

**Factores relacionados con la termografía como herramienta para la detección temprana de  
cáncer de mama, una revisión de alcance.**

Lina Patricia Ángel García

María Fernanda Lozano Paya

Asesor

Rodolfo Herrera Medina

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias de la salud ECISA

Administración en salud

2025

### **Agradecimientos**

La siguiente monografía se muestra como una opción de grado que contribuye como aporte al proyecto de investigación: Análisis de rasgos característicos de las imágenes termográficas de zona mamaria como apoyo en el mantenimiento de la salud en población femenina en edad productiva – Convocatoria 10 DE 2021 COHORTE 2.

Investigador principal y co-asesor: Docente Steve Rodríguez Guerrero

## Resumen

El cáncer de mama es una de las enfermedades que más afecta a las mujeres en todo el mundo. Actualmente, la mamografía (imágenes de rayos X de los senos con dosis bajas) es el método más utilizado para la detección temprana, pero es necesario explorar nuevas técnicas con mayor sensibilidad y eficiencia. Aunque se han realizado múltiples estudios sobre el uso de la termografía, se pretende identificar los parámetros o criterios que se deben tener en cuenta para diferenciar anomalías tisulares; para caracterizar las variables referentes en procesos de investigación y dar cumplimiento a los objetivos planteados, se realizó una revisión sistemática del tipo scoping review y se recopilieron datos de los artículos a través de una matriz de documental. Los resultados más relevantes en la síntesis obtenida indican que algunos factores fisiológicos como la edad, el índice de masa corporal (IMC), el ciclo menstrual, el aumento de la temperatura superficial, la existencia de asimetrías térmicas, la angiogénesis, el rápido metabolismo celular y la densidad mamaria pueden influir en la interpretación de las imágenes termográficas. La termografía bajo condiciones reguladas y en combinación con otros métodos, constituye un instrumento prometedor para fortalecer los protocolos de detección temprana del CA de mama.

**Palabras clave:** cáncer de mama, detección temprana, factores fisiológicos, tamizaje complementario, termografía mamaria.

### **Abstract**

Breast cancer is one of the diseases that most effects women worldwide. Currently, mammography (low-dose breast X-ray imaging) is the most widely used method for early detection, but new techniques need to be explored with greater sensitivity and efficiency. Although multiple studies have been carried out on the use of thermography, it is intended to identify the parameters or criteria that must be taken into account to differentiate tissue anomalies; To characterize the reference variables in research processes and comply with the objectives set, a systematic review of the Scoping Review type was carried out and data from the articles were collected through a documentary matrix. The most relevant results in the synthesis obtained indicate that some physiological factors such as age, body mass index (BMI), menstrual cycle, increase in surface temperature, the existence of thermal asymmetries, angiogenesis, rapid cell metabolism and breast density can influence the interpretation of the thermographic images. Thermography under regulated conditions and in combination with other methods is a promising instrument to strengthen the protocols for the early detection of breast CA.

**Keywords:** breast cancer, early detection, physiological factors, complementary screening, breast thermography.

## Tabla de Contenido

Agradecimientos .....	2
Resumen .....	3
Abstract .....	4
Tabla de Contenido .....	5
Lista de Tablas .....	7
Lista de Figuras .....	8
Lista de Apéndice.....	9
Introducción .....	10
Justificación.....	11
Objetivos .....	13
Objetivo General .....	13
Objetivos Específicos .....	13
Planteamiento del Problema.....	14
Pregunta de Investigación .....	16
Metodología .....	17
Tipo de Estudio .....	17
Área de Estudio .....	17
Estrategia de Búsqueda y Criterios de Inclusión.....	17
Muestreo Documental.....	18
Fase 1. Planeación .....	18
Fase 2. Recolección de Datos.....	18
Fase 3. Resultados .....	20

Consideraciones Éticas .....	22
Marco Conceptual Teórico .....	23
Marco Legal .....	26
Resultados .....	28
Análisis de la Literatura .....	28
Análisis Bibliométrico .....	38
Producción Literaria .....	38
Términos Principales Asociado .....	40
Red de Coautoría .....	41
Aspectos Temporales de la Producción .....	45
Autores Clave por época .....	45
Ausencia de redes para la colaboración .....	45
Conclusiones .....	49
Glosario .....	54
Referencias Bibliográficas .....	56
Apéndice .....	62

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Artículos Incluidos Según Variables Fisiológicas Relacionadas con La Termografía ..</i>	41
<b>Tabla 2</b> <i>Artículos Incluidos Según Factores Técnicos y Ambientales en La Obtención de Termogramas .....</i>	53
<b>Tabla 3</b> <i>Artículos Incluidos Sobre El Rol de La Termografía Como Herramienta de Tamizaje Complementaria .....</i>	53

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Imagen de Caso Clínico</i> .....	14
<b>Figura 2</b> <i>Imagen de Termografía Mamaria para Detección Temprana de Marcadores de CA.</i> 27	
<b>Figura 3</b> <i>Producción Anual de Artículos</i> .....	42
<b>Figura 4</b> <i>Nube de Palabras</i> .....	44
<b>Figura 5</b> <i>Red de Coautoría</i> .....	46
<b>Figura 6</b> <i>Fraccionamiento de Participación (Fractional Counting)</i> .....	48
<b>Figura 7</b> <i>Análisis Dinámico de La Coautoría</i> .....	49
<b>Figura 8</b> <i>Mapa Por Períodos de La Coautoría</i> .....	51

**Lista de Apéndice**

<b>Apéndice A</b> <i>Matriz de datos documental</i> .....	68
---	----

## Introducción

El cáncer de mama es una de las afecciones más comunes y letales entre las mujeres a escala global, por lo que resulta esencial una identificación precoz para incrementar la tasa de supervivencia a esta enfermedad. Pese a los progresos en la mamografía como principal método de diagnóstico, persisten restricciones, particularmente en fases iniciales o en pacientes con mamas densas, lo que ha impulsado la exploración de métodos complementarios. En este escenario, la termografía surge como una alternativa de diagnóstico que podría ayudar a identificar precozmente el CA de mama a través del estudio de imágenes térmicas que identifican cambios de temperatura en los tejidos de la mama.

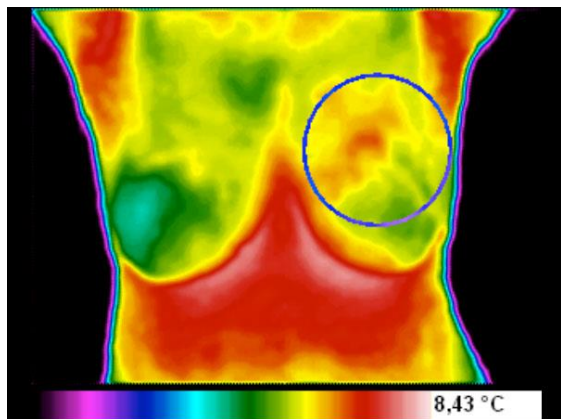
La termografía es un método no invasivo y no radiactivo que evalúa la temperatura en la superficie corporal; este procedimiento facilita la detección de patrones de temperatura irregulares vinculados con tumores, gracias al incremento del flujo sanguíneo y la actividad metabólica en las zonas impactadas. Pese a sus posibles ventajas, la utilización de la termografía en el diagnóstico precoz del CA de mama todavía no goza de una aceptación amplia ni de parámetros normalizados que faciliten la distinción efectiva entre imágenes normales y anormales.

El estudio sugiere llevar a cabo una revisión sistemática de investigaciones sobre la termografía en la detección del CA utilizando artículos obtenidos a través del acceso institucional que ofrece la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) a bases de datos científicas reconocidas, con el objetivo de detectar y examinar las variables que podrían potenciar su efectividad como técnica de diagnóstico. Esta monografía tiene como objetivo contribuir a la confirmación de la termografía como método adicional para la detección precoz del CA de mama y su posible incorporación en programas de salud pública.

## Justificación

### Figura 1

#### *Imagen de Caso Clínico*



*Fuente:* Universidad Autónoma de Nuevo León, 2016.

La detección temprana del cáncer de mama es una prioridad en salud pública, pero sigue representando un desafío, especialmente entre las mujeres a partir de los 35 años, edad en la que la enfermedad presenta una mayor incidencia. La mamografía sigue siendo el método estándar para la detección de estos cánceres; sin embargo, existen limitaciones en su efectividad en ciertas circunstancias, especialmente para las mamas densas que han llevado a la investigación y aceptación de otras herramientas diagnósticas como la termografía.

Desde el punto de vista teórico, el uso de la termografía que se caracteriza por ser una técnica no invasiva, sin radiación, de bajo costo y de fácil acceso, se ha venido incrementando dentro de la comunidad científica debido a que permite registrar variaciones térmicas en la superficie de los tejidos, las cuales se asocian con procesos fisiopatológicos como la angiogénesis, la inflamación o el aumento del metabolismo celular, característicos del tejido tumoral (Ng, 2009). En términos prácticos, el reconocimiento de elementos que influyen en la exactitud y beneficio de la termografía pueden potenciar su uso como estrategia complementaria

de tamizaje, especialmente en aquellos casos en los cuales el acceso a mamografías es restringido o en grupos con rasgos anatómicos que disminuyen la efectividad de los procedimientos convencionales. Así mismo, su inclusión puede ayudar a incrementar los índices de detección precoz, influyendo de manera positiva en los pronósticos de las pacientes y disminuyendo los gastos relacionados con terapias en fases avanzadas de la enfermedad, que impacta de forma significativa los programas de salud en los países en el mundo (Coleman et al., 2008).

Desde una perspectiva metodológica, llevar a cabo una revisión de alcance basada en investigaciones recientes (2019-2024), accesibles en bases de datos científicas acreditadas por la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), facilitará la síntesis del saber existente, la detección de vacíos de investigación y la determinación de los elementos clave que determinan la eficacia de la termografía como instrumento de diagnóstico precoz. Esta metodología proporcionará un panorama completo de los progresos, restricciones y visiones respecto al empleo de la termografía en oncología mamaria, brindando datos valiosos tanto para la práctica clínica como para investigaciones futuras en el campo.

En estas circunstancias, la realización de este estudio se basa en su importancia teórica en el progreso del saber, su importancia práctica en la optimización de estrategias de diagnóstico temprano, y su amplitud metodológica en la sistematización crítica de la evidencia existente.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Identificar las variables fisiológicas, técnicas y ambientales que se deben tener en cuenta en el análisis y caracterización de las imágenes termográficas para realizar la detección temprana del CA de mama en mujeres mayores de 35 años.

### **Objetivos Específicos**

Determinar las variables fisiológicas que influyen en la caracterización de imágenes termográficas en la detección temprana del CA de mama, a través de una revisión sistemática de estudios publicados entre 2019 y 2024.

Analizar los factores técnicos y ambientales que inciden en la calidad de los termogramas mamarios, según la literatura científica nacional e internacional.

Evaluar la utilidad de la termografía como herramienta complementaria de tamizaje para CA de mama, identificando su aporte potencial dentro de los protocolos diagnósticos establecidos.

## Planteamiento del Problema

El CA es una enfermedad por la que algunas células del cuerpo se multiplican sin control y se diseminan a otras partes del cuerpo. Dentro de los tipos de cánceres el de mama, en adelante CA, es considerado el más frecuente y la causa más común de muerte de mujeres en el mundo, cómo lo manifiesta la Organización Panamericana de la Salud (2024), en el 2022 se registraron más de 220.000 nuevos casos de CA en América Latina y el Caribe, con casi 60.000 muertes por esta causa.

“En Suramérica en el año 2020 se presentaron 150.288 casos nuevos, destacando a Brasil como el país con mayor proporción de casos reportados (58,9%), seguido por Argentina con un 14,7% y Colombia con un 10,3%, además, esta enfermedad es la primera causa de mortalidad en todo el continente, cobrando la vida de 41.681 personas. (Ministerio de Salud de Colombia, 2023, p. 1).”

En Colombia, hasta el 31 de agosto de 2023 se registraron 107.181 casos prevalentes de cáncer de mama (CA), de los cuales el 91,67 % eran invasivos y el 37,51 % se diagnosticaron en estadio II (Ministerio de Salud y Protección Social, 2023, p. 1). Esta enfermedad representa una creciente carga para la salud pública: en 2020 se reportaron 15.509 nuevos casos y 4.411 muertes, con tasas de incidencia y mortalidad de 48,3 y 13,7 por 100.000 mujeres, respectivamente (Globocan, como se citó en Ministerio de Salud de Colombia, 2021). Para el año 2023, las cifras aumentaron a 17.018 casos nuevos y 4.752 muertes, con tasas estandarizadas de 34 y 10,5 por 100.000 mujeres, y una prevalencia a cinco años estimada en 54.604 mujeres (208,2 por 100.000) (IARC, 2023; Liga Colombiana contra el Cáncer, 2023). Además, el CA de mama es el más frecuente entre los 11 tipos priorizados por el sistema de salud, con una tendencia creciente en el número de casos (Ministerio de Salud y Protección Social, 2023).

Las tasas de supervivencia del CA mamario varían en todo el mundo, desde el 80% o más en América del Norte, Suecia y Japón, pasando por un 60% aproximadamente en los países de ingresos medios, hasta cifras inferiores al 40% en los países de ingresos bajos. Las bajas tasas de supervivencia observadas en los países poco desarrollados pueden explicarse principalmente por la falta de programas de detección precoz, que hace que un alto porcentaje de mujeres acudan al médico con la enfermedad ya muy avanzada, pero también por la falta de servicios adecuados de diagnóstico y tratamiento (Coleman et al., 2008).

Es por esto por lo que la detección temprana de esta patología se ha convertido en uno de los retos más grandes dentro del ámbito médico que persigue alcanzar el control del CA de mama y por ende incrementar la oportunidad en el tratamiento de esta enfermedad en instancias en que el tratamiento puede ser más efectivo para su curación.

Dado lo anterior la presente investigación está orientada a identificar los posibles factores que pueden estar relacionados con la termografía como herramienta para la detección temprana de CA de mama.

### **Pregunta de Investigación**

¿Cuáles son los factores relacionados con la termografía como herramienta complementaria para la detección temprana del CA de mama en mujeres mayores de 35 años, según estudios publicados a nivel nacional e internacional entre 2019 y 2024?

## **Metodología**

### **Tipo de Estudio**

El presente trabajo corresponde a un estudio de tipo descriptivo, desarrollado mediante una revisión de alcance (scoping review), cuyo propósito es mapear el estado del arte sobre un tema específico. Este tipo de revisión no incluye la realización de metaanálisis ni el cálculo de estadísticas inferenciales (Arksey & O'Malley, 2005), sino que permite identificar conceptos clave, fuentes de evidencia y brechas en el conocimiento.

### **Área de Estudio**

Se centra en la evaluación de la termografía como herramienta para la detección temprana del CA de mama.

### **Estrategia de Búsqueda y Criterios de Inclusión**

Esta monografía de revisión de alcance se llevó a cabo teniendo en cuenta los documentos relacionados al tema obtenidos a través del acceso institucional que ofrece la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) a bases de datos científicas reconocidas, la información recolectada fue filtrada de bases de datos como EBSCO, OAIster, DIAL NET, Applied Science & Technology Source, entre otros y se tuvo en cuenta la ficha de análisis para establecer la procedencia de la información.

Los documentos seleccionados deben ser artículos completos con la información requerida a partir de las palabras clave y haber sido publicados entre los años 2019 y 2024; sin embargo, se encontraron textos publicados antes de esa fecha que se tuvieron en cuenta como antecedentes, lo cual permitió la comparación de la información recolectada y el análisis de esta para identificar las variables que se deben tener en cuenta en el proceso de caracterización de las imágenes termográficas para realizar una correcta detección temprana del CA de mama, buscando de esta

manera favorecer el diagnóstico oportuno de dicha patología y su posterior tratamiento.

## **Muestreo Documental**

### ***Fase 1. Planeación***

Se define la pregunta de investigación para realizar una revisión de alcance estructurada, se elabora un instrumento de recolección de datos tipo matriz documental, con el fin de sistematizar la búsqueda, evaluación y análisis de los estudios seleccionados y se presenta una monografía de compilación para el desarrollo de esta investigación.

Este proyecto es presentado ante el comité técnico de proyectos de grado de la universidad para poder iniciar el estudio. Se procederá a la culminación de la recolección y ajustes de la información utilizando los artículos obtenidos a través del acceso institucional que ofrece la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) a bases de datos científicas reconocidas.

### ***Fase 2. Recolección de Datos***

Se realiza un método de búsqueda sistemática del tipo revisión de alcance (scoping review) y el instrumento de recolección fue una matriz de datos documental (Ver anexo 1) que se basó en la metodología PICO mediante la cual se estructura la pregunta de investigación, considerando los siguientes componentes:

P (Población): mujeres mayores de 35 años.

I (Intervención): evaluación mediante termografía infrarroja.

C (Comparador): mamografía u otras herramientas diagnósticas convencionales (cuando aplique o el estudio lo incluya).

O (Resultado): identificación de elementos o variables que inciden en la exactitud o beneficio de la termografía en la identificación precoz del CA de mama.

