



Facultad de Medicina y Cirugía

**Análisis del uso de la Inteligencia Artificial como cifrado diagnóstico para el
cáncer de mama en Norteamérica en el período 2019-2024**

Investigadora

Dra. Jossilinne González Venegas

San José, Costa Rica

2025

Contenido

CAPÍTULO I.....	5
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA,.....	5
JUSTIFICACIÓN, ESTADO DEL ARTE, ANTECEDENTES	5
Planteamiento del problema	6
Estado del arte	10
CAPÍTULO II.	14
MARCO TEÓRICO.....	14
Marco teórico.....	¡Error! Marcador no definido.
Cáncer de mama.....	16
¿Que es la IA?	25
CAPÍTULO III.	31
MARCO METODOLÓGICO	31
Marco metodológico	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO IV:.....	40
DISCUSIÓN Y RESULTADOS	40
CAPÍTULO V:	49
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
Referencias bibliográficas.....	53

Lista de tablas

Tabla 1. Etiología y su relación con factores de riesgo.....	17
Tabla 2. Sistema BI-RADS de los hallazgos mamográficos estandarizados.....	23
Tabla 3. Estadios clínicos de cáncer de mama, según su TNM.....	24
Tabla 4. Tamizaje de cáncer de mama.....	25
Tabla 5. Criterios de inclusión y de exclusión.....	35

Lista de figuras

Imagen 1. Anatomía de la mama femenina.....	17
Imagen 2. Carcinoma ductal invasivo.....	18
Imagen 3. Carcinoma lobulillar invasivo.....	20
Imagen 4. Mamógrafo y mamografía.....	22
Imagen 5. Mamografía.....	22
Imagen 6. Relación entre IA, ML y DL.....	27
Imagen 7. Resonancia magnética de mama.....	49

CAPÍTULO I.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA,

JUSTIFICACIÓN, ESTADO DEL ARTE, ANTECEDENTES

Planteamiento del problema

- Contexto:

- Situación actual: Describe el contexto general del problema. ¿Qué está sucediendo en la realidad?

El cáncer es una enfermedad que se encuentra muy presente en la sociedad y en las mujeres, es el cáncer de mama el tumor maligno más frecuente con una incidencia anual de más de 2 millones de casos mundialmente y una tasa de mortalidad del 30%, esto debido a múltiples factores de riesgo, como la genética que juega un papel importante en el desarrollo como tal de la patología.

Actualmente, la mamografía es el método más utilizado para detectar cáncer de mama. Sin embargo, la inteligencia artificial ha revolucionado los métodos diagnósticos, por su rapidez y precisión.

- Brecha de conocimiento: ¿Qué información falta o qué preguntas aún no han sido respondidas?

Existen desafíos en el proceso de integración de la inteligencia artificial como método diagnóstico, tales como: sesgos, costos y calidad de datos, por ejemplo.

Las barreras en la integración de los nuevos métodos son notorios en países de ingreso bajo, se incluye también el factor humano que puede afectar el diagnóstico ya que se requiere de la experiencia del radiólogo en cuestión.

Problema:

- Enunciado claro y conciso: Expresa de manera directa la pregunta de investigación.

¿Cuáles son los usos de la inteligencia artificial en el cribado diagnóstico de cáncer de mama en Norteamérica en el periodo de 2019 al 2024?

- Relevancia: Explica por qué este problema es importante y merece ser investigado.

Es crucial dar a conocer los diferentes usos actualmente de la inteligencia artificial en el cribado diagnóstico, principalmente porque el cáncer de mama es un enemigo común. Sin embargo, el aspecto económico juega un papel destacable pues en los países de altos ingresos, el pronóstico de las pacientes ha sido favorable en comparación con los países de bajos ingresos.

El uso de las diferentes herramientas de inteligencia artificial a nivel mundial para el soporte diagnóstico de determinada patología tiene la intención de mejorar la precisión diagnóstica como tal, la detección temprana, así como personalizar el tratamiento, educar y brindar conciencia a la población.

Justificación:

- La razón de ser: Explica por qué esta pregunta es relevante y merece ser investigada.

Se desean dar a conocer cuáles son los usos de la inteligencia artificial en el cribado diagnóstico de cáncer de mama, ya que el uso de este permite analizar grandes volúmenes de datos, así como de imágenes con una precisión que a menudo supera la capacidad humana. El uso de inteligencia artificial podría ayudar a identificar casos en etapas iniciales, optimizar y dirigir tratamientos, lo que conlleva a una mayor tasa de supervivencia.

- Relevancia social: ¿Cómo afecta este problema a la sociedad?

El proceso diagnóstico tradicionales que se utiliza en algunos países carece de rapidez, las largas listas de espera para realizar una mamografía entorpecen el tratamiento a pacientes con cáncer. La implementación de la tecnología

pretende agilizar el proceso diagnóstico y terapéutico, a su vez, contribuye a la creación de enfoques más personalizados. Las herramientas de IA pueden ayudar a identificar cuales tratamientos son más efectivos para cada paciente.

Loaiza comenta en su artículo "Artificial intelligence in oncology: current context and a vision for the next decade" que hace un par de décadas el cáncer se diagnosticaba por medio de imágenes de rayos X y pruebas de histopatología. A pesar del uso de mamografías, la interpretación se ve afectada por altas tasas de falsos positivos y falsos negativos.⁽¹⁾

Actualmente los algoritmos de inteligencia artificial representan una vía que favorece la precisión de imágenes diagnósticas, aunado a que el aprendizaje automatizado de tecnologías para ayudar al oncólogo tratante, son prometedoras para mejorar la atención del cáncer.

- Brecha de conocimiento: ¿Qué falta por saber sobre este tema?

Es importante poner el tema en el contexto actual para aprovechar sus beneficios en términos de eficiencia y personalización del tratamiento. Educar a los pacientes es el deber de los profesionales de la salud.

Es necesario dar a conocer los beneficios potenciales a la población sobre el uso de la inteligencia artificial, como lo son; el diagnóstico automatizado de cáncer las capacidades de predicción mejoradas, la atención personalizada, así como el aumento de la eficiencia, mejora de resultados y reducción de los costos.

- Implicaciones prácticas: ¿Qué beneficios puede traer la investigación?

Dar a conocer el uso de la tecnología en este campo tan importante como lo es la salud, educa a profesionales y al público en general sobre las tecnologías emergentes. El uso de la inteligencia artificial no es un tema del futuro, es actualidad. Es inexorable resistirse a los nuevos cambios y a las nuevas técnicas implementables en el sistema de salud.

Objetivos:

- Objetivo general:

Analizar el uso de inteligencia artificial como cribado diagnóstico para el cáncer de mama.

- Objetivos específicos:

- ✓ Identificar los usos de la inteligencia artificial como cribado diagnóstico de cáncer de mama.
- ✓ Comparar la precisión diagnóstica entre los métodos tradicionales y los utilizados a base de inteligencia artificial en el diagnóstico del cáncer de mama.
- ✓ Evaluar la eficacia del diagnóstico asistido por inteligencia artificial en el diagnóstico del cáncer de mama.

Estado del arte

De acuerdo con Jairam & Ha⁽²⁾, (Estados Unidos) se estima que cada año medio millón de mujeres muere debido al cáncer de mama, solo en Estados Unidos (EE.UU) se registran 40 millones de mamografías anuales en promedio. El cribado diagnóstico mamográfico ha identificado el cáncer de mama en sus estadios tempranos, pero un retraso en la detección lleva a su diagnóstico en estadios más tardíos con menor probabilidad de tratamiento y éxito, además de tratamientos más costosos y mayor mortalidad incluso.⁽²⁾

La pandemia del COVID-19 expuso la falta de capacitación de muchos profesionales de la salud con respecto a las tecnologías digitales. Hoy, el uso de la inteligencia artificial (IA) en el análisis de las mamografías ha demostrado superar las expectativas, así como la habilidad para detectar lesiones altamente sospechosas.⁽²⁾

¿Pero que podemos decir que es la IA?, Mariel⁽³⁾ (Estados Unidos) en su artículo denominado "Consideraciones bioéticas en relación con el uso de la inteligencia artificial en mastología" recalca que la IA es la habilidad de un sistema computarizado de producir soluciones y comportamientos inteligentes, con relación en el procesamiento de datos y mediante mecanismos de autoaprendizaje.⁽³⁾

Además del concepto de IA, es importante mencionar el término "machine learning (ML)" o "aprendizaje de las máquinas", que se sugiere es la forma en la que un sistema computacional aprende por medio de programas y algoritmos. Las computadoras pueden procesar gran cantidad de información y dar una respuesta frente a un requerimiento específico.⁽³⁾

"Data" le diremos a la representación de la información que se procesa, como nombres, años, entre otros, por lo que "Big Data" hace referencia a un volumen extenso de datos que resulta imposible de manejar de forma manual.⁽³⁾

Díaz et al ⁽⁴⁾, (España) mencionan en su artículo “¿Son los sistemas de inteligencia artificial una herramienta útil para los programas de cribado de cáncer de mama?” que desde hace décadas se organizan programas de detección precoz del cáncer de mama, siendo la mamografía la prueba diagnóstica base de estos, por su alta sensibilidad para la detección del cáncer. Sin embargo, el empleo de la técnica 2D, de las mamografías, genera solapamiento de tejidos y reduce la capacidad de detección. ⁽⁴⁾

Los sistemas de detección asistida por ordenador (DAO) o CAD por sus siglas en inglés de computer-aided detection, aparecen en los años 90 como un apoyo al diagnóstico en mamografía. Existen dos categorías de DAO, los sistemas de detección y diagnóstico asistidos por computadora, siendo utilizados para detectar la presencia de una lesión y los que indican si la lesión es benigna o maligna. Los algoritmos básicamente buscan en la imagen características específicas de las lesiones ya definidas por los radiólogos con anterioridad. ⁽⁴⁾

Según Jairam & Ha⁽²⁾, en su revisión sistemática denominada “A review of artificial intelligence in mammography” indican que los sistemas DAO tradicionales están entrenados para detectar microcalcificaciones mediante la búsqueda de píxeles de alta intensidad, detectan masas mediante la observación de una forma, textura, gradiente y nivel de gris específicos. ⁽²⁾

Los sistemas de detección pueden identificar esas anomalías sospechosas y estimar la probabilidad de enfermedad en función de las características de la anomalía, sin embargo, dejan las decisiones sobre el manejo del paciente al radiólogo. ⁽²⁾

Mariel indica que el uso de ML en medicina ha tenido gran auge por su efectividad en la predicción y en la clasificación de las imágenes, así como en el análisis de big data en mamografías para el diagnóstico precoz de lesiones en las mamas. ⁽³⁾

Un ejemplo puntual es el Screening Mamográfico de Suecia (Swedish Two-County Trial), este fue el primer estudio en demostrar una reducción en la mortalidad por cáncer de mama por un programa de *screening* mamográfico, el cual informó una reducción de 30% en la mortalidad por cáncer de mama en mujeres entre 40 y 74 años. ⁽³⁾

Rodríguez ⁽⁵⁾ (México) menciona en su estudio de "Integración de la inteligencia artificial en el diagnóstico y pronóstico del cáncer de mama en México" que el ML ha demostrado ser eficaz en la detección temprana de cáncer y que algunos algoritmos pueden analizar características de las imágenes y que permiten mejores tasas de supervivencia. En este sentido, estos modelos toman en cuenta factores de riesgo como la edad, genética y otros datos clínicos para identificar a las personas con un mayor riesgo de desarrollar cáncer, pero es importante tomar en consideración que estos algoritmos no reemplazan la evaluación médica y el juicio clínico. ⁽⁵⁾

Se mencionarán algunos ejemplos de aplicación de ML.

El Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) ha creado un sistema de "Deep Learning (DL)" o aprendizaje profundo, de su traducción del inglés, este tiene el potencial de anticipar la aparición del cáncer de mama hasta 5 años. Básicamente identifica patrones con probabilidad de desarrollar la enfermedad. Toma en consideración los grupos poblacionales y esto resulta clave "porque las mujeres negras tienen más de 42% más de probabilidades que las mujeres blancas de morir de cáncer de mama, y un factor contribuyente podría ser que no estén tan bien atendidas por las técnicas actuales de detección temprana".

Esta herramienta considera las mamografías y resultados de pacientes del Hospital General de Massachusetts, utilizando DL para identificar patrones. ⁽⁵⁾

Fernández & Capecchi⁽⁶⁾ (Venezuela) en su artículo "Inteligencia artificial en la detección del cáncer de mama por tomosíntesis, ¿hacia dónde vamos? ", hacen

hincapié en que existe una brecha económica importante a nivel global, ya que los países de altos ingresos, el pronóstico de las pacientes es favorable, caso contrario en países con ingresos bajos, esto como consecuencia de las barreras en cuanto al acceso al diagnóstico precoz, así como al tratamiento oportuno. ⁽⁶⁾

Desde la implementación de la mamografía como método de diagnóstico, se ha trabajado en su perfeccionamiento en cuanto a detección, garantizando un estudio que permita la evaluación completa del tejido mamario. Sin embargo, actualmente se cuenta con mamografía 3D - tomosíntesis, y este es un método que combina los métodos de mamografía digital con tomografía, este se basa en la obtención de cortes milimétricos que permiten una mejor definición del parénquima mamario, de esa manera superando la limitante de la superposición de tejidos y densidad mamaria que existe en mamografía 2D, es por esta razón hay situaciones en las que un estudio puede terminar en BI-RADS 0 ameritando estudios complementarios. ⁽⁶⁾

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

En la antigua civilización egipcia, se documentó por primera vez el caso y el procedimiento contra tumores de mama en la era de las pirámides, en el papiro Edwin Smith Surgical Papyrus, entre el 3000 al 2500 a.C. ⁽¹⁴⁾

2000 años más tarde surgen nuevas creencias acerca de la enfermedad, cuando Hipócrates formuló su teoría de los cuatro humores, los cuales eran; la sangre, bilis amarilla, bilis negra y flema. Con ello, hacían referencia a que la salud dependía del equilibrio de estos cuatro componentes y que particularmente la bilis negra, era la causa de los tumores mamarios y de no ser tratada podría haber una ruptura del tumor, lo cual liberaría la bilis al resto del cuerpo.⁽¹⁴⁾

Para el año 200 d.C, Claudius Galenus, hizo una descripción detallada de los tumores mamarios y los definió como crecimientos anormales de la mama, que era más común encontrarlos en mujeres que en hombres, sobre todo en quienes cuyo ciclo menstrual fuera anormal o nulo; aunado a ello, indicó que el cáncer no era específico de la mama, y que podría eventualmente aparecer en cualquier parte del cuerpo. ⁽¹⁴⁾

En la segunda mitad del siglo XX, el uso de quimioterapéuticos, como el tamoxifeno en los 80 y los anticuerpos monoclonales, junto con el descubrimiento de los genes HER2, BRCA1 y BRCA2 entre 1984 y 1995, dieron paso a nuevas terapias dirigidas para el tratamiento de este cáncer, mejorando el pronóstico de esta enfermedad. . ⁽¹⁴⁾

Se considera que en muchos países esta patología es la primera causa de muerte por cáncer en mujeres, siendo el diagnóstico tardío una de las causas principales del costo elevado. ⁽¹⁴⁾

Cáncer de mama

✓ Epidemiología

El cáncer de mama propiamente es la neoplasia con mayor prevalencia en mujeres en todo el mundo, y es el cáncer con mayor mortalidad en esta población; en países en vías de desarrollo, las edades de aparición abarcan entre los 40-49 años, en comparación con los países desarrollados cuya mayor prevalencia se da en mujeres postmenopáusicas. ⁽¹⁾

Por año se reportan 1.38 millones de nuevos casos y medio millón de defunciones en el mundo por esta patología. En Estados Unidos un 13% de las mujeres se cree que experimentarán cáncer de mama a lo largo de su vida y anualmente se registraron 287.850 casos invasivos y 51.400 cánceres no invasivos. Como tal, la incidencia ha aumentado, pero en la tasa de mortalidad se visto una reducción en un 30% esto debido a la detección oportuna por el uso del tamizaje y por el establecimiento de sistemas de detección estandarizados. ⁽⁷⁾

✓ Etiología

Es bien sabido que es originado por la interacción de factores genéticos, ambientales y de estilo de vida. Aun así, los factores de riesgo más relacionados son la historia familiar de cáncer de mama, la obesidad y la presencia de genes como el BRCA1 y BRCA2. ⁽⁸⁾

Tabla 1. Etiología y su relación con factores de riesgo.

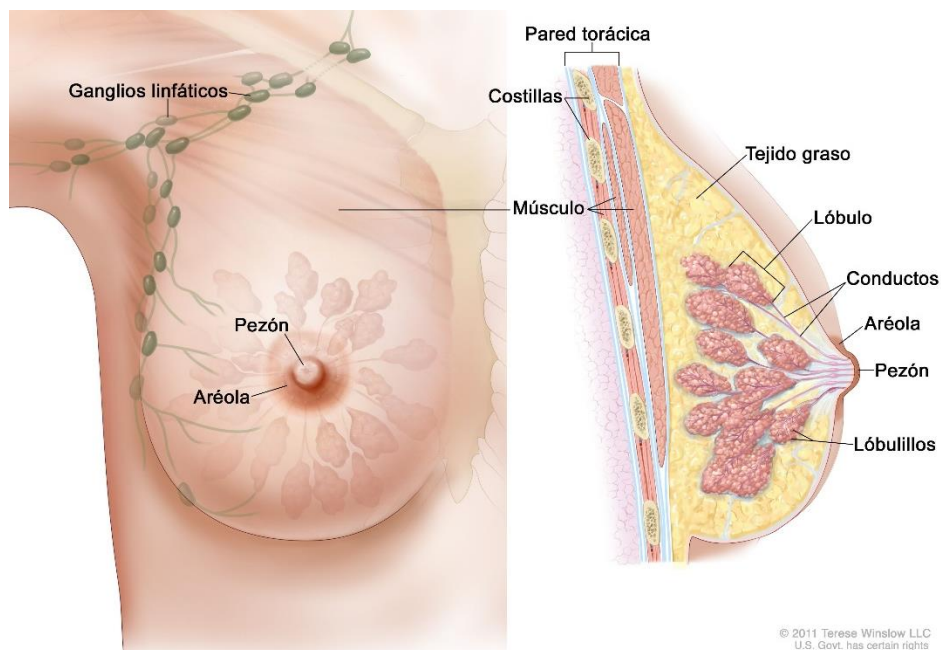
Factores de riesgo			
Modificables		No modificables	
Factores hormonales y reproductivos	Nuliparidad	Género y edad	Mujer
	Edad tardía primer embarazo		Mayor edad
	No lactancia	Factores ambientales	Radiaciones ionizantes
	Terapia hormonal sustitutiva	Factores hormonales	Menarquia precoz
Peso y grasa corporal	Obesidad		Menopausia tardía
Dieta y estilos de vida	No actividad física	Historia personal	Patología benigna de la mama
	Hábitos tóxicos: alcohol, tabaco		Alta densidad mamográfica
	Dieta rica en grasas	Historia familiar	Patología maligna de la mama
			Familiares de 1º grado afectados
			Mutaciones genéticas

Fuente: Tomado de referencia (7)

✓ Anatomía de la mama

En la siguiente imagen se muestra la anatomía de mama femenina, se observan los ganglios linfáticos, los lóbulos, los lobulillos y los conductos. En la imagen de la izquierda, el pezón y la aréola en la parte externa de la mama.

Imagen 1. Anatomía de la mama femenina.



Fuente; Tomado de referencia (15)

✓ Fisiopatología

En la fisiopatología se ven involucradas diversas vías, como la vía fosfatidilinositol 3 kinasa y la ruta Ras-Raf-MEK-ERK, cuya función es proteger a las células de la apoptosis; pero si hubiese alguna mutación en los genes, el mecanismo de apoptosis pierde su efectividad. Aunado a que la exposición constante a estrógenos genera mutaciones, incluso la sobreexpresión de leptina que se asocia a obesidad en tejido adiposo mamario, el aumento en la proliferación celular lleva a cáncer. ⁽⁸⁾

Además, hay mutaciones del genoma p53 y del gen asociado a cáncer de mama; BRCA 1 y BRCA 2, las cuales provocan división celular descontrolada, inhibición de apoptosis y metástasis a órganos distantes. ⁽⁷⁾

✓ Cuadro clínico

El cáncer de mama a estadios iniciales no causa síntomas, es importante el apoyo con los estudios de imagen e histopatología para diagnóstico y tamizaje.¹ El síntoma más temprano y frecuente es una masa mamaria, indolora, firme y de bordes irregulares, en la región superior lateral en un 50% y en la areola en 18% de los casos. La lesión comúnmente es detectada por la propia paciente, de forma incidental o en una exploración de rutina. ⁽⁷⁾

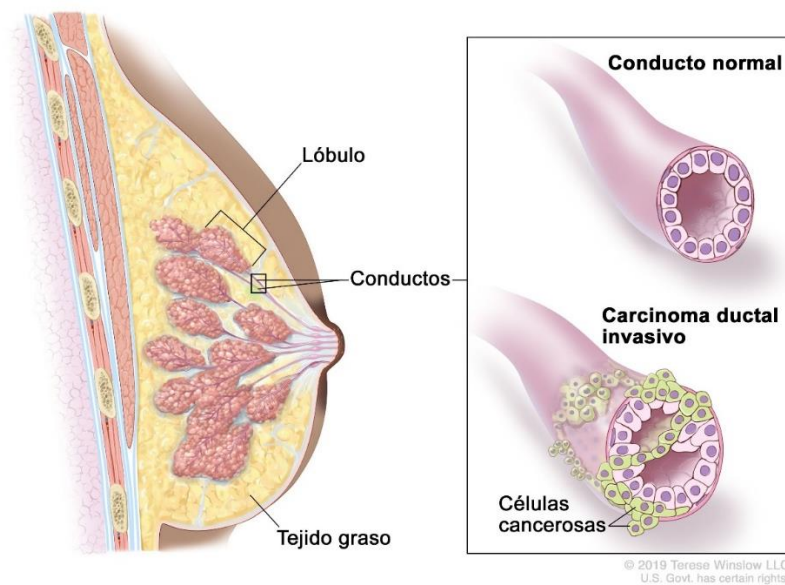
Puede existir retracción de los pezones, descamación de la areola, así como piel, úlceras cutáneas, pérdida de peso, mastalgia, costras, rubor, edema, hoyuelos cutáneos, dolor óseo, adenopatías, secreción sanguinolenta y palpación de adenopatías axilares o supra e infraclaviculares asociado a lesiones avanzadas. ⁽⁷⁾

