

**ANÁLISIS CRÍTICO DE LAS TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL MÁS
UTILIZADAS EN LA PREDICCIÓN DEL CÁNCER DE MAMA A PARTIR DE
MAMOGRAFÍAS**

**SANTIAGO PULGARÍN SÁNCHEZ
SARA LUCÍA VALENCIA OROZCO**

DIRECTOR:

MARÍA ISABEL MARÍN MORALES

CODIRECTOR:

HERNÁN AHUMADA



Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria
Ingeniería en Software
Medellín, Colombia.
2020

DEDICATORIA

Nos gustaría, de antemano, dar las gracias por la ayuda que muchas personas nos han prestado durante el proceso de investigación y redacción de este trabajo. En primer lugar, quisiéramos agradecer a nuestros padres, quienes nos han ayudado y apoyado en todo este tiempo. De igual forma a nuestros asesores, María Isabel Marín Morales y Hernán Ahumada, por habernos orientado con sus conocimientos y su gran trayectoria, gracias a esto hemos logrado culminar nuestros estudios con éxito. Por último y no menos importante agradecer a nuestra Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia por ser la sede de todo el conocimiento adquirido en estos años.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, deseamos expresar nuestros agradecimientos a los asesores de nuestra tesis, María Isabel Marín Morales y Hernán Ahumada, por la dedicación y apoyo que nos brindaron en este trabajo, por el respeto a nuestras ideas, sugerencias y por la dirección y el rigor con la cual dirigieron la investigación.

Un trabajo de investigación es siempre fruto de ideas, proyectos y esfuerzos previos que corresponden a otras personas. Un trabajo de investigación es también fruto del reconocimiento y del apoyo vital que nos ofrecen las personas que nos estiman, sin el cual no tendríamos la fuerza y energía que nos anima a crecer como personas y como profesionales.

Gracias a nuestras familias, a nuestros padres, hermanos y hermanas, porque con ellos compartimos esta gran felicidad por alcanzar esta meta. Gracias a nuestros amigos, que siempre nos dieron apoyo moral y humano, necesarios en los momentos difíciles de este trabajo, agradecerles a todos por su paciencia, comprensión y solidaridad con este proyecto. Sin su apoyo este trabajo nunca se habría escrito y, por eso, este trabajo es también el suyo. A todos, muchas gracias.

RESUMEN

Los avances en el campo de la informática han ayudado a simplificar tareas humanas. Uno de los procesos en los cuales se ha logrado mayor progreso es la inteligencia artificial (IA). Esta, le ofrece a la humanidad grandes beneficios y reducir los tiempos de los diagnósticos en la medicina. Una de las áreas beneficiadas por la IA es la detección temprana del cáncer de mama mediante las mamografías, la cual disminuye los tiempos de diagnóstico y errores humanos, utilizando técnicas como el aprendizaje profundo o el aprendizaje automático; los cuales evolucionan satisfactoriamente con el pasar de los años. Estas técnicas utilizan los datos para convertirlos en conocimientos, los cuales son procesados y analizados a través de métodos complejos. La IA busca que su impacto a futuro sea beneficioso y traiga consigo éxitos sin precedentes a la humanidad y al mismo tiempo logra reducir los índices de mortalidad en las mujeres que padecen dicha enfermedad.

PALABRAS CLAVE

Inteligencia artificial, cáncer de mama, aprendizaje automático, aprendizaje profundo, mamografía.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS	3
RESUMEN.....	4
PALABRAS CLAVE	4
TABLA DE CONTENIDO.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
ABREVIATURAS.....	9
1. INTRODUCCIÓN	10
2. MARCO DEL PROYECTO	11
2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	11
2.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	12
2.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
2.4. MARCO CONTEXTUAL	14
2.5. ANTECEDENTES.....	16
2.6. HIPÓTESIS.....	18
3. OBJETIVOS	18
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	18
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
4. MARCO METODOLÓGICO	19
4.1. DEFINICIÓN DE LA METODOLOGÍA	19
4.2. DEFINICIÓN DEL ALCANCE	21
5. MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL	21
6. DESARROLLO DEL PROYECTO	27
6.1 IDENTIFICAR LOS PRINCIPALES MODELOS PREDICTIVOS UTILIZADOS POR LAS TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA PREDICCIÓN DEL CÁNCER DE MAMA A PARTIR DE MAMOGRAFÍAS, PARA LA OBTENCIÓN DE UNA VISIÓN GENERAL SOBRE LAS TENDENCIAS ACTUALES.....	27

6.2 DEFINIR LOS CRITERIOS DE ANÁLISIS A LA LUZ DE LOS CUALES SE REVISARÁ CADA MODELO	32
6.3 CARACTERIZAR LOS MODELOS PREDICTIVOS UTILIZADOS POR LAS TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA PREDICCIÓN DEL CÁNCER DE MAMA QUE FUERON IDENTIFICADOS CON BASE A LOS CRITERIOS DE ANÁLISIS DEFINIDOS	34
6.4 ANALIZAR LOS RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN CON EL FIN DE ESTABLECER UNA POSICIÓN CRÍTICA SOBRE EL CONJUNTO DE TÉCNICAS REVISADAS.	43
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	53
8. IMPACTO ESPERADO	54
9. CONCLUSIONES.....	54
10. RECOMENDACIONES FUTURAS.....	55
REFERENCIAS	56
Bibliografía.....	56
ANEXOS.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1, The Systematic Mapping Process. Tomado de Systematic Mapping Studies in Software Engineering	20
Figura 2 Deep Learning o Aprendizaje Profundo. Tomado de Smart Panel.....	22
Figura 3 Las 7 Fases del Proceso de Machine Learning. Tomado de IA artificial	23
Figura 4 Análisis gráfico del comportamiento de células normales y malignas. Tomado de Clasificación de Mamografías Mediante Redes Neuronales Convolucionales.....	25
Figura 5 Imágenes mamográficas con artefactos. Tomado de Diseño de Sistema Automatizado para Detección de Anomalías en Imágenes Digitales de Mama.....	25
Figura 6 Mamografía normal (izquierda) y mamografía con anomalía (derecha). Tomado de Clasificación de Mamografías Mediante Redes Neuronales Convolucionales	25
Figura 7 Clasificación de los problemas según su complejidad. Tomado de Análisis de Algoritmos.....	27
Figura 8 Proceso de Revisión Sistemática de Literatura	28
Figura 9 Porcentaje de Trabajos	30
Figura 10 Sensibilidad	30
Figura 11 Especificidad	31
Figura 12 Precisión Promedio (Exactitud)	32
Figura 13 ejemplo de una red neuronal totalmente conectada. Tomado de Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones.....	35
Figura 14 Redes Convolucionales. Tomado de Clasificación de redes neuronales artificiales.....	36
Figura 15 Redes Monocapa. Tomado de Clasificación de Redes Neuronales Artificiales	36
Figura 16 Imagen Intuitiva de Deep Learning. Smart Panel	39
Figura 17 Mamografía bilateral. A. Imagen nodular mal delimitada en UCS (Unión de Cuadrantes Superiores) de mama izquierda. Tomado de Introducción del CAD en un Programa de Detección Precoz de Cáncer de Mama.	41
Figura 18 Mamografía Bilateral. B. El CAD marca correctamente el tumor en las dos proyecciones, se muestra carcinoma ductal infiltrante de 11mm. Tomado de Introducción del CAD en un Programa de Detección Precoz de Cáncer de Mama.	41
Figura 19 Arquitectura CAD. Tomado de Herramienta para la Detección Automática de Patologías en Radiografías de Tórax usando Visión por Computador	41
Figura 20 Etapas del Trabajo con Imágenes Mamográficas Realizado por un Sistema CAD. Tomado de Introducción del CAD en un Programa de Detección Precoz de Cáncer de Mama.....	42
Figura 21 Ejemplo de una red bayesiana. Los nodos representan variables aleatorias y los arcos relaciones de dependencia. Tomado de Redes Bayesianas.....	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resultados Sensibilidad	30
Tabla 2 Resultados Especificidad.....	31
Tabla 3 Resultados Exactitud	32
Tabla 4 Criterios de Análisis	33
Tabla 5 Principios de las Redes Neuronales. Tomado de Principios y características de las redes neuronales artificiales.	37
Tabla 6 Criterio de Evaluación. Redes Neuronales	43
Tabla 7 Criterio de Evaluación. CAD	44
Tabla 8 Criterio de Evaluación. Machine Learning (Aprendizaje Automático)	46
Tabla 9 Criterio de Evaluación. Deep Learning (Aprendizaje Profundo)	48
Tabla 10 Criterio de Evaluación. Sistema Bayesiano	49

ABREVIATURAS

IA: Inteligencia Artificial

INC: Instituto Nacional de Cancerología

MIT: Instituto de Tecnología de Massachusetts

OMS: Organización Mundial de la Salud

OPS: Organización Panamericana de la Salud

UPC: Universitat Politècnica de Catalunya

EE. UU: Estados Unidos

CAD: Modelo de Detección Asistida por Computadora

IMC: Índice de Masa Corporal

ANN: Artificial Neuronal Network

INP: Instituto Nacional Politécnico

LSTM: Long short Term Memory

1. INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) se define como una ciencia que tiene por objetivo el diseño y la construcción de máquinas capaces de imitar el comportamiento inteligente de los seres humanos. La literatura especializada reporta que el campo de la IA está conformado por varios tipos de técnicas conocidas como paradigmas (Salcedo, Guerrero Zuñiga, & Delvasto Arjona, 2012). La IA trae consigo muchas preguntas algunas de estas son, ¿Cómo es posible que un cerebro lento y pequeño, ya sea biológico o electrónico, perciba, comprenda, prediga y manipule un mundo mucho más grande y complicado que él? ¿Cómo hacemos para hacer algo con esas propiedades? Estas son preguntas difíciles, pero a diferencia de la búsqueda de un viaje más rápido que la luz o un dispositivo anti gravedad, el investigador en IA tiene pruebas sólidas de que la búsqueda es posible. Todo lo que el investigador tiene que hacer es mirar en el espejo para ver un ejemplo de un sistema inteligente (Russell, 1995).

El cáncer de mama es una de las enfermedades que más afecta a nivel mundial a las mujeres y más aún en países subdesarrollados como Colombia. Es necesario buscar alternativas que ayuden a la disminución de las cifras de mortalidad actuales, aún con todas las campañas de prevención que puedan promoverse, la problemática sigue creciendo. En Bogotá las mujeres con síntomas tardan más de tres meses en su primera consulta y el inicio de la etapa del tratamiento para el cáncer, lo cual constituye una gran desventaja en términos del pronóstico de la enfermedad (Instituto Nacional de Cancerología , 2012).

El área de la salud ya está implementando la IA como una solución para mitigar la carga laboral de los profesionales, esto con el fin de mejorar la atención y los diagnósticos médicos. Se hace necesario destacar la importancia de la IA en el campo de la medicina, así como en la detección temprana del cáncer de mama, considerando que es posible evitar las muertes por esta patología cuando se detecta a tiempo. La IA ha demostrado ser eficaz, rápida y precisa, ya ha demostrado en diferentes escenarios clínicos que se pueden obtener buenos resultados.

El diagnóstico del cáncer de mama ha sido abordado por diferentes técnicas de la IA, al ser este un tema tan amplio, se ve la necesidad de realizar un estudio de estas técnicas donde se observe su desempeño y nos pueda indicar cuál puede ser la mejor opción.

