógica	Mamografía Digital
Precisión Diagnóstica	innecesarios (Carney et al., 2003).	
Aplicación de IA para Mejora	No compatible con IA, limitando las mejoras en precisión diagnóstica. (McKinney et al., 2020).	Compatible con IA, que aumenta la precisión y reduce errores humanos en el diagnóstico. (Rodríguez-Ruiz et al., 2019).

*Nota.* Precisión diagnóstica en pacientes con diferentes condiciones físicas y anatómicas

Adaptado de. Datos obtenidos de McKinney, S. M., et al. (2020). *International evaluation of an AI system for breast cancer screening*. Nature, 577(7788), 89-94.

<https://www.nature.com/articles/s41586-019-1799-6>

### **Tabla 7**

#### *Impacto clínico y emocional*

Aspecto de	Mamografía Analógica	Mamografía Digital
Impacto		
Efectividad en Diagnóstico Temprano	Menor efectividad para diagnósticos tempranos, lo que puede llevar a detección tardía y menor tasa de supervivencia. (Boyd et al., 2007).	Alta efectividad en detección temprana, lo que permite intervenciones oportunas y aumenta la supervivencia. (Boyd et al., 2014).

Aspecto de Impacto	Mamografía Analógica	Mamografía Digital
Riesgo de Sobrediagnóstico	Mayor riesgo de sobrediagnóstico y procedimientos invasivos innecesarios, generando ansiedad en los pacientes. (Carney et al., 2003).	Menor sobrediagnóstico debido a mayor precisión en las imágenes y mejores algoritmos de procesamiento. (Díaz et al., 2021).
Tasa de Falsos Positivos	Alta tasa de falsos positivos, lo que aumenta el estrés y la ansiedad en los pacientes que deben realizarse pruebas adicionales (American Cancer Society, 2023).	Menor tasa de falsos positivos, reduciendo el estrés y la necesidad de exámenes adicionales. (Friedewald et al., 2014).
Necesidad de Pruebas Adicionales	Mayor probabilidad de requerir biopsias o exámenes de seguimiento, lo cual impacta la carga emocional y financiera del paciente. (Carney et al., 2003).	Menor frecuencia de pruebas adicionales gracias a una mayor claridad diagnóstica y precisión (Lehman et al., 201).
Ansiedad y Estrés por Detección	Genera mayor ansiedad y estrés debido a menor claridad en los resultados y mayor número de falsos positivos. (Hernández Sáez et al., 2011).	Genera menor ansiedad al reducirse los falsos positivos y sobre diagnósticos, y mejorar la confianza en los resultados. (Rodríguez-Ruiz et al., 2019).
Impacto de la Densidad Mamaria	La menor precisión en mamas densas incrementa el riesgo de falsos negativos, lo que puede generar	Mayor precisión en mamas densas, brindando tranquilidad a pacientes de alto riesgo con mamas densas. (Lehman et al., 2017).

Aspecto de	Mamografía Analógica	Mamografía Digital
Impacto	incertidumbre y temor en pacientes de alto riesgo. (Boyd et al., 2007).	
Impacto en Mujeres Jóvenes	Menor precisión en mujeres jóvenes, lo que puede llevar a diagnósticos tardíos y aumentar el temor en esta población. (Boyd et al., 2007).	Alta precisión en mujeres jóvenes, reduciendo la probabilidad de diagnóstico tardío y mejorando el pronóstico. (Nelson et al., 2016).
Apoyo en Decisiones Clínicas	Limitado por menor precisión, lo que puede dificultar la toma de decisiones clínicas precisas y oportunas (Nelson et al., 2016).	Facilita decisiones clínicas más informadas y rápidas debido a imágenes claras y herramientas de IA. (Díaz et al., 2021).

*Nota.* El impacto de la mamografía a nivel integral en el manejo de los pacientes y toma de decisiones en su tratamiento. Adaptado de, Datos obtenidos de Boyd, N. F., et al.