Si hay enfermedad a distancia, los síntomas y signos varían de acuerdo con los órganos afectados, se caracterizan por fracturas patológicas, dolor óseo, disnea, tos, ictericia, náuseas y con menor frecuencia alteraciones neurológicas. ⁽⁷⁾

✓ Subtipos de cáncer de mama

El tipo más común de cáncer de mama es el carcinoma ductal, el cual representa entre el 70 % al 80 % de todos los casos. El segundo tipo más común es el carcinoma lobulillar, el cual empieza en los lóbulos o los lobulillos, que representa el 10 % al 15 % de todos los casos. ⁽¹⁵⁾

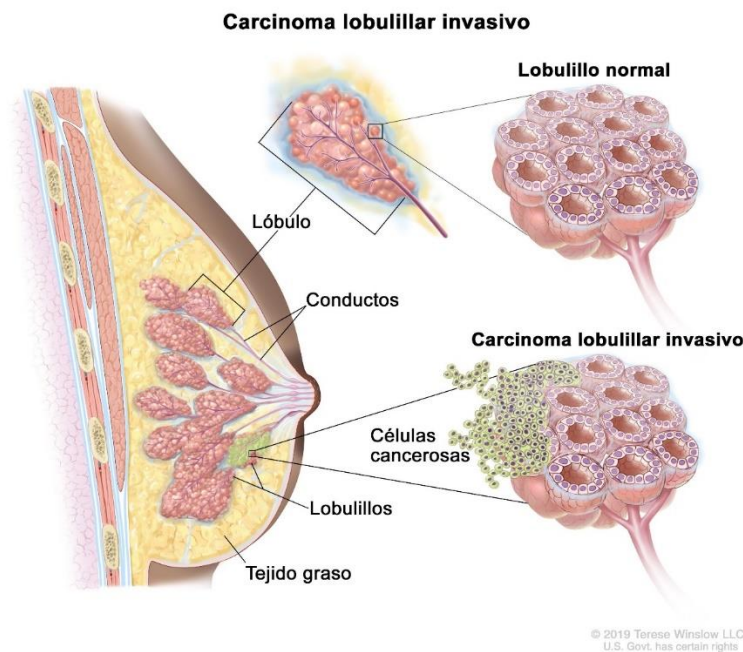
Imagen 2. Carcinoma ductal invasivo



Fuente; Tomado de referencia ⁽¹⁵⁾

El carcinoma ductal invasivo es el tipo más común de cáncer invasivo, este da inicio en el revestimiento de los conductos galactóforos y se disemina fuera de los conductos a otros tejidos de la mama a través de la sangre y el sistema linfático. ⁽¹⁵⁾

Imagen 3. Carcinoma lobulillar invasivo.



Fuente; Tomado de referencia ⁽¹⁵⁾

El carcinoma lobulillar invasivo empieza en los lobulillos de la mama y se disemina a otros tejidos a fuera de los lobulillos. A veces, también se disemina a otras partes del cuerpo a través de los sistemas sanguíneo y linfático. ⁽¹⁵⁾

✓ Diagnostico

Los pilares importantes para el diagnóstico se basan en: valoración clínica, prueba de imagen y biopsia. ⁽⁷⁾

Valoración clínica

En la valoración clínica es importante determinar la evolución, realizar un interrogatorio detallado, tomar en consideración los antecedentes personales, así como los antecedentes familiares, indagar sobre factores de riesgo y descartar la

presencia de sintomatología y realizar una exploración de ambas mamas y axilas.⁽⁷⁾

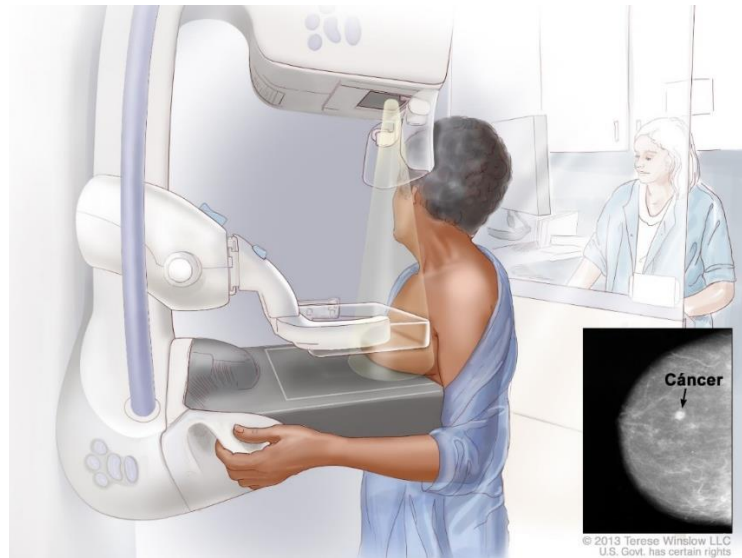
La autoexploración ha sido descartada por varias guías internacionales, pero es esencial que las mujeres conozcan el aspecto de sus mamas y en cuanto denoten alguna anomalía, por lo cual la educación en la población es importante.⁽⁷⁾

Pruebas de imagen

La mamografía es la más utilizada para el diagnóstico, básicamente se trata del uso de rayos X sobre el tejido mamario, al cual se le aplica una presión. Esta prueba presenta una alta sensibilidad y una baja especificidad. Para determinar la malignidad se toman en cuenta masas irregulares y lesiones con microcalcificaciones, por ejemplo. Es importante recalcar que no debe ser realizada en mujeres jóvenes, ya que no es un estudio concluyente, por la densidad mamaria.⁽⁷⁾

En la imagen 4 se observa cómo se realiza una mamografía, en este caso se observa cómo se presiona la mama entre dos placas y se usan rayos-X para crear imágenes del tejido como tal.

Imagen 4. Mamógrafo y mamografía



Fuente: Imagen tomada de referencia ⁽¹⁵⁾

En la imagen 5 se observa cómo se realiza una mamografía. En ella se muestra una mamografía normal, una mama con un quiste benigno, un seno con calcificaciones y una imagen del cáncer de seno.⁽¹⁵⁾

Imagen 5. Mamografía.



Fuente: Imagen tomada de referencia ⁽¹⁵⁾

El American College of Radiology por su parte, estandariza los resultados en el sistema Breast Imaging Reporting and Data System, o BI-RADS por sus siglas en inglés, que se muestra en la siguiente tabla. ⁽⁷⁾

Tabla 2. Sistema BI-RADS de los hallazgos mamográficos estandarizados.

Categoría	Plan	Significado
0: exploración incompleta	Se precisan más estudios	N/A
1: Negativo	Seguimiento habitual	0% de probabilidad de malignidad
2: Benigna	Seguimiento habitual	0% de probabilidad de malignidad
3: Probablemente benigna	Seguimiento más estrecho	> 0% pero ≤ 2% de probabilidad de malignidad
4: Sospechoso	Diagnóstico histológico	> 2% pero < 95% de probabilidad de malignidad
4A: Baja sospecha		> 2% pero ≤ 10% de probabilidad de malignidad
4B: Moderada sospecha		> 10% pero ≤ 50% de probabilidad de malignidad
4C: Alta sospecha		> 50% pero ≤ 95% de probabilidad de malignidad
5: Muy sospechoso	Diagnóstico histológico	≥ 95% de probabilidad de malignidad
6: Malignidad confirmada por biopsia	Escisión quirúrgica si clínicamente indicado	N/A

Adaptada de Sickles CJ, et al¹⁵.

Fuente: Tomado de referencia ⁽⁷⁾

El ultrasonido es un estudio complementario, se utiliza para abordar a mujeres embarazadas, con mamas densas, menores de 35 años o mujeres con implantes, sin embargo, su limitación es que es un estudio dependiente del operador. ⁽¹⁰⁾

La resonancia magnética (RM) se utiliza en mujeres jóvenes con factores de riesgo elevados, aunque su limitación es que algunos tipos de neoplasias no pueden ser detectadas por este medio. Tiene una especificidad del 67-100% y una sensibilidad de 70-96%.⁽⁷⁾ Basados en factores de riesgo como antecedentes reproductivos, antecedentes familiares y los factores genéticos, la sociedad americana contra el cáncer recomienda la RM de forma anual en mujeres con un riesgo de un 20% o más. ⁽¹⁰⁾

La tomografía computarizada es utilizada para determinar metástasis, tiene sus indicaciones y no es un estudio de rutina. Cuenta con una sensibilidad de 91% y con una especificidad de 93%. ⁽⁷⁾

Cabe destacar que el diagnóstico de confirmación de cáncer de mama se establece a través del examen histopatológico de las muestras de la biopsia de mama. Por su parte, se cuenta con biopsia por aspiración con aguja fina, biopsia con aguja de corte y biopsia guiada por imágenes. Los informes patológicos suelen brindar información no solo sobre la presencia de células tumorales, sino sobre el subtipo histológico, si el tumor es un carcinoma invasivo o bien, un carcinoma in situ, así como el estado de la expresión de biomarcadores. El manejo clínico y el pronóstico de la enfermedad por supuesto que pueden variar, de acuerdo con los resultados patológicos identificados en el informe de la biopsia.

(10)

Se reporta de acuerdo con la estadificación TNM, del American Joint Committee on Cancer (AJCC) la cual se muestra a continuación.

Tabla 3. Estadios clínicos de cáncer de mama, según su TNM.

Estadio clínico	
0	Tis, N0, M0
I	IA: T1, N0, M0
	IB: de T0 o T1, N1mi, M0
II	IIA: de T0, N1, M0 a T2, N0, M0
	IIB: de T2, N1, M0 a T3, N0, M0
III	IIIA: de T0, N2, M0 a T3, N2, M0
	IIIB: de T4, N0 a 2, M0
	IIIC: T 1 a 4, N3, M0
IV	T1 a 4, N1 a 3, M1

TNM = tamaño tumoral, compromiso linfático nodal y metástasis, is = *in situ*, mi = micrometástasis (diámetro 0.2 a 2 mm).

Fuente: Tomado de referencia (8)

En la tabla 4 se muestran los tamizajes de cáncer de mama por diversas guías internacionales.