Actualmente existen muchas propuestas de solución enfocadas en la IA para la predicción del cáncer de mama por medio de mamografías, por medio de este trabajo investigativo, se quiere lograr dar una visión crítica frente a los diferentes modelos que se tienen al día de hoy, se busca evidenciar cuales de los modelos de predicción son los más asertivos y claros a la hora de brindar un diagnóstico en la predicción del cáncer de mama por medio de mamografías.

2. MARCO DEL PROYECTO

2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El cáncer de mama, es uno de los más comunes entre las mujeres, hoy en día, es una grave amenaza para la salud de la mujer a nivel mundial y constituye una prioridad no reconocida en los países de ingresos más bajos. Aún con todas las campañas de prevención que puedan promoverse, la problemática sigue creciendo, según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Organization, 2018), “hasta un 16% de la población femenina lo padece; factores como la inequidad en la salud y el bajo acceso a la tecnología, en países de América Latina y el Caribe, son destacados al analizar las razones de las altas tasas de mortalidad en la región”, por tal motivo los países de América Latina y el Caribe tienen algunas de las tasas más altas de riesgo de muerte por este cáncer, lo que destaca las desigualdades en salud en la Región. Según datos de la Organización Panamericana de la Salud OPS, este tipo de cáncer es el segundo más prevalente entre las mujeres que fallecen por la enfermedad en América (Robles & Galanis, 2002).

Las cifras siguen sin ser alentadoras, según la OPS (2019) si estas tendencias actuales continúan, para el año 2030, se calcula que el número de mujeres diagnosticadas con cáncer de mama aumente en un 34% en las Américas (World Health Organization, 2013). Por otra parte, Colombia no es ajeno a esta situación, en la actualidad este cáncer es considerado un problema de salud pública, según el Instituto Nacional de Cancerología INC, este es el tipo de tumoración más común en el país, las cifras demuestran que en el 2018 en Colombia se presentaron 13.380 casos nuevos y 3.702 muertes por esta enfermedad.

La situación actual de la atención en salud en Colombia, es otro de los factores por los que se complica la detección del cáncer de mama, la demora en la atención, así como el acceso a ciertos servicios influye en la detección a tiempo de esta enfermedad, además del autoexamen, la manera más común de detectar tumor en mamas en Colombia es la mamografía, esta se puede hacer mediante la exploración ya que es un tipo específico de toma de imágenes que utiliza rayos x (RSNA, 2019) gracias a esto, el poder realizar la mamografía puede reducir la mortalidad hasta un 23% en mujeres de 50 o más años de edad, pero que no es un estudio fácil de aplicar en muchas regiones de bajo desarrollo tecnológico (Robles & Galanis, 2002). En el departamento Antioquia les causó la muerte a al menos 4.876 mujeres, entre 2005 y 2017, de las cuales 3.780 fueron en el Valle de Aburrá, según datos de la Secretaría de Salud de Antioquia (Ortiz, 2018).

La no detección temprana del cáncer de mama es la principal causa de las muertes por esta enfermedad, debido a que no siempre se presentan síntomas “La mayoría de las mujeres con cáncer no tienen signos ni síntomas durante el diagnóstico” (Asco, 2018). Los signos y los síntomas que se deben analizar cómo se detallan a continuación. Algunas veces la causa de estos síntomas puede ser otra afección médica diferente a la del cáncer” (Asco, 2018).

La medicina ofrece diferentes maneras para la detección temprana del cáncer de mama, siendo la mamografía la más utilizada por los profesionales de la medicina. Esto se debe a la efectividad del examen.

“En Colombia, se diagnostican cerca de 7.000 casos nuevos cada año, y mueren alrededor de 2.500 mujeres por esta causa. De acuerdo con las estimaciones de incidencia, en el período de 2000-2006, el cáncer de mama fue la primera localización en mujeres. En 2010, fue la segunda causa de muerte en mujeres, después del cáncer de cuello uterino. En Colombia, se observa una tendencia al incremento de la mortalidad por este tipo de cáncer, contrastando con la tendencia significativa a la disminución en la mortalidad por cáncer de cuello uterino.” (Cancerología, 2012).

Al existir tantas propuestas de solución enfocadas en el área de la IA y la predicción del cáncer de mama a partir de mamografías, se hace imperativo realizar un estudio comparativo y/o crítico como el que se presenta en nuestro trabajo investigativo, esto con el fin de dar a conocer cuáles de los métodos actuales podrían brindar un diagnóstico más acertado a la hora de predecir dicho el cáncer.

Es importante dentro del contexto actual y la problemática del aumento de muertes por cáncer de mama a nivel global, nacional y regional, pensar en estrategias que permitan la reducción de los indicadores de mortalidad. La implementación de la IA, como instrumento que complemente, mejore o reemplace los procedimientos ya existentes, tienen una gran potencialidad. Además, que ayuden a diagnosticar y prevenir esta enfermedad.

2.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Por ser el cáncer de mama una problemática en la salud de la mujer en el ámbito mundial y más aún en países en vía de desarrollo, tal y como lo es Colombia, se hace imperativo buscar alternativas en la salud que ayuden a disminuir las cifras de mortalidad. La tecnología se convierte en aliado importante para establecer estrategias que contribuyan a la solución del problema. El desarrollo de IA – Inteligencia Artificial – en el mundo, se posiciona con fuerza en el campo de la salud.

La inteligencia artificial (IA) ha sido una innovación que ha cambiado el mundo de la salud y la medicina. Además del área de la investigación, la IA puede brindar soluciones algorítmicas en cuestiones clínicas para ayudar al diagnóstico, pronóstico y tratamiento de las personas que lo requieren, así como en el reconocimiento por software de patrones visuales en el campo de la radiología y la interpretación de imágenes (Ingino E. B., 2019).

En el área de la salud ya se está mirando la IA como una de las formas para mitigar la carga de trabajo de los profesionales de la salud, con miras a revolucionar la atención y los diagnósticos médicos. En la actualidad, es común ver estudios de investigación aplicados a esta tecnología.

La IA permite una enseñanza dinámica, relacional, sin paredes. Esta utiliza una serie de algoritmos que dirigen los árboles de decisión, se puede llegar a algunas enfermedades partiendo de un síntoma guía o totalmente al revés, llegar a un grupo de síntomas partiendo de una enfermedad (Esquirol, 2015).

Con todo lo que se ha podido avanzar en cuánto a la IA y con la realidad actual frente al cáncer de mama, es importante seguir avanzando en estrategias que ayuden a la disminución de las cifras de mortalidad frente a esta patología cancerígena. Teniendo en cuenta que con la IA se pueden identificar patrones ocultos que permitan diagnosticar, percibir tratamientos más personalizados.

La mamografía es parte fundamental en los estudios del cáncer de mama, ya que permite la identificación en etapas tempranas de esta enfermedad. Se puede decir, que la IA permitirá que los profesionales en la medicina tengan un rendimiento más alto, utilizando estas ayudas que les brinda la computación, disminuyendo los errores en los diagnósticos y los tiempos de valoración de los resultados del paciente.

La IA además puede facilitar la atención de las personas en un centro médico, agiliza los procesos y llega a lugares donde no se cuenta con especialistas en diferentes áreas de la medicina.

En países o lugares con pocos profesionales especializados, la inteligencia artificial puede ayudar a médicos de atención primaria a acceder a un conocimiento más profundo que permita coordinarse de forma más eficiente con el médico especialista. Si un radiólogo se apoya en una tecnología de IA en el diagnóstico por imagen, podrá llegar a un número mayor de pacientes en menos tiempo (Esquirol, 2015).

Por lo anterior, se hace necesario destacar la importancia de la IA en el campo de la medicina, así como en la detección temprana del cáncer de mama, considerando que es posible evitar las muertes por esta patología cuando se es detectada a tiempo. La IA ha demostrado ser eficaz, rápida y precisa, ya ha demostrado en diferentes escenarios clínicos que se pueden obtener buenos resultados.

La IA tiene infinidad de posibilidades hoy en día muchos de los procesos poseen algún tipo de Inteligencia Artificial. “Según un informe de 2016 del CB Insights, aproximadamente el 86% de las organizaciones proveedoras de asistencia sanitaria utilizan actualmente la IA de algún modo” (MindOpen, 2018).

La necesidad en el área de la oncología es clara, las cifras de muerte en mujeres por causa de esta enfermedad son alarmantes y hoy en día la tecnología y la IA ofrecen más posibilidades cuando de salvar vidas se trata.

Por otro lado, este proyecto se basará en la construcción de un análisis crítico el cual consiste en un proceso de evaluación que permite al lector formarse una idea del potencial de error en los resultados de un estudio (Alonso, Medwave, 2012). Este análisis se realizará sobre los diferentes modelos investigados en nuestra matriz de revisión con el fin de comparar cuál de estos es el más acertado al momento de predecir el cáncer de mama con ayuda de la inteligencia artificial. Realizando esta comparación se quiere evidenciar que la IA se puede implementar para brindar beneficios al personal médico y así tendrán una herramienta de diagnóstico al momento de dar el resultado final.

2.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son los aspectos que intervienen en el rendimiento de las técnicas de inteligencia artificial más utilizadas en la predicción del cáncer de mama a partir de mamografías?

2.4. MARCO CONTEXTUAL

2.4.1. Aspectos generales.

El constante incremento del cáncer de mama, en el mundo, hace que esta enfermedad se convierta en una de las principales causas de muerte de los pacientes que la padecen. En este sentido, la IA enfoca su accionar en el diagnóstico temprano, contribuyendo de esta manera, a una mayor expectativa de vida.

Varios son los estudios que se vienen desarrollando en diversas universidades e institutos del mundo, utilizando la IA. Pero estas técnicas, no solo sirven para el cáncer de mama, sino también para el diagnóstico temprano de otros tipos de cáncer y de enfermedades huérfanas, como el Alzheimer.

En ese sentido, se utiliza el modelo Machine Learning cuya razón de ser es utilizar los distintos modelos algorítmicos basados en Machine Learning existentes para el diagnóstico temprano del cáncer de mama de mama con dichos datos, como por ejemplo en *Logistic Regression* (Regresión Logística), Decision Trees, Random Forest, Gaussian Naive Bayes, K-Nearest Neighbors(KNN), Support Vector Machines(SVM); sin embargo, este estudio tiene como limitaciones que, se considera el KNN es el menos indicado para

realizar diagnósticos de cáncer. Esta investigación fue desarrollada en la Universidad Distrital (Robles Fajardo, 2020).

La investigación usa la Inteligencia Artificial para predecir el cáncer de mama y personalizar su atención, desarrollada por Adam Conner-Simons y Rachel Gordon | CSAIL, basada en el diagnóstico del Cáncer de mama, por medio de la Deep Learning, que permite identificar el tumor maligno a partir de técnicas computacionales; con lo cual se adquiere aprendizaje profundo, usando la inteligencia artificial, para el diagnóstico. La técnica de este estudio se basa en predecir a partir de una mamografía, si un paciente puede desarrollar cáncer de mama en un espacio de tiempo de cinco años. Igualmente, una de las limitaciones de este proyecto se centra en la evaluación de riesgos, sobre todo en las minorías raciales. Los anteriores modelos se desarrollaron en población blanca y su efectividad era menor para otras razas; al igual que otras investigaciones, utiliza la mamografía (Adam Conner-Simons, 2019).