(2014). *Digital Mammography and breast cancer detection*. Radiology, 268(3), 804-811.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17229950/>

## Tabla 8

### *Eficacia en la Reducción de Falsos Diagnósticos*

Aspecto	Mamografía Analógica	Mamografía Digital
Tasa de Falsos Positivos	Alta tasa de falsos positivos, lo que genera ansiedad y exámenes adicionales innecesarios. (American Cancer Society, 2023).	Menor tasa de falsos positivos, lo que disminuye la necesidad de pruebas adicionales (Friedewald et al., 2014).

Aspecto	Mamografía Analógica	Mamografía Digital
Tasa de Falsos Negativos	Mayor riesgo de falsos negativos, especialmente en mamas densas, aumentando el riesgo de diagnósticos tardíos (Boyd et al., 2007).	Menor tasa de falsos negativos, permitiendo una detección más precisa de cáncer en mamas densas. (Rodríguez-Ruiz et al., 2019).
Impacto en Decisiones Clínicas	Puede llevar a decisiones clínicas inapropiadas debido a la alta incidencia de falsos positivos (Carney et al., 2003).	Mejora la toma de decisiones clínicas gracias a la precisión en la identificación de lesiones (Lehman et al., 2017).
Recursos Adicionales	Requiere más recursos y seguimiento por la necesidad de pruebas adicionales debido a falsos diagnósticos. (Buist et al., 2011).	Optimiza el uso de recursos al disminuir la necesidad de seguimientos y procedimientos innecesarios. (Díaz et al., 2021).
Percepción del Paciente	Puede provocar mayor ansiedad y desconfianza en el proceso de diagnóstico (Hernández Sáez et al., 2011).	Reduce la ansiedad del paciente al ofrecer resultados más confiables y claros. (McKinney et al., 2020).

*Nota, I* ncidencia en la toma de decisiones por medio de la reducción de falsos diagnósticos

*Adaptado de,.* Datos obtenidos de McKinney, S. M., et al. (2020). *International evaluation of an AI system for breast cancer screening*. Nature, 577(7788), 89-94.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31894144/>

**Tabla 9***Uso de Tecnologías Emergentes (IA y Tomosíntesis)*

Aspecto	Mamografía Analógica	Mamografía Digital
Integración de IA	No se utiliza inteligencia artificial, lo que limita las mejoras en precisión y diagnóstico. (McKinney et al., 2020).	Compatible con sistemas de IA que mejoran la precisión diagnóstica y reducen errores humanos. (Rodríguez-Ruiz et al., 2019).
Tomosíntesis	No permite la integración de tomosíntesis, solo proporciona imágenes en 2D. (Ciatto et al., 2013).	Permite la tomosíntesis, proporcionando imágenes en 3D que mejoran la detección y visualización de lesiones. (Friedewald et al., 2014).
Mejora en la Detección	Limitada en la detección de lesiones sutiles y mamas densas. (Boyd et al., 2007).	Aumenta la detección de lesiones, especialmente en mamas densas y en la identificación de microcalcificaciones. (Wanders et al., 2017).
Análisis de Imágenes	El análisis de imágenes es manual y dependiente de la experiencia del radiólogo. (Buist et al., 2011).	Análisis automatizado y asistido por IA, que ayuda a identificar patrones y características en las imágenes. (Escalante González, 2023).
Resultados de Estudios	Los estudios muestran una menor precisión y eficacia en comparación con	Estudios han demostrado que la integración de IA y tomosíntesis mejora significativamente los

Aspecto	Mamografía Analógica	Mamografía Digital
	métodos más modernos. (Nelson et al., 2016).	resultados diagnósticos. (Díaz et al., 2021).

*Nota.* Esta tabla muestra los beneficios y efectividad en los diagnósticos con apoyo de IA, frente a la mamografía análoga. Adaptado de, Datos obtenidos de Ciatto, S., et al.

(2013). *Integration of Tomosynthesis in breast cancer screening*. Breast, 22(4), 379-386.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23623721/>

### **Conclusiones.**

Los tecnólogos en radiología pueden desempeñar un papel crucial en la mejora de la de elección y diagnóstico del cáncer de mama mediante el análisis descriptivo y la propuesta de soluciones para los problemas relacionados con la precisión diagnóstica en mamografías.