Tabla 4. Tamizaje de cáncer de mama

Población	American Cancer Society	International Agency for Research on Cancer	American College of Physicians	American Academy of Family Physicians
Mujer de 40 a 49 años, riesgo promedio	Mastografía anual	Evidencia insuficiente	Mastografía bienal si paciente lo solicita	Mastografía si paciente lo solicita
Mujer de 50 a 74 años, riesgo promedio	De 50 a 54 años: mastografía anual	De 50 a 69 años: mastografía anual	Mastografía bienal	Mastografía anual
	De 55 años en adelante, mastografía bienal o anual por decisión de paciente	De 70 a 74 años: mastografía reduce el riesgo de muerte		
Mujer, mamas densas	Evidencia insuficiente para tamizaje por resonancia magnética	Evidencia insuficiente	Evidencia insuficiente	Evidencia insuficiente
Mujer, riesgo elevado	Mastografía y resonancia magnética anual	Mastografía y resonancia magnética debe iniciarse a edad temprana	Evidencia insuficiente	Evidencia insuficiente

Fuente: Tomado de referencia (8)

✓ Tratamiento

Este abarca desde cirugía, radioterapia, así como quimioterapia y terapia hormonal, estas terapias tienen sus indicaciones precisas dependiendo del paciente.

- Cirugía: hay dos tipos de cirugías, la primera es cirugía con conservación de la mama y la segunda es la mastectomía.
- Radioterapia: tratamiento que usa rayos o partículas de alta energía para eliminar las células cancerígenas. Su uso es dependiente de la cirugía que se realizó, si hay metástasis o afección de la piel.
- Quimioterapia: Se divide en quimioterapia adyuvante y neoadyuvante.
- Terapia hormonal: Se usa en mujeres que padecen cáncer de mama con receptores positivos, como el ER, posterior al tratamiento quirúrgico para evitar recaída.(8)

¿Que es la IA?

El termino se refiere a algoritmos o programas, los cuales usan datos para tomar decisiones. Los científicos se encargan de programar una serie de reglas o instrucciones y de acuerdo con la información recabada, la computadora analiza

los datos y toma decisiones. El objetivo es emplear estas tecnologías para detectar y tratar el cáncer en un estadio temprano o prevenir su avance propiamente. ⁽¹³⁾

Básicamente el algoritmo se enseña solo a analizar e interpretar los datos, detectar patrones que el ojo humano no percibe de forma fácil y si esos algoritmos se exponen a más datos nuevos, es capaz de mejorar su capacidad para aprender e interpretar los datos. ⁽¹³⁾

También se usa el aprendizaje profundo, el cual es un tipo de aprendizaje automático donde se clasifica la información de formas muy parecidas a como lo hace el cerebro humano, todo esto por medio del uso de redes neuronales artificiales las cuales trabajan de manera similar que las células del cerebro y procesan la información. ⁽¹³⁾

Hay modelos que usan las imágenes de las mamografías de una persona para pronosticar el riesgo de tener cáncer de mama en los próximos 5 años. La idea de emplear estas nuevas tecnologías es detectar y tratar el cáncer en un estadio temprano o prevenir que avance en su desarrollo. Y lo que llama de la atención de los científicos es la posibilidad de que la IA supere las tareas de los humanos, ya que la IA puede obtener información que los seres humanos no, por lo que encuentra patrones y relaciones complejas entre los distintos datos. ⁽¹³⁾

✓ La IA en el diagnóstico de cáncer de mama

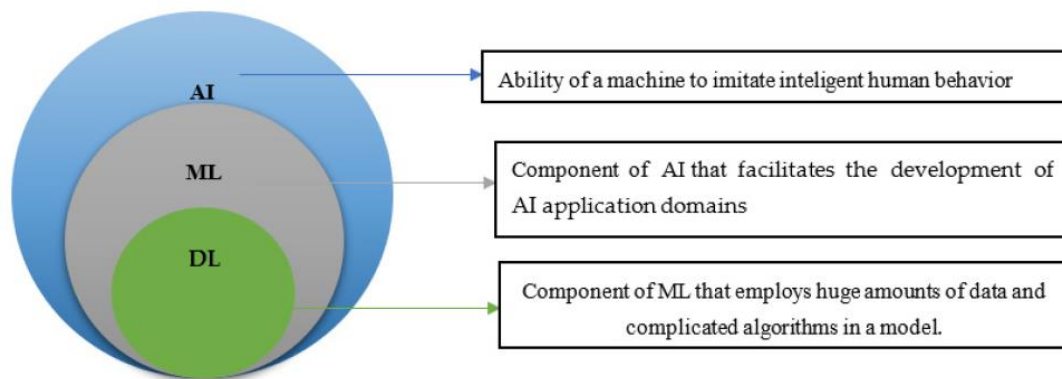
Los algoritmos basados en IA son una vía prometedora para mejorar la precisión de las imágenes diagnósticas y ayudar al personal médico en la toma de decisiones. Los componentes de IA en radiología generan acceso a una cantidad considerable de datos y ante las crecientes tasas de investigación en este campo, parece que el potencial de la IA en oncología es prometedor. ⁽⁹⁾

El término IA fue utilizado en 1956, y desde entonces, ha evolucionado. Los primeros avances se centraron en la construcción de redes neuronales y en la década de 1980 estas redes progresaron hasta que el aprendizaje automático o

ML se hizo popular, este término se refiere a la capacidad de una máquina para revisar datos y encontrar patrones, aprender de los datos como tal, almacenarlos y aplicarlos para tomar decisiones informadas basadas en el conocimiento obtenido. ⁽⁹⁾

Luego de ello se instauró el aprendizaje profundo o DL, este es un subconjunto más sofisticado del aprendizaje automático, que no requiere intervención humana y continúa el proceso de aprendizaje a base de deducciones, funciona con el establecimiento de un sistema de redes neuronales artificiales que pueden clasificar y reconocer imágenes. Las máquinas de IA utilizan una mezcla tanto de aprendizaje automático, como de aprendizaje profundo. ⁽⁹⁾

Imagen 6. Relación entre IA, ML y DL



Fuente: Tomado de referencia ⁽¹¹⁾

La IA desempeña un papel crucial en la predicción de la metástasis a partir de imágenes ecográficas primarias de cáncer de mama y se ha utilizado para mejorar la estadificación del cáncer como tal, lo que orienta la toma de decisiones y la planificación adecuada del tratamiento. Los avances han ofrecido un diagnóstico basado en imágenes, ya que ante la visualización de fenotipos morfométricos se ha dado paso a una mejor atención al paciente, por lo que es evidente que el uso de las pruebas de detección del cáncer de mama ha reducido las tasas de mortalidad. ⁽¹⁰⁾

Entre los usos de DL para el análisis de imágenes, las redes neuronales convolucionales (CNN) son utilizadas por la capacidad que poseen para extraer información. Las CNN pueden realizar tareas como segmentación, predicción de riesgo, pronóstico y detección con alta precisión y eficiencia. También se utilizan para diagnosticar mutaciones genéticas o anomalías en los complejos proteicos.⁽¹¹⁾

Los sistemas de IA en aplicaciones prácticas sirven a los radiólogos a gestionar los flujos de trabajo y detectar lesiones sospechosas, también se han aplicado a tareas que incluyen la detección de cáncer, clasificación histológica, metástasis de ganglios linfáticos, cuantificación de biomarcadores y la predicción de anomalías genéticas, como la mutación. ⁽¹⁰⁾

Actualmente el uso de la IA en el diagnóstico de cáncer de mama abarca desde el cribado, diagnóstico, el estadiaje, los biomarcadores, e incluso la predicción de la respuesta a la terapia. A pesar de contar con un potencial inmenso, la integración en la práctica clínica es un reto, en cuanto a la validación clínica y la incorporación en los entornos clínicos cotidianos. ⁽¹⁰⁾

Las mamas densas tienen una mayor proporción de tejido tanto glandular como fibroso, que pueden enmascarar posibles tumores y hacer que parezcan similares al tejido mamario ordinario. Por lo que, para mejorar la detección del cáncer de mama, han surgido varias soluciones diferentes, como el uso de sistemas de detección asistida por ordenador (DAO). ⁽¹⁰⁾

DAO es un software que utiliza técnicas tradicionales de ML y técnicas limitadas que solo se pueden entrenar con un grupo de datos. En la actualidad, estos sistemas son capaces de detectar microcalcificaciones y se ha logrado demostrar que tienen una alta sensibilidad. ⁽¹⁰⁾

Los sistemas se basan en metodologías que incorporan el conocimiento del dominio y extraen características radiológicas de tejidos anormales, su textura e

incluso forma. Utilizan esas características para tomar decisiones y las comparan con todas las lesiones detectadas, de esa forma mejoran la especificidad de la detección de lesiones. Los rápidos avances en las técnicas de IA y DL han brindado oportunidades para el desarrollo de sofisticados sistemas DAO que pueden detectar signos y características sutiles que pueden no ser evidentes para el ojo humano. ⁽⁹⁾

La implementación de estas tecnologías tiene el potencial de mejorar la precisión, la eficiencia y reducir la variabilidad diagnóstica en la detección del cáncer de mama. Esto puede ayudar a aliviar la carga de los radiólogos y facilitar diagnósticos oportunos y precisos. ⁽¹⁰⁾

En estudios se ha demostrado que la precisión diagnóstica de los lectores aumenta con la IA, sin embargo, depende del nivel de experiencia. Con la ayuda de la IA, los radiólogos mostraron una mejora en su rendimiento para detectar cánceres en mamografías. ⁽¹⁰⁾

Los resultados del análisis mostraron que el cribado respaldado por IA, mostró tasas de detección de cáncer comparables a las de la lectura doble estándar de un grupo de control. ⁽¹⁰⁾ aunado a ello, la IA posee una alta sensibilidad (76%) y cuando se evalúa en términos de su capacidad para detectar características morfológicas del cáncer de mama, describe asimetría y distorsión por lo que demuestra ser altamente efectivo ⁽¹¹⁾

Ante el uso de estrategias de cribado mediante IA, en la población se ha demostrado la eficacia en la disminución de la tasa de mortalidad causada por esta patología. Se cuenta con una especificidad del 89%, la cual es una cifra alta en los sistemas estándar de diagnóstico asistido por ordenador. Los estudios han indicado que el uso de la IA y sus tecnologías diagnósticas, tienen una precisión diagnóstica superior a las técnicas convencionales, por lo cual, es probable que continúe la tendencia hacia la implementación generalizada de sistemas basados en IA.