Otro de los estudios es la Aplicación del algoritmo para predecir el riesgo de cáncer de mama en las pacientes del hospital de la solidaridad de villa el salvador, desarrollado por Cyntia Lisbeth Gamarra Condo, Yadira Victoria Santos Melo, mg. José Luis Herrera Salazar, cuya técnica es modelo predictivo, utilizando la minería de datos, la metodología CRISP – DM y la técnica del árbol. Se considera un modelo predictivo, cuya técnica se basa en la identificación de las pacientes propensas a tener cáncer de mama reduciendo errores de diagnóstico. Para ello, se realiza un estudio tecnológico y sistemático, teniendo en cuenta la integridad, la confidencialidad y disponibilidad de sus diagnósticos y las fuentes más recurrente de error. Tiene varias limitaciones: Temporal: Este presente trabajo de investigación se elaborará en un período entre el mes de abril hasta diciembre 2017. Espacial: Esta investigación se enfoca en el área de oncología del Hospital Solidaridad de Villa El Salvador (Dr. José Luis Herrera Salazar, 2019).

En otra investigación, el Método de diagnóstico histopatológico de nódulos mamarios mediante algoritmo de aprendizaje profundo, investigación de Victor Antônio Kuiava, Eliseu Luiz Kuiava, Rubens Rodriguez, Adriana Eli Beck, João Pedro M. Rodriguez, Eduardo O. Chielle (Kuiava, y otros, 2019), el cual se basa en la Deep Learning y establece una interfaz de comunicación de características de imágenes histopatológicas mamarias organizadas bajo una cadena de análisis con un patrón lógico de clasificación de imágenes con y sin lesiones neoplásicas mamarias. Sus principales limitaciones son: el uso de solo dos modelos de redes neuronales para el desarrollo de software y la captura de imágenes clásicas a partir de las condiciones analizadas.

Las investigaciones son muchas y se toman algunas. El siguiente trabajo se basa en la detección de micro-calcificaciones mediante procesamiento de imágenes, estudio desarrollado por Joel Quintanilla-Domínguez, José Ruiz-Pinales, José Miguel Barrón-Adame, Rafael Guzmán-Cabrera; con varias técnicas como mejora de imagen, redes

neuronales artificiales, análisis de ondículas, máquinas de vectores de soporte, morfología matemática, modelos de análisis de imágenes, técnicas de lógica difusa, etc. Entre las principales limitaciones se encuentra que se basa en la sinergia del procesamiento de imágenes, el reconocimiento de patrones y la inteligencia artificial.

Continuando con los estudios, se encuentra el trabajo Omar D. Castrillón, Eduardo Castaño, Luis F. Castillo (Castrillón, Castaño, & Castillo, 2017), basado en el sistema Predictivo Bayesiano para Detección del Cáncer de Mama. Su técnica se basa en la definición de un sistema de clasificación Bayesiano, con una base de datos de pacientes con cáncer y sin cáncer. Posteriormente, se realiza una validación del sistema con el fin de determinar el número de aciertos y errores en el reconocimiento de esta enfermedad. Las limitantes son espaciales, porque se desarrolla en el área de oncología del Hospital Solidaridad.

La presente investigación, se basa en la revisión de literatura respecto a las técnicas de inteligencia artificial más utilizadas en la predicción del cáncer de mama a partir de mamografías. Se tienen en cuenta, además otros estudios como el de Instituto Tecnológico de Massachussets, MTI, el estudio sobre la arquitectura de los quistes que se detectan en las mamografías, la investigación de Google Health, entre otros, que dan cuenta de los avances mundiales para la detección temprana de enfermedades como el cáncer de mama, utilizando la IA.

2.4.2. Localización.

Los insumos para la investigación, se encuentran en diversos artículos científicos, médicos y tecnológicos los cuales recopilamos en una matriz de revisión, que dan cuenta de la adecuada utilización de la IA, con la correcta interpretación de la mamografía, para la detección temprana del cáncer de mama. En este sentido, su localización es global, puesto que existen estudios de EE. UU, Gran Bretaña, España, Costa Rica, Colombia, Perú, entre otros países.

2.5. ANTECEDENTES

Durante muchos años el hombre intentó replicar habilidades mentales en las maquinas, en el año 1936 Alan Turing definió lo que era computable y lo que no era. Todo lo que era computable era lo que se podía solucionar mediante un algoritmo, lo que no se podía lo definió como tareas no computables (Vanguardia, 2018).

La IA es una de las áreas que se pueden definir como computables, esta puede otorgar soluciones algorítmicas en cuestiones clínicas para ayudar al diagnóstico, pronóstico y tratamiento de los pacientes, así como en el reconocimiento por software de patrones visuales en el campo de la radiología y la interpretación de imágenes (Ingino C. , 2019).

Como se mencionó en el planteamiento del problema El cáncer de mama es uno de los más comunes entre las mujeres hoy en día, a nivel nacional se busca reducir los índices de mortalidad en las mujeres que lo padecen con ayuda de la IA.

Algunas investigaciones realizadas por medio de la mamografía tienen como objetivo identificar el cáncer de mama en las primeras etapas de la enfermedad, cuando el tratamiento puede ser más exitoso, la interpretación de las mamografías se puede ver afectada por las tasas de falsos positivos y falsos negativos. Aquí es donde se presenta un sistema de inteligencia artificial (IA) que es capaz de mejorar la ayuda diagnóstica a los expertos humanos en la detección del cáncer de mama. Para evaluar su desempeño en el entorno clínico, fueron seleccionados un conjunto de datos representativos del Reino Unido y un gran conjunto de datos enriquecidos de los EE. UU. Mostramos una reducción absoluta de 5.7% y 1.2% (EE. UU. Y Reino Unido) en falsos positivos y 9.4% y 2.7% en falsos negativos. Proporcionamos evidencia de la capacidad del sistema para generalizar desde el Reino Unido a los Estados Unidos. En un estudio independiente de seis radiólogos, el sistema de IA superó a todos los lectores humanos y se pudo constatar que el sistema de IA mantenía un rendimiento no inferior y podía reducir la carga de trabajo del segundo lector en un 88%. Esta sólida evaluación del sistema de IA allana el camino para que los ensayos clínicos mejoren la precisión y la eficiencia de la detección del cáncer de mama (Mayer McKinney, Marcín T. , Godbole, & Godwin, 2020).

Por todo esto, podemos decir que la mamografía juega un papel importante en estos procesos que se han llevado a cabo, las diferentes técnicas la toman como un eje central para dar sus conclusiones.

Los científicos del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), desarrollaron la IA que está calificada para diagnosticar si es posible que un paciente pueda desarrollar el cáncer de mama durante un periodo anterior a cuatro o cinco años. Se hicieron pruebas en más de 60.000 pacientes, el cual se tomaron mamografías usando técnicas como el aprendizaje profundo; este modelo pudo detectar patrones sutiles en el tejido mamario (Goya, 2019).

Mejorar la redacción. Algo como "Una rama de la IA, denominada Aprendizaje Automático, puede ayudar al diagnóstico

Una rama de la IA, denominada Aprendizaje Automático, puede ayudar al diagnóstico clínico, esta lo que puede lograr es construir sistemas capaces de aprender a partir de conjuntos de datos y mejorar procesos de clasificación y predicción (Reyes, 2014). El MIT, el Hospital General de Massachusetts y la Escuela de Medicina de Harvard han implementado este método en sus investigaciones con el fin de mejorar la detección temprana del cáncer de seno, debido a la cantidad de falsos positivos en las mamografías. Durante sus pruebas lograron reducir en más del 30% el número de cirugías benignas. A lo largo de todo este proceso se ha venido perfeccionando la técnica,

ya que la mayoría de los casos siempre resultaba en una cirugía innecesaria de alto riesgo. También se quiere incorporar en un futuro las imágenes reales de las mamografías y de la patología; se piensa modificar para que no solo sirva en el cáncer de mama, sino también en otros tipos de cáncer (Conner-Simons, 2017).

En Colombia, Cruz (2015) adelantó junto algunos doctores una investigación acerca de cómo la detección temprana del cáncer se puede presentar. La investigación se basa a partir de datos de imágenes de histopatología para apoyar el análisis de la patología digital, el objetivo central fue aportar para la optimización de las tareas de apoyo al diagnóstico de distintos tipos de cáncer como el de seno, todo bajo la técnica de aprendizaje automático (Villanueva, 2018).

El estado colombiano estableció acciones para el control integral de cáncer en la población y así declarar este padecimiento como una enfermedad de interés en salud pública por medio de las siguientes leyes y resoluciones:

- Ley 1384 de 2010.
- Ley 1438 de 2011.
- Resolución 4496 de 2010.

2.6. HIPÓTESIS

La detección del cáncer de mama a partir de mamografías es una tarea que se ha abordado desde distintas técnicas de inteligencia artificial, por lo que el conjunto de estas es susceptible de un análisis crítico con el fin de emitir un juicio sobre cada una técnica en comparación con las demás.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar un análisis crítico de las técnicas de Inteligencia Artificial más utilizadas en la predicción del cáncer de mama a partir de mamografías.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los principales modelos predictivos utilizados por las técnicas de Inteligencia Artificial en la predicción del cáncer de mama a partir de mamografías, para la obtención de una visión general sobre las tendencias actuales.
- Definir los criterios de análisis a la luz de los cuales se revisará cada modelo.

- Caracterizar los modelos predictivos utilizados por las técnicas de Inteligencia Artificial para la predicción del cáncer de mama que fueron identificados con base a los criterios de análisis definidos.
- Analizar los resultados de la caracterización con el fin de establecer una posición crítica sobre el conjunto de técnicas revisadas.

4. MARCO METODOLÓGICO

Para la primera fase de nuestro marco metodológico, se implementara implementar la revisión sistemática de literatura basada en la metodología de Bárbara Kitchenham (Carrizo & Moller, 2018). Según lo analizado durante el proceso de investigación, se llega a la conclusión que resulta apropiado La revisión se fundamenta en una exhaustiva búsqueda de estudios que lleven a la implementación de los objetivos. Tal como lo plantea Kitchenham, la revisión sistemática propuesta para la presente investigación es una manera de evaluar e interpretar todas las investigaciones disponibles, que sean relevantes respecto a la pregunta de investigación, según el área temática y el fenómeno de interés el cual es la implementación de la IA en la detección del cáncer de mama por medio de las mamografías (Carrizo & Moller, 2018).

Se realizará una segunda fase la cual será el análisis crítico de literatura, el cual consiste en comprender que no toda información que proviene de revistas científicas puede llegar a ser confiable o verdadera y consecuentemente adecuada para ser una guía. Por esta razón la información debe ser analizada; es decir, examinar cuidadosa y sistemáticamente la investigación para juzgar su validez (Claudia Asenjo-Lobos, 2014).

4.1. DEFINICIÓN DE LA METODOLOGÍA

Esta investigación hace uso de varios modelos de investigación, entre ellos el modelo cuantitativo, porque describe y resuelve problemas por medio de la utilización de datos y los aportes de estos, en la aplicación de la IA para la detección temprana del cáncer de mama.

Igualmente, se basa en sentimientos, acciones y palabras, sobre todo pensando en el tiempo que la adecuada utilización de la IA, les aporta a los profesionales de la salud en la detección precoz del cáncer de mama, por lo que, utiliza el método cualitativo.

Además, es una investigación analítica, puesto que, con base a los datos y a la revisión bibliográfica, se hace una evaluación crítica del material y se plantean aportes a futuro.

Por medio de la revisión sistemática de literatura, se puede lograr una metodología bien definida con una amplia gama de situaciones y contextos que nos permiten conclusiones más generales (Barbara Kitchenham, 2007).