Se implementó una estrategia de búsqueda sistemática de artículos a través del acceso

institucional que ofrece la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) a bases de datos científicas reconocidas, incluyendo EBSCO, Scopus, PubMed, DOAJ, OAIster y Science Direct. Los términos de búsqueda utilizados incluyeron: *thermography AND breast cancer*, *thermal imaging AND early detection*, *infrared thermography AND breast neoplasms*, entre otros, combinados mediante operadores booleanos. Se realizó una selecta compilación de referencias bibliográficas que permitió establecer con base en la literatura los posibles factores que pueden estar relacionados con la termografía como herramienta para la detección temprana de CA de mama; es importante aclarar que lo que se persigue no es reemplazar la mamografía como método principal de diagnóstico, sino identificar y describir aquellas variables que han sido de gran importancia para la diferenciación de las imágenes termográficas en los estudios realizados previamente, con el fin de que sea más eficaz la utilización de esta técnica como método complementario de diagnóstico y en algún momento se pueda emplear el mismo como procedimiento principal de detección del CA de mama, teniendo en cuenta que, en comparación de los otros empleados, es una técnica no invasiva que permite medir la radiación emitida y determinar la temperatura de un cuerpo apreciándose así anomalías térmicas en los senos que pueden traducirse en un signo de CA de mama (Fernández Cuevas, 2021).

#### Criterios de Inclusión:

Artículos publicados entre los años 2019 y 2024 (ampliación de rango de acuerdo con la búsqueda efectuada).

Estudios completos en español, inglés o portugués.

Estudios que aborden factores fisiológicos, técnicos y/o ambientales relacionados con el uso de la termografía en la detección del CA de mama.

Disponibilidad completa del texto en las bases de datos seleccionadas.

Criterios de Exclusión:

Documentos que no aborden la termografía en contexto mamario.

Publicaciones duplicadas.

Estudios sin acceso a texto completo.

Se evaluó la calidad de los datos, teniendo en cuenta que los artículos presentaran la información referente a: año de publicación, revista publicada, resumen, introducción, metodología, resultados, análisis de resultados y discusión, conclusiones y referencias bibliográficas encontradas referente al tema objeto de estudio.

### ***Fase 3. Resultados***

La información obtenida de los estudios seleccionados (22 en total) se agrupó en una matriz documental como se muestra en el Anexo 1 que incluye autores, base de datos, año de publicación, URL del documento, propósito del estudio, características de la población, método de termografía utilizado, factores evaluados, hallazgos más relevantes y restricciones reportadas.

Luego, se llevó a cabo un estudio temático de contenido, reuniendo los descubrimientos en categorías comunes vinculadas a los elementos que influyen en la descripción de las imágenes termográficas para la identificación precoz del CA de mama, con el propósito de dar respuesta a cada uno de los objetivos planteados.

Para complementar el estudio se implementó un análisis automatizado de bibliografías, utilizando el software Bibliometrix (Aria & Cuccurullo, 2017) y su interfaz gráfica Biblioshiny, implementado en RStudio. Esta herramienta facilitó la importación y manejo de archivos en formato.bib de bases como Scopus y Web of Science, con el objetivo de adquirir indicadores bibliométricos fundamentales como:

Producción de ciencias anuales

Autores con mayor productividad

Coincidencia de palabras fundamentales

Fuentes y naciones más significativas

Redes de cooperación y coautoría

Mapas temáticos y gráficos de tendencia y diagramas de tendencia

Los hallazgos se mostraron mediante gráficos de barras, mapas de calor y grafos de redes, los cuales se crearon de forma automatizada por el software y luego se interpretaron en función de los objetivos de la investigación.

La síntesis de los hallazgos realizada en este estudio es de naturaleza cualitativa y se expuso de forma narrativa, resaltando los elementos más significativos detectados en los estudios, las coincidencias y discrepancias halladas, además de los vacíos identificados en el acervo documental analizado.

### **Consideraciones Éticas**

Principio de autonomía: se cumplió por medio de la autorización del comité técnico de proyectos de investigación de la universidad, para el uso de los recursos electrónicos que se encuentran registrados.

Principio de beneficencia: este estudio tiene un beneficio indirecto puesto que los hallazgos permitirán mejorar el conocimiento sobre los factores que pueden estar relacionados con la termografía como herramienta para la detección temprana de CA de mama.

Principio de no maleficencia: la información que se registró fue producto de estudios de terceros, los datos analizados generados de la búsqueda fueron referenciados.

Confidencialidad: la investigación, contó con bases éticas de la Resolución 08430 de 1993, lo que la clasificó como investigación de bajo riesgo, porque no se tiene ningún tipo de población ni muestra a impactar; la información se recopiló a partir de fuentes de información registradas.

## Marco Conceptual Teórico

Según el Ministerio de Salud el CA de mama es la proliferación anormal y desordenada de células mamarias malignas que conduce al crecimiento descontrolado de un tumor dentro de la mama, el cual tiene la capacidad de invadir a otros órganos, este es el más frecuente en las mujeres tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo y es considerado la primera causa de enfermedad y muerte por CA entre las mujeres colombianas (Ministerio de Salud y Protección Social, 2023); no obstante, existen estrategias de prevención, dichas medidas no pueden eliminar la mayoría de los casos de CA de mama que se dan en los países de ingresos bajos y medios, donde el diagnóstico se realiza en fases muy avanzadas (Organización Panamericana de la Salud [OPS] y Organización Mundial de la Salud [OMS], 2022). Así pues, la detección precoz con vistas a mejorar el pronóstico y la supervivencia de esos casos sigue siendo la piedra angular del control del CA de mama.

Las pruebas médicas de detección temprana tienen el propósito de encontrar una enfermedad en las personas que aún no presentan síntomas, en el caso del CA de mama las pruebas más utilizadas son el autoexamen de los senos, examen clínico de mama y la mamografía, la primera es una prueba de tamización que no disminuye la mortalidad en CA de mama pero es muy importante ya que, es la forma como las mujeres conocen sus mamas y ante cualquier anormalidad que sea detectada, de manera inmediata se consulta al servicio médico, el segundo se debe realizar una vez al año como parte del examen clínico general a toda mujer asintomática o sintomática mayor de 40 años y a toda paciente que consulte por síntomas mamarios sin importar la edad, este tiene una sensibilidad de 54% y una especificidad de 94% y por último la mamografía la cual es una radiografía de las glándulas mamarias en la que se toman distintas proyecciones; las más comunes son cráneo-caudal y oblicua, esta está indicada

cuando se presentan masas palpables en pacientes mayor de 35 años, nodularidad asimétrica palpable en paciente mayor de 35 años, telorrea espontánea, persistente y reproducible en paciente mayor de 35 años y cambios cutáneos sospechosos de malignidad en paciente mayor de 35 años (Instituto Nacional de Cancerología, 2015).

En los últimos años se ha venido explorando la posibilidad de emplear la termografía infrarroja cómo herramienta para el diagnóstico temprano del CA de mama, teniendo en cuenta que “...el incremento mundial de casos de CA de mama hace cada vez más necesaria la utilización de intervenciones innovadoras” (Hand et al., 2021).

La termografía es la técnica más eficiente para el estudio de la distribución de temperatura en la piel, proporciona información sobre el funcionamiento normal o anormal del sistema nervioso sensorial y simpático, disfunción vascular, trauma miofascial y procesos inflamatorios locales, en las imágenes térmicas, cambios sutiles en la temperatura superficial de la mama se pueden detectar y pueden indicar padecimientos y anomalías de estas, se dice que la temperatura de la piel que recubre una malignidad es mayor que la registrada en la piel del tejido de mama normal, probablemente debido a un aumento en el flujo sanguíneo, incremento de la actividad metabólica y angiogénesis alrededor del sitio de la lesión (Guerrero-Robles et al., 2015). A la fecha se han realizado múltiples estudios sobre la eficacia de emplear este tipo de imágenes para la detección temprana del CA de mama, pero no se conoce de la existencia de unos parámetros o características estandarizadas para realizar una correcta la interpretación de las imágenes termográficas, según lo manifiesta Moskowitz et al. (2015, como se citó en Guerrero-Robles et al., 2015), el empleo de la termografía como herramienta de diagnóstico del CA de mama se ha propuesto desde hace aproximadamente cuatro décadas sin que hasta el momento su utilidad haya sido validada por lo cual no puede ser utilizada como herramienta

única de diagnóstico, pero si se cuenta con investigaciones que soportan la utilidad de la termografía como técnica auxiliar cuando se usa con otros métodos.

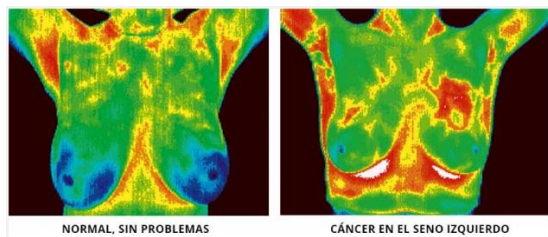
Existen variables como el ciclo menstrual, la edad y el Índice de Masa Corporal (IMC) que pueden modificar la temperatura tisular absoluta en la superficie de la mama, por lo tanto, es de gran importancia realizar un análisis de la información plasmada en los estudios realizados previamente que permita generar estrategias orientadas a minimizar el efecto de tales factores en la discriminación de CA de mama a través de la termografía.

A pesar de que la termografía existe desde la década de los 80, es poco utilizada en la detección de CA. No obstante, el desarrollo tecnológico y los avances en las cámaras termográficas han resultado en mejores imágenes y, en consecuencia, en diagnósticos más acertados (Muñoz, 2016).

En Colombia, para el año 2010, el médico cirujano Andrés Lucena innovó con el uso de la termografía como herramienta de alerta temprana para el CA de mama; Lucena afirmó que, cualquier cambio metabólico que se produzca en el cuerpo se ve reflejado en un aumento de la temperatura y antes de que aparezca una masa se forman nuevos vasos sanguíneos que también generan calor. “Así que la termografía nos permite ver cualquier anomalía en los senos que alerte sobre la posible aparición de CA de mama” (El Espectador, 2010).

## Figura 2

*Termografía Mamaria Para Detección Temprana de Marcadores de Cáncer de Mama*



*Fuente:* ThermaVUE, 2023.

## **Marco Legal**

Este análisis se sitúa dentro de las normativas legales y éticas vigentes en Colombia para la investigación en el campo de la salud. Específicamente, se alinea con los principios de la Ley 100 de 1993, que define el marco general del Sistema de Seguridad Social en Salud, y con las exigencias de la Resolución 8430 de 1993, que establece las reglas para la investigación en el ámbito de la salud. De igual manera, la revisión sistemática efectuada cumple con los estándares de la Resolución 310 de 2019 y de la Guía para la Elaboración de Revisiones Sistemáticas del Instituto Nacional de Salud (INS), asegurando la calidad y la validez de los datos científicos empleados.

Ley 100 de 1993 (Ley de Seguridad Social en Salud): tiene como propósito establecer los principios fundamentales y la estructura del Sistema General de Seguridad Social en Salud (SGSSS) en Colombia, define el marco general dentro del cual se deben desarrollar todas las actividades relacionadas con la salud, incluyendo la investigación y la aplicación de tecnologías como la termografía en la detección del CA de mama y asegura que cualquier intervención o estudio en salud se realice bajo los principios de universalidad, solidaridad, eficiencia y calidad.

Resolución 8430 de 1993 (Normas para la Investigación en Salud): tiene como objetivo definir las exigencias éticas y metodológicas para la investigación sanitaria en Colombia, además garantiza que el estudio se lleve a cabo protegiendo los derechos de los involucrados, reduciendo los riesgos y adquiriendo el consentimiento informado.

Resolución 310 de 2019 (Normas para Revisiones Sistemáticas y Metaanálisis): tiene como objetivo establecer los estándares y criterios para llevar a cabo revisiones sistemáticas metaanálisis en el campo de la salud, ofrece una orientación para garantizar la calidad y la validez de las revisiones sistemáticas empleadas como fundamento para la investigación y

sostiene que la revisión sistemática de termografía debe acatar las directrices de esta resolución para ser reconocida como válida y fiable.

Guía para la Elaboración de Revisiones Sistemáticas (Instituto Nacional de Salud - INS) tiene como objetivo proporcionar una orientación acerca de cómo llevar a cabo revisiones sistemáticas, desde el planteamiento de la pregunta de investigación hasta la elaboración de la evidencia, es una adición a la Resolución 310 de 2019, ofreciendo una guía práctica para realizar revisiones sistemáticas de excelente calidad y simplifica la ejecución de un examen sistemático riguroso y transparente sobre la termografía, garantizando que se adopten las mejores prácticas metodológicas.

## Resultados

### Análisis de la Literatura

La detección temprana del CA de mama es fundamental para mejorar el pronóstico y la tasa de supervivencia en mujeres a nivel mundial. En este contexto, la termografía mamaria resulta ser un método de diagnóstico no invasivo que posibilita documentar patrones de temperatura en la superficie del pecho, los cuales pueden mostrar cambios fisiológicos vinculados a procesos de CA. Mediante la revisión sistemática efectuada de 22 trabajos y tesis entre 2013 y 2024, se reconocieron varias variables fisiológicas que tienen un impacto considerable en la adecuada caracterización e interpretación de las imágenes termográficas. Estas variables son esenciales para entender el comportamiento del calor en el pecho y su vínculo con la identificación precoz del CA.

En relación con el primer objetivo específico formulado, los hallazgos de esta investigación indican que diversos factores fisiológicos como la edad, el índice de masa corporal (IMC) y el ciclo menstrual, pueden influir en la temperatura tisular y, por ende, en la interpretación de las imágenes termográficas; por lo cual, se realizó la síntesis de los hallazgos de los 22 estudios mencionados en la matriz de datos documental (ver anexo 1), encontrándose que existen evidencias que subrayan la influencia de estas variables en la caracterización termográfica:

Uno de estos factores es la temperatura de la piel. Diversas investigaciones (Londoño et al., 2023; Guerrero-Robles et al., 2015) demuestran que un aumento puntual de la temperatura en la superficie mamaria, que supere los 1°C en relación con las áreas adyacentes, puede señalar cambios patológicos. Este fenómeno se relaciona con el incremento del metabolismo celular en tejidos malignos, lo que produce una mayor liberación de calor.

A lo que añaden Zuluaga-Gómez et al. (2019), que las temperaturas máximas son uno de los indicadores clave empleados para distinguir entre tejido sano y tejido enfermo. Otro de los elementos encontrados es la asimetría térmica, puesto que se observó que la comparación entre ambas mamas es esencial. Gretis et al. (2023) reportan que la presencia de asimetría térmica significativa puede ser un indicador temprano de patología. Pérez et al. (2014) también enfatizan el análisis de diferencias térmicas bilaterales como criterio fundamental para la detección de anomalías.

En lo que respecta a la angiogénesis y la vascularización, tanto Mashekova et al. (2021) como González-Hernández et al. (2019), descubrieron que la creación de nuevos vasos sanguíneos en el tejido maligno (angiogénesis) aumenta el flujo sanguíneo local, incrementando así la temperatura superficial. Este fenómeno fisiológico se puede identificar a través de la termografía, especialmente en fases iniciales del desarrollo de tumores.

También se observa un aumento en el metabolismo celular entre los factores fisiológicos identificados; varios autores, como Mambou et al. (2018) y Borchardt et al. (2013), indican que las células malignas exhiben una actividad metabólica superior a la de las células normales, provocando un aumento en la temperatura local. La termografía permite evidenciar estos cambios antes de que se produzcan alteraciones morfológicas visibles en mamografías convencionales.

Por otro lado, el tamaño y profundidad del tumor fue referido por Alves de Queiroz Júnior y Fernandes de Lima (2021), quienes demostraron mediante simulaciones numéricas que la capacidad de detección térmica depende tanto del tamaño como de la profundidad del tumor: los tumores más pequeños y superficiales producen cambios de temperatura más detectables que los tumores profundos.

Otro elemento para considerar es la densidad mamaria; Mashekova et al. (2021) enfatizan que la elevada densidad del tejido mamario puede influir en el patrón térmico observado, complicando la identificación de irregularidades térmicas sutiles. La densidad es un factor fisiológico significativo que también influye en la sensibilidad de la mamografía, lo que la hace aún más crítica en la termografía.

La inflamación y condiciones benignas fue mencionada por estudios como el de Bastida et al. (2017), quienes advierten que procesos inflamatorios benignos también pueden producir elevaciones térmicas locales, lo cual puede generar falsos positivos si no se interpretan adecuadamente en el contexto clínico del paciente.

Las alteraciones hormonales y fisiológicas se evidencian en los resultados de las investigaciones realizadas por Pérez et al. (2014) y Rivera Pérez (2020). Estos indican que elementos como el ciclo menstrual, la gestación, la lactancia, el índice de masa corporal (IMC) y la edad generan cambios en la distribución térmica de las mamas. Es necesario supervisar estos elementos para prevenir equivocaciones en la interpretación de los termogramas.

Otros elementos técnicos que influyen en la documentación de variables fisiológicas y que se hallaron en los artículos estudiados:

Condiciones ambientales: es imprescindible mantener la estabilidad de la temperatura y la humedad en la sala para prevenir fluctuaciones térmicas no fisiológicas (Orozco et al., 2014).

Posición de la paciente: se ha demostrado que la posición prona mejora la sensibilidad térmica y la visualización de diferencias térmicas.

Normalización de la matriz térmica: según el estudio de normalización de matrices térmicas, este proceso mejora en un 16% la precisión de los sistemas automáticos de clasificación, lo que confirma la importancia de ajustar las mediciones térmicas a una escala

común.

Se concluye entonces que la correcta caracterización de imágenes termográficas para la identificación precoz del CA de mama se basa en diversas variables fisiológicas, entre las que sobresalen la temperatura superficial, la asimetría térmica, el incremento de la vascularización, el metabolismo celular, la profundidad del tumor y las condiciones hormonales. Es esencial identificar y gestionar estos elementos para incrementar la sensibilidad y especificidad del diagnóstico basado en termografía, mejorando de esta manera su utilidad como instrumento adicional a los métodos de detección tradicionales.