En 2020, se elaboró un informe por parte de la Fundación Nacional del Cáncer de Mama, en el cual indicaron que la IA ha sido utilizada con éxito en el diagnóstico de más de 276.000 casos de cáncer de mama. Aunado a que se diagnosticaron 48.000 casos utilizando la metodología de DL para el diagnóstico de un subtipo de cáncer agresivo. ⁽¹¹⁾ En otros estudios se ha demostrado también que la IA detecta entre el 45 y 50% de los cánceres de bajo riesgo. ⁽¹²⁾

El ultrasonido también ha sido utilizado en aplicaciones de IA, ya que un grupo de investigadores con el objetivo de diferenciar los tumores malignos de los benignos en las imágenes de ultrasonido, utilizaron ML, analizaron 1061 imágenes, de las cuales 589 presentaban lesiones malignas y 472 tumores benignos. ⁽¹²⁾

El hecho de ser capaz de predecir el riesgo de desarrollar cáncer es un paso importante para disminuir los efectos mortales de esta enfermedad. Un grupo de investigadores se propuso diferenciar mamografías en mujeres de alto riesgo, se tomaron en cuenta 15 casos y de bajo riesgo unos 143 casos, sobre la base de su estado de mutación BRCA1/BRCA2. Las mujeres con una mutación en estos genes se asociaron con el grupo de alto riesgo, mientras que el grupo de bajo riesgo fue compuesto por mujeres que tenían un riesgo de por vida inferior al 10% y no tenía antecedentes familiares. ⁽¹²⁾

CAPÍTULO III.

MARCO METODOLÓGICO

La investigación en cuestión se desarrollará mediante una revisión bibliográfica sistemática cuyo enfoque es cualitativo y su objetivo principal, es analizar el estado actual del uso de la inteligencia artificial (IA) como una herramienta de cribado diagnóstico en el cáncer de mama.

La revisión como tal se realiza con bases de datos académicas como PubMed, Google Scholar, ScienceDirect, entre otras. Utilizando una combinación de palabras clave en inglés y español, tales como: inteligencia artificial, cáncer de mama, mamografía, breast cancer, screening, early diagnosis, entre otros.

Cabe recalcar que el objetivo general del estudio es el análisis del uso de la inteligencia artificial como cribado diagnóstico para el cáncer de mama. Así como los objetivos específicos se basan en la identificación de los usos de la inteligencia artificial como cribado diagnóstico de cáncer de mama, en la comparación de la precisión diagnóstica entre los métodos tradicionales y los utilizados a base de inteligencia artificial en el diagnóstico del cáncer de mama y finalmente la evaluación de la eficacia del diagnóstico asistido por inteligencia artificial en el diagnóstico del cáncer de mama.

A continuación, se ampliarán algunos de los términos; Hernández⁽¹⁶⁾ en su libro "Metodología de la investigación", define investigación; como un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos los cuales son aplicados al estudio de un problema o fenómeno.⁽¹⁶⁾ La investigación como tal, es un proceso sistemático y riguroso que busca obtener conocimiento y comprensión sobre un tema o fenómeno específico de estudio. ⁽¹⁸⁾

Parreño ⁽¹⁷⁾ en su libro "Metodología de la investigación en salud" se refiere a investigación como una la reflexión sobre el método y procedimientos de la investigación social. Menciona el uso de las categorías y leyes para llevar a nuevo conocimiento con el fin de llevar a una conclusión. ⁽¹⁷⁾

La investigación en salud es la que tiene estrecha relación con los problemas de las personas, es una investigación científica humana, es una ciencia que se ocupa de lo que ocurre en el pasado, presente y futuro. Sin embargo, es un tipo de investigación que tiene obstáculos, así como variantes. ⁽¹⁷⁾

El objetivo de investigar se centra en la construcción y expansión del conocimiento en cualquier disciplina. La diversidad de objetivos y aplicaciones prácticas que puede tener la investigación conduce a la clasificación de esta en diversas categorías, cada uno con sus propios enfoques y objetivos. ⁽¹⁸⁾

1. Enfoque

El enfoque en una Investigación representa el marco teórico y el marco metodológico, los cuales guían el proceso investigativo, brindando coherencia y dirección en la búsqueda de respuestas a las preguntas científicas. Se hallan dos enfoques, uno cuantitativo y otro cualitativo, o incluso se pueden integrar ambos. ⁽¹⁸⁾

El enfoque que se empleará en esta ocasión será el cualitativo, como teoría fundamentada. Pero ¿qué características posee este enfoque? Básicamente se se guía por áreas o temas significativos de investigación. Con el objetivo de afinar preguntas en la investigación, se pueden desarrollar preguntas o generar hipótesis tanto antes, en el proceso de la investigación o después de la recolección e incluso cuando se analizan los datos. ⁽¹⁶⁾

Se caracteriza por explorar y comprender los fenómenos sociales o humanos desde el punto de vista de los participantes y se centra en la interpretación detallada de datos. Como objetivo se busca capturar la subjetividad de los participantes. ⁽¹⁸⁾

En un estudio cualitativo no se prueban hipótesis, sino que se generan durante el proceso y se pueden modificar conforme se recaban más datos. Se evalúa el desarrollo de la investigación y se fundamenta en una perspectiva interpretativa

guiada por el entendimiento del significado de las acciones de los humanos. Como enfoque pretende buscar la dispersión o expansión de los datos e información en general. ⁽¹⁶⁾

Para una revisión de literatura se contextualiza el proceso, se justifica el planteamiento del problema y la necesidad de llevar a cabo el estudio. La hipótesis generalmente es emergente y como diseño se implanta de acuerdo con el contexto y las circunstancias. La recolección de datos se orienta a proveer mayor entendimiento de los significados y las experiencias. El análisis de datos es variado de acuerdo con el modo en que se recolectan esos datos. ⁽¹⁶⁾

Parreño ⁽¹⁷⁾ agrega que este tipo de enfoque investiga el porqué del estudio, es subjetivo, es explicativo, posibilita adquirir una mejor comprensión y es interpretativo. ⁽¹⁷⁾

2. Criterios de inclusión y exclusión

Se encuentra en auge el uso de IA en el área médica por lo cual, la investigación en este ámbito resulta importante ya que es sabido que no se reemplaza al personal, pero si viene a potenciar las herramientas que se utilizan y brindando una mejor experiencia al paciente y mejorando significativamente su calidad de vida.

Y en una investigación sobre el uso de la IA es necesario exponer los distintos criterios, es por ello, por lo que los criterios de elegibilidad o inclusión son predefinidos, deben ser amplios para abarcar la diversidad de estudios, pero limitados para garantizar que se pueda obtener una respuesta significativa al considerar todos los estudios en conjunto. ⁽¹⁹⁾

A continuación, se exponen los criterios de inclusión y de exclusión.

Tabla 5. Criterios de inclusión y de exclusión.

Criterios de inclusión:	Criterios de exclusión:
Se toman en cuenta artículos entre 2020 y 2025.	Estudios sin evidencia empírica.
Publicaciones en inglés o español.	Se excluyen artículos duplicados.
Investigaciones que aborden el uso de IA en medicina.	Artículos en otros idiomas que no sean en inglés o español.
Investigaciones que incluyan información científica sobre el diagnóstico o cribado del cáncer de mama.	

Fuente: Elaboración propia.

3. Análisis

El análisis de los documentos seleccionados se llevará a cabo mediante la investigación de contenido temático, el objetivo será revisar e interpretar la información que se encuentra en artículos científicos que tienen relación con información relevante e innovadora acerca del uso de la inteligencia artificial en el cribado diagnóstico del cáncer de mama.

En la recopilación de datos se expondrá la información de interés y se podrá comprender el contexto, con el fin de identificar mediante el uso de algoritmos: el diagnóstico en cáncer de mama, el uso de la inteligencia artificial en medicina, el uso de términos como deep learning, como machine learning, entre otros.

Se utilizará información acerca de aplicaciones clínicas para el diagnóstico de cáncer de mama, se obtendrá información acerca de la precisión diagnóstica

uso de la IA con otros métodos tradicionales y en general se busca exponer los beneficios del uso de IA en el contexto clínico.

4. Alcance

El alcance del estudio será exploratorio y descriptivo, ambos se proceden a ampliar a continuación:

- Estudio exploratorio:

Hernández¹⁶ menciona que el estudio exploratorio, busca investigar un campo en desarrollo tecnológico y científico. Estos estudios sirven para indagar nuevos problemas, así como identificar conceptos o variables o para obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa. ⁽¹⁶⁾ Este tipo de estudio se efectúa cuando una revisión de la literatura revela que hay guías no investigadas e ideas poco relacionadas con el problema de estudio. ⁽¹⁷⁾

Con ello, se permite la extensión de la información descriptiva, ya que en este tipo de estudio se investigan las diferencias entre las variables, tales como: género sexual, grupos de edades, procedencia, entre otros. Sirven para analizar problemas del comportamiento humano que se consideren cruciales para los profesionales del área de estudio, identifican conceptos e incluso se establecen prioridades para investigaciones posteriores. ⁽¹⁷⁾ El objetivo es especificar las propiedades, las características de personas o grupos o cualquier otro fenómeno que se pueda someter a un análisis. ⁽¹⁶⁾

- Estudio descriptivo:

Desde el punto de vista científico, describir es medir y en este tipo de estudio se seleccionan una serie de cuestiones y se mide cada una de ellas para hacer una descripción de lo que se investiga, se pueden integrar las mediciones de cada variable para decir cómo es y se manifiesta el fenómeno de interés. ⁽¹⁷⁾

El estudio descriptivo sirve para descubrir y para mostrar los ángulos o dimensiones de un contexto o incluso de una situación. ⁽¹⁶⁾ Se enfocan en responder características de cómo es tal situación respecto a un problema. También ofrecen la posibilidad de predicciones, aunque sean rudimentarias. ⁽¹⁷⁾

En general, ambos tipos de estudio pretenden sistematizar la información existente sobre usos o aplicaciones, la comparación de la precisión diagnóstica de los métodos tradicionales versus el uso de la IA, así como evaluar la eficacia diagnóstica asistida por la IA, sus beneficios y limitaciones en cuanto al cribado mamográfico.