Los pasos a seguir en la revisión sistemática de literatura se presentan en la Figura 1:

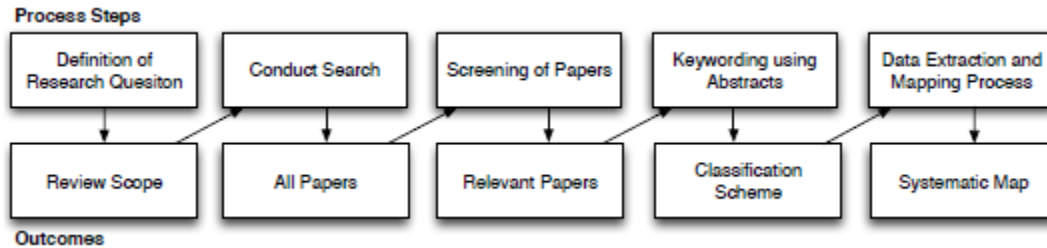


Figura 1, *The Systematic Mapping Process. Tomado de Systematic Mapping Studies in Software Engineering*

Definición de preguntas de investigación: Se tiene como objetivo principal en este paso el proporcionar una descripción general de un área de investigación e identificar la cantidad y tipo de investigación y los resultados disponibles dentro de ella, también se desea identificar foro las principales publicaciones en las que se presentan las investigaciones sobre el área. (Kai Petersen R. F., 2008)

Realizar búsqueda de estudios primarios (todos los artículos): Los estudios primarios se identifican utilizando cadenas de búsqueda en bases de datos científicos o navegando manualmente a través de actas de conferencias o publicaciones de revistas relevantes. Por supuesto, la estructura debe estar impulsada por las preguntas de investigación. (Kai Petersen R. F., 2008)

Selección de artículos para inclusión y exclusión (artículos relevantes): Los criterios de inclusión y exclusión se utilizan para excluir estudios que no son relevantes para responder a las preguntas de investigación (Matriz de Revisión). (Kai Petersen R. F., 2008)

Palabras clave de los resúmenes (esquema de clasificación): Es una forma de reducir el tiempo necesario para desarrollar el esquema de clasificación y asegurar que el esquema tenga en cuenta los estudios existentes. (Kai Petersen R. F., 2008)

Extracción de datos y mapeo de estudios (mapa sistemático): Se lleva a cabo la extracción de datos. (Kai Petersen R. F., 2008)

4.2. DEFINICIÓN DEL ALCANCE

El alcance de este trabajo se limita en los periodos de tiempo entre 2015 a 2020, para esto se realiza una matriz de revisión en la cual se recopilan un total de 50 trabajos anexando las investigaciones más relevantes sobre la IA y el cáncer de mama; para esto se utilizaron bases de datos institucionales, repositorios oficiales, revistas de investigación y artículos investigativos. Con esta información se hará la comparación de dichos trabajos definiendo cuales son los métodos que mejor se adaptan a nuestro planteamiento del problema; algunos de estos son las Redes Neuronales, Machine Learning y CAD. Estos buscan responder interrogantes tales como ¿Qué modelo nos puede brindar una mayor precisión?, ¿Qué modelo presenta una mejor sensibilidad y especificidad?, ¿Es posible que la técnica brinde un resultado positivo en la detección temprana del cáncer? Como apoyo en este proceso se utilizarán las mamografías con el fin de brindar un diagnóstico más preciso y evitar la gran cantidad de falsos positivos, demostrando por medio de esta investigación que la IA aplicada en la detección temprana del cáncer de mama es un gran aliado a la hora de dar el diagnóstico.

5. MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL

La expresión inteligencia artificial puede traer consigo un sinnúmero de significados, antes de definirla, como tal, se debe explicar lo que se entiende por inteligencia. La Real Academia de la lengua, RAE la define como “Capacidad de conocer, entender o comprender”. Una vez definida esta palabra, vamos a entrar a precisar inteligencia artificial la cual se puede especificar de la misma forma, pero aplicado a las máquinas (Ruiz, 2003), también se puede decir que es un sistema, el cual piensa como los humanos y actúan racionalmente (Russell, 1995). Para continuar con las definiciones, se citan algunos autores:

- Según Rich & Knight lo definen como “La inteligencia artificial es el estudio de cómo hacer que las computadoras hagan cosas que por el momento los humanos hacen mejor” (Ortega, 2003).
- Para Mark Fox es básicamente una teoría de cómo trabaja la mente humana.
- John McCarthy la define como “la ciencia e ingenio de hacer máquinas inteligentes, especialmente programadas de cómputos inteligentes” (Alandete, 2011).

La IA inicialmente se utilizó para desarrollar algoritmos de juegos. Actualmente esta rama que incluye áreas de estudio como el razonamiento automático, la demostración de teoremas, los sistemas expertos, el procesamiento de lenguaje natural y ambientes de IA, aprendizaje, redes neuronales, algoritmos genéticos, por mencionar solo algunas (Takeyas, 2007). Todos estos procesos se pueden utilizar en muchos campos, pero nos

vamos a centrar en el área de la medicina, más exactamente en la detección temprana del cáncer de mama.

Algunas de las técnicas que se utilizan de la IA provienen del aprendizaje profundo y el automático.

El primero consiste en aprender de la experiencia, este aprende de la detección de estructuras complejas de los datos que recibe, este método utiliza las redes neuronales para mejorar procesos como el reconocimiento de voz, la visión por ordenador y el procesamiento del lenguaje natural (Banafa, 2016). Este se destaca porque no requiere reglas previamente configuradas, por el contrario, el mismo sistema se encarga de 'aprender' por sí mismo para efectuar una tarea en la fase previa del entrenamiento (SmartPanel, 2018).

En la figura 2, se puede observar que componen un sistema de aprendizaje profundo está dividido principalmente en 3 capas:

La primera capa es la de entrada, la cual está compuesta por neuronas que pueden asimilar los datos de entrada. La siguiente capa es la oculta y es la red que se encarga del procesamiento de información y hacer los cálculos intermedios. Por último, se tiene la capa de salida, es la red que toma la decisión o realiza alguna conclusión aportando datos de salida (SmartPanel, 2018).

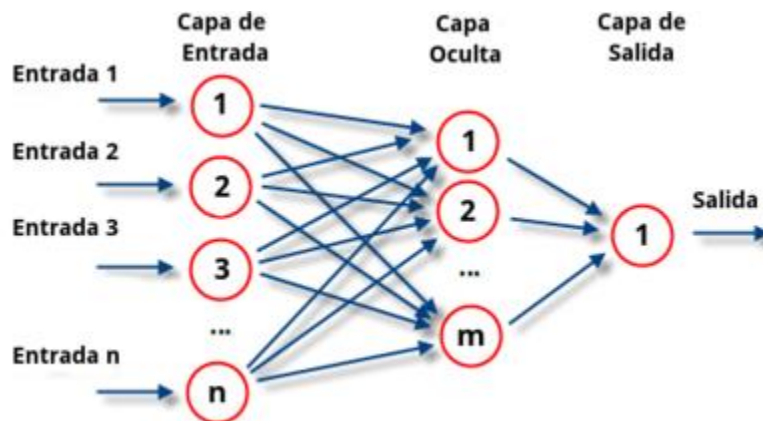


Figura 2 Deep Learning o Aprendizaje Profundo. Tomado de Smart Panel.

El segundo, que es el aprendizaje automático, consiste en un proceso por el cual los ordenadores desarrollan el reconocimiento de patrones o la capacidad de aprender continuamente y realizar predicciones basadas en datos y permite que las máquinas se adapten a situaciones independientes (Enterprise, 2020).

En la figura 3 se pueden observar las siete (7) fases del proceso de Machine Learning. La primera de estas consiste en entender el problema el cual nos lleva a analizar los datos que se tienen disponibles. La segunda fase consiste en definir el cómo se evaluaría el modelo mediante una medida de error. La tercera fase de este proceso es la evaluación de la solución actual, por medio de la cual se mide el rendimiento del Machine Learning y se decide si es o no prudente seguir utilizando el modelo actual o se cambiaría al Machine Learning. En la cuarta fase se busca preparar los datos para así tener un dataset más completo y limpio, buscando sus características más relevantes para que este método sea más efectivo. En la quinta fase se busca elegir el tipo de técnica a usar una vez se tenga el dataset preparado. Para la sexta fase se busca analizar los errores; mediante la iteración sobre las diferentes fases se busca un nuevo entendimiento del problema y los resultados arrojados en cada iteración serán cada vez más aceptables. Por último, la fase siete una vez este satisfecha con el error, se comparará con el error de la solución actual. Si es lo suficientemente mejor, integraremos el modelo del Machine Learning en nuestro sistema (Heras, 2020).

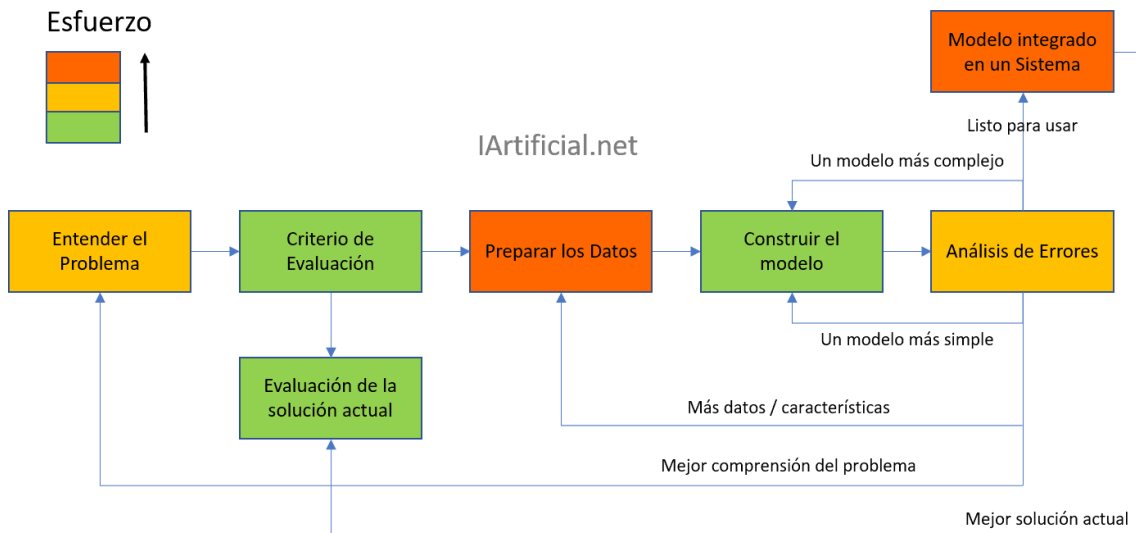


Figura 3 Las 7 Fases del Proceso de Machine Learning. Tomado de IA artificial

Otras de las técnicas más utilizadas son las redes neuronales, la cual se puede definir como una herramienta que es utilizada para la solución de problemas de clasificación. Estos problemas se caracterizan por tener una variable cualitativa como respuesta, un ejemplo puede ser el tipo de tumor que pueda padecer un paciente, la respuesta es simple o es benigno o es maligno (Gonzalo, 2018). En este caso siendo utilizada para el diagnóstico de enfermedades. Existen varias clasificaciones en las redes neuronales la primera de ellas es la red monocapa, se trata de la más simple de estas, este solo lee los datos de entrada, suma los valores según sus pesos y finaliza con generación del resultado final. Siguiendo con la clasificación de las redes, vamos con la red multicapa,

está compuesta por tres capas, la de entrada, capa oculta y la de salida; la diferencia con la red monocapa es esta segunda capa. La tercera red es la convolucional, cada una de sus capas son entrenadas para una tarea en específico, lo que conlleva a reducir el número de capas ocultas. Por último, se tiene las redes recurrentes, en esta no se cuenta con capas, sus conexiones se hacen arbitrariamente entre las neuronas, también permite crear ciclos, lo que permite crear la temporalidad, lo que hace que la red tenga memoria (Calvo, Red Neuronal Convolucional CNN, 2017).