Los tecnólogos, son responsables de garantizar que las imágenes mamográficas, tanto digitales como análogas, sean de la más alta calidad posible, minimizando los errores diagnósticos. Un análisis descriptivo nos permite identificar los factores que influyen en la precisión del diagnóstico, como la calidad de imagen, la exposición adecuada y la correcta posición del paciente.

Se analiza cómo las diferencias en la calidad de imagen entre la mamografía digital y análoga impactan en la detección de lesiones. Al ajustar la exposición, el contraste y la resolución, se ayuda a los radiólogos a identificar con mayor precisión anomalías sutiles.

A través de la recopilación y análisis de datos sobre la incidencia de falsos positivos y negativos en mamografías, podemos proponer ajustes en los protocolos de trabajo para reducir estos errores. Esto puede incluir mejoras en el entrenamiento y el uso de herramientas tecnológicas avanzadas como la inteligencia artificial.

El análisis de los resultados obtenidos en mamografías nos permite plantear soluciones que optimicen los procesos diagnósticos, mejoren la calidad de vida de los pacientes y reduzcan los costos asociados a pruebas innecesarias.

La integración de la tomosíntesis digital y sistemas de inteligencia artificial ha demostrado ser una solución efectiva para reducir los falsos positivos y negativos. Como tecnólogos, podemos contribuir proponiendo la adopción de estas tecnologías en centros de salud y asegurando su correcta utilización mediante formación continua.

Es fundamental que los tecnólogos reciban formación continua para estar al día con las nuevas tecnologías y técnicas. Esto garantizará que se utilicen las mejores prácticas en la obtención de imágenes mamográficas y en la manipulación de equipos, optimizando así los resultados.

Proponemos la creación de protocolos personalizados según la densidad mamaria del paciente y su perfil de riesgo. Esto permitirá seleccionar la técnica más adecuada (mamografía digital, tomosíntesis o ultrasonido) para mejorar la detección y reducir la incertidumbre en el diagnóstico.

La comparación entre la mamografía analógica y la digital ha permitido destacar importantes avances en la optimización de la calidad de imagen, fundamentales para mejorar el diagnóstico del cáncer de mama. La mamografía digital ofrece una calidad de imagen superior, lo que facilita la detección temprana de anomalías sutiles, como las microcalcificaciones, que pueden pasar desapercibidas en las imágenes analógicas. Esto ha permitido un progreso significativo en la capacidad para diagnosticar el cáncer de mama en etapas tempranas, lo que se traduce en mejores resultados clínicos.

Así mismo, el uso de tecnologías avanzadas como la tomosíntesis digital (3D) y la inteligencia artificial ha demostrado reducir la incidencia de falsos positivos y falsos negativos, optimizando el proceso diagnóstico. Esta mejora en la precisión no solo aumenta la eficacia del diagnóstico, sino que también minimiza el impacto emocional y económico en los pacientes al evitar pruebas adicionales innecesarias y tratamientos invasivos.

El impacto clínico de estas innovaciones es notable, ya que contribuyen a mejorar la calidad de vida de las pacientes, al reducir el estrés asociado a diagnósticos erróneos y facilitar un manejo más adecuado de la enfermedad. Además, la integración de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial, en el análisis de imágenes médicas ofrece una

oportunidad única para complementar la experiencia de los especialistas, mejorando la precisión y reduciendo los tiempos de diagnóstico.

Finalmente, es crucial personalizar los protocolos de cribado según las características de cada paciente, en especial la densidad mamaria. Adaptar las técnicas, combinando mamografía digital, tomosíntesis y ultrasonido, puede aumentar la detección temprana en pacientes con tejido mamario denso, mejorando así los resultados clínicos. Los tecnólogos, tienen la capacidad de mejorar los resultados diagnósticos en mamografías mediante la optimización de la calidad de imagen, la implementación de tecnologías avanzadas y la adaptación de protocolos específicos para cada paciente. Su rol es clave para reducir los falsos positivos y negativos, mejorando así la precisión diagnóstica, el bienestar emocional de los pacientes y la eficiencia del sistema de salud.