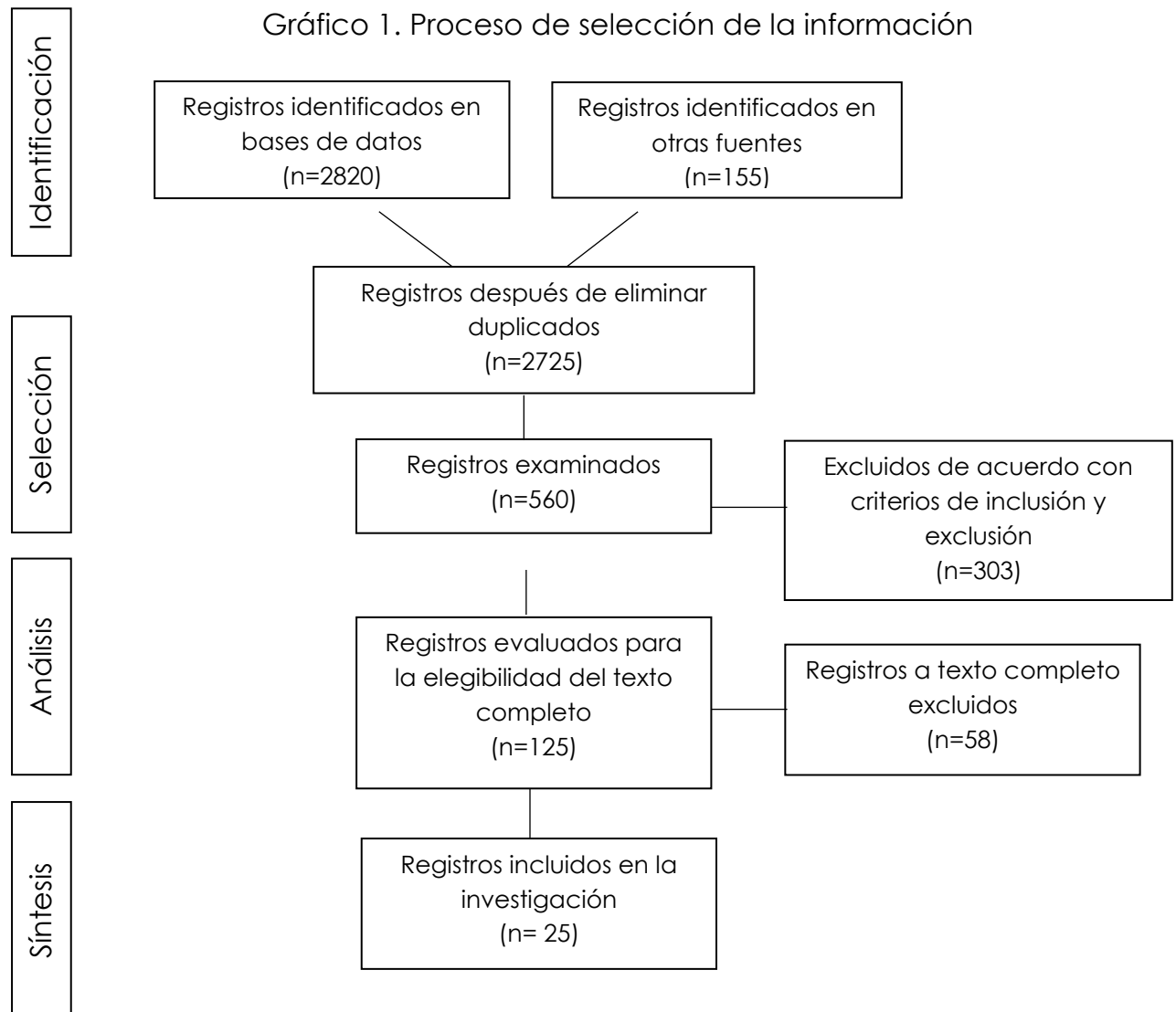
5. Diseño metodológico

Este se refiere al plan o estrategia para obtener la información con el fin de responder al planteamiento del problema. Constituye un plan o estrategia que, si es concebido cuidadosamente, el producto final de un estudio generará conocimiento. ⁽¹⁶⁾

El diseño será de tipo documental o bibliográfico, sustentado en una revisión sistemática de fuentes académicas. No se trabajará con población ni muestra humana directa, sino con publicaciones científicas.

El diseño se distingue por dar forma y estructura a la indagación, es la base sobre el cual se funda todo proceso investigativo. Sirve como guía la selección de métodos, la recolección de datos e interpretación de resultados. ⁽¹⁸⁾

Durante el proceso de selección de la información, se investigó principalmente en bases de datos importantes: SciELO, PubMed, Google académico, Dynamed, entre otros, donde se identificaron un total aproximado de 2820 documentos que estaban relacionados con el tema del uso de la IA en el cribado diagnóstico del cáncer de mama.



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Instrumentos de recolección de información

Se utilizará una matriz de análisis documental como instrumento para organizar los datos extraídos de cada fuente. La matriz se construirá a partir de la información recabada en los artículos científicos e incluirá elementos como:

- Autor y año.
- Datos clínicos utilizados.
- Limitaciones y ventajas del uso de la IA en el diagnóstico del cáncer de mama.
- Resultados de precisión diagnóstica.

Una vez seleccionado el diseño de acuerdo con el problema de estudio e hipótesis, lo que sigue es la recolección de los datos pertinentes sobre las variables en la investigación. Se aplicará un instrumento de medición al obtener las observaciones y mediciones de las variables que son de interés para el estudio. Se trata de recopilar, analizar o interpretar datos. ⁽¹⁷⁾

6. Técnica de análisis de datos

El análisis de contenido es una técnica muy útil para analizar los procesos de comunicación en diversos contextos, para estudiar y analizar la comunicación de una manera objetiva y sistemática. Puede servir para conocer las actitudes de un grupo de personas mediante el análisis de sus discursos. El análisis de contenido se efectúa por medio de la codificación, que es el proceso por el cual las características más importantes contenido son transformadas a unidades que permitan su descripción y análisis preciso.⁽¹⁷⁾ En esta ocasión el análisis de contenido temático permitirá identificar información valiosa sobre los beneficios, las limitaciones y la precisión diagnóstica de la IA en el cribado diagnóstico del cáncer de mama.

CAPÍTULO IV:
DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Objetivo 1. Identificar los usos de la inteligencia artificial como cribado diagnóstico de cáncer de mama.

Montero²⁰ en su artículo "Uso de la inteligencia artificial en el diagnóstico de cáncer de mama" menciona que según la Sociedad Americana del Cáncer 41,760 mujeres y más de 500 hombres murieron de cáncer de mama. ⁽²⁰⁾

Este es un cáncer que se puede detectar mediante varios métodos, entre ellos; la mamografía, el ultrasonido de mamas, la tomografía computarizada o TC, la tomografía por emisión de porciones o PET y la resonancia magnética, por ejemplo. Aun así el estándar de oro es un diagnóstico histopatológico, el cual es un análisis de imagen del tejido extraído mediante una biopsia. ⁽²⁰⁾

1.1. Evidencia para el OE1: La introducción de sistemas de detección asistida por ordenador se da con el objetivo de mejorar las herramientas diagnosticas. Actualmente, en Estados Unidos, estos sistemas de detección asistida por ordenador se utilizan en el 83% de los exámenes de mamografía digital, sin embargo, su eficacia es controvertida, ya que a pesar del uso de las imágenes en el diagnóstico existen limitaciones en cuanto a sensibilidad y especificidad. ⁽²⁰⁾

1.2. Evidencia para el OE1. Existe un interés que va en aumento en cuanto al uso de la IA en imágenes médicas y en investigaciones preliminares, se ha demostrado que los algoritmos están diseñados para identificar regiones sospechosas en mamografías digitales bidimensionales y valorar la probabilidad de malignidad. ⁽²⁰⁾

1.3. Evidencia para el OE1. El uso de la IA en la interpretación de las mamografías puede mejorar la eficiencia del radiólogo, ya que se ha demostrado que mejora el rendimiento de los radiólogos en la lectura de la detección bidimensional del cáncer de mama, esta puede mejorarse con el uso simultáneo de una herramienta de IA. En estudios, al observar la tendencia general se concluyó que se exhibía menos dispersión (variabilidad) cuando se utilizó la IA, lo que pone de manifiesto la Influencia del sistema en la decisión del radiólogo. También existen

algoritmos aprobados y entrenados con datos que tienen la capacidad de aprender sesgos que son a menudo indistinguibles para los humanos. ⁽²⁰⁾

Las mamografías se valoran desde cuatro vistas, una izquierda y craneocaudal y otro derecho y oblicuo mediolateral y coloca un conjunto de posiciones de la imagen con una puntuación de sospecha relacionada. A su vez, utiliza dos grupos de redes neuronales convolucionales profundas combinado con un módulo de agregación. El uso de la herramienta de IA dio lugar a una tendencia hacia la reducción de la tasa de falsos negativos con una mejora promedio del 18%. ⁽²⁰⁾

1.4. Evidencia para el OE1. El aprendizaje profundo se utiliza para analizar características que afectan a la detección y al tratamiento diversas patologías. En el caso del cáncer de mama se puede detectar por medio de histopatología o en genes. Sin embargo, este último es muy costoso, por lo que la imagen es el método más comúnmente utilizado. ⁽²⁰⁾

Este apartado aporta al objetivo específico 1 “identificar los usos de la inteligencia artificial como cribado diagnóstico de cáncer de mama” al mostrar que Montero, 2025, evidencia que el uso de sistemas de detección asistida por ordenador mejora las herramientas diagnosticas, la IA en imágenes médicas ha demostrado que los algoritmos están diseñados para identificar regiones sospechosas en mamografías digitales bidimensionales aunado a que el uso de la IA en la interpretación de las mamografías puede mejorar la eficiencia del radiólogo.

Síntesis OE1: Las contribuciones de Montero (2025) evidencia los usos de la IA los cuales respaldan el objetivo, habilitando la operacionalización propuesta para el OE1.”

Objetivo 2. Comparar la precisión diagnóstica entre los métodos tradicionales y los utilizados a base de inteligencia artificial en el diagnóstico del cáncer de mama.

Nassif et al ⁽²¹⁾ en su artículo “Detección del cáncer de mama mediante técnicas de inteligencia artificial: una revisión sistemática de la literatura” hace mención de

que la mamografía es el método principal en la detección precoz a nivel mundial.⁽²¹⁾

1.1 Evidencia para el OE2: La mamografía posee limitaciones inherentes, particularmente en etapas tempranas de la enfermedad y en mujeres con mamas densas. Por ello, se ha promovido la integración de herramientas de IA como soporte al diagnóstico, ya que desempeña un rol como lector secundario en programas de tamizaje poblacional y en estudios se sugiere que los sistemas automatizados pueden detectar hallazgos incluso pasan desapercibidos en la lectura convencional. ⁽²¹⁾

La mamografía ha sido la herramienta de detección de primera línea para el cáncer de mama durante décadas, con más de 200 millones de mujeres examinadas cada año en todo el mundo. Esta presenta limitaciones en la sensibilidad y la especificidad que persisten incluso frente a las mejoras tecnológicas más recientes. Se dice que hasta el 30% o 40% de los cánceres de mama pueden pasarse por alto durante la detección y el 10% de las mujeres retiradas de la detección para el diagnóstico finalmente tienen cáncer.⁽²²⁾

1.2. Evidencia para el OE2: También se habla de la precisión diagnóstica con el uso aunado de la tecnología, la cual puede disminuir hasta en un 30% la cantidad de estudios que requerían segunda lectura, sin verse afectada la calidad. Por ende, se optimizan los recursos. Es evidente el uso de la IA como un complemento es capaz de disminuir la variabilidad, así como mejorar la detección temprana del cáncer de mama, impactando a nivel clínico sustancialmente. ⁽²¹⁾

1.3. Evidencia para el OE2: La resonancia magnética es una técnica sensible para la detección del cáncer en mujeres con tejido mamario denso el cual no es visible en una mamografía, en pacientes con alto riesgo o incluso lesiones no evidentes en una ecografía. De igual forma, la interpretación necesita de alta experiencia por parte del observador, por lo cual, limita el análisis y el tiempo. ⁽²¹⁾

Se ha evaluado la aplicación de modelos de “deep learning” en el estudio de una resonancia y se demostró que la IA mejoró la capacidad diagnóstica en cuanto a diferenciación de lesiones entre malignas y benignas. Los radiólogos asistidos por la herramienta aumentaron su precisión en un 9% en cuanto a sensibilidad en BI-RADS, mientras que la especificidad no se vio alterada. Es evidente que los algoritmos funcionan como asistentes confiables en la práctica clínica. E incluso ofrecen predicciones sobre la agresividad del tumor y eventuales respuestas al tratamiento. ⁽²¹⁾