Seguida por la técnica del diagnóstico asistido por computador “CAD”, es un sistema automático de detección de micro calcificaciones en imagen mamográfica digitalizada, también es un sistema de ayuda diagnóstica y está conformada por diferentes etapas. Por otro lado, también se encuentra el Modelo predictivo el cual es definido como la estructura y proceso para predecir valores de variables especificadas en un conjunto de datos; finalmente podemos encontrar las redes bayesianas las cuales modelan un fenómeno mediante un conjunto de variables y las relaciones de dependencia entre ellas.

El cáncer mama se puede diagnosticar mediante varios procedimientos, en este caso nos vamos a enfocar en la mamografía. Este es un tipo específico de imágenes que utiliza los rayos X para examinar las mamas y es utilizada como herramienta para detectar de forma temprana el cáncer en aquellas mujeres que no tienen síntomas y a su vez, para diagnosticar enfermedades mamarias de aquellas mujeres, que sí presentan síntomas.

Ahora bien, el cáncer de mama se puede definir como “una enfermedad en la cual las células de la mama se multiplican sin control. El tipo de cáncer de mama depende de qué células de la mama se pueden volver cancerosas” (Enfermedades, 2018). Este tipo de cáncer es uno de los más comunes ya que, un 16% de la población femenina lo padece.

En la Figura 4 se muestra un ejemplo de las formas más comunes que toman las células cancerosas y las células normales.

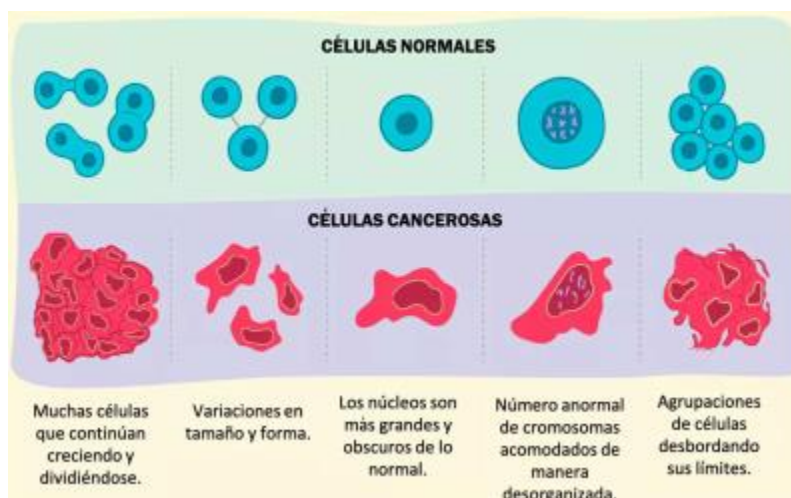


Figura 4 Análisis gráfico del comportamiento de células normales y malignas. Tomado de Clasificación de Mamografías Mediante Redes Neuronales Convolucionales.

En la figura 5, la imagen está compuesta por diferentes elementos: fondo oscuro, mama, etiquetas, franjas blancas, letras y números. En esta imagen podemos evidenciar la afectación en las mamas.

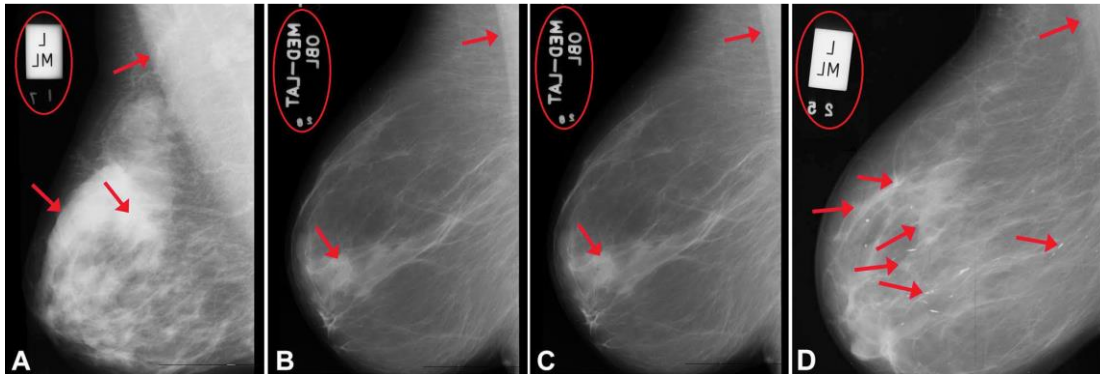


Figura 5 Imágenes mamográficas con artefactos. Tomado de Diseño de Sistema Automatizado para Detección de Anomalías en Imágenes Digitales de Mama.

En la figura 6 podemos observar una mama sana y otra con anomalías.

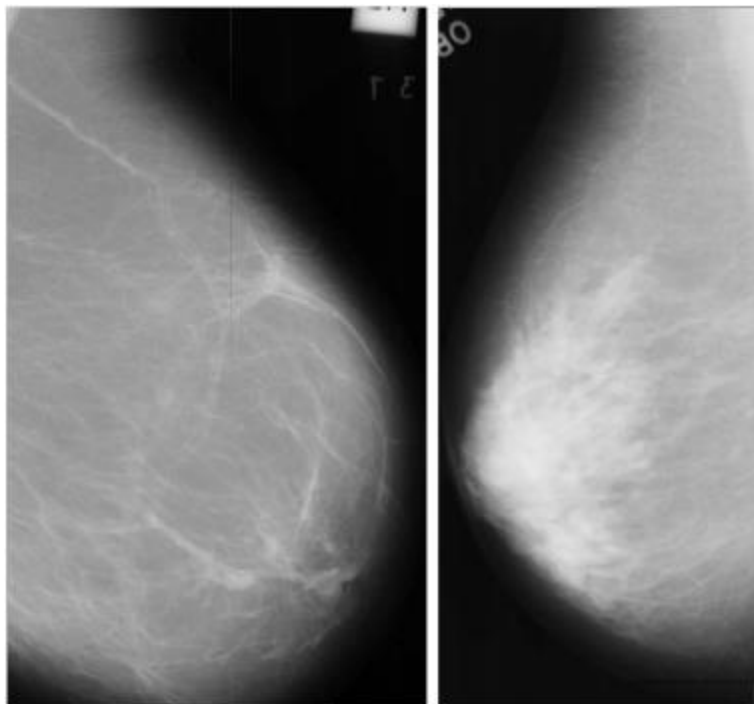


Figura 6 Mamografía normal (izquierda) y mamografía con anomalía (derecha). Tomado de Clasificación de Mamografías Mediante Redes Neuronales Convolucionales

Por otro lado, el modelo predictivo se desarrolla a partir de datos, los cuales están basados en estadísticas inferenciales, y se utilizan para predecir la respuesta, en este caso, al diagnóstico del cáncer de mama (Armetrics, 2020).

Consta de tres fases: la primera es el tratamiento y saneamiento de datos, buscando que los datos insertados sean útiles; la segunda fase es el entrenamiento del modelo, para lo cual se reserva el 80% de los datos con el fin de crear y entrenar el modelo y el 20% para probar su eficacia. La tercera fase es la creación del modelo predictivo, para lo cual es necesario establecer un objetivo (PFS Tech, 2018).

El problema de clasificación, no es otra cosa que un conjunto de datos para buscar una solución. Se clasifican en indecidibles, que son los que no resuelve un algoritmo y decidibles, es decir, que poseen por lo menos un algoritmo para su cómputo. Estos últimos, se dividen en tratables, que no es otra cosa que la solución del problema en un tiempo límite y utilizando el algoritmo. Y los intratables, o sea, aquellos problemas para los cuales no hay solución.

La siguiente figura se refiere a la complejidad de los problemas y su clasificación (Rodríguez, 2020).

COMPLEJIDAD	P	NP	NP-COMPLETO
/	(POLINÓMICO)	(NO-DETERMINISTA POLINÓMICO)	(NO-DETERMINISTA POLINÓMICO COMPLETO)
CONCEPTOS			
DEFINICIÓN	Son los problemas tratables, es decir que suelen ser abordables en la práctica, pueden contener muchos problemas naturales.	Son los problemas en los cuales se aplica un algoritmo polinómico para comprobar si una posible solución es viable o no.	Son aquellos problemas los cuales están en la frontera externa de la clase np, son los peores problemas posibles de la clase np.
DIFERENCIAS	En P están los problemas que se pueden resolver en tiempo polinómico.	Sus mejores algoritmos conocidos son no deterministas.	Imposible encontrar un algoritmo eficiente para una solución óptima.
EJEMPLOS	Búsqueda binaria, secuencial, factorial.	Torres de hanoi, Ordenación Shell.	Vendedor viajero, mochila, camino largo, ciclo hamiltoniano, coloración, etc.

Figura 7 Clasificación de los problemas según su complejidad. Tomado de Análisis de Algoritmos.

Un falso positivo se refiere a un resultado en el cual el modelo predice de manera incorrecta la clase positiva. Esto quiere decir, que, en la clasificación binaria, las dos clases se etiquetan como positiva y negativa. El resultado positivo se refiere a los datos que se están probando (<https://developers.google.com/>, 2020).

Un falso negativo es un resultado en el que el modelo predice *incorrectamente* la clase *negativa*. De acuerdo con la clasificación binaria, se puede expresar como positiva o negativa. En este sentido, la positiva es el resultado que se busca, lo que quiere decir que es la detección temprana del cáncer de mama y la negativa es la otra posibilidad, o sea, que el diagnóstico no sea positivo (<https://developers.google.com/>, 2020).

La exactitud es una definición correcta y verdadera de algo. En las ciencias, la exactitud se refiere a la cercanía que los resultados medidos tienen con respecto al valor de referencia, denominada valor real. Como ejemplo, podemos considerar que la exactitud es la cercanía que un dardo está del blanco (Significados, 2020).

El término sensibilidad se refiere a la capacidad que tienen los seres humanos de sentir, sin embargo, en el contexto de la Inteligencia Artificial, se refiere a la medida y eficacia de las máquinas para arrojar los resultados esperados. En este sentido y teniendo en cuenta el presente trabajo, puede decirse que es la manera adecuada como los modelos determinan la existencia o no del cáncer de mama (Julián Pérez Porto, 2020).

La sensibilidad y la especificidad son dos conceptos que se utilizan en probabilidades médicas. Son una herramienta de cálculo utilizada para establecer pruebas de despistaje o detección. Permiten evaluar el valor de un test. Estos dos conceptos son dependientes. La sensibilidad designa la probabilidad de obtener un test positivo en un individuo portador de una enfermedad. Al contrario, la especificidad designa la probabilidad de obtener un test negativo en una persona que no es portadora de la enfermedad. La sensibilidad excluye la enfermedad mientras que la especificidad la afirma (Salud CCM, 2020).