No obstante, es crucial subrayar que la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA, 2023) señala que la termografía no debe emplearse como un reemplazo de la mamografía, sino como un añadido para potenciar la detección precoz del CA de seno. No obstante, se admite que los progresos en el procesamiento de imágenes y la implementación de algoritmos de inteligencia artificial pueden aportar de manera significativa a la exactitud en los diagnósticos y a la disminución de la subjetividad en la interpretación de los resultados.

En relación con el análisis de los factores técnicos y ambientales que inciden en la calidad de los termogramas mamarios, que se tiene como segundo objetivo específico, según la literatura científica nacional e internacional, fue posible determinar que, si no son controlados adecuadamente, pueden afectar de manera significativa la interpretación clínica. A partir del análisis de los 22 documentos incluidos en la matriz documental, se identificaron las principales condiciones que deben regularse para garantizar una captura de imágenes térmicas precisa, fiable y reproducible en el contexto del tamizaje y diagnóstico temprano del CA de mama. Para efecto de facilitar el análisis, se dividen en factores técnicos y factores ambientales. A continuación, se

describen los hallazgos de cada uno de ellos.

Entre los factores técnicos que inciden en la calidad de los termogramas se encontró que uno de los más relevantes corresponde a las características de la cámara térmica utilizada. Según Zuluaga-Gómez et al. (2019), se recomienda la sensibilidad térmica mínima para este tipo de investigaciones de 100 mK a una temperatura de 30°C, lo que asegura la identificación de variaciones mínimas en el patrón térmico superficial. Además, se recomienda que las cámaras posean una resolución espacial apropiada, idealmente mayor a 120x120 puntos, para registrar con exactitud las fluctuaciones térmicas en la zona de Maroma. A esto se añade la relevancia de la lente empleada; González-Hernández et al. (2019) aconsejan utilizar lentes de germanio o zafiro, dado que estos materiales exhiben una transmisión elevada en el espectro infrarrojo y disminuyen las distorsiones ópticas.

Respecto al protocolo de captura de imágenes, las investigaciones analizadas concuerdan en la importancia de normalizar procedimientos que faciliten la reducción de la variabilidad térmica externa. Londoño et al. (2023) y Ribeiro et al. (2023) proponen que las pacientes deben mantenerse en reposo, en un entorno controlado, por un lapso de 10 a 15 minutos antes de la toma de fotografías. El objetivo de este proceso de aclimatación es regular la temperatura corporal y prevenir alteraciones provocadas por modificaciones recientes en el metabolismo. Igualmente, es crucial que las pacientes no utilicen cremas, desodorantes o lociones corporales previo al examen, tal como lo proponen Orozco et al. (2014) y Londoño et al. (2023), puesto que estos productos tienen la capacidad de modificar la distribución de la temperatura en la superficie. Además, acciones como la actividad física intensa, la ingesta de alcohol, café o tabaco deben ser limitadas al menos cuatro horas antes de la prueba (Zuluaga-Gómez et al., 2019).

La posición del paciente durante la toma de las imágenes también representa un elemento

técnico significativo. Ribeiro et al. (2023) indican que la posición prona es la más apropiada para prevenir la superposición de tejidos y promover una exposición uniforme de ambas mamas, lo cual optimiza la comparación bilateral de los patrones de calor. Además, se aconseja llevar a cabo fotografías desde distintos ángulos (frontal, lateral y oblicuo) para conseguir un análisis más integral (Orozco et al., 2014). En relación con la separación entre la cámara y el paciente, se determina que debe ser de cerca de un metro, conforme a los protocolos propuestos por Rodríguez et al. (2014) y Ribeiro et al. (2023), con el fin de prevenir fallos en la orientación o la alteración de la imagen.

Dentro de los elementos ambientales, se determinó que las condiciones ambientales de la sala en la que se lleva a cabo el análisis termográfico son de particular relevancia para la captura de imágenes de alta calidad. La temperatura ambiental debe permanecer estable en un intervalo de 18°C a 25°C, siendo más adecuado un rango más íntimo entre 20°C y 22°C, según sugieren Londoño et al. (2023) y Zuluaga-Gómez et al. (2019). Asimismo, se debe ubicar la humedad relativa entre el 40% y el 70%. A pesar de que ciertos autores, como Atmaca y Yigit (citado por Londoño et al., 2023), señalan que la humedad tiene un impacto reducido si se mantiene dentro de un rango agradable, otras investigaciones insisten en su regulación para garantizar condiciones adecuadas y reproducibles.

Respecto a la infraestructura, es importante suprimir fuentes de calor o frío que puedan interferir con la medición. Orozco et al. (2014) aconsejan evitar la cercanía de ventanas, sistemas de calefacción o ventiladores, y emplear paredes y fondos que no reflejen para evitar el cambio en las mediciones de calor. Además, la habitación debe tener piso pavimentado y materiales con estabilidad térmica que reduzcan los reflejos de calor. Además, es crucial regular la existencia de aparatos electrónicos en funcionamiento, dado que estos pueden incrementar la temperatura del

entorno de forma inesperada (Londoño et al., 2023).

Otro factor fundamental que se evidenció en el análisis es la estabilidad térmica del ambiente durante todo el proceso de la termografía. De acuerdo con Borchardt et al. (2013), es necesario que el paciente y el operador se mantengan en la sala por un periodo adecuado antes del examen para facilitar la aclimatación mutua, garantizando que los gradientes de temperatura sean característicos de la fisiología del paciente y no del entorno. Además, se aconseja que el sistema de climatización esté regulado para conservar la temperatura estable sin variaciones notables a pesar del número de individuos presentes (Londoño et al., 2023).

En algunos protocolos de termografía dinámica, se utiliza un estrés térmico controlado mediante enfriamiento, como la inmersión de las manos en agua fría para observar la respuesta de recuperación térmica. Sin embargo, González-Hernández et al. (2019) advierten que este tipo de estímulo debe ser homogéneo y cuidadosamente controlado, ya que de lo contrario puede generar artefactos o falsos positivos en la interpretación del termograma.

Se puede deducir entonces que la calidad diagnóstica de los termogramas mamarios está íntimamente vinculada con la observancia rigurosa de las condiciones técnicas y ambientales que deben respetarse durante el procedimiento. Entre estas se incluyen factores como la sensibilidad y resolución de la cámara, los protocolos de preparación del paciente, la regulación de la temperatura y humedad en el salón, y la supresión de fuentes de calor externas. Estos son cruciales para reducir los errores de medición. La bibliografía científica examinada demuestra que la ausencia de regulación de estos factores pone en riesgo grave la sensibilidad y especificidad de la termografía como instrumento de tamizaje, lo que resalta la importancia de protocolos estrictos y normalizados en su uso clínico.

Para el tercer objetivo que establece la valoración de la utilidad de la termografía como

herramienta adicional de detección para CA de mama, reconociendo su posible contribución dentro de los protocolos de diagnóstico establecidos, se demostró que la búsqueda de tácticas que promuevan la detección precoz del CA de mama ha impulsado la exploración de diferentes tipos de imagen más allá de la mamografía tradicional. Dentro de estas opciones, la termografía infrarroja ha despertado el interés de la comunidad científica debido a su naturaleza no invasiva, su falta de radiación y su habilidad para identificar cambios fisiológicos previos a las modificaciones morfológicas que otros procedimientos pueden mostrar.

A partir de la revisión sistemática de los documentos analizados, se evalúa el papel de la termografía como herramienta complementaria de tamizaje, sus ventajas, limitaciones y su posible integración dentro de los protocolos de diagnóstico actuales.

Respecto a la eficacia de la termografía en la detección de CA de mama, existen pruebas ampliamente reconocidas por su habilidad para identificar cambios térmicos superficiales vinculados con procesos de CA en desarrollo. Como indican González-Hernández et al. (2019), el mayor beneficio de la termografía reside en su habilidad para documentar incrementos de temperatura causados por el metabolismo acelerado y la angiogénesis local propia de los tumores malignos, incluso antes de que las masas sean identificables de manera anatómica. Este enfoque fisiológico la convierte en una técnica de gran valor como primer indicador de anormalidad.

Así mismo, varios estudios coinciden en que la termografía presenta un perfil de seguridad superior en comparación con la mamografía, ya que no expone a las pacientes a radiación ionizante ni a compresión mamaria dolorosa. Londoño et al. (2023) y Pérez et al. (2014) resaltan que este elemento es particularmente importante en programas de tamizaje orientados a mujeres jóvenes, gestantes o lactantes, grupos para los que la utilización de mamografía tradicional podría ser menos recomendable.

Respecto a su eficacia, la información proporcionada por Mashekova et al. (2021) señala que la termografía puede lograr sensibilidades del 81,6% en la identificación de CA de mama, un número que se asemeja al logrado por la mamografía en ciertos casos. No obstante, se ha destacado una especificidad inferior en comparación con los métodos convencionales (57,8% en comparación con el 73,3% de la mamografía), lo que podría provocar un incremento en la cantidad de falsos positivos si se emplea como único instrumento de tamizaje.

En este contexto, la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA) ha dictado que la termografía debe ser vista como un recurso adicional y no reemplazante de la mamografía (FDA, 2023). Por lo tanto, el rol de la termografía se centra en fortalecer los protocolos de diagnóstico, ofreciendo una primera alerta fisiológica que justifique la ejecución de exámenes anatómicos más detallados en caso de cambios térmicos inusuales.

Respecto a las posibles contribuciones en los protocolos de diagnóstico, varios escritores (Mambou et al., 2018; Borchardt et al., 2013; Zuluaga-Gómez et al., 2019) proponen que la termografía puede tener un papel fundamental en las etapas iniciales del tamizaje, especialmente en programas de detección masiva. Su coste operativo reducido y su sencillez de aplicación posibilitan la cobertura de grandes poblaciones en un periodo de tiempo.

A lo que se añade lo mencionado por Abdel-Nasser et al. (2019) y Gretis et al. (2019), quienes argumentan que la inclusión de algoritmos de inteligencia artificial en el análisis automatizado de termogramas mejora notablemente la exactitud en el diagnóstico, al reducir la dependencia de la interpretación personal de los operadores. Estas innovaciones, que comprenden clasificadores basados en redes neuronales, SVM y aprendizaje profundo, facilitan la identificación de patrones de temperatura anómalos con tasas de precisión que superan el 90%, tal como se demostró en investigaciones recientes de clasificación automática.

Otra contribución significativa es la habilidad de la termografía para identificar cambios en tejidos densos de la mama, situación que restringe la sensibilidad de la mamografía tradicional. Pérez et al. (2014) y Rivera (2020) señalan que las mujeres con alta densidad mamaria, especialmente las menores de 50 años podrían aprovechar la termografía como recurso adicional para una identificación más precoz y efectiva.

La eficacia de la termografía también se manifiesta en su uso en el seguimiento de lesiones de alto riesgo o sospechosas, posibilitando un monitoreo no invasivo a largo plazo sin la necesidad de realizar procedimientos irradiantes, tal como aconsejan Bastida et al. (2017) y Orozco et al. (2014).

Además, se destacaron aspectos relacionados con las restricciones y consideraciones para su incorporación, dado que, pese a los beneficios mencionados, la literatura analizada también resalta algunas limitaciones que deben tenerse en cuenta al incorporar la termografía en los protocolos de diagnóstico. Dentro de las más destacadas se incluyen su susceptibilidad a factores externos (como la temperatura ambiente, la humedad, la preparación del paciente) y la exigencia de protocolos normalizados de captura y análisis para disminuir la variabilidad entre observadores externos e internos (Rodríguez et al., 2014; Zuluaga-Gómez et al., 2019).

De igual manera, González-Hernández et al. (2019) y la FDA (2023) advierten que la evidencia científica disponible hasta ahora no respalda su uso como método independiente para la toma de decisiones clínicas definitivas, razón por la cual debe ser utilizada en conjunto con la mamografía, ultrasonido o resonancia magnética, según el contexto clínico del paciente.

Por lo tanto, se puede afirmar que la termografía mamaria ha surgido como un recurso adicional de importancia científica dentro de los protocolos de detección y diagnóstico del CA de mama, debido a su enfoque fisiológico, su seguridad, su facilidad de acceso y su capacidad para

integrarse con técnicas de IA. Su uso puede mejorar la identificación precoz en grupos de riesgo, incrementar la eficacia de los programas de tamizaje y robustecer la supervisión de lesiones sospechosas, siempre que se emplee de forma normalizada y en colaboración con otros procedimientos de imagen anatómica. La investigación respalda su inclusión en protocolos de atención estructurados, identificando tanto sus puntos fuertes como sus restricciones presentes.

### **Tabla 1**

#### *Artículos Incluidos Según Variables Fisiológicas Relacionadas con la Termografía*

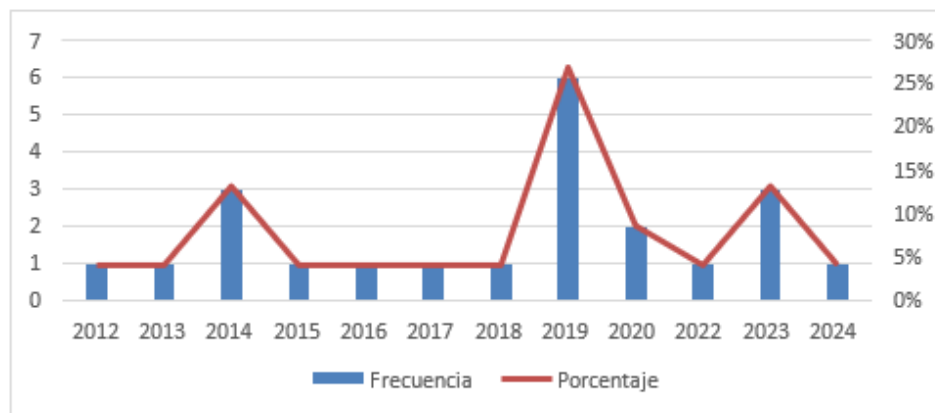
Tipo de variable fisiológica	Número de estudios	Países reportantes	Recomendaciones técnicas o consideraciones clave
Edad y estado hormonal	6	Colombia, México, Brasil, EE. UU.	La edad, ciclo menstrual y menopausia influyen en la vascularización y temperatura
<b>Índice de masa corporal (IMC)</b>	5	Colombia, Brasil, Irán	El IMC afecta la distribución térmica; la obesidad puede alterar la precisión diagnóstica
<b>Actividad metabólica y vascularización</b>	4	China, EE. UU., México	El aumento del metabolismo en tejido tumoral eleva la temperatura superficial

*Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de estudios científicos incluidos en la matriz documental.*

### **Análisis Bibliométrico**

En este análisis se expone un conjunto de estudios bibliométricos efectuados en una serie de 22 publicaciones científicas vinculadas al empleo de la termografía como instrumento diagnóstico adicional para la identificación precoz del cáncer de mama. Los hallazgos presentados aquí cumplen con la propuesta de incrementar la calidad metodológica de la revisión mediante visualizaciones gráficas producto de un procesamiento automatizado.

### ***Producción Literaria***

**Figura 3***Producción Anual de Artículos*

*Fuente:* Elaboración propia.

Producción estable, aunque reducida (2012–2018): en este periodo, se nota una producción estable de únicamente 1 artículo al año, lo que equivale a menos del 5% anual del total. Esto señala un interés todavía joven u ocasional en el asunto de la termografía infrarroja en el cáncer de mama. Aumento considerable en 2019: este año marca un hito con la publicación de 6 artículos, que constituyen casi el 30% del total.

Este incremento podría estar vinculado a: el aumento del interés en tecnologías de diagnóstico no invasivas, la evolución de recursos de inteligencia artificial en el campo de la termografía, mayor exposición del asunto en congresos o redes de ciencia.

Descenso gradual y nuevo resurgimiento en 2023: después del pico, se observa una disminución en 2020 y 2022 (2 y 1 artículos respectivamente), aunque con un leve reavivamiento en 2023 (3 artículos), lo que sugiere una potencial recuperación o estabilización del interés académico.

Proyección y seguimiento temático: la existencia de publicaciones en 2023 y 2024 señala que el asunto continúa siendo relevante y podría seguir siendo relevante en los años venideros,



aplicación, prototipo, compresión, temperatura.

Esto indica un retorno a la importancia de los métodos computacionales, de IA y procesamiento de imágenes térmicas en línea con los avances tecnológicos para el diagnóstico no invasivo.

Expresiones contextuales y clínicas: diagnóstico, tumores, benignos, malignos, edad, mama, decisiones, cribado, posición.

Estos términos son la evidencia de que hay estudios que tratan las características clínicas, tales como: tipo de tumor, edad del paciente, condiciones de cribado y aplicación del examen.