1.4. Evidencia para el OE2: En cuanto al uso del ultrasonido, tiene limitaciones, entre ellas la baja especificidad o el bajo valor predictivo positivo. Sin embargo, hoy en día es una herramienta muy utilizada ya que es de bajo costo y presenta una amplia disponibilidad. Esta técnica también se ha beneficiado en el desarrollo de tecnologías basadas en IA, contribuyendo incluso a la emisión de recomendaciones de manejo personalizadas según el tipo de hallazgo. ⁽²¹⁾

Los modelos de IA en ecografías alcanzaron una precisión del 93,1%, superando el trabajo de un radiólogo que fue de un 91,65%, con resultados similares a los de una toma de decisiones hechas por humanos, tomando en cuenta que la interpretación de estos, es compleja por las características morfológicas, tales como: tamaño, forma, márgenes u orientación. El uso de la IA puede disminuir el tiempo de interpretación en un 40% y mejorar la precisión de lectura en lesiones BI-RADS 4. ⁽²¹⁾

Incluso la “Food and Drug Administration” o FDA por sus siglas en inglés, ha aprobado el uso de algunas aplicaciones basadas en IA para el análisis de imágenes ecográficas mamarias, lo cual es importante en regiones de bajos y medianos ingresos, debido al poco acceso a radiólogos y al diagnóstico oportuno como tal. El uso de estas herramientas abre la puerta hacia un modelo de medicina personalizada. ⁽²¹⁾

1.5. Evidencia para el OE2: En cuanto a la histopatología es un pilar para el diagnóstico definitivo del cáncer de mama y la IA brinda mayor capacidad de integrarse al análisis digital de láminas histológicas, puede caracterizar con alta precisión las estructuras del tejido mamario, ya que los modelos pueden ser entrenados para identificar patrones celulares anómalos, bordes tumorales, y áreas con figuras mitóticas. Es una plataforma crítica para el diagnóstico confirmatorio ⁽²¹⁾

Por parte de la evaluación morfológica e inmunohistoquímica, posee influencia en la interpretación de biomarcadores como HER2 o los receptores hormonales, ya que la IA permite una cuantificación automatizada y estandarizada de estos marcadores, disminuyendo la subjetividad. De hecho, la IA se utiliza en tareas propias como el conteo de mitosis, la gradación tumoral, la evaluación de linfocitos infiltrantes tumorales y la detección de micrometástasis en ganglios linfáticos. Estas actividades son optimizadas con algoritmos. ⁽²¹⁾

Este apartado aporta al objetivo específico 2 “comparar la precisión diagnóstica entre los métodos tradicionales y los utilizados a base de inteligencia artificial en el diagnóstico del cáncer de mama” al mostrar que Nassif, 2022, evidencia que los estudios convencionales aunados al uso de tecnologías pueden resultar una herramienta calidad, la mamografía presenta eficiencia, el ultrasonido cuenta con accesibilidad, la resonancia magnética se potencia en exactitud y finalmente la histopatología en profundidad diagnóstica.

Síntesis OE2: Las contribuciones de Nassif, 2022 respaldan el objetivo 2, evidenciando que cada método de diagnóstico se ve potenciado por el uso de la IA como herramienta. Por ende, el futuro del diagnóstico clínico de este tipo de cáncer va orientado hacia un enfoque integral.

Objetivo 3. Evaluar la eficacia del diagnóstico asistido por IA en el diagnóstico del cáncer de mama.

Díaz et al ⁽²³⁾ indican en su artículo “Inteligencia Artificial para la detección del cáncer de mama: Tecnología, desafíos y perspectivas” que esta herramienta complementa los métodos diagnósticos y permite un tratamiento temprano, aumentando la supervivencia del paciente en cuestión. ⁽²³⁾

1.1 Evidencia para el OE3: El cribado del cáncer de mama es observador-dependiente y los radiólogos incluso en su mejor rendimiento, pasan por alto algunas lesiones cancerosas visibles. Aunado a que el cribado conlleva una carga considerable de trabajo. Es por ello, que los investigadores buscan avances en tecnología que puedan mejorar los resultados. ⁽²³⁾

1.2 Evidencia para el OE3. Desde los años 90s se dispone de sistemas de detección asistida por ordenador para mamografías que utilizan técnicas tradicionales de inteligencia artificial, estos sistemas analizan las imágenes y muestran las áreas sospechosas. Es por eso por lo que se han incorporado estas tecnologías ya que permiten miles de millones de operaciones por segundo, se cuenta con datos digitales y posee una amplia capacidad de almacenar información digital. ⁽²³⁾

Los modelos DL tienen la capacidad de aprender características relevantes de los conjuntos de datos, lo que permite un análisis e interpretación más efectivos. La IA tiene un papel clave en el procesamiento de cantidades tan grandes de datos, es por eso por lo que las estrategias de preprocesamiento de datos son relevantes en el rendimiento adecuado del algoritmo. Así como la calidad de los datos que se administran, ya que los algoritmos eventualmente tomarán en cuenta los datos para extraer patrones que se utilizarán para proporcionar resultados. ⁽²³⁾

1.3 Evidencia para el OE3. Se utilizan también estrategias de aprendizaje por transferencia, acá se utilizan redes ya entrenadas con otros datos que necesitan pequeños ajustes para lograr el rendimiento deseado. El cribado es diferente en función de la implementación en imágenes de mama, hay enfoques que pueden reducir la carga de trabajo sin disminuir la sensibilidad, otros pueden aumentar la sensibilidad, a merced de un aumento en los falsos positivos. ⁽²³⁾

1.4 Evidencia para el OE3. Los hallazgos son importantes en Norteamérica porque se ha demostrado que el uso de la IA aumenta la detección del cáncer de mama en etapas más tempranas, lo que conduce a un mejor pronóstico y una reducción de la mortalidad. Particularmente en Estados Unidos, los sistemas de detección asistidos por computadora se utilizan en el 83% de las mamografías, ya que se ha logrado una mejor detección del cáncer similar a la de la doble lectura al utilizar este tipo de sistema. ⁽²³⁾

1.5 Evidencia para el OE3. En general, el uso simultáneo de esta herramienta de IA mejoró el rendimiento diagnóstico de los radiólogos en la detección mamográfica del cáncer de mama. Además, se demostró que el uso de IA reduce los falsos negativos sin afectar la especificidad. ⁽²⁴⁾ Los avances han sido significativos y con gran potencial para mejorar los programas de cribado, se ha demostrado un mejor rendimiento y una vía prometedora en la detección del cáncer de mama. ⁽²³⁾

1.6 Evidencia para el OE3. Aun así, este enfoque tiene limitaciones, como la necesidad de una gran cantidad de datos de entrenamiento estructurados y hechos a mano. Se recomienda a los usuarios realizar evaluaciones de sus algoritmos de IA antes y durante la implementación, con el fin de controlar que los errores del sistema no amenacen la seguridad y se fomente la transparencia. También deben establecerse medidas de trazabilidad para documentar y supervisar el desarrollo y el funcionamiento de las herramientas. Es necesario que un algoritmo cuente con todos los datos pertinentes, esto es clave para permitir que las herramientas de software hagan predicciones más precisas y que se disponga de los datos clínicos para entrenar los algoritmos como tales. ⁽²³⁾

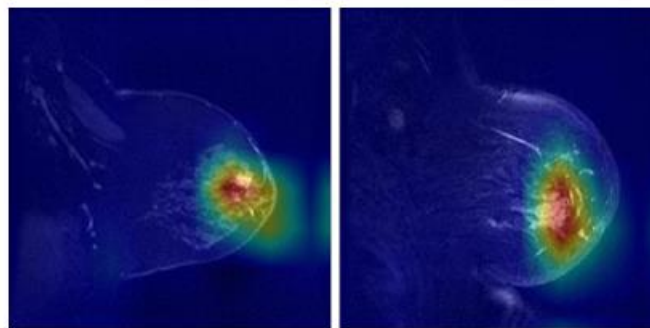
Sin embargo, se han demostrado resultados contradictorios, en un estudio se evaluó el desempeño de los radiólogos durante 4 años y se encontró que el uso de la detección asistida por computadora condujo a una disminución de la

precisión en la detección del cáncer, así como a un aumento en las recomendaciones de biopsias.⁽²²⁾

Este apartado aporta al objetivo específico 3 “evaluar la eficacia del diagnóstico asistido por IA en el diagnóstico del cáncer de mama”, al mostrar que Diaz, 2024, la incorporación de estas tecnologías permiten miles de millones de operaciones por segundo, al utilizarse redes ya entrenadas con otros datos se necesitan pequeños ajustes para lograr el rendimiento deseado, la IA aumenta la detección del cáncer de mama en etapas más tempranas, conduce a un mejor pronóstico y una reducción de la mortalidad.

Síntesis OE3: Las contribuciones de Diaz, 2024 respaldan el objetivo ya que es evidente la eficacia de los avances en el cribado diagnóstico, ya que se cuenta con gran potencial para mejorar los programas de cribado, se ha demostrado un mejor rendimiento y una vía prometedora en la detección del cáncer de mama.

Imagen 7. Resonancia magnética de mama



Fuente: Tomado de referencia ⁽²³⁾

La anterior es una imagen de una resonancia magnética con un mapa de calor superpuesto. Es un ejemplo de cómo se complementa el estudio inicial en un análisis posterior con el uso de la IA. La región con más color representa los píxeles con mayor influencia utilizados por un modelo de IA para llegar a una predicción.⁽²³⁾

CAPÍTULO V:

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Objetivo1: Identificar los usos de la inteligencia artificial como cribado diagnóstico de cáncer de mama.

Conclusión 1. El uso de la IA en la imagenología cobró relevancia por desarrollo del aprendizaje profundo, la cual es una rama de la IA que se basa en el desarrollo de redes neurales artificiales a las cuales se les facilita información, así como datos y cuya eficacia aumenta conforme crece también el aprendizaje. Y en los Estados Unidos, los sistemas de detección asistida por ordenador se utilizan en el 83% de los exámenes de mamografía digital. ^(20,24)

Conclusión 2. La IA se utiliza como análisis de imágenes con fin diagnóstico. El uso abarca desde la ayuda para obtener una óptima imagen, el reconocimiento de estructuras o incluso la separación de lesiones entre benignas y malignas... todas ellas logran un impacto en la especialidad médica y generan avance en medicina. ⁽²⁴⁾

Conclusión 3. El uso de la IA en la interpretación de las mamografías puede mejorar la eficiencia del radiólogo. Sin embargo, es importante destacar que no reemplaza al ser humano, sino que es una herramienta de apoyo. Se ha demostrado que mejora el rendimiento de los radiólogos en la lectura de la detección bidimensional del cáncer de mama, la cual puede mejorarse con el uso simultáneo de una herramienta de IA. ⁽²⁰⁾

Objetivo 2: Comparar la precisión diagnóstica entre los métodos tradicionales y los utilizados a base de inteligencia artificial en el diagnóstico del cáncer de mama.