6. DESARROLLO DEL PROYECTO

6.1 IDENTIFICAR LOS PRINCIPALES MODELOS PREDICTIVOS UTILIZADOS POR LAS TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA PREDICCIÓN DEL CÁNCER DE MAMA A PARTIR DE MAMOGRAFÍAS, PARA LA OBTENCIÓN DE UNA VISIÓN GENERAL SOBRE LAS TENDENCIAS ACTUALES.

En los trabajos de investigación consultados los cuales fueron cincuenta (50) para la creación de la matriz de revisión, utilizando cadenas de búsqueda como Inteligencia artificial, medicina, cáncer de mama, aprendizaje automático, aprendizaje profundo, mamografía, modelos y técnicas, se encontró que los modelos más utilizados en el campo de la medicina son las redes neuronales, Deep Learning y Machine Learning. Otros modelos están siendo utilizados para obtener mejores resultados en la detección temprana del cáncer de mama, como lo es el modelo de detección asistida por computadora (CAD). Gracias a estos modelos hemos logrado recopilar información relevante la cual ha sido de gran aporte para la realización de nuestro trabajo investigativo.

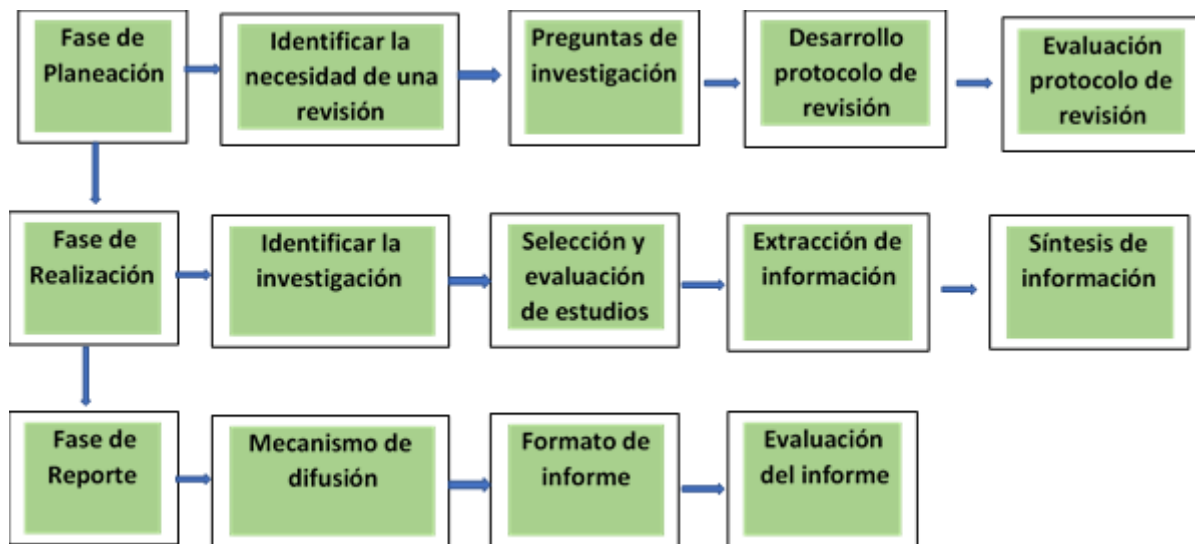


Figura 8 Proceso de Revisión Sistemática de Literatura

La tabla de matriz de revisión y análisis crítico de las técnicas de Inteligencia artificial utilizadas en la predicción del cáncer de mama a partir de mamografías, consta de tres fases. La primera fase corresponde a la planeación, la cual parte de una duda y con esto se siguen los pasos que son: necesidad de la revisión, formular las preguntas de investigación, desarrollo del protocolo de revisión y luego la posterior evaluación de la misma. En este trabajo, esta parte se puede evidenciar en la Matriz de Revisión.

La segunda fase es la realización de la revisión. Consta de varios pasos. El primero de ellos, es la identificación de la investigación; luego se seleccionaron los 50 estudios para desarrollar el análisis crítico, acto seguido se extrae la información más relevante de estos y, por último, se lleva a cabo la síntesis de la información extractada, que nos permite desarrollar el análisis crítico de las técnicas de inteligencia artificial más utilizadas en la predicción del cáncer de mama a partir de mamografías.

La tercera fase corresponde al reporte. Este punto tiene las siguientes fases: en primer lugar, la redacción y escritura en la cual se encuentran inmersos los resultados que arroja la investigación. A estos, se les debe buscar el mecanismo adecuado para la difusión de los mismos, se debe informar al público interesado sobre los hallazgos del trabajo para que, de esta manera, la comunidad médica y tecnológica, conozca los resultados del trabajo de investigación; es importante tener en cuenta la forma en la cual se va a presentar el informe y posteriormente, se debe evaluar el impacto del mismo.

Según los resultados analizados se tiene que las redes neuronales son las más utilizadas en nuestra matriz, teniendo un porcentaje del 28%, luego está el Machine Learning con un 22% seguido por el Deep Learning y CAD ambos con un porcentaje del 10%. Por último, tenemos el sistema Bayesiano con el 6% cada uno. Actualmente, el Deep learning se encuentra dentro del campo del Machine Learning debido a que las redes neuronales resuelven el mismo tipo de problemas que los algoritmos de dicho campo, sin embargo, está creciendo tanto el área y generando tantas nuevas ramas de investigación, que pronto podría formar su propio campo dentro de la inteligencia artificial.

Las redes neuronales se utilizan mayormente para resolver problemas de clasificación de imágenes, análisis del lenguaje natural, como el reconocimiento de voz y la creación de texto. (Ceja, 2020)

Se tiene una última categoría denominada otros, de la cual, se tienen diferentes modelos predictivos agrupados y este abarca el 24% de los trabajos analizados en la matriz. Esta, fue creada con el fin de agrupar algunos de los trabajos en los cuales se combinan diferentes modelos, uno de estos es “Las redes neuronales artificiales, El razonamiento basado en casos, Las redes bayesianas”.

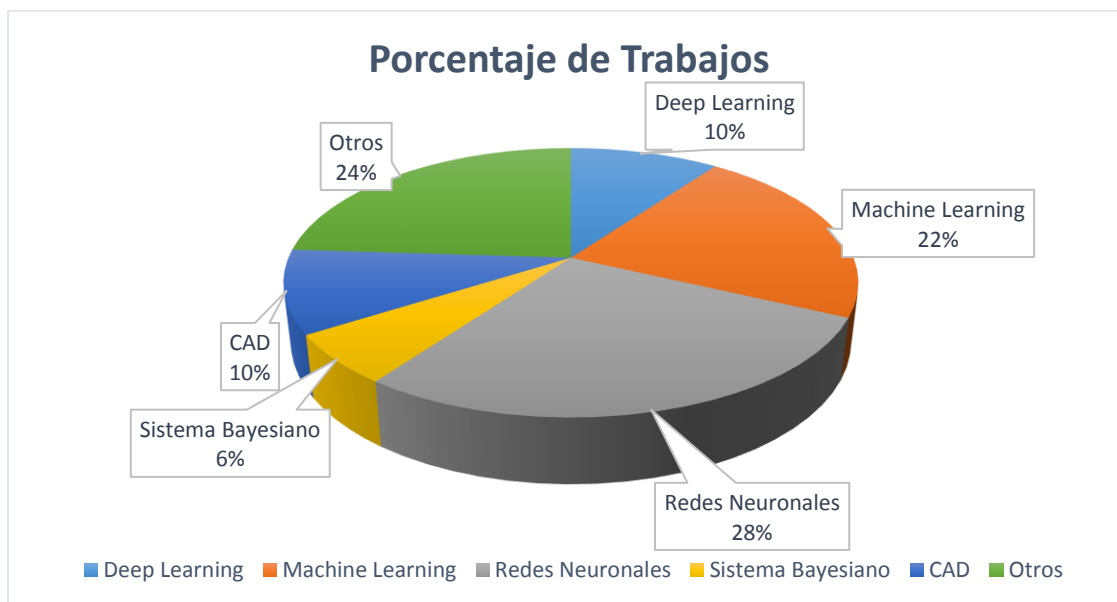


Figura 9 Porcentaje de Trabajos

La figura 9 nos muestra el total de trabajos investigados y clasificados, con base a esto generamos las gráficas 10, 11 y 12 respectivamente en las cuales mostraremos la información de sensibilidad, especificidad y exactitud.

En la figura 10, se puede observar el método que mayor porcentaje de sensibilidad presenta es el CAD y las Redes Neuronales con un 21%. La sensibilidad se refiere a la medida y eficacia de las máquinas para arrojar resultados esperados, este busca que los modelos puedan determinar la existencia o no del cáncer de mama (Julián Pérez Porto, 2020).

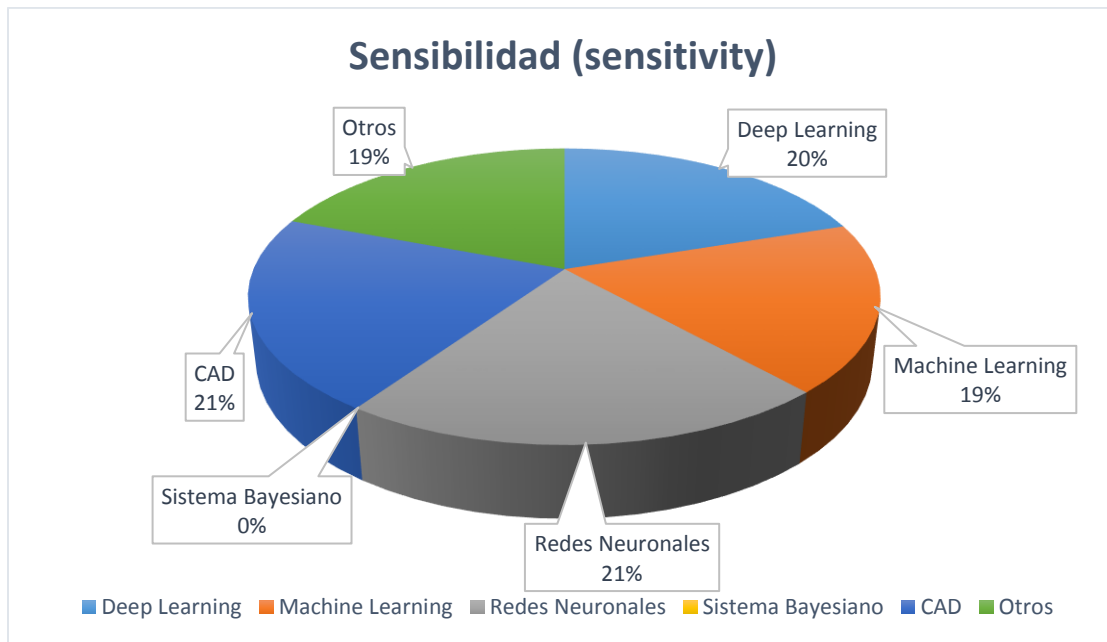


Figura 10 Sensibilidad

En la figura 11, nos indica que los métodos CAD y Deep Learning tiene el más alto porcentaje de especificidad el cual es del 21%.