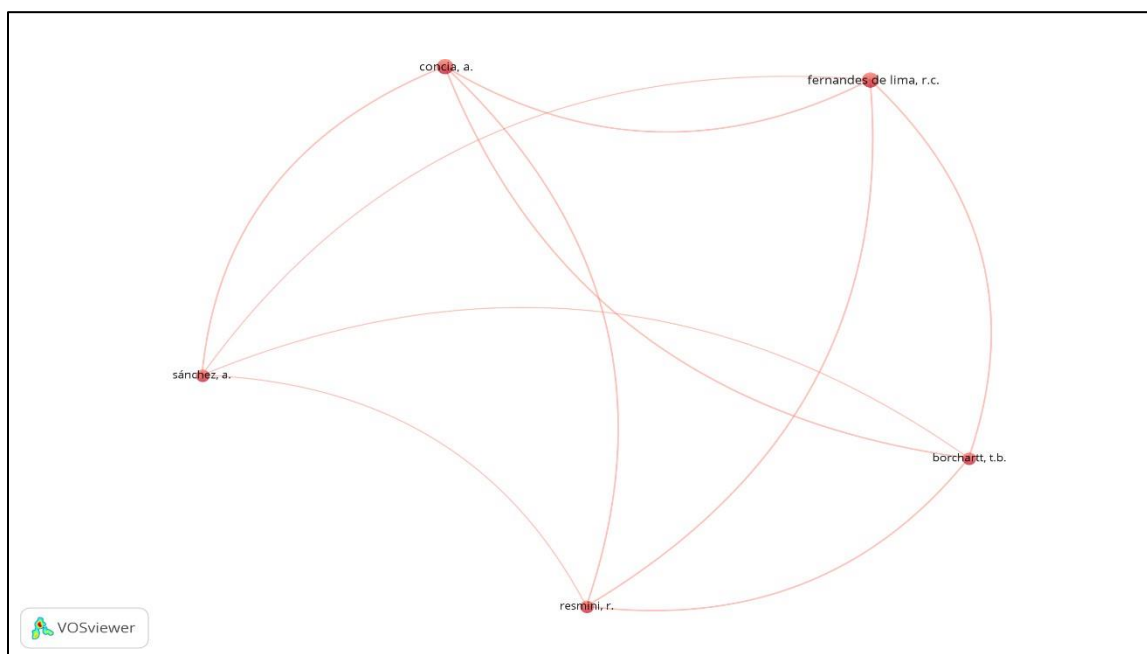
Otras palabras menos frecuentes, pero igualmente importantes: posibilidad, creativo, cuestionario, introductorio, rico, retorno, sentido, estas trazan actitudes exploratorias, visiones y detalles sobre métodos de investigación específicos. Algunas publicaciones discuten el contexto de uso, el diseño del estudio piloto y la aceptación del método como herramienta complementaria.

Interpretación integradora: esta nube de palabras muestra la coherencia temática de la revisión: una línea de investigación basada en la viabilidad diagnóstica de la termografía, tecnología de medios (BO o VR) y técnicas de IA e imágenes computacionales, que está directamente relacionada con los objetivos del estudio y con las variables fisiológicas, técnicas y clínicas que han sido examinadas en los capítulos anteriores.

### ***Red de Coautoría***

## Figura 5

### *Red de Coautoría*



*Fuente:* Los autores a partir de VOSviewer.

La representación presentada en la visualización de la figura es producto de un análisis de coautoría realizado con VOSviewer, implementado sobre 22 registros extraídos y conformados a partir de una biblioteca de Zotero. Esta representación permite observar las relaciones de colaboración entre autores que escribieron artículos sobre la aplicación de la imagen térmica infrarroja en la detección temprana del cáncer de mama.

El mapa tiene un nodo para cada autor, con líneas que indican que existen vínculos de coautoría. Uno de ellos es el nodo Concia, A., que también es central en la red y tiene vínculos con Fernandes de Lima, R.C., Borchardt, T.B., Resmini, R., y Sánchez, A., entre otros. Esta centralidad puede indicar que Concia no solo participa en muchas investigaciones, sino que también está promoviendo conexiones entre distintos grupos o entidades.

Otro aspecto destacado es la creación de subgrupos o clústeres colaborativos, lo cual

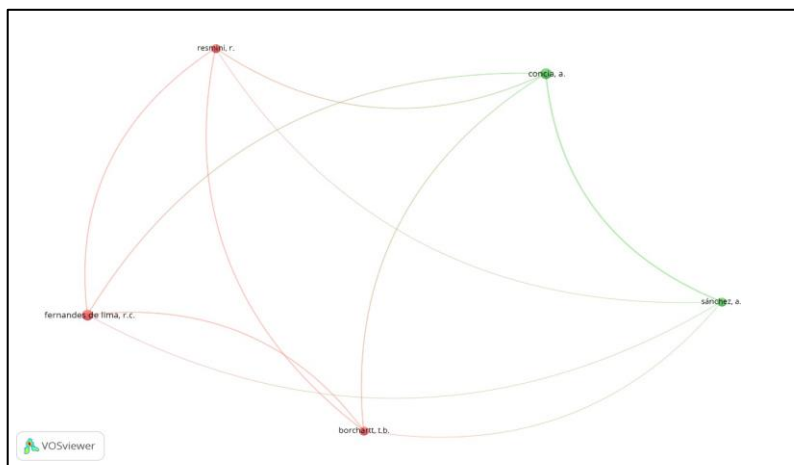
puede indicar líneas de investigación o afinidades temáticas, por ejemplo: desarrollo de algoritmos de clasificación térmica; análisis de variables fisiológicas en imágenes médicas; y diagnóstico asistido basado en inteligencia artificial.

La conexión interinstitucional e internacional revela que la termografía aplicada a la oncología mamaria se está construyendo de manera cooperativa e interdisciplinaria, donde ingenieros, médicos y científicos de datos se conectan para generar conocimiento innovador.

Este tipo de análisis no solo ayuda a representar la estructura de conocimiento en el campo de investigación, sino que también puede utilizarse para reconocer autores clave, clústeres de influencia científica o referencias potenciales y asociados para futuras colaboraciones o investigaciones.

### Figura 6

#### *Fraccionamiento de Participación (Fractional Counting)*



*Fuente:* Los autores a partir de VOSviewer.

El diagrama muestra la red de coautoría obtenida bajo la estrategia de conteo fraccionado, en la cual la contribución se cuenta de manera fraccionada dependiendo de la cantidad de coautores de una publicación. Comparado con el conteo total, el método propuesto no sobreestima la relación cooperativa entre autores de artículos escritos por múltiples personas,

brindando así una descripción justa de la cantidad ponderada del autor en la cooperación científica.

Dos clústeres son fácilmente distinguibles en este gráfico según los colores. El primero, basado en el rojo, reúne a autores como Fernández de Lima, R.C., Borchardt, T.B., Resmini, R., y Sánchez, A., con una intensa colaboración en investigaciones relacionadas con la termografía y el análisis térmico de mamas desde hace muchos años. El segundo clúster, en verde, está formado por el proyecto Concia, A., BLE, un lazo puente con los dos clústeres anteriores cuya posición de enlace solidifica la centralidad de este autor en la red temática.

Un resultado útil de este tipo de análisis es identificar a los investigadores líderes que son líderes en producción científica medida real, independientemente del mero número de publicaciones que hayan escrito. Concia es un caso interesante donde no solo lleva a cabo el menor número de conexiones, sino que también tiene un rol transversal en varias colaboraciones, lo cual puede considerarse indicativo de influencia y disciplina integradora.

## Figura 7

### *Análisis Dinámico de la Coautoría*



*Fuente: Los autores a partir de VOSviewer.*

### ***Aspectos Temporales de la Producción***

La banda verde contiene a los autores durante la mayor parte de este periodo, indicando que el número de estudios sobre termografía mamaria no ha cambiado significativamente entre 2016 y 2021. Algunos nodos amarillos, por ejemplo, Ahmed, K.S. y Sherif, Ribeiro Ortiz, A., y Londoño Orozco, M., representan una tendencia prematura o reciente (2022–2024).

### ***Autores Clave por época***

Resmini, R., Borchardt, T.B., y Concia, A. están en azul, lo que significa que pertenecen a los pioneros en el tema. Los investigadores amarillos podrían ser voces nuevas trazando líneas de renovación, posiblemente en torno a inteligencia artificial, aprendizaje profundo o enfoques integradores.

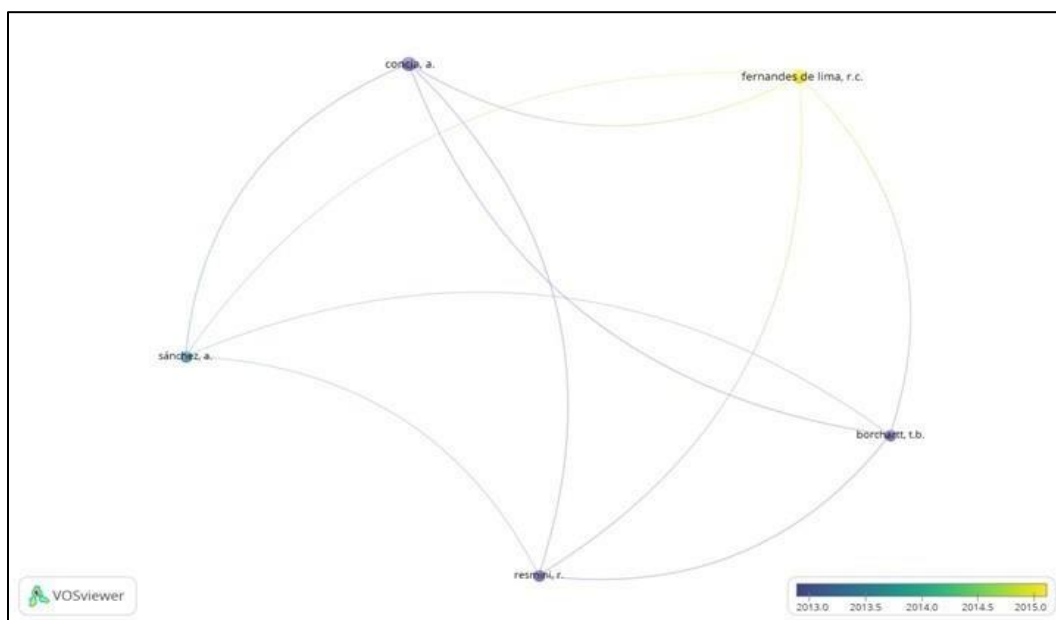
### ***Ausencia de redes para la colaboración***

La discrepancia implica que hay muchos esfuerzos individuales o de pequeños equipos. Esto también podría denotar una oportunidad para mejorar la colaboración de ciencias para informar mejor las estrategias más fuertes que serán novedosas y globalizadas.

El análisis dinámico de la coautoría (Figura 7) muestra una productividad científica variada, aunque anómica. Autores como Resmini y Concia representan, por un lado, los primeros intentos de realizar investigación con enfoques clínicos en función de la termografía mamaria (2014–2016) y, por otro lado, nombres nuevos en años recientes (2022–2024) como Londoño Orozco o Ribeiro Ortiz, indicando un posible resurgimiento del tema en el contexto de avances tecnológicos. No obstante, la baja densidad de vínculos entre nodos refleja una falta de cooperación científica internacional o interinstitucional, lo cual podría ser potencialmente una oportunidad para mejorar las redes de conocimiento en el área.

## Figura 8

### *Mapa por Periodos de la Coautoría*



*Fuente: Los autores a partir de VOSviewer.*

La visualización temporal de la red de coautoría exhibe un primer núcleo de investigadores como Borchardt, T.B. y Resmini, R., cuyas primeras publicaciones (2013–2014) sentaron las bases metodológicas en el uso de la termografía infrarroja en el seno.

Luego, con la adición de nuevos autores como Fernández de Lima, R.C., apareció un movimiento de nuevos autores y, desde mediados de la década de 2010, se ha movido hacia enfoques más actualizados.

Concia, A. el autor actual aparece como un nodo de conexión entre varios investigadores a lo largo de su época de publicación, indicando que fue posible vincularse y producir juntos en diferentes momentos históricos.

En síntesis, el análisis bibliométrico realizado permitió descubrir los principales patrones en la ciencia relacionada con la termografía aplicada en el diagnóstico temprano de cáncer de mama.

El análisis de la literatura mediante mapas de coautoría, nubes de palabras y gráficos de producción anual mostró que los estudios se han concentrado en los últimos 5 años, con un pico notable en 2019, también hubo un énfasis en autores frecuentes y colaboraciones entre autores, creando clústeres de investigación en este tema.

Tales resultados no solo destacan los cambios a lo largo del tiempo del interés científico en esta tecnología de diagnóstico, sino que también orientan futuros trabajos al resaltar:

Cuestiones abiertas

Transdisciplinariedad

Tendencias en esta área de investigación

En general, el estudio bibliométrico presentado proporciona una buena base para complementar el análisis cualitativo y temático realizado en las secciones posteriores de este documento.

## Tabla 2

### *Artículos Incluidos Según Factores Técnicos y Ambientales en la Obtención de Termogramas*

Tipo de variable técnica o ambiental	Número de estudios	Países reportantes	Recomendaciones técnicas o consideraciones clave
Temperatura y humedad del entorno	7	Ecuador, México, Brasil, Turquía	Se recomienda temperatura ambiente de 18-25°C y humedad del 40-70%
Posición del paciente y distancia a la cámara	6	EE. UU., India, Colombia	Posición prono o frontal; distancia de 1 m para evitar acoplamiento térmico
Estabilización térmica del paciente	5	Irán, Colombia, Brasil	Reposo previo de 10 a 15 minutos para homogeneidad térmica en el cuerpo
Tecnología aplicada (tipo de cámara, software)	4	India, Brasil, España	Uso de cámaras infrarrojas de alta sensibilidad, protocolos automatizados, IA, segmentación

*Fuente:* Elaboración propia con base en estudios revisados sobre control técnico y ambiental en termografía mamaria.

**Tabla 3***Artículos Incluidos Sobre el Rol de la Termografía como Herramienta de Tamizaje**Complementaria*

Enfoque de evaluación diagnóstica	Número de estudios	Países reportantes	Hallazgos clave y recomendaciones
Comparación con mamografía	4	EE. UU., Colombia, Brasil	La termografía no sustituye la mamografía, pero es útil como herramienta complementaria
Aportes en población con mamas densas	3	India, México, Irán	Mejora la detección donde la mamografía presenta limitaciones
Uso en entornos de bajos recursos	5	Ecuador, Colombia, Brasil	Técnica accesible, no invasiva, útil en programas de tamizaje primario
Integración con IA y modelos automatizados	3	China, España, Brasil	IA mejora la precisión diagnóstica y permite reducción de sesgos del análisis visual

*Fuente:* elaboración propia con base en el análisis documental de estudios sobre la utilidad

clínica y tecnológica de la termografía.

## Conclusiones

El establecimiento de las variables fisiológicas que afectan la caracterización de las imágenes termográficas ha facilitado la identificación de elementos esenciales para la detección precoz del CA de mama. Se demostró que elementos como el aumento de la temperatura superficial, la existencia de asimetrías térmicas, la angiogénesis, el rápido metabolismo celular, el tamaño y profundidad del tumor, además de la densidad mamaria, son cruciales para una correcta interpretación de los termogramas. Adicionalmente, factores fisiológicos como las variaciones hormonales y el índice de masa corporal también influyen en los patrones de temperatura normales, por lo que deben ser tomados en cuenta en los protocolos de análisis. El estudio sistemático demostró que comprender y manejar estas variables es esencial para mejorar la sensibilidad y especificidad de la termografía como instrumento de diagnóstico.

Los hallazgos de esta investigación indican que diversos factores fisiológicos, como la edad, el índice de masa corporal (IMC) y el ciclo menstrual, pueden influir en la temperatura tisular y, por ende, en la interpretación de las imágenes termográficas. Se ha identificado que los periodos más adecuados para la realización del estudio corresponden a los días 5 a 12 y posteriores al día 21 del ciclo menstrual, debido a la estabilidad de la vascularización mamaria en estos momentos.

En términos de diferenciación de tejidos, los resultados evidencian que las áreas tumorales presentan un aumento de temperatura de aproximadamente 2 a 4°C en comparación con los tejidos sanos. Este fenómeno se atribuye al incremento del metabolismo celular y la angiogénesis en la zona afectada. Además, la presencia de patrones térmicos asimétricos y regiones localizadas de hipertermia han sido identificadas como posibles indicadores de malignidad.

Para optimizar la precisión diagnóstica, se enfatiza la necesidad de regular las condiciones ambientales durante la evaluación. La literatura revisada recomienda mantener la temperatura ambiente entre 18 y 25°C, con una humedad relativa entre el 40 y 70%. Así mismo, se sugiere un tiempo de aclimatación de 10 a 15 minutos antes de la toma de imágenes y evitar el uso de productos que puedan alterar la temperatura superficial de la piel, como cremas o desodorantes.

Respecto al estudio de los elementos técnicos y ambientales, se demostró que la calidad de los termogramas está directamente vinculada a la estricta regulación de las condiciones de captura. Elementos como la sensibilidad de la cámara, la resolución de la imagen, la distancia de captura, la ubicación del paciente y el período de aclimatación son cruciales para asegurar la fidelidad térmica de las fotografías. Igualmente, es crucial mantener condiciones ambientales estables, especialmente la temperatura y la humedad del ambiente, y eliminar fuentes de calor o frío externo. La bibliografía consultada demuestra que la falta de control sobre estos elementos puede provocar fallos en la interpretación, artefactos térmicos y disminuciones en la calidad del diagnóstico. Esto resalta la importancia de establecer protocolos normalizados para la utilización de la termografía en entornos clínicos.