### Referencias Bibliográficas.

- Álvarez Vega, M., Quirós Mora, L. M., & Cortés Badilla, M. V. (2020). Inteligencia artificial y aprendizaje automático en medicina. *Revista Medica Sinergia*, 5(8), e557. <https://doi.org/10.31434/rms.v5i8.557>
- American Cancer Society. (2023). *Breast Cancer Facts & Figures 2023-2024*.
- Boyd, N. F., et al. (2007). "Mammographic Density and Breast Cancer Risk." *New England Journal of Medicine*. DOI: 10.1056/NEJMoa062790.
- Boyd, N. F., Guo, H., Martin, L. J., et al. (2014). Mammographic Density and the Risk and Detection of Breast Cancer. *New England Journal of Medicine*, 356(3), 227-236.
- Buist, D. S., et al. (2011). "Diagnosis of Breast Cancer in Women." *Journal of the National Cancer Institute*. DOI: 10.1093/jnci/djq499.
- Carney, P. A., et al. (2003). "Individual and Combined Effects of Age, Breast Density, and Hormone Replacement Therapy Use on the Accuracy of Screening Mammography." *Annals of Internal Medicine*. DOI: 10.7326/0003-4819-138-3-200302040-00008.
- Ciatto, S., Houssami, N., Bernardi, D., et al. (2013). Integration of 3D digital mammography with tomosynthesis for population breast-cancer screening (STORM): a prospective comparison study. *The Lancet Oncology*, 14(7), 583-589.
- Díaz, O., Rodríguez-Ruiz, A., Gubern-Mérida, A., Martí, R., & Chevalier, M. (2021). ¿Son los sistemas de inteligencia artificial una herramienta útil para los programas de cribado de cáncer de mama? *Radiología*, 63(3), 236-244. <https://doi.org/10.1016/j.rx.2020.11.006>
- Escalante González, M. (2023). Aplicación de la inteligencia artificial para la detección del cáncer de mama. *Revista Medica Sinergia*, 8(12), e1113. <https://doi.org/10.31434/rms.v8i12.1113>

- Friedewald, S. M., et al. (2014). "Breast Cancer Screening Using Tomosynthesis in Combination with Digital Mammography." *JAMA*. DOI: 10.1001/jama.2014.6095.
- Lehman, C. D., et al. (2017). "Screening Mammography: Current and Evolving Practices." *Radiology*. DOI: 10.1148/radiol.2017162021.
- McKinney, S. M., et al. (2020). "International evaluation of an AI system for breast cancer screening." *Nature*. DOI: 10.1038/s41586-019-1799-6.
- Hernández Sáez, Isbel, González Sáez, Yoandra, Heredia Benítez, Lidia Yamelit, Heredia Cardoso, Abbell Amís, Conde Martín, Marlene, & Aguilar Oliva, Serguey. (2011). Intervención educativa sobre detección precoz del cáncer de mamas. *Revista Archivo Médico de Camagüey*, 15(3), 487-503. Recuperado en 28 de septiembre de 2024, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1025-02552011000300007&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552011000300007&lng=es&tlng=es).
- Mandelblatt, J. S., Cronin, K. A., Bailey, S., et al. (2016). Effects of mammography screening under different screening schedules: Model estimates of potential benefits and harms. *Annals of Internal Medicine*, 164(4), 215-225.
- Montero Castillo, E. (2022). *Detección de cáncer en mamografías mediante técnicas de inteligencia artificial | Archivo Digital UPM*. <https://oa.upm.es/69938/>
- Nelson, H. D., et al. (2016). "Effectiveness of Breast Cancer Screening: Systematic Review and Meta-Analysis." *Annals of Internal Medicine*. DOI: 10.7326/M16-0975.
- Rodríguez-Ruiz, A., Lång, K., Gubern-Merida, A., et al. (2019). Stand-alone artificial intelligence for breast cancer detection in mammography: Comparison with 101 radiologists. *JAMA Oncology*, 5(7), 993-1000.

Wanders, J. O. P., Holland, K., Veldhuis, W. B., et al. (2017). Digital breast tomosynthesis in breast cancer screening: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *European Radiology*, 27(5), 2117-2130.