En general los procesos utilizados para evaluar la gran mayoría de los trabajos investigados fueron la exactitud, especificidad y sensibilidad. Obteniendo como resultado por cada método trabajado los siguientes valores, esto teniendo en cuenta que realizamos un promedio sobre el total de los trabajos consultados:

Tabla 1 Resultados Sensibilidad

	Redes Neuronales	CAD	Deep Learning	Machine Learning
Sensibilidad	21%	21%	20%	19%

En esta tabla podemos observar que sobre el 100% de los trabajos investigados, el mayor porcentaje se ven reflejados en las redes neuronales y CAD, lo cual nos indica que la sensibilidad se acerca a los verdaderos positivos, esto quiere decir que los resultados que arrojan estos dos métodos son los que probablemente padecen la enfermedad.

Las redes neuronales tienen como herramienta principal las imágenes, lo cual permite el entrenamiento de esta y su clasificación; se busca reducir el gran índice de falsos positivos dando como resultado una mejor precisión.

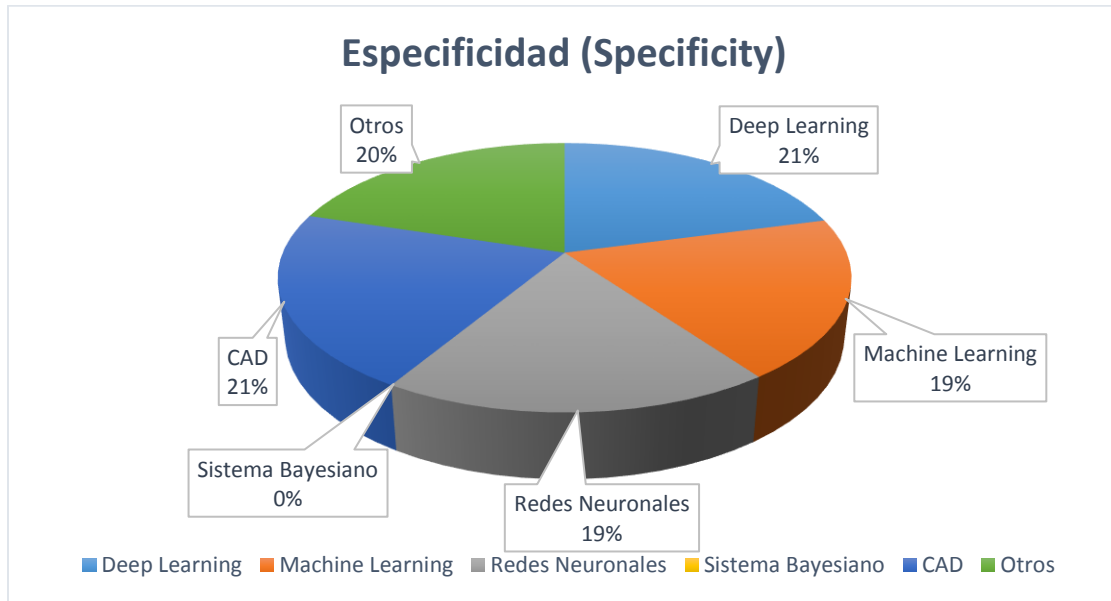


Figura 11 Especificidad

Tabla 2 Resultados Especificidad

	Deep Learning	CAD	Otros	Redes Neuronales
Especificidad	21%	21%	20%	19%

Los resultados de la especificidad nos indican que con el modelo CAD, se puede lograr un mejor resultado al momento de tener una conclusión de los pacientes que no poseen una enfermedad, siendo estos falsos positivos.

En la figura 12, se observa que los métodos CAD y Sistema Bayesiano tiene el más alto porcentaje de exactitud el cual es del 18%.

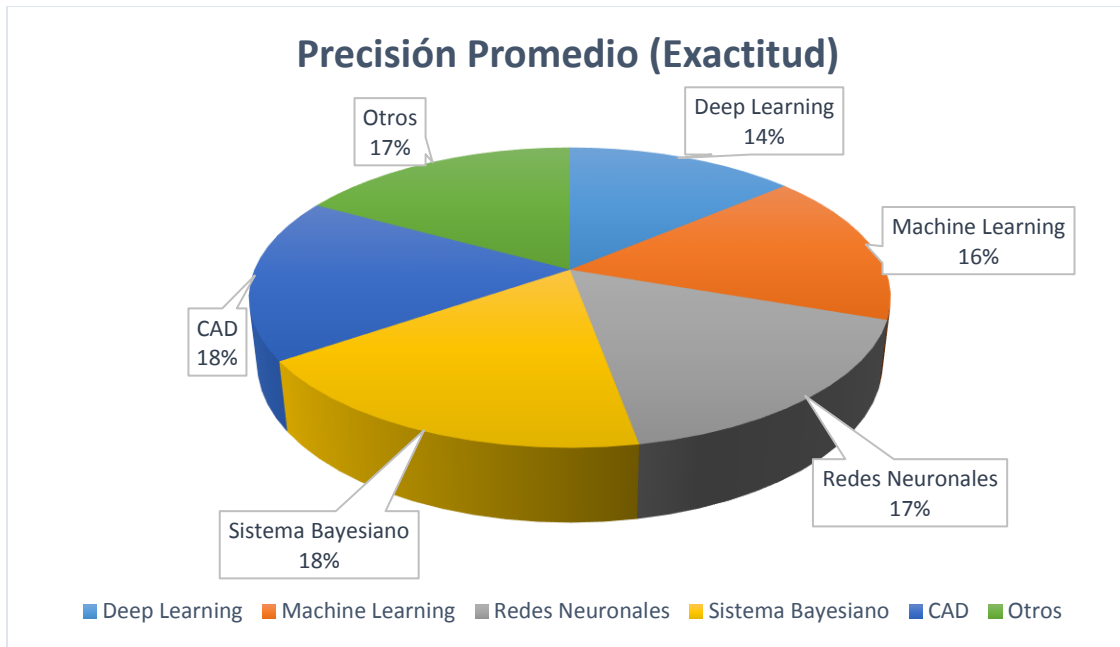


Figura 12 Precisión Promedio (Exactitud)

Tabla 3 Resultados Exactitud

	Sistema Bayesiano	CAD	Otros	Redes Neuronales
Exactitud	18%	18%	17%	17%

Con esta se logra calcular en base a los trabajos investigados las predicciones correctas con el fin de determinar si un paciente es positivo para dicha enfermedad. Esta se obtiene mediante el total de casos positivos sobre el total de muestras.

En nuestra investigación logramos observar que la mayoría de los métodos consultados para la detección temprana del cáncer de mama, son en gran medida un excelente aliado al momento de brindar el diagnostico final de dicha enfermedad.

6.2 DEFINIR LOS CRITERIOS DE ANÁLISIS A LA LUZ DE LOS CUALES SE REVISARÁ CADA MODELO

Dichos criterios se crean por medio de la información recolectada durante el avance de la investigación, se seleccionan estos con el fin evaluar los diferentes métodos que se tienen en el proyecto, asegurando calidad y buscando confiabilidad y validez en sus resultados.

Dichos criterios fueron concebidos mediante la investigación profunda que se realizó en la matriz de revisión, en base a estos generamos los siguientes criterios con los cuales se busca evaluar los diferentes modelos de IA mencionados en la construcción del trabajo de grado, ver si estos facilitan la lectura de datos para la resolución de problema y si es efectiva para la detección temprana de cáncer de mama.

Tabla 4 Criterios de Análisis

ITEM	CRITERIO DE EVALUACIÓN	RESPUESTA	JUSTIFICACIÓN	REFERENCIA
1	¿Qué apoyo brinda la técnica a la detección temprana?	Alto-Medio-Bajo	Por medio de este criterio se busca evaluar de forma eficiente, con una precisión alta y por medio de un diagnóstico la detección del cáncer de mama en el menor tiempo posible. Esto para poder brindar un tratamiento oportuno a cada paciente y evitar los falsos positivos con procesos innecesarios.	http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/25070
2	¿Qué precisión brinda la técnica?	Alto-Medio-Bajo	Por medio de este criterio se permite evaluar en que escala se divide la precisión, en este caso estas se dividen en alta, media y baja.	https://vinv.ucr.ac.cr/es/noticias/cancer-de-mama-inteligencia-artificial-para-agilizar-el-diagnostico
3	¿Tiene alguna condición especial, esta afecta a la hora de dar el resultado?	Sí-No	Por medio del método de previsión del cáncer de mama se tiene en cuenta diversas variables: fisiológicas (edad, peso, IMC, etc.) educativos,	https://news.mit.edu/2019/using-ai-predict-breast-cancer-and-personalize-care-0507

			socioeconómicos, culturales, familiares, consumo de alcohol y tabaco, uso de anticonceptivos orales, entre otros.	
4	¿Estos facilitan la lectura de datos, algoritmos y resolución de problemas?	Sí-No	Por medio del análisis de datos, el cual permite que la máquina aprenda y responda a situaciones problemáticas por medio de algoritmos.	https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-24442019000600620&lang=es
5	¿Es efectiva la utilización de algoritmos para identificar la detección temprana del cáncer de mama?	Sí-No	Se propone un diagnóstico fiable por medio de la aplicación de algoritmos, por el cual se busca que la predicción del cáncer de mama sea en una fase temprana.	https://tdea.basesdedatosezproxy.com:2085/docview/1820581982/fulltextPDF/9B4E6DAEBE0744B8PQ/1?accountid=132916

6.3 CARACTERIZAR LOS MODELOS PREDICTIVOS UTILIZADOS POR LAS TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA PREDICCIÓN DEL CÁNCER DE MAMA QUE FUERON IDENTIFICADOS CON BASE A LOS CRITERIOS DE ANÁLISIS DEFINIDOS

Durante el proceso de investigación por medio del cual se identificaron los diferentes modelos predictivos, se podrán ver sus ventajas, desventajas y las diferencias que puede tener cada modelo.

Se Iniciará con el modelo basado en las redes neuronales, este intenta imitar el funcionamiento de un cerebro. Las redes tiene la capacidad de realizar tareas basadas en el entrenamiento o experiencia inicial, de igual manera tiene la capacidad de crear su propia organización o representación de la información en una etapa de aprendizaje, por ultimo estas redes neuronales también pueden trabajar en paralelo ya que se logran fabricar y diseñar maquinas con un hardware especial (Matich, 2001).

Las redes neuronales se componen por varios elementos básicos, capa de entrada, capas ocultas y capa de salida, con estas tres fases se da a entender que se habla de una red neuronal multicapa la cual se interconecta entre capas. Su primera capa, la capa de entrada es la que recibe todos los valores que son externos a la red, se toman como si fueran un solo valor. Su siguiente capa son las llamadas ocultas, este nivel esta interno en la red y no tienen contacto alguno con el exterior; las capas ocultas se pueden interconectar de diferentes maneras esto determina junto con su número, las diferentes topologías de redes neuronales. Por último, se cuenta con la capa de salida que es donde se envía la información de la red hacia el exterior.

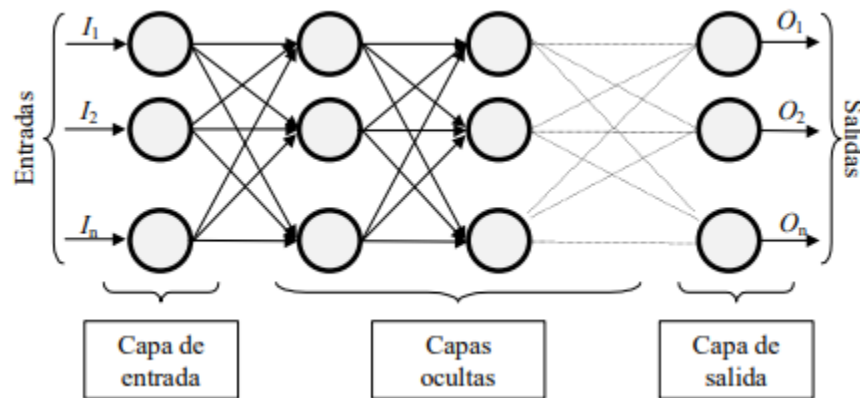


Figura 13 ejemplo de una red neuronal totalmente conectada. Tomado de Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones.

Otras técnicas de redes son las redes neuronales convolucionales, como primero se tiene una capa de partida que es donde se almacenan los datos de entrada que se procesaran en la red. Luego sigue la capa de convolución que es donde se realizan las operaciones que genera el mapa de características que corresponden a cada posible ubicación de la neurona en la imagen; la cual sirve para extraer las características en cualquier parte de la entrada, lo que consigue reducir el número de conexiones y parámetros en comparación con la red multicapa. Como siguiente paso se tiene la capa de reducción, en esta se disminuyen la cantidad de parámetros mediante la extracción de características. Al reducir las características el método pierde precisión, aunque mejora su compatibilidad (Calvo, Red Neuronal Convolucional CNN, 2017).

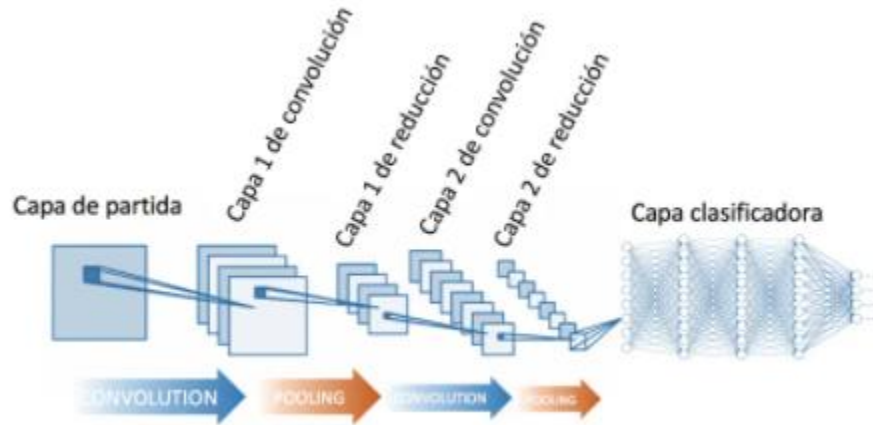


Figura 14 Redes Convolucionales. Tomado de Clasificación de redes neuronales artificiales

Como tercera red tenemos la monocapa que es la más simple, está compuesta por una capa de neuronas que proyecta las entradas a una capa neuronal de salida. Esta red solo procesa funciones lineales debido a que no cuenta con capas ocultas (Calvo, Red Neuronal Convolucional CNN, 2017).

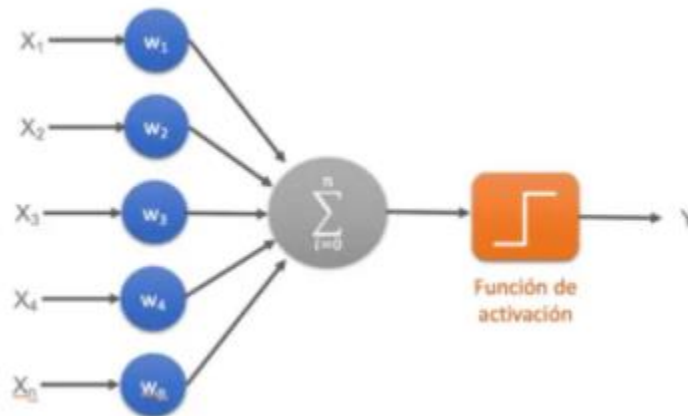


Figura 15 Redes Monocapa. Tomado de Clasificación de Redes Neuronales Artificiales

Seguimos con la red neuronal recurrente en la cual no se cuenta con capas, la arquitectura de esta red es la base para implementar el resto de las redes. Esta red se diferencia del resto porque se incorpora la retroalimentación lo cual consigue crear la temporalidad permitiendo así, que se tenga memoria dentro de este tipo de red se tienen las redes LSTM (Long short Term Memory), esta red es la mejora de las redes recurrentes convencionales. Para ello se incorpora una serie de pasos: la puerta de entrada la cual controla la información nueva, la puerta del olvido es la que permite discriminar datos importantes dejando así sitio para los nuevos datos, la puerta de salida es la que controla

los resultados de los recuerdos que se almacenan (Calvo, Red Neuronal Recurrente – RNN, 2018).

Las redes neuronales se pueden clasificar de acuerdo con el valor que toman, sus dos tipos de clasificación son neuronas binarias o reales. Las neuronas binarias solo pueden tomar valores $\{0, 1\}$ o $\{-1, 1\}$, mientras que las neuronas reales pueden hacerlo dentro del rango $[0, 1]$ o $[-1, 1]$ (Matich, 2001).

Cuando la red se enfrenta a un nuevo aprendizaje de información pueden existir dos métodos que se distinguen en este proceso los cuales son el aprendizaje supervisado y no supervisado. El primero se caracteriza por que el proceso de aprendizaje se realiza mediante un entrenamiento controlado por un agente externo, este supervisor controla la red de salida y en caso de que los pesos no coincidan se modifican los pesos de las conexiones para así lograr un aproximado deseado. El aprendizaje no supervisado no requiere un supervisor externo para ajustar los pesos de las conexiones, ese tipo de aprendizaje no recibe información que indica si su salida es la respuesta deseada.

Otros tipos de aprendizaje son el on-line y off-line, el primero se basa en considerar si la red puede aprender durante su funcionamiento habitual y el segundo si el aprendizaje supone la desconexión de la red.

En la Tabla 5, se pueden observar los cinco (5) principales principios que pueden lograr resolver problemas propuestos luego de una fase de entrenamiento (Edgar Serna M, 2017).

Tabla 5 Principios de las Redes Neuronales. Tomado de Principios y características de las redes neuronales artificiales.

Definición	Principio
Las redes neuronales se comportan en función de un entrenamiento. Se le exponen ejemplos ilustrativos. No es necesario elaborar un modelo a priori, ni establecer funciones probabilísticas.	Aprendizaje Adaptativo
Consiste en la modificación de la red con el fin de llevar a cabo un objetivo específico. Como se menciona con anterioridad, se puede presentar un efecto llamado generalización, en donde, después de haber aprendido una serie de patrones, les podría reconocer otros patrones similares, aunque no se le hubiesen presentado en el entrenamiento.	Autoorganización
Las redes neuronales artificiales poseen una alta capacidad de tolerancia a fallos, por lo que el ruido en los patrones de información con ruido no los afecta y pueden seguir trabajando, aunque se destruya parte de la red. Esto se debe a que la información en las redes neuronales se hacen de forma distribuida y con redundancia.	Tolerancia a fallos
Las redes neuronales artificiales realizan reconocimiento de patrones en tiempo real, debido a que trabajan en paralelo actualizando todas sus instancias simultáneamente.	Operación en tiempo real
Es fácil obtener hardware para trabajar con redes neuronales y es fácil realizar integración de forma modular en tecnologías existentes.	Fácil inserción en la tecnología existente

Continuando nuestro recorrido por los modelos, se dará pie al aprendizaje automático, el cual es un sistema basado en probabilidades. Luego de ejecutadas las tareas las

decisiones se hacen sobre una información incompleta y sus resultados son asignados a probabilidades de ser correctas, el aprendizaje se recomienda para problemas que conlleven clasificación, regresión y agrupación. Lo cual brinda diferentes formas de usarlos: reconocimiento de patrones, extracción de conocimientos, descubrimiento de anomalías y para realizar predicciones (Juarez, 2017).

Los procesos que se llevan en el aprendizaje automático se pueden observar en la Figura 3. Esta figura indica que se deben realizar siete (7) procesos, el primero de estos es entender el problema y donde se debe responder a la principal pregunta que es el por qué, las veces que sean necesarias hasta entender la verdadera razón del problema, al tener claro este primer interrogante se tendrá un panorama más claro de lo que se desea y así se podrán responder muchas preguntas que se formularán mucho más adelante, dentro de este mismo proceso se debe poder entender los datos que se tienen disponibles; con estos datos se realiza un análisis exploratorio donde se hacen gráficos con estadísticas las cuales nos contarán la historia de estos, adicionalmente nos ayuda a estimar si los datos son suficientes y relevantes para nuestro modelo.

El segundo proceso a llevar a cabo es en el cual se define el criterio de evaluación, este se trata de una medida de error. Como tercer proceso se tiene la evaluación del proceso actual, en algunos problemas ya se cuentan con soluciones algunas de estas obsoletas las cuales se quieren mejorar o en algunos casos no se tienen solución aun y se desean implementar; en el caso de ya poseer una solución se puede comparar el rendimiento final de la solución actual con el que nos arroja el aprendizaje profundo y aquí concluir cual es la mejor solución. El cuarto proceso habla sobre preparar los datos, este es uno de los que más tiempo conlleva, algunos de los desafíos son los datos incompletos que se tienen, las posibles soluciones a estos datos son: el primero y más fácil sería la eliminación de datos que se tienen con estas características (si la cantidad de datos es baja), el segundo, sería automáticamente darles un valor que tenga sentido, el tercero crear un modelo de aprendizaje automático que prediga que valor hace falta y el último la creación de otro modelo que pueda manejar datos incompletos. En algunas ocasiones el modelo se encuentra con el desafío de combinar los datos, en este caso el algoritmo debe poder considerar toda la información de tal modo que la combine. Para hacer más fácil el proceso de datos se pueden extraer las características más relevantes de estos y así se logra solucionar más fácil el problema y probarlo. La última opción para la preparación de los datos es la normalización de estos.

El quinto proceso es donde se construye el modelo, aquí se elige el tipo de técnica de machine learning a usar. Dicho algoritmo aprenderá automáticamente para obtener resultados adecuados y un error. Como sexto proceso, se tiene el análisis de errores, en esta fase se logra entender que es lo que se debe mejorar en los resultados. Cuando se dan estos errores se tienen varios caminos a seguir: usar un modelo más complejo, usar un modelo más simple, validar los datos que se tienen y por último desarrollar una mejor

comprensión del problema. Para lograr resultados realmente buenos se deben iterar sobre las fases anteriores las veces que sean necesarias ya que con cada una de estas iteraciones se logrará un mejor entendimiento del problema. El último proceso de este modelo es el integrar el sistema cuando se está satisfecho con los resultados obtenidos (Heras, 2020).

Los procesos del Deep Learning (Aprendizaje Profundo), para este se utilizan algoritmos de aprendizaje automático estructurado en forma de redes neuronales artificiales con estos se busca que la maquina aprenda por sí mismo y así sea capaz de desarrollar sus propios criterios por medio de los cuales tomara y ejecutara decisiones.

Algunas ventajas del Deep Learning se aplican en sistemas basados en datos y procesos tecnológicos relacionales a nivel de usuarios como lo son: reconocimiento de voz, reconocimiento de caras, reconstrucción de escenas e interpretación semántica y lenguaje natural (Alcalá, 2020). También posee una independencia a la hora de trabajar ya que no es necesaria una atención por parte del usuario para conseguir resultados, reaccionando a errores sin la necesidad de que se les dé una orden y es capaz de encontrar nuevas alternativas para realizar correctamente su tarea.