El análisis de la relevancia de la termografía como instrumento adicional de tamizaje muestra su enorme potencial en la identificación precoz del CA de mama. Aunque no reemplaza a la mamografía, su habilidad para detectar cambios fisiológicos previos a las modificaciones morfológicas, su naturaleza no invasiva y su disponibilidad económica la sitúan como un recurso valioso en programas de tamizaje poblacional, particularmente en grupos de mujeres jóvenes o con tejido mamario abundante. Los progresos en inteligencia artificial utilizados para el procesamiento automático de termogramas potencian su habilidad para diagnosticar, mejorando

la exactitud y disminuyendo la subjetividad en la interpretación. Sin embargo, su aplicación debe ser estrictamente limitada como complemento a técnicas tradicionales, ya que todavía persisten restricciones vinculadas a su especificidad y el impacto de elementos externos. El uso protocolario y combinado de la termografía con otros procedimientos potenciaría los sistemas actuales de detección temprana.

La revisión sistemática de las investigaciones publicadas en el campo específico facilitó una comprensión detallada de los elementos que influyen en el uso de la termografía como instrumento adicional para la detección precoz del CA de mama. Se reconocieron las variables fisiológicas principales que alteran los patrones de temperatura en la mama, entre las que sobresalen el incremento local de la temperatura, la asimetría térmica, la angiogénesis, un metabolismo celular alto, y elementos personales como la densidad de la mama y las variaciones hormonales. Estas variables influyen en la comprensión de las imágenes y deben considerarse en los protocolos de análisis termográfico.

Así mismo, la investigación permitió examinar los elementos técnicos y ambientales que inciden en la calidad de los termogramas. Se demostró que elementos como la sensibilidad de la cámara, las circunstancias de aclimatación del paciente, la estabilidad térmica del espacio y la supresión de interferencias externas son cruciales para asegurar la captura de imágenes confiables. La ausencia de supervisión sobre estas circunstancias puede poner en riesgo grave la sensibilidad y especificidad diagnóstica del método.

De igual manera, el análisis de la utilidad de la termografía reveló que, aunque no debería ser vista como un reemplazo de la mamografía, tiene un enorme potencial como instrumento adicional en los protocolos de tamizaje. Su carácter no invasivo, la falta de exposición a radiación y la capacidad de identificar cambios fisiológicos en etapas iniciales la hacen una

opción significativa, especialmente en grupos de alto riesgo o en situaciones donde la mamografía tiene restricciones. La incorporación de métodos de inteligencia artificial en el procesamiento automático de imágenes aumenta aún más su relevancia para el diagnóstico, aunque su implementación debe llevarse a cabo de manera protocolar y complementaria, asegurando la interpretación conjunta con técnicas de imagen anatómica.

Por otro lado, el análisis bibliométrico que se llevó a cabo demostró que existe un número de estudios recientes cuyos hallazgos temáticos también complementados y fortalecidos por este tipo de análisis, que pudo demostrar un número creciente de producción científica en los últimos años respecto a la aplicación de la termografía para la detección del cáncer de mama.

Se pudo observar que el año pico fue aquel en el que más publicaciones se realizaron, es decir, en 2019, presentando una concentración de manuscritos entre 2020 y 2023. La nube de palabras relacionada con cáncer, técnicas, detección, termografía, infrarrojo y mama ilustra claramente el énfasis en parámetros fisiológicos, sistemas de procesamiento o utilidades clínicas.

En contraste, la red de coautoría permitió identificar nodos centrales como Conci, A.R., Resmini, R., Fernandes de Lima, R.C. y Borchardt, T.B., que indican centros activos de colaboración en esta área.

El resultado permite demostrar la importancia educacional y el aspecto interdisciplinario que ha caracterizado a la termografía como una técnica de diagnóstico no invasiva. Finalmente, se visualizó la línea de tiempo, que indicó que las aportaciones más recientes están relacionadas con el uso de la inteligencia artificial y el procesamiento automático de imágenes, lo que sugiere una tendencia futura que estará destinada a la automatización y a una mayor precisión diagnóstica.

En conjunto, estos resultados refuerzan la coherencia del presente estudio y nos permiten

concluir que el enfoque bibliométrico no solo ayuda a proporcionar una visión estructural del campo, sino que también puede fomentar el avance de la investigación futura y las aplicaciones clínicas bajo estándares más sólidos y colaborativos.

Por lo tanto, el análisis integral efectuado proporciona una respuesta completa al objetivo principal, corroborando que la termografía, bajo condiciones reguladas y en combinación con otros métodos, constituye un instrumento prometedor para fortalecer los protocolos de detección temprana del CA de mama.

## Glosario

**Angiogénesis:** formación de nuevos vasos sanguíneos, un proceso que suele estar asociado con el crecimiento tumoral.

**Asimetría térmica:** diferencia en la distribución de la temperatura entre las dos mamas, que puede indicar la presencia de una anomalía.

**Calorimetría:** medición de la cantidad de calor liberado o absorbido en un proceso químico o físico. En el contexto de la termografía, se refiere a la medición de la temperatura de los tejidos mamarios.

**Cáncer de mama:** proliferación anormal y desordenada de células mamarias malignas que conduce al crecimiento descontrolado de un tumor en la mama.

**Especificidad:** capacidad de una prueba para identificar correctamente a las personas que no tienen la enfermedad o condición que se está buscando.

**FDA (Food and Drug Administration):** agencia del gobierno de los Estados Unidos responsable de regular y supervisar la seguridad de los alimentos, medicamentos, dispositivos médicos y otros productos relacionados.

**Hipertermia:** aumento anormal de la temperatura en una región del cuerpo, que puede ser un signo de inflamación o CA.

**Índice de Masa Corporal (IMC):** medida de la grasa corporal basada en la altura y el peso, que puede influir en la temperatura tisular.

**Mamografía:** radiografía de las glándulas mamarias utilizada como método principal para la detección temprana del CA de mama.

**Metaanálisis:** técnica estadística utilizada para combinar los resultados de múltiples estudios en una revisión sistemática, con el fin de obtener una estimación más precisa del efecto

de una intervención o exposición.

Neoplasias: es un crecimiento anormal de tejido.

Revisión sistemática: proceso riguroso y transparente para identificar, evaluar y sintetizar la evidencia disponible sobre una pregunta de investigación específica.

Sensibilidad: capacidad de una prueba para identificar correctamente a las personas que tienen la enfermedad o condición que se está buscando.

Termografía: técnica no invasiva que mide la temperatura de la superficie del cuerpo para detectar patrones térmicos anormales asociados con tumores y otras condiciones médicas.

Termograma: imagen térmica que representa la distribución de la temperatura en la superficie del cuerpo.

### Referencias Bibliográficas

- Abdel-Nasser, M., Moreno, A., & Puig, D. (2019). Breast Cancer Detection in Thermal Infrared Images Using Representation Learning and Texture Analysis Methods. *Electronics* (8), 100. <https://doi.org/10.3390/electronics8010100>
- Ahmed, K. S., Sherif, F. F., Abdallah, M. S., Cho, Y., & ElMetwally, S. M. (2024). An Innovative Thermal Imaging Prototype for Precise Breast Cancer Detection: Integrating Compression Techniques and Classification Methods. *Bioengineering* (Basel), 11(8), 764. <https://doi.org/https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.3390/bioengineering11080764>
- Alves de Queiroz Júnior, J., & Fernandes de Lima, R. de C. (2021). Cálculo del perfil de temperatura en un modelo tridimensional de mama para análisis paramétrico de la influencia de la posición y tamaño de un tumor maligno. *Revistia Principia* (53). <https://doi.org/https://doi.org/10.18265/1517-0306a2020v1n53p81-94>
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping studies: towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology*, 8(1), 19-32.
- Bastida, M. B., Cabello, M. E., Rodríguez, A. L., & García, J. (2017). Sistema de apoyo para la toma de decisiones en termografía de glándulas mamarias. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, 38(1), 166-187. <https://doi.org/https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.17488/RMIB.38.1.12>

- Borchardt, T., Concia, A., Lima, R., Resminia, R., & Sanchez, A. (2013). Breast thermography from an image processing view point: A survey. *Signal Processing*(93).
- Coleman, M.P., Quaresma, M., Berrino, F., Lutz, J.M., De Angelis, R., Capocaccia, R., Baili, P., Rachet, B., Gatta, G., Hakulinen, T., Micheli, A., Sant, M. et al. (2008). Cancer survival in five continents: a worldwide population-based study (CONCORD). *Lancet Oncol*, 9(8), 730-56. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(08\)70179-7](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(08)70179-7)
- El Espectador. (25 de febrero de 2010). La termografía llegó a Colombia. *El Espectador*. <https://www.elespectador.com/actualidad/la-termografia-llego-a-colombia-article-189894/>
- Fernández Cuevas, I. (26 de mayo de 2021). Termografía y cáncer de mama: pros y contras. <https://www.fda.gov/consumers/articulos-para-el-consumidor-en-espanol/deteccion-de-cancer-de-mama-el-termograma-no-sustituye-la-mamografia>
- Gogoi, U., Bhowmik, M., Bhattacharjee, D., Ghosh, A., & Majumdar, G. (2016). A Study and Analysis of Hybrid Intelligent Techniques for Breast Cancer Detection Using Breast Thermograms. <https://thermohuman.com/es/2021/05/27/termografia-y-cancer-de-mama>
- Gonzalez-Hernandez, J. L., Recinella, A. N., Kandlikar, S. G., Dabydeen, D., Medeiros, L., & Phatak, P. (2019). Technology, application and potential of dynamic breast thermography for the detection of breast cancer. *International Journal of Heat and Mass Transfer* (131), 558-573. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2018.11.089>
- Gretis R da Luz, T. P., Coninck, J. C., & Ulbricht, L. (2023). Análise de Termogramas de mama para Identificar Tumores Malignos e Benignos. XII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA. Brasil. <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.3457625>
- Guerrero-Robles, C., Lozano-Trenado, L. U.-C., Ramírez-Vilchis, A., Silva-Escobedo, J., Sánchez-Monroy, v., & González-Díaz, C. (2015). Evaluación de Termografía Tisular

- Diferenciada en Mama como Potencial Técnica para Asistir la detección del cáncer. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, 36(1), 65-75.
- Hand, T., Rosseau, N., Stiles, C., Sheih, T., Ghandaklya, E., Oluwasanu, M., & Olopade, O. (2021). The global role, impact, and limitations of Community Health Workers (CHWs) in breast cancer screening: a scoping review and recommendations to promote health equity for all. *Global Health Action*.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1080/16549716.2021.1883336>
- Hernández-Sampieri, R. y Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.  
<https://scholar.google.es/citations?user=kULnhl0AAAAJ&hl=es>
- Instituto Nacional de Cancerología. (2015). *Manual para la detección temprana del cáncer de mama*. INC. [https://www.cancer.gov.co/recursos\\_user/files/libros/archivos/,Manual](https://www.cancer.gov.co/recursos_user/files/libros/archivos/,Manual)
- International Agency for Research on Cancer [IARC]. (2023). *Cancer today*. IARC.  
<https://gco.iarc.fr/today/data/factsheets/populations/170-colombia-fact-sheets.pdf>
- Liga Colombiana contra el Cáncer. (2023). *Cáncer de mama en Colombia: cifras e impacto*.  
<https://www.cancer.gov.co>
- Londoño Orozco, M., Ospina Suárez, A., & Segura Giraldo, B. (2023). Termografía infraroja en la evaluación mamaria: un estudio piloto en mujeres en edad fértil. *Ingeniería y Competitividad*. <https://doi.org/10.25100/iyc.v25i3.12550>
- Mambou, S., Maresova, P., Krejcar, O., Selamat, A., & Kuca, K. (2018). Breast Cancer Detection Using Infrared Thermal Imaging and a Deep Learning Model. *Sensors* (18).  
<https://doi.org/10.3390/s18092799>
- Mashekova, A., Zhao, Y., Ng, E., Zarikas, V., Fok, S. C., & Mukhmetov, O. (2021). Early

- detection of breast cancer using infrared technology – A Comprehensive Review. *Thermal Science and Engineering Progress*. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2021.101142>
- Ministerio de Salud de Colombia. (2021). *Cáncer de mama en Colombia*. MinSalud. <https://www.asocapitales.co/wp-content/uploads/2021/10/Datos-Cancer-de-Mama-Ministerio-de-Salud-2021.pdf>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2023). *Día mundial de la lucha contra el cáncer de mama 2023*. Cuenta de Alto Costo CAC. <https://cuentadealtocosto.org/cancer/dia-mundial-de-la-lucha-contra-el-cancer-de-mama-2023/>
- Muñoz, M. (25 de enero de 2016). *Termografía para la detección del cáncer de mama*. <https://fmdiabetes.org/termografia-para-deteccion-de-cancer-de-mama/>
- Ng, E. (2009). A review of thermography as promising non-invasive detection modality for breast tumors. *International Journal of Thermal Sciences*, 48(5), 849-859. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2008.06.015>
- Organización Panamericana de la Salud [OPS]. (2024). *Cáncer de mama*. OPS. <https://www.paho.org/es/temas/cancer-mama>
- Organización Panamericana de la Salud [OPS] y Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2022). *Prevención: factores de riesgo y prevención del cáncer de mama*. OPS. <https://www.paho.org/es/temas/cancer#:~:text=La%20OPS%20promueve%20estrategias%20de,temprano%20del%20c%C3%A1ncer%20de%20mama.>
- Orozco, E., Castro, J., Mena, L., Flores, M., & Mejias, N. (2014). *La termografía digital como herramienta para tamizaje de cáncer de mama*. Congreso Interdisciplinario de Cuerpos Académicos. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www.ecorfan.org/handbooks/Cienci>

as%20Naturales%20T-II/Articulo\_21.pdf

- Pérez, M., Concia, A., Aguilar, A., Sánchez, A., & Andaluz, V. (2014). Detección temprana del cáncer de mama mediante la termografía en Ecuador. MASKANA, I+D+ingeniería. <https://research-ebSCO-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=99001720-9910-3bc2-899e-bee7b62152fc>
- Ribeiro Ortiz, A., Secco, L., Zangaro, R., & Alves, L. (2023). Thermography applied to breast cancer diagnosis: proposal for a new methodological approach. *Investigación en Ingeniería Biomédica*, 39, 291-310. <http://dx.doi.org.biblioecavirtual.unad.edu.co/10.1007/s42600-023-00264-0>
- Ríos Henao, G. S. (2019). Diseño e implementación de im-maniquí del seno humano para identificar anomalías mamarias mediante termografía activa. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. <https://repositorio.utp.edu.co/entities/publication/262f8e5e-c739-45eb-9cf9-6a1088acf3a1>
- Rivera Pérez, P.A. (2020). Revisión Sistemática en Bases de Datos sobre Imágenes diagnósticas empleadas en cáncer de seno. <https://repositorio.utp.edu.co/entities/publication/de7baa81-6c2a-45b5-8bcd-d5e2e6b4980a>
- Rodríguez Guerrero, S., Loaiza, H., & Restrepo Girón, A. D. (2014). Segmentación automática de imágenes térmicas de la mama como apoyo a la detección de cáncer. *Sistemas & Telemática*, 12(30). <https://doi.org/10.18046/syt.v12i30.1855>
- Sathish, D., Kamath, S., Prasad, K., & Kadavigere, R. (2019). Role of normalization of breast thermogram images and automatic classification of breast cancer. *The Visual Computer: International Journal of Computer Graphics*, 35(1), 57-70.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00371-017-1447-9>

ThermaVUE. (2023, abril). [Imagen de termografía mamaria para detección temprana de marcadores de cáncer de mama] [Fotografía]. [https://practitioners.the-pha.org/wp-content/uploads/2023/04/ThermaVUE-Breast-Thermal-Imaging-for-early-detection-of-the-markers-for-breast-cancer-www.ThermaVUE.co\\_.uk-2.2.png](https://practitioners.the-pha.org/wp-content/uploads/2023/04/ThermaVUE-Breast-Thermal-Imaging-for-early-detection-of-the-markers-for-breast-cancer-www.ThermaVUE.co_.uk-2.2.png).

Universidad Autónoma de Nuevo León. (2016). [Imagen de caso clínico de Ciencia UANL] [Fotografía]. [https://cienciauanl.uanl.mx/wp-content/uploads/2016/01/cases\\_original\\_40.jpg](https://cienciauanl.uanl.mx/wp-content/uploads/2016/01/cases_original_40.jpg)

U.S. FOOD & DRUG Administration. (2023). Detección de cáncer de mama: el termograma no sustituye a la mamografía. [https://www.fda.gov/consumers/articulos-para-el-consumidor-en-espanol/deteccion-de-cancer-de-mama-el-termograma-no-sustituye-la-mamografia#:~:text=La%20termograf%C3%ADa%20no%20debe%20utilizarse,detectar%20el%20c%C3%A1ncer%20de%20mama.&text=La%20mamograf%C3%ADa%20\(L\)%20son%20unos,con%20diferentes%20densidades%2C%20como%20masas](https://www.fda.gov/consumers/articulos-para-el-consumidor-en-espanol/deteccion-de-cancer-de-mama-el-termograma-no-sustituye-la-mamografia#:~:text=La%20termograf%C3%ADa%20no%20debe%20utilizarse,detectar%20el%20c%C3%A1ncer%20de%20mama.&text=La%20mamograf%C3%ADa%20(L)%20son%20unos,con%20diferentes%20densidades%2C%20como%20masas).

Zuluaga-Gomez, J., Zerhouni, N., Masry, Z., Devalland, C., & Varnier, C. (2019). A survey of breast cancer screening techniques: thermography and electrical impedance tomography. *Journal of Medical Engineering & Technology*, 43(4), 1-18.

## Apéndice

### Apéndice A

#### Matriz de Datos Documental

<i>Ítem</i>	<i>Base de datos</i>	<i>Título</i>	<i>Autor autores</i>	<i>Año de publicación</i>	<i>URL del documento</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Datos relevantes a los pacientes y al ambiente de las tomas</i>	<i>Medidas de efecto empleadas</i>
1	EBS CO	Termografía infrarroja en la evaluación mamaria: un estudio piloto en mujeres en edad fértil.	Londoño Orozco, M.; Ospina Suárez, A. C.; Segura Giraldo, B.	2023	<a href="https://research-ebSCO.com.biblioteca.virtual.unad.edu.co/c/qa/gk4/viewer/pdf/7n7f3d6uez">https://research-ebSCO.com.biblioteca.virtual.unad.edu.co/c/qa/gk4/viewer/pdf/7n7f3d6uez</a>	Evaluar la utilidad, eficiencia y reproducibilidad de un protocolo propuesto para el uso de la termografía infrarroja en la evaluación de la salud mamaria. Además, busca observar los cambios en la temperatura mamaria asociado a diferentes condiciones fisiológicas y patológicas, con el fin de determinar su potencial como herramienta complementaria en la detección temprana de anomalías mamarias	Se sugiere un protocolo para tomar imágenes infrarrojas de los senos en mujeres en edad fértil con el objetivo de mejorar el monitoreo y la detección temprana del cáncer de mama. Los criterios de exclusión para este protocolo son: Fiebre, lactancia, antecedentes de fumar recientemente antecedentes de tratamiento con medicamentos recientes Antecedentes de administración reciente de agentes antipiréticos o diuréticos, quemaduras en la piel. Estos factores afectan la temperatura corporal (21). También se enfatiza la necesidad de tener en cuenta el índice de masa corporal (IMC), ya que la obesidad puede afectar la temperatura de la piel. En cuanto a la preparación del paciente, es aconsejable abstenerse de: Sol. Cosméticos en los pechos ejercicios físicos, estímulos cutáneos antes del examen, las condiciones ambientales deben controlarse dentro del rango de: 18-25 °C, humectación entre 40-70%. Las interferencias térmicas deben minimizarse usando: Un fondo no reflectante Alfombra	Medidas de tendencia central (media, mediana, moda), dispersión (varianza, desviación estándar), distribución (curtosis, entropía, uniformidad) y análisis de componentes principales (PCA). No se utilizaron OR, RR ni diferencias absolutas de riesgo

<i>Ítem</i>	<i>Base de datos</i>	<i>Título</i>	<i>Autor autores</i>	<i>Año de publicación</i>	<i>URL del documento</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Datos relevantes a los pacientes y al ambiente de las tomas</i>	<i>Medidas de efecto empleadas</i>
2	EBS CO	Thermography applied to breast cancer diagnosis: proposal for a new methodological approach.	Ribeiro Ortiz, Adriano; Secco, Leonardo G.; Zangaro, Renato A.; Alves, Leandro P.	2023	<a href="http://dx.doi.org/biblioteca.virtual.unad.edu.co/10.1007/s42600-023-00264-0">http://dx.doi.org/biblioteca.virtual.unad.edu.co/10.1007/s42600-023-00264-0</a>	Contribuir al desarrollo de una nueva metodología para el diagnóstico precoz del CA de mama, considerando que el diagnóstico precoz sigue siendo la mejor manera de Obtener un buen pronóstico para esta enfermedad que causa cientos de miles de muertes anualmente en todo el mundo.	Control de dispositivo electrónico (es decir, uso de un dispositivo de bajo ruido) Estabilización térmica. Se recomienda el uso de dispositivos y software con acceso en línea para mejorar el procesamiento de los resultados, así como la estandarización de las imágenes capturadas en tres aspectos (frente, lateral y perfil). Finalmente, el paciente debe permanecer quieto durante la resonancia magnética y adherirse a instrucciones estrictas en cuanto a la posición corporal para obtener una alta calidad diagnóstica.	Diferencia de medias (aumento de 0,48 °C en el contraste térmico), prueba t de Student (t = - 4,2, p = 0,001). No se utilizaron OR, RR o diferencias de riesgo.

<i>Ítem</i>	<i>Base de datos</i>	<i>Título</i>	<i>Autor autores</i>	<i>Año de publicación</i>	<i>URL del documento</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Datos relevantes a los pacientes y al ambiente de las tomas</i>	<i>Medidas de efecto empleadas</i>
							<p>limitaciones es la superposición de tejidos, lo que dificulta determinar con precisión los tumores. Para superar esto, se han diseñado varios dispositivos que sostienen a la paciente en posición prona, ya sea en suspensión libre del seno, evitando el acoplamiento térmico entre diferentes estructuras. Además, la termografía dinámica, que induce estrés por frío para evocar la respuesta vasomotora, mejora el contraste térmico entre tejido normal y tumoral, ya que los vasos intra tumorales disfuncionales no siguen la vasoconstricción inducida por frío. El protocolo técnico indica que la distancia entre la paciente y la cámara debe ser de 1 m, en una habitación ventilada y estabilizada en temperatura y humedad a 22°C y 60% de humedad relativa, con el uso de un termohigrómetro para confirmar la estabilidad ambiental.</p>	
3	EBS CO	Un prototipo innovador de imágenes térmicas para la detección precisa del cáncer de mama: integración de técnicas de	Ahmed, Khaled S.; Sherif, Fayroz F.; Abdallah ,	2024	<a href="https://research-ebSCO-com.BibliotecaVirtual.unad.edu.co/c/5y465o/viewer/html/xnbojxrtej">https://research-ebSCO-com.BibliotecaVirtual.unad.edu.co/c/5y465o/viewer/html/xnbojxrtej</a>	Desarrollar y evaluar un prototipo innovador de imágenes térmicas para la detección precisa del CA de mama, integrando técnicas de compresión inspiradas en mamografías y	En el caso del CA de mama, la temperatura del tejido tumoral aumenta aproximadamente 3°C en comparación con el tejido normal circundante debido al aumento de la actividad metabólica de las células cancerosas. Aunque la termografía no puede proporcionar información morfológica sobre la mama, ofrece información valiosa sobre las características térmicas y	Se reporta un incremento fisiológico de aproximadamente 3 °C en tejido tumoral comparado con tejido sano. No se aplicaron análisis estadísticos ni medidas de efecto relativas o absolutas en el estudio.

<i>Ítem</i>	<i>Base de datos</i>	<i>Título</i>	<i>Autor autores</i>	<i>Año de publicación</i>	<i>URL del documento</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Datos relevantes a los pacientes y al ambiente de las tomas</i>	<i>Medidas de efecto empleadas</i>
		compresión y métodos de clasificación.				métodos de clasificación de imágenes térmicas, con el fin de mejorar la diferenciación entre tejido normal y tejido tumoral y optimizar la eficacia diagnóstica de esta modalidad.	circulatorias del tejido, lo cual favorece la detección de anomalías mamarias antes de que se conviertan en CA, ya que los cambios fisiológicos ocurren antes que los cambios patológicos. La calidad y precisión de las imágenes térmicas adquiridas juegan un papel crucial en la eficacia de esta modalidad de diagnóstico. Sin embargo, la precisión de esta técnica para detectar malignidades puede verse afectada por fluctuaciones en la temperatura y la humedad de la cámara de imágenes. La utilización de técnicas de compresión inspiradas en máquinas de mamografías, junto con la eliminación de radiaciones ionizantes, presenta una alternativa más segura y accesible para la detección del CA de mama.	
4	EBS CO	Tecnología, aplicación y potencial de la termografía mamaria dinámica para la detección del cáncer de mama	González - Hernández z z, José-Luis Recinella , Alyssa N. Kandlika r, Satish, G.; Dabydeen, Donnette Medeiros	2019	<a href="https://research-ebSCO-com.biblioteca.virtual.unad.edu.co/c/5y465o/search/details/grfawuwfqb?isDashboardExpanded=true&amp;limiters=Non e&amp;q=%20Breast%20Thermography#Au">https://research-ebSCO-com.biblioteca.virtual.unad.edu.co/c/5y465o/search/details/grfawuwfqb?isDashboardExpanded=true&amp;limiters=Non e&amp;q=%20Breast%20Thermography#Au</a>	Desarrollar y Validar una tecnología de termografía mamaria dinámica basada en un modelo inverso de transferencia de calor, con el fin de mejorar la detección temprana, la localización precisa y la caracterización de tumores mamarios,	La termografía mamaria es un método aprobado por la FDA para el diagnóstico complementario del cáncer de mama (CM) desde 1982. Puede ser útil para resaltar cambios locales de temperatura, de aproximadamente 3.5 °C, que son indicativos de procesos biológicos como la angiogénesis y el metabolismo celular mejorado. Existe evidencia de que el tejido maligno puede exhibir actividad metabólica 70 veces más alta que el tejido normal, una característica que se detecta por mayores gradientes	En este artículo, los autores desarrollan un sistema de termografía dinámica para mejorar la detección del CA de mama, especialmente en mujeres con tejido mamario denso. Utilizan una cámara infrarroja de alta sensibilidad y posicionamiento prono para capturar imágenes térmicas de la superficie mamaria. Posteriormente, aplican un modelo inverso basado en principios de transferencia

<i>Ítem</i>	<i>Base de datos</i>	<i>Título</i>	<i>Autor autores</i>	<i>Año de publicación</i>	<i>URL del documento</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Datos relevantes a los pacientes y al ambiente de las tomas</i>	<i>Medidas de efecto empleadas</i>
			, Lori. Phatak, Pradyumna			especialmente en mujeres con mamas densas, superando las limitaciones de las técnicas de diagnóstico convencionales	térmicos (>1 °C) y asimetrías en los termogramas. Estos patrones de termografía permiten discriminar entre lesiones benignas y malignas. Se han desarrollado cámaras infrarrojas que utilizan sensores especiales, lentes (de germanio o zafiro) y que están influenciadas por factores hormonales, fisiológicos y ambientales. Los pacientes típicamente tienen un período de aclimatación de 15 minutos en una habitación controlada de temperatura y humedad, para lograr la estabilidad térmica. Para mejorar el contraste térmico, la termografía dinámica utiliza estrés frío, por ejemplo, manos en agua con hielo que emplea la respuesta neurovascular del cuerpo. Las regiones tumorales, no responsables a la vasoconstricción, permanecen calientes, contribuyendo a un alto contraste. Sin embargo, hay limitaciones físicas, incluida la limitación de la distribución subyacente, la profundidad del tumor y artefactos relacionados con la temperatura.	de calor para predecir la presencia y localización de tumores malignos. MDPI En un estudio piloto con 25 tumores mamarios, la técnica predijo con precisión todos los tumores, con errores máximos inferiores a 5 mm en tamaño y menos de 1 cm en localización. La eficacia predictiva no se vio afectada por el tamaño del tumor, su ubicación o la densidad mamaria, y no se observaron predicciones erróneas en la mama contralateral normal.
5	EBS CO	Evaluación de termografía Tisular Diferenciada en Mama como Potencial	Guerrero - Robles, CI Lozano-Trenado, LM Uscanga-	2015	<a href="https://research-ebSCO.com.biblioteca.virtual.unad.edu.co/c/qcagk4/viewer/pdf/b7yl3vsjqz">https://research-ebSCO.com.biblioteca.virtual.unad.edu.co/c/qcagk4/viewer/pdf/b7yl3vsjqz</a>	Angiogénesis y vascularizaciones dependientes del ciclo menstrual, edad e Índice de Masa Corporal (IMC) modifican la temperatura	La termografía para detección de CA de mama se basa en el hecho de que la temperatura de la piel que recubre una malignidad es mayor que la registrada en la piel del tejido de mama normal. Esto es probablemente debido a un	Medidas de tendencia central (media, desviación estándar), pruebas de normalidad (Kolmogórov-Smirnov) y homogeneidad (Levene), prueba t de Student para

<i>Ítem</i>	<i>Base de datos</i>	<i>Título</i>	<i>Autor autores</i>	<i>Año de publicación</i>	<i>URL del documento</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Datos relevantes a los pacientes y al ambiente de las tomas</i>	<i>Medidas de efecto empleadas</i>
		Técnica par a Asistirla Detección de Cáncer	Carmona, MC Ramírez-Vilchis, AN Silva-Escobedo, JG Sánchez-Monroy, V. González-Díaz, CA			absoluta en la superficie tisular sin estar necesariamente asociadas a malignidad, en este estudio proponemos la Termografía Tisular Diferenciada (TTD) en mama con respecto a su contralateral en espejo con el fin de observar diferencias características de malignidad	aumento en el flujo sanguíneo, incremento de la actividad metabólica y angiogénesis alrededor del sitio de la lesión. Ng y colaboradores en el 2001 propusieron un estándar para la toma de termografías durante el ciclo menstrual, estos analizaron la variación de la distribución de la temperatura en la mama durante el ciclo menstrual y determinaron que los días del 5 al 12 y después del 21 corresponden a los que menos vascularización presentan y por lo tanto ideales para realizarse la termografía, su aceptación clínica ha sido cuestionada por las limitaciones que tales estrategias representan en el muestreo de mujeres con ciclos menstruales irregulares o posmenopáusicas. Estos autores proponen evaluar la posibilidad de emplear la diferencia termográfica tisular en mama con respecto a su estimado en la mama contralateral de la misma paciente como técnica de detección de CaMa ya que la probabilidad de que el CaMa se manifieste de manera simétrica (simultáneamente) en ambas mamas es muy baja. Mencionan la importancia de controlar la humedad y temperatura con el fin de minimizar un comportamiento dinámico de la respuesta del tejido a variaciones de	Comparación de grupos, curvas ROC, sensibilidad (70%), especificidad (54%), área bajo la curva (AUC = 0.56 para TTD).

<i>Ítem</i>	<i>Base de datos</i>	<i>Título</i>	<i>Autor autores</i>	<i>Año de publicación</i>	<i>URL del documento</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Datos relevantes a los pacientes y al ambiente de las tomas</i>	<i>Medidas de efecto empleadas</i>
							temperatura ambiental y tener una condición basal estable. Concluyen que las imágenes termográficas que muestran una región con mayor temperatura tisular se relacionan con una masa asociada a malignidad, tal observación es plenamente esperada debido a los efectos de una actividad metabólica aumentada, hiper vascularización y procesos inflamatorios locales implícitos en una condición de CA.	
6	EBS CO	Análisis de Termogramas de mama para Identificar Tumores Malignos e Benignos	Gretis R da Luz, Thais; P. Coninck, J; Ulbricht, L.	2019	<a href="https://research-ebSCO-com.biblioteca.virtual.unad.edu.co/c/qaq4/search/details/vq6nbq4zqj?limiters=FT1%3AY&amp;q=termografia%20cancer%20de%20">https://research-ebSCO-com.biblioteca.virtual.unad.edu.co/c/qaq4/search/details/vq6nbq4zqj?limiters=FT1%3AY&amp;q=termografia%20cancer%20de%</a>	Desarrollar una evaluación de imágenes termográficas de mamas con el objetivo de analizar el comportamiento de la distribución térmica en las áreas tumorales, diferenciando entre tumores malignos y benignos.	Con la termografía no invasiva e indolora, sin radiación, sin agente de contraste y sin contraindicaciones, es una técnica ideal para el diagnóstico de tumores. Su uso permite comparar la temperatura de la región tumoral y su área simétrica sana, demostrando que hay una mayor concentración de puntos calientes en áreas malignas. Las temperaturas alrededor de los tumores malignos exhiben grandes discrepancias, alrededor de 4 °C, respecto al tejido normal, mientras que los tumores benignos y los tejidos normales presentan una mayor densidad de puntos en el rango de temperatura intermedia. Además, el gradiente térmico y la densidad de puntos calientes aumentan a medida que el tamaño del tumor incrementa, con promedios para malignidad (33 °C)	Medias de temperatura en regiones tumorales y sanas, prueba t de Student ( $p < 0,05$ ), análisis de dispersión térmica y densidad de puntos calientes. No se utilizaron OR, RR ni curvas ROC.

<i>Ítem</i>	<i>Base de datos</i>	<i>Título</i>	<i>Autor autores</i>	<i>Año de publicación</i>	<i>URL del documento</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Datos relevantes a los pacientes y al ambiente de las tomas</i>	<i>Medidas de efecto empleadas</i>
							superiores en 31.26 para casos benignos. El análisis del recalentamiento post estrés térmico (termografía dinámica) mejora la visualización de áreas de alta perfusión, resultando en una mayor sensibilidad, particularmente para lesiones pequeñas o profundas. Instituciones como la Academia Internacional de Termología Clínica destacan su potencial como dispositivo de alerta temprana para el cribado del cáncer de mama. Sin embargo, es esencial establecer que las imágenes estáticas no secuenciales no pueden identificar completamente las lesiones profundas, y que, por lo tanto, las estimulaciones térmicas especializadas junto con cámaras digitales de alta sensibilidad pueden mejorar el rendimiento diagnóstico para la interpretación de patrones térmicos anormales en clínicas.	
7	EBS CO	Sistema de apoyo para la toma de decisiones en termografía de glándulas mamarias	Bastida, MB; Cabello, ME; Rodríguez, AL & García, J	2017	<a href="https://research-ebSCO-com.biblioteca.virtual.unad.edu.co/c/qcagk4/viewer/pdf/2shapufjqv">https://research-ebSCO-com.biblioteca.virtual.unad.edu.co/c/qcagk4/viewer/pdf/2shapufjqv</a>	Desarrollar un sistema de apoyo para la toma de decisiones clínicas basado en árboles de decisión y factores de peso heurísticos, orientado a la detección y clasificación de patologías mamarias mediante	Mencionan que la termografía es una técnica de detección temprana en la población que sufre de contraindicaciones para realizarse los exámenes con otros métodos, además permite un diagnóstico integral para las demás pacientes. Durante la ejecución de las evaluaciones térmicas se captura información respecto de las características físicas (edad, tipo somático, tamaño del seno, etc.), hormonales (etapa del ciclo	Sensibilidad por tipo de patología (96%, 78%, 62%, 86%), árboles de decisión basados en factores heurísticos, uso de razonamiento deductivo, pertenencia porcentual a modelos de normalidad o patología.

<i>Ítem</i>	<i>Base de datos</i>	<i>Título</i>	<i>Autor autores</i>	<i>Año de publicación</i>	<i>URL del documento</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Datos relevantes a los pacientes y al ambiente de las tomas</i>	<i>Medidas de efecto empleadas</i>
						termografía, complementando el diagnóstico temprano en Pacientes que presentan contraindicaciones para métodos convencionales.	menstrual, terapia hormonal presente) y clínicas (enfermedades que afecten a la temperatura superficial, así como patologías benignas previas en el seno, antecedentes de CA en familiares de línea materna, consumo de medicamentos, tabaco y otros, actividad física semanal, etc.) La termografía es funcional ya que dependiendo de las características metabólicas de la paciente se apreciarán diferentes patrones de temperatura, para los cuales se requiere utilizar una gran cantidad de criterios térmicos y hormonales con el fin de analizar correctamente los resultados termográficos. La determinación de supuestas patologías depende de los factores físicos, ambientales, genéticos, hormonales y del estado de salud previo y actual de la persona en cuestión, en conjunción con la información extraída del termogramas. Proponen la implementación de los árboles de decisión para la interpretación de imágenes termográficas, en donde se identifica el orden de verificación de las condiciones y las acciones que se deben llevar a cabo y se plantea el problema para que todas las opciones sean analizadas, con lo que se facilita la interpretación de la decisión tomada. Consideran de gran importancia tener en cuenta el	

<i>Ítem</i>	<i>Base de datos</i>	<i>Título</i>	<i>Autor autores</i>	<i>Año de publicación</i>	<i>URL del documento</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Datos relevantes a los pacientes y al ambiente de las tomas</i>	<i>Medidas de efecto empleadas</i>
							valor máximo de temperatura por cuadrante de la glándula mamaria, la simetría térmica, la forma de la mancha térmica y los parámetros máximo, mínimo y promedio por cuadrante y zona retroareolar. La profundidad tisular a la que se encuentre dicha patología (ubicación), influye en la representación térmica aptada durante la adquisición de imágenes. La realización del análisis termográfico de manera periódica (lo cual no conlleva efectos secundarios) favorece la atención personalizada y el seguimiento del progreso metabólico de cada individuo.	
8	EBS CO	Diagnóstico temprano de la enfermedad mamaria mediante imágenes Térmicas y Aprendizaje automático	Roger, R; Conci, A; Bonini, T; Borchart, R; Fernández de Lima, A; Montenegro, C & Asvolins que, P.	2012	<a href="https://doaj.org/article/32e639a155694c3c9187f8be2afac880">https://doaj.org/article/32e639a155694c3c9187f8be2afac880</a>	Realizar una Revisión crítica y sistemática de los trabajos más relevantes en los últimos años sobre el uso de la termografía infrarroja para la detección de patologías mamarias, analizando las técnicas empleadas en adquisición de imágenes, segmentación, extracción de características,	Para que la cámara pueda estimar la influencia de la radiación del entorno en el que se encuentran si se toman imágenes, es necesario establecer algunos parámetros antes: la emisividad del objeto de interés (en el caso del cuerpo humano este valor es 0,98), la temperatura ambiente, humedad relativa la distancia entre la cámara y el objeto. La temperatura ambiente siempre se registra durante el examen y se espera que cada paciente tenga su temperatura estabilizada en el entorno de la sala de pruebas. Todos los empleados que participan en el proceso de obtención de imágenes termográficas también están en	Recopilación de sensibilidad (~90%), especificidad (~90%), accuracy, precisión, F1-score y uso de curvas ROC en trabajos revisados. Se mencionan técnicas de reducción de dimensionalidad (PCA, LDA) y clasificadores supervisados (SVM, redes neuronales). No se realizaron análisis estadísticos propios.

<i>Ítem</i>	<i>Base de datos</i>	<i>Título</i>	<i>Autor autores</i>	<i>Año de publicación</i>	<i>URL del documento</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Datos relevantes a los pacientes y al ambiente de las tomas</i>	<i>Medidas de efecto empleadas</i>
						clasificación y modelado computacional, desde la perspectiva del procesamiento de imágenes.	equilibrio térmico con la sala (están en la habitación mucho antes de la adquisición de imágenes y el paciente ingresa, y el paciente espera 10 minutos antes de la adquisición de las imágenes). Lo anterior con el fin de reducir al mínimo cualquier fluctuación de temperatura dentro de la habitación durante la adquisición de imágenes. En todo tipo de exploraciones (mamografía, ecografía, resonancia magnética y termografía) se espera encontrar cierta simetría entre una mama y la otra. Así, las grandes asimetrías pueden ser un indicio de alguna alteración o enfermedad de la mama. Con el fin de mejorar el resultado de la clasificación de las imágenes es necesario la aplicación de selección de atributos.	
9	DIAL NET	La termografía digital como herramienta para tamizaje de cáncer de mama	Eber Orozco, Jorge Castro, Luis Mena, Mario Flores, Nildia Mejias	2024	<a href="https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4861749">https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4861749</a>	Evaluar la Viabilidad de la termografía digital como herramienta de tamizaje inicial para la detección temprana de posibles lesiones cancerosas en mama, en mujeres mayores de 18 años, mediante un estudio preliminar realizado en colaboración con el DIF-Mazatlán,	Se menciona en el artículo que se debe acondicionar un área de trabajo de acuerdo con las condiciones necesarias para obtener una buena imagen la región espectral visible e Infrarrojo, es decir, se deben monitorear variables como la temperatura ambiental (20°C) y la humedad (<50%). La implementación de la técnica de termografía para estudiar lesiones en mama requiere establecer las posiciones en las cuales se debe colocar la paciente para capturar las imágenes, así como definir la distancia a la cual serán capturadas	Registro de temperaturas máximas (27,91 °C – 35,99 °C), desviación estándar de la temperatura, criterio de variación térmica >1 °C como indicativo de lesión. No se aplicaron pruebas inferenciales ni medidas de efecto relativas.

<i>Ítem</i>	<i>Base de datos</i>	<i>Título</i>	<i>Autor autores</i>	<i>Año de publicación</i>	<i>URL del documento</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Datos relevantes a los pacientes y al ambiente de las tomas</i>	<i>Medidas de efecto empleadas</i>
						Sinaloa.	(120 cm), de forma tal, que el campo de visión de la cámara permita hacer la toma completa y además garantizar que las imágenes estén siempre enfocadas. Las condiciones necesarias que debe cumplir para capturar las imágenes termográficas son: Evitar el uso de brasier muy ajustado el día de la evaluación clínica, evitar el uso de desodorantes, no usar cosméticos en el área corporal a estudiar, no fumar y no ingerir bebidas alcohólicas el día previo a la evaluación. Se Ingres a la persona al área de trabajo y se le indica que se quite la vestimenta superior para equilibrar la temperatura corporal durante 10 minutos. La variación de temperatura en la mama es el parámetro que permitir estimar la existencia de una lesión, si la variación es superior a 1°C es un indicio de una posible lesión en la mama.	
10	Applied Science & Technology Source	Segmentación automática de imágenes térmicas de la mama como apoyo a la detección de cáncer	Rodríguez, S.; Loaiza, H. & Restrepo, A. D.	2014	<a href="https://research.ebsco.com/bibliotecavirtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=4a8c443d-3a43-3d8a-b8cf-2137600ed8">https://research.ebsco.com/bibliotecavirtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=4a8c443d-3a43-3d8a-b8cf-2137600ed8</a>	Desarrollar una propuesta de segmentación automática de imágenes térmicas de la mama, basada en la detección de zonas de alto gradiente térmico y geometría del cuerpo, como etapa de	En este estudio se presenta una propuesta de segmentación de imágenes termográficas que puede utilizarse como etapa de preprocesamiento en el análisis asimétrico de CA de mama. Esta propuesta de segmentación parte de la detección de zonas con altos gradientes de temperatura, a partir de las cuales se definen regiones geométricas de interés [Región of Interest, ROI]. Las zonas calientes	Porcentaje de éxito de segmentación (75% y 60%), evaluación heurística de cobertura, equalización adaptativa de histograma, método de Otsu, análisis de distribución térmica mediante kurtosis. No se aplicaron pruebas inferenciales como OR o RR.

<i>Ítem</i>	<i>Base de datos</i>	<i>Título</i>	<i>Autor autores</i>	<i>Año de publicación</i>	<i>URL del documento</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Datos relevantes a los pacientes y al ambiente de las tomas</i>	<i>Medidas de efecto empleadas</i>
					71	preprocesamiento en el análisis de asimetrías para apoyar la detección temprana de CA de mama.	seleccionadas como referencia en el inicio de la identificación del ROI, corresponden a aquellas que se presentaban debajo de cada mama, luego, mediante un seguimiento de contornos en ambos lados del cuerpo, se buscó definir las coordenadas de los vértices que daban forma a la región de interés. Los resultados mostraron un éxito promedio del 67.5% en la segmentación de la región mamaria a partir de 40 termogramas, las cuales fueron captadas en pacientes con sus brazos alzados o sus manos en la cintura durante la captura de las imágenes y a una distancia de 1 m de la cámara.	
11	Directory of Open Access Journals	Detección temprana del cáncer de mama mediante la termografía en Ecuador	Pérez, M; Concia, A; Aguilar, A; Sánchez, A & Andaluz, V.	2016	<a href="https://research-ebsco-com.bibliotecavirtual.und.edu.co/linkprocessor/plink?id=99001720-9910-3bc2-899e-bee7b62152fc">https://research-ebsco-com.bibliotecavirtual.und.edu.co/linkprocessor/plink?id=99001720-9910-3bc2-899e-bee7b62152fc</a>	Proponer una técnica complementaria, de bajo costo y no invasiva, basada en termografía médica, para la detección temprana de patologías mamarias, mediante el procesamiento de imágenes térmicas, la extracción de características relevantes y la aplicación de técnicas de segmentación de	Este artículo a modo de monografía realiza una revisión documental de tal forma que se presentan los trabajos más recientes sobre el uso de la termografía en la detección del CA de mama, los tipos de CA de mama y, los protocolos de adquisición. La termografía es una técnica prometedora para la detección temprana de CA de mama, capaz de identificar cambios metabólicos antes de que el tumor sea visible anatómicamente. Es una alternativa no invasiva, de bajo costo, sin radiación ni compresión, ideal para programas de tamizaje en atención primaria en países de ingresos bajos y medios. Proponen una ruta metodológica	No se aplicaron pruebas t, OR, RR ni diferencias absolutas de riesgo en el artículo porque se centra en una propuesta metodológica y revisión de técnicas.

<i>Ítem</i>	<i>Base de datos</i>	<i>Título</i>	<i>Autor autores</i>	<i>Año de publicación</i>	<i>URL del documento</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Datos relevantes a los pacientes y al ambiente de las tomas</i>	<i>Medidas de efecto empleadas</i>
						regiones de interés (ROI).	completa para usar termografía: adquisición de imágenes bajo protocolos estrictos, preprocesamiento, segmentación automática, extracción de características térmicas y de textura, clasificación automática. El análisis de asimetría térmica entre las dos mamas es clave para la detección de anomalías. Subrayan la necesidad de crear una base de datos propia de imágenes térmicas en Ecuador para mejorar la precisión y adaptabilidad de las técnicas de clasificación. El proyecto tiene un enfoque multidisciplinario (mastología, análisis de imágenes térmicas e inteligencia artificial). Limitaciones reconocidas: falta de aceptación médica generalizada de la termografía y necesidad de estudios de validación clínica más amplios.	
12	OAIster	Diseño e implementación de un maniquí del seno humano para identificar anomalías mamarias mediante termografía activa	Ríos Henao, G. S.	2019	<a href="https://research.ebsco.com/bibliotecavirtual/unad.edu.co/linkproc/essort/plink?id=67795754-45ca-3149-8606-675502f2640d">https://research.ebsco.com/bibliotecavirtual/unad.edu.co/linkproc/essort/plink?id=67795754-45ca-3149-8606-675502f2640d</a>	Diseñar e implementar un maniquí del seno humano para la identificación de anomalías mamarias utilizando la técnica de termografía infrarroja activa, con el fin de analizar experimentalmente las características térmicas de	Durante el desarrollo del proyecto se realizaron una serie de experimentos que tienen como finalidad la construcción de dos maniqués del seno humano y el análisis de sus características, como son la difusividad térmica del acrílico que es el material de mayor uso en el diseño, y la temperatura. También se desarrolló la caracterización térmica del espacio de estudio y se determinó en qué condiciones se debe encontrar un lugar para poder realizar pruebas de termografía. Se empleó una	Promedios, desviaciones estándar, incertidumbres tipo A, B1, B2, combinada y expandida, curtosis, difusividad térmica, curvas de calentamiento, coeficientes de correlación (R <sup>2</sup> ) de comportamiento térmico. No se aplicaron pruebas t, OR, RR ni análisis de riesgo.

<i>Ítem</i>	<i>Base de datos</i>	<i>Título</i>	<i>Autor autores</i>	<i>Año de publicación</i>	<i>URL del documento</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Datos relevantes a los pacientes y al ambiente de las tomas</i>	<i>Medidas de efecto empleadas</i>
						diferentes tipos de tejidos simulados.	metodología experimental en la cual se implementó y coloco a prueba un maniquí de silicona comercial que simula la forma del seno y dos maniqués hechos con Plexiglas simulando el comportamiento térmico del seno y las formas que puede tomar una anomalía mamaria, enfocándose principalmente en anomalías circulares variando radio y profundidad, las cuales fueron rellenas con materiales que simulan las propiedades del tumor, la grasa y las glándulas mamarias. A partir del registro y procesamiento de las imágenes termográficas tomadas por reflexión y transmisión se cuantificó el tamaño y forma de las anomalías.	
13	EBS CO	Cálculo del perfil de temperatura en un modelo tridimensional de mama para análisis paramétrico de la influencia de la posición y tamaño de un tumor maligno.	Queiroz Júnior, j. R. A. De; lima, R. De C. F. De	2021	<a href="https://research-ebsco-com.biblioteca.cavirtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=4daffe9ae-8b68-36f2-917b-72980e81d1d1">https://research-ebsco-com.biblioteca.cavirtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=4daffe9ae-8b68-36f2-917b-72980e81d1d1</a>	Desarrollar un estudio paramétrico sobre la influencia de la posición y el tamaño de un tumor maligno en el perfil de temperatura calculado en una mama, utilizando un modelo tridimensional personalizado obtenido a partir de termogramas, con el fin de estimar la sensibilidad de la termografía infrarroja como	En este trabajo se propone el desarrollo de una metodología para producir una geometría tridimensional personalizada de la mama a partir de curvas extraídas manualmente de termogramas contenidos en la base de datos de imágenes termográficas de la UFPE. Con esta geometría se realizan análisis paramétricos, buscando comprender la influencia de la profundidad y el tamaño del tumor en el perfil de temperatura calculado.	Cálculo de Tmax en simulaciones numéricas, análisis de convergencia de malla, variación porcentual de temperatura respecto a posición y tamaño del tumor, generación de calor metabólico (Qm) del tumor, modelado con BioHeat Transfer Equation. No se realizaron pruebas inferenciales tipo t, OR o RR.

<i>Ítem</i>	<i>Base de datos</i>	<i>Título</i>	<i>Autor autores</i>	<i>Año de publicación</i>	<i>URL del documento</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Datos relevantes a los pacientes y al ambiente de las tomas</i>	<i>Medidas de efecto empleadas</i>
						herramienta de detección temprana de CA de mama.		
14	OAIster	Revisión Sistemática en Bases de Datos sobre Imágenes Diagnósticas Empleadas en Cáncer de Seno	Rivera Pérez, P.A.	2020	<a href="https://research.ebsco.com/biblioteca.virtual.unad.edu.co/cq/cagk4/search/details/b72pavj23r?q=Revisi%C3%B3n%20Sistema%C3%A1tica%20en%20Bases%20de%20Datos%20sobre%20Im%C3%A1genes%20Diagn%C3%B3sticas%20Empleadas%20en%20C%C3%A1ncer%20de%20Seno">https://research.ebsco.com/biblioteca.virtual.unad.edu.co/cq/cagk4/search/details/b72pavj23r?q=Revisi%C3%B3n%20Sistema%C3%A1tica%20en%20Bases%20de%20Datos%20sobre%20Im%C3%A1genes%20Diagn%C3%B3sticas%20Empleadas%20en%20C%C3%A1ncer%20de%20Seno</a>	Presentar una revisión sistemática de los diferentes métodos existentes para el análisis de imágenes diagnósticas empleadas en la detección temprana del CA de mama, proporcionando un repositorio de fácil consulta para futuras investigaciones enfocadas en la aplicación de la termografía infrarroja.	En este artículo se realiza una revisión sistemática de la literatura sobre métodos de análisis de imágenes diagnósticas utilizadas en la detección temprana del CA de mama, con énfasis en la técnica de Termografía Infrarroja (TIR), contrastándola con otros.	Análisis bibliométrico: frecuencias absolutas y relativas de Publicaciones por técnica de imagen, país, universidad y entidad financiadora; evolución anual de publicaciones; sin aplicación de medidas de efecto clínicas (OR, RR) ni pruebas estadísticas inferenciales.
15	EBS CO	Detección de cáncer de mama: el Termograma no sustituye a la mamografía	U.S. FOOD & DRUG Administration	2023	<a href="https://research.ebsco.com/biblioteca.virtual.unad.edu.co/cq/cagk4/search/details/jsjdbec465v?limiters=FT1%3AY&amp;q=el%20">https://research.ebsco.com/biblioteca.virtual.unad.edu.co/cq/cagk4/search/details/jsjdbec465v?limiters=FT1%3AY&amp;q=el%20</a>	Informar a los pacientes y al público en general que la termografía no sustituye a la mamografía como método de detección temprana del CA de mama, aclarando los	La FDA advierte que la termografía no debe usarse como sustituto de la mamografía para la detección del CA de mama. Mientras que la mamografía está respaldada por evidencia sólida como una herramienta confiable para detectar el CA de mama temprano, la termografía utiliza imágenes infrarrojas para detectar patrones de	Datos epidemiológicos (1 de cada 8 mujeres diagnosticadas), respaldo a la eficacia de la mamografía según evidencia de la Sociedad Americana del CA. No se realizaron análisis estadísticos propios ni se presentan medidas de efecto clínico.

<i>Ítem</i>	<i>Base de datos</i>	<i>Título</i>	<i>Autor autores</i>	<i>Año de publicación</i>	<i>URL del documento</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Datos relevantes a los pacientes y al ambiente de las tomas</i>	<i>Medidas de efecto empleadas</i>
					20termogra ma%20no% 20sustituye %20a%20la %20mamogr a fia%20fd a	riesgos asociados al uso exclusivo de la termografía, y reafirmando el rol complementario de esta tecnología bajo regulación de la FDA. Afirmaciones hechas por los fabricantes sean precisas y estén respaldadas por pruebas científicas. Esto busca proteger a las pacientes de información potencialmente engañosa que podría retrasar un diagnóstico oportuno y tratamiento adecuado	calor y flujo sanguíneo, pero no cuenta con suficiente evidencia científica para ser considerada equivalente o superior a la mamografía. La agencia enfatiza que, aunque los termogramas pueden complementar otros métodos, no son una herramienta de diagnóstico independiente. La FDA también regula estrictamente los dispositivos médicos, incluida la termografía, para garantizar que las afirmaciones hechas por los fabricantes sean precisas y estén respaldadas por pruebas científicas. Esto busca proteger a las pacientes de información potencialmente engañosa que podría retrasar un diagnóstico oportuno y tratamiento adecuado	
16	Pub Med	Un estudio de las técnicas de detección del cáncer de mama: termografía y tomografía de impedancia eléctrica	J, Zuluaga-Gómez, N, Zerhouni, ZAI Masry, C Devalland, C Varnier	2019	<a href="https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31545114/">https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31545114/</a>	Revisar los avances recientes en las técnicas de termografía e impedancia eléctrica para la detección del CA de mama, describiendo sus beneficios, limitaciones y la integración de herramientas de aprendizaje	El cáncer de mama representa un alto riesgo en las mujeres, y el diagnóstico temprano de la enfermedad es crucial para disminuir la tasa de mortalidad. La práctica del cribado por mamografía es el enfoque actual para la detección temprana del cáncer de mama; sin embargo, la falta de disponibilidad de la mamografía en algunos países ha llevado a la exploración de otras tecnologías. Entre estas se encuentran la termografía, la imagen infrarroja y	Revisión de sensibilidad (54%-100%), especificidad (40%-94%), exactitud (59%-99%), AUC (>0,90) y PPV (hasta 90%) en estudios de termografía y EIT. Aplicación de métodos de machine learning como SVM, ANN, DT, RF, validaciones cruzadas tipo K-Fold. No se realizaron experimentos propios ni se aplicaron

<i>Ítem</i>	<i>Base de datos</i>	<i>Título</i>	<i>Autor autores</i>	<i>Año de publicación</i>	<i>URL del documento</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Datos relevantes a los pacientes y al ambiente de las tomas</i>	<i>Medidas de efecto empleadas</i>
						automático para mejorar el desempeño del diagnóstico asistido por Computator (CAD).	la tomografía de impedancia eléctrica, basadas en el bajo costo, la sencillez y la accesibilidad. Específico de la termografía es el aumento de temperatura de la piel debido a la angiogénesis y al aumento de la perfusión sanguínea causada por el tumor. Proporcionan un procesamiento automatizado de termogramas en términos de identificación, preprocesamiento, extracción de características, clasificación e inspección posterior. Estos sistemas están diseñados para aumentar la precisión del diagnóstico y disminuir la subjetividad. No obstante, el potencial de usar la termografía depende de protocolos rigurosos: no hacer ejercicio, ni consumir cafeína o alcohol antes del examen, estabilización de la temperatura de la sala (de 18 a 25 °C) y permitir que la paciente se aclimate durante al menos 15 minutos bajo condiciones estandarizadas.	medidas estadísticas directas.
17	Pub Med	Detección de cáncer de mama mediante imágenes térmicas infrarrojas y un modelo de aprendizaje profundo.	Sebastián Jean Mambou Petra a Ondrej Krejcar Ali Selamat Kamil Kuca	2018	<a href="https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30149621/">https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30149621/</a>	Explorar las técnicas actuales de detección de CA de mama mediante imágenes térmicas infrarrojas y desarrollar un modelo basado en aprendizaje profundo (InceptionV3)	La detección temprana del cáncer de mama no solo aumenta la supervivencia, sino que también disminuye la carga económica del tratamiento y el estigma asociado a este. En este contexto, entre los métodos no invasivos, la termografía infrarroja digital (DIT) es una herramienta prometedora, que está libre de radiación ionizante y se puede realizar en poblaciones	Precisión, curva ROC, matriz de confusión, curvas de Precisión- Recall, sensibilidad por tipo de escaneo (78% y 67% en mujeres <50 años), validación con conjunto de prueba (20%) y externo (12 casos nuevos). No se aplicaron pruebas t, OR o RR.

<i>Ítem</i>	<i>Base de datos</i>	<i>Título</i>	<i>Autor autores</i>	<i>Año de publicación</i>	<i>URL del documento</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Datos relevantes a los pacientes y al ambiente de las tomas</i>	<i>Medidas de efecto empleadas</i>
						combinado con una Máquina de Vectores de Soporte (SVM) para mejorar la clasificación entre tejido mamario sano y enfermo	sensibles, como mujeres jóvenes o embarazadas Estudios como los de Kosus et al. (2010) y Boogerd et al. (2017) enfatizan la sensibilidad de la termografía a tumores de crecimiento más rápido y que puede complementar las debilidades de la mamografía en senos densos. Además, se propone que la inteligencia artificial (IA) y los sistemas de diagnóstico asistidos por computadora (CAD) pueden ayudar en la interpretación de termogramas, aumentando la sensibilidad al cáncer de mama; sin embargo, se requieren más esfuerzos en esta área para superar el rendimiento de la evaluación visual humana. En conclusión, la integración de la termografía infrarroja con protocolos clínicos bien definidos y herramientas computacionales avanzadas constituye un enfoque novedoso para mejorar el diagnóstico precoz del cáncer de mama, especialmente en entornos con bajos recursos o desafiantes donde es difícil realizar mamografías tradicionales	
18	Science Direct	Breast thermography from an image processing viewpoint: A survey	Tiago B. Borchardt, Aura Conci, Rita C.F. Lima,	2013	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165168412002794?">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165168412002794?</a>	Realizar una revisión sistemática de los trabajos más relevantes sobre el uso de imágenes térmicas infrarrojas en la detección de	El artículo aborda el uso de imágenes térmicas para detectar CA de mama mediante el uso de un modelo avanzado llamado SWIN Transformers. Este enfoque utiliza redes neuronales profundas para procesar imágenes térmicas con el	Revisión de sensibilidad (~90%), especificidad (~90%), precisión, curvas ROC, F1-score en estudios previos. Técnicas de clasificación como ANN, SVM, k-means y sistemas

<i>Ítem</i>	<i>Base de datos</i>	<i>Título</i>	<i>Autor autores</i>	<i>Año de publicación</i>	<i>URL del documento</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Datos relevantes a los pacientes y al ambiente de las tomas</i>	<i>Medidas de efecto empleadas</i>
			Roger Resmini, Angel Sánchez		via%3Dihub	patologías mamarias, analizando los métodos de adquisición de imágenes, segmentación, extracción de características, clasificación, y modelado computacional, desde una perspectiva de procesamiento de imágenes.	fin de identificar patrones que puedan indicar la presencia de CA de mama. El sistema propuesto ha mostrado buenos resultados de precisión en estudios preliminares, destacándose como una herramienta prometedora para el diagnóstico temprano y no invasivo del CA de mama. Además, resalta la capacidad de los modelos basados en transformadores para mejorar el rendimiento de la clasificación de imágenes médicas, como las térmicas. Este enfoque no solo apunta a mejorar la precisión diagnóstica, sino también a ofrecer una alternativa menos costosa y más accesible en comparación con los métodos tradicionales como las mamografías.	neuro- difusos. No realizaron análisis estadísticos propios ni aplicaron OR, RR o pruebas inferenciales.
19	EBS CO	A Study and Analysis of Hybrid Intelligent Techniques for Breast Cancer Detection Using Breast Thermograms	Rani logoi, U., Bhowmik, M.K., Bhattacharjee, D., Gjosh, A.K. Majumdar, G.	2025	<a href="https://resolversebscohostombibliotecavirtual.unad.edu.co/openurl?sid=EBSCO%3aedssj&amp;genre=book&amp;issn=&amp;ISBN=9788132225430&amp;volume=611&amp;issue=&amp;date=&amp;page=329&amp;pages=32959&amp;title=Hybrid+Soft+C">https://resolversebscohostombibliotecavirtual.unad.edu.co/openurl?sid=EBSCO%3aedssj&amp;genre=book&amp;issn=&amp;ISBN=9788132225430&amp;volume=611&amp;issue=&amp;date=&amp;page=329&amp;pages=32959&amp;title=Hybrid+Soft+C</a>	Presentar una revisión sobre el uso de la termografía infrarroja médica (MIT) y de sistemas híbridos de inteligencia artificial para la detección temprana y la clasificación de CA de mama, resaltando su papel en la mejora del diagnóstico y en la toma de decisiones clínicas para	Este artículo menciona que la termografía infrarroja médica (MIT) con una sensibilidad del 90 % ha demostrado ser un método seguro y prometedor para la detección temprana del CA de mama. Además, un termograma de mama anormal puede significar una patología mamaria. La clasificación y el diagnóstico preciso de estos termogramas de mama es uno de los principales problemas en la toma de decisiones para los tratamientos, lo que conduce a la utilización de un sistema inteligente híbrido en la clasificación de los termogramas de	Se reporta sensibilidad general de 90% para termografía médica. Uso de extracción de características estadísticas y clasificación mediante sistemas híbridos de inteligencia artificial. No se presentan medidas estadísticas propias como OR, RR o pruebas inferenciales.

<i>Ítem</i>	<i>Base de datos</i>	<i>Título</i>	<i>Autor autores</i>	<i>Año de publicación</i>	<i>URL del documento</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Datos relevantes a los pacientes y al ambiente de las tomas</i>	<i>Medidas de efecto empleadas</i>
					omputing+Approaches+Research+and+Applications&title=A+Study+and+Analysis+of+Hybrid+Intelligent+Techniques+for+Breast+Cancer+Detection+Using+Breast+Thermograms&aulast=Gogoi%2c+Usha+Rani&id	tratamientos y predicción de supervivencia.	mama. El sistema inteligente híbrido desempeña un papel vital en la predicción de la supervivencia de un paciente con CA de mama, y es muy importante en la toma de decisiones para tratamientos y medicamentos.	
20	Science Direct	Early detection of the breast cancer using infrared technology – A comprehensive review	Aigerim Masheko va, Yong Zhao, Eddie Y.K. Ng, vasilios Zarikas, Sai Cheong Fok, Olzhas Mukhmetov,	2022	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2451904921003012">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2451904921003012</a>	Realizar una revisión comprensiva sobre la detección temprana del CA de mama utilizando tecnología de termografía infrarroja, integrando estudios sobre modelado numérico, simulaciones térmicas, técnicas de procesamiento de imágenes y métodos de inteligencia	El CA de mama es una enfermedad común y mortal, y su detección temprana es clave para aumentar las posibilidades de cura. La termografía, un método seguro y no invasivo, ha cobrado relevancia en la detección del CA de mama gracias a los avances en procesamiento de imágenes y técnicas de clasificación inteligente. Esta tecnología económica y sin contacto tiene un gran potencial para integrarse con Internet, permitiendo la detección temprana a gran escala y el monitoreo continuo de pacientes. Este artículo revisa estudios previos que exploran la combinación de termografía,	Sensibilidad de 81.6% (termografía) vs. 80.5% (mamografía); especificidad 57.8% (termografía) vs. 73.3% (mamografía); PPV y NPV comparados; uso de curvas ROC, revisión de modelos de IA (SVM, ANN, CNN, RVM, k-NN). No se realizaron experimentos propios.

<i>Ítem</i>	<i>Base de datos</i>	<i>Título</i>	<i>Autor autores</i>	<i>Año de publicación</i>	<i>URL del documento</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Datos relevantes a los pacientes y al ambiente de las tomas</i>	<i>Medidas de efecto empleadas</i>
						artificial para mejorar la eficiencia diagnóstica	simulación numérica e inteligencia artificial para mejorar la detección temprana del CA de mama.	
21	OAIster	Breast Cancer Detection in Thermal Infrared Images Using Representation Learning and Texture	Abdel-Nasser, Mohamed; Moreno, Antonio; Puig, Domènec	2019	<a href="https://research.ebsco.com/biblioteca.virtual.unad.edu.co/c/qcagk4/search/details/5y7asbndtf?limiters=FT1%3AY&amp;q=Breast%20Detection%20in%20Thermal%20Infrared%20Images%20Using%20Representation%20Learning%20and%20Texture">https://research.ebsco.com/biblioteca.virtual.unad.edu.co/c/qcagk4/search/details/5y7asbndtf?limiters=FT1%3AY&amp;q=Breast%20Detection%20in%20Thermal%20Infrared%20Images%20Using%20Representation%20Learning%20and%20Texture</a>	Proponer un método novedoso de representación de secuencias de termogramas dinámicos basado en "learning-to-rank" (LTR) y análisis de texturas, para mejorar la clasificación entre casos normales y casos de CA de mama en imágenes térmicas.	Hoy en día el CA de mama es comúnmente diagnosticado en mujeres, y la mamografía es la técnica estándar para su detección temprana. Sin embargo, las imágenes térmicas infrarrojas (termogramas) pueden ser útiles para identificar lesiones en mamas densas, ya que las regiones tumorales tienen temperaturas más altas que el tejido normal. Este estudio propone un nuevo método para modelar los cambios de temperatura en mamas normales y anormales, utilizando técnicas de aprendizaje de representación y análisis de textura. El método genera representaciones compactas de secuencias de imágenes infrarrojas, lo que permite diferenciar entre casos normales y cancerosos. Los resultados obtenidos (AUC=0.989) son competitivos en comparación con otros estudios.	AUC (0.989), precisión (95.8%), recall (97.1%), precisión (94.6%), F-Score (95.4%). Validaciones por 100 particiones aleatorias, prueba de Wilcoxon signed-rank, prueba de Shapiro-Wilk y corrección de Bonferroni. Clasificación mediante MLP.
22	Springer Nature Journals	Role of normalization of breast thermogram images and automatic classification of breast	Sathish, Dayakshini; Karmath, Surekha; Prasad, Keerthana; Kad	2019	<a href="https://research.ebsco.com/biblioteca.virtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=4">https://research.ebsco.com/biblioteca.virtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=4</a>	Demostrar la importancia de la normalización de matrices de temperatura en termogramas mamarios y proponer un método	En este artículo se habla que la termografía mamaria es una técnica no invasiva utilizada para la detección temprana del CA de mama, basada en la medición de las temperaturas. La normalización de las matrices de temperatura de los termogramas mamarios es crucial	Precisión 91%, sensibilidad 87.23%, especificidad 94.34% con SVM Gaussiano en termogramas normalizados. Aumento del 16% en precisión respecto a termogramas no

<i>Ítem</i>	<i>Base de datos</i>	<i>Título</i>	<i>Autor autores</i>	<i>Año de publicación</i>	<i>URL del documento</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Datos relevantes a los pacientes y al ambiente de las tomas</i>	<i>Medidas de efecto empleadas</i>
		cáncer	avigere, Rajagopal		c766 5cf-c889-310b-bb4e-0fd78fe3e83c	novedoso de clasificación automática de imágenes basado en características locales de energía de sub-bandas wavelet, utilizando selección de características mediante Random Subset Feature Selection (RSFS) y algoritmo genético.	para ajustar los diferentes rangos de temperatura a una escala común. Este estudio propone un método para clasificar automáticamente las imágenes de termogramas mamarios utilizando características de energía local de sub-bandas de wavelet y un algoritmo de selección de características. Se logró una precisión del 91%, con una sensibilidad del 87.23% y una especificidad del 94.34% utilizando un clasificador SVM Gaussiano. Además, se observó un aumento del 16% en la precisión al clasificar termogramas mamarios normalizados en comparación con los no normalizados.	normalizados. Uso de RSFS y algoritmos genéticos para selección de características.

*Fuente:* Elaboración propia.