Conclusión 1. La mamografía ha sido la herramienta de detección de primera línea para el cáncer de mama durante décadas. Sin embargo, posee limitaciones inherentes, por ejemplo, en etapas tempranas de la enfermedad y en mujeres con mamas densas, en cuyos casos los falsos positivos siguen siendo un desafío. Integrar herramientas de IA con mamografías como soporte al diagnóstico resulta valioso en el manejo individualizado de las pacientes. ⁽²¹⁾

Conclusión 2. La resonancia magnética es una técnica sensible para la detección del cáncer en mujeres con tejido mamario denso el cual no es visible en una mamografía, en pacientes con alto riesgo o incluso lesiones no evidentes en una ecografía. Se ha evaluado la aplicación de modelos de “deep learning” en el estudio de una resonancia y se demostró que la IA mejoró la capacidad diagnóstica en cuanto a diferenciación de lesiones entre malignas y benignas. ⁽²¹⁾

Conclusión 3. En cuanto al uso del ultrasonido, es una herramienta muy utilizada ya que es de bajo costo y presenta una amplia disponibilidad. Esta técnica también se ha beneficiado en el desarrollo de tecnologías basadas en IA, estos modelos alcanzaron una precisión del 93,1%, superando el trabajo de un radiólogo que fue de un 91,65%, con resultados similares a los de una toma de decisiones hechas por humanos. ⁽²¹⁾

Objetivo 3: Evaluar la eficacia del diagnóstico asistido por inteligencia artificial en el diagnóstico del cáncer de mama.

Conclusión 1. Los hallazgos son importantes en Norteamérica porque se ha demostrado que el uso de la IA aumenta la detección del cáncer de mama en etapas más tempranas. Y se ha visto que mejora las funciones de asistencia del trabajo del radiólogo, ya que brinda ayuda en la interpretación de cada estudio en el que se buscarían solicitudes más adecuadas y un outcome asistencial de más efectos positivos para el usuario. Cabe destacar que esto aplica en un contexto socioeconómico como el de América del Norte donde se cuenta con mayor cantidad de recursos en general. ^(23, 24)

Conclusión 2. Optimización de la técnica radiológica: Las bases de los métodos de aprendizaje profundo pueden utilizarse en la mejora de la presentación de los algoritmos de reconstrucción y la calidad de imagen. Los marcos de trabajo del DL son capaces de comprender los principios de la reconstrucción en tomografía y resonancia magnética. ⁽²⁵⁾

Conclusión 3. El aprendizaje profundo se ha mostrado sumamente adecuado respecto a procesos en los que se le enseña a delinear una estructura anatómica normal o lesión, "dibujando" sus contornos digitalmente. El cribado es diferente en función de la implementación en imágenes de mama, hay enfoques que pueden reducir la carga de trabajo sin disminuir la sensibilidad, otros pueden aumentar la sensibilidad, a merced de un aumento en los falsos positivos. ^(23, 25)

Conclusión 4. Los avances han sido significativos y con gran potencial para mejorar los programas de cribado, se ha demostrado un mejor rendimiento y una vía prometedora en la detección del cáncer de mama. Aun así, este enfoque tiene limitaciones, como la necesidad de una gran cantidad de datos de entrenamiento estructurados y hechos a mano. Se recomienda a los usuarios una validación regulatoria constante. Realizar evaluaciones de sus algoritmos de IA antes y durante la implementación, con el fin de controlar que los errores del sistema no amenacen la seguridad y se fomente la transparencia. ⁽²³⁾

Referencias bibliográficas

1. Loaiza, A. La inteligencia artificial en oncología: contexto actual y una visión hacia la próxima década. [Internet]. 2021. (citado el 5/11/2024) Vol 43 (4) 527-534. Disponible en: [La inteligencia artificial en onc... preview & related info | Mendeley](#).
2. Jairam, M. Ha, R. Breast Imaging A review of artificial intelligence in mammography. [Internet]. 2022. (citado el 4/11/2024). Vol: 88. 36–44. Disponible en: [A review of artificial intelligence in mammography - Clinical Imaging](#).
3. Mariel, A. Consideraciones bioéticas en relación con el uso de la inteligencia artificial en mastología. Rev Méd Urug [Internet]. 2021. (citado el 5/11/2024). Vol: 37(4): e37413. DOI: 10.29193/RMU.37.4.12
4. Diaz, O. Rodríguez, A. Gubern, A. Martí, R. Chevalier, M. ¿Son los sistemas de inteligencia artificial una herramienta útil para los programas de cribado de cáncer de mama?. SERAM. [Internet]. 2021. (citado el 5/11/2024). Vol: 63. 236-244. Disponible en: [¿Son los sistemas de inteligencia artificial una herramienta útil para los programas de cribado de cáncer de mama? - ScienceDirect](#).
5. Rodríguez, M. Integración de la inteligencia artificial en el diagnóstico y pronóstico del cáncer de mama. Rev Científ Multidisciplinar. [Internet]. 2024. (citado el 6/11/2024). Vol: 8 (1). Disponible en: https://doi.org/10.37811/cl_rem.v8il.
6. Fernández, M. Capecchi, A. Inteligencia artificial en la detección del cáncer de mama por tomosíntesis, ¿hacia dónde vamos?. Revista

- Científica CMDLT. [Internet]. 2021. (citado el 6/11/2024). Vol: 15(2): e-211066. Disponible en: <https://doi.org/10.55361/cmdlt.v15i2.66>
7. Álvarez, J. Palacios, P. Cebey, V. Cortegoso, A. Cáncer de mama. [Internet]. 2021. (citado el 08/12/2024) 13 (27):1506-17. Disponible en: [Cáncer de mama - ScienceDirect](#).
 8. Palmero, J. Lassard, J. Juárez, L. Medina, C. Cáncer de mama: una visión general. [Internet]. 2021. (citado el 7/12/2024) Vol.19 (3). Disponible en: [Cáncer de mama: una visión general](#)
 9. Dileep, G, Gianchandani, S. Artificial Intelligence in Breast Cancer Screening and Diagnosis. [Internet]. 2021. (citado el 5/12/2024). 14(10): e30318. Disponible en: [Artificial Intelligence in Breast Cancer Screening and Diagnosis - PubMed](#).
 10. Artificial Intelligence in Breast Cancer Diagnosis and Personalized Medicine. Seok, J. Sangwon, S. SuA, Y. Kyung, E. [Internet]. 2022. (citado el 8/12/2024). Vol 26 (5):405-435. Disponible en: [:: JBC :: Journal of Breast Cancer](#)
 11. Uzun, D. Ikechukwu, D. Uzun, D. Ozsahin, I. The Systematic Review of Artificial Intelligence Applications in Breast Cancer Diagnosis. [Internet]. 2023. (citado el 8/12/2024). Vol 13(1), 45. Disponible en: [The Systematic Review of Artificial Intelligence Applications in Breast Cancer Diagnosis](#).
 12. Mendes, J. Domingues, J. Haidos, H. Garcia, N. Matela, N. AI in Breast Cancer Imaging: A Survey of Different Applications. [Internet]. 2022. (citado el 11/12/2024). Vol 8, 228. Disponible en: [AI in Breast Cancer Imaging: A Survey of Different Applications](#).

13. Instituto nacional del cáncer. ¿Sirve la inteligencia artificial para ver el cáncer de formas nuevas y más eficaces?. [Internet]. 2022. (citado el 11/12/2024). Disponible en: [Inteligencia artificial para ver el cáncer de formas nuevas y más eficaces](#)
14. Barrón, C. Jave, L. Aguilar, A. Historia del cáncer de mama. [Internet]. 2020. (citado el 13/03/2024). Vol. 58, núm. 1, Sup., pp. 75-82. Disponible en: [Historia del cáncer de mama](#)
15. Instituto nacional del cáncer. Tratamiento del cáncer de mama. [Internet]. 2020. (citado el 13/03/2025). Disponible en: [Tratamiento del cáncer de mama](#)
16. Hernández, R. Metodología de la investigación. [Internet]. 2014. (citado el 17/05/2025). Sexta edición. Disponible en: [Metodología de la investigación - Dialnet](#)
17. Parreño, A. Metodología de la investigación en salud. [Internet]. 2016. (citado el 17/05/2025). Disponible en: [2019-09-17-224845-metodología de la investigación en salud-comprimido.pdf](#)
18. Vizcaíno, P. Maldonado, I. Cedeño, R. Metodología de la investigación científica. [Internet]. 2023, (citado el 17/05/2025). Volumen 7, Número 4. Disponible en: [Metodología de la investigación científica: guía práctica | Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar](#)
19. Cochrane. Setting eligibility criteria for including studies in the review (C5-C13) [Internet]. MECIR Manual. 2019 [citado el 18/05/2025]. Disponible en: [https://community.cochrane.org/mecir-manual/standards-conduct-](#)

[new-cochrane-intervention-reviews-c1-c75/developing-protocol-review-c1-c23/setting-eligibility-criteria-including-studies-review-c5-c13](#)

20. Montero, K. Del Carmen, J. Uso de la inteligencia artificial en el diagnóstico de cáncer de mama. [Internet]. 2025. [citado el 18/05/2025]. Volumen 9 número 3. Disponible en: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i3.17982
21. Nassif, A. Abu, M. Nasir, Q, et al. Breast cancer detection using artificial intelligence techniques: A systematic literature review. [Internet]. 2022. [citado el 18/05/2025]. Volumen 127. Disponible en: [Breast cancer detection using artificial intelligence techniques: A systematic literature review - ScienceDirect](#)
22. Pacile, S. Lopez, J. Chine, P, et al. Improving breast cancer detection accuracy of mammography with the concurrent use of an artificial intelligence tool. [Internet]. 2020, 2(6). [citado el 18/05/2025]. Disponible en: [Mejora de la precisión de la detección del cáncer de mama con el uso simultáneo de una herramienta de inteligencia artificial](#)
23. Diaz, O. Rodriguez, A. Sechoupolus, I. Artificial Intelligence for breast cancer detection: Technology, challenges, and prospects. [Internet]. 2024. [citado el 18/05/2025]. Disponible en: [Artificial Intelligence for breast cancer detection: Technology, challenges, and prospects](#)
24. Aguirre F, Carballo L, González X, Gigirey V. Inteligencia artificial aplicada a la imagen médica. [Internet]. Rev. Imagenol. 2021 [citado el 17/08/2025] XXIV (2):47-58. Disponible en: <https://sriuy.org.uy/ojs/index.php/Rdi/article/view/94/102>

25. Ávila, J. Mayer, M. Quesada, V. La inteligencia artificial y sus aplicaciones en medicina I: introducción antecedentes a la IA y robótica. [Internet] [Volume 52, Issue 10](#). 2020. [citado el 17/08/2025] 778-784. Disponible en: [La inteligencia artificial y sus aplicaciones en medicina I: introducción antecedentes a la IA y robótica - ScienceDirect](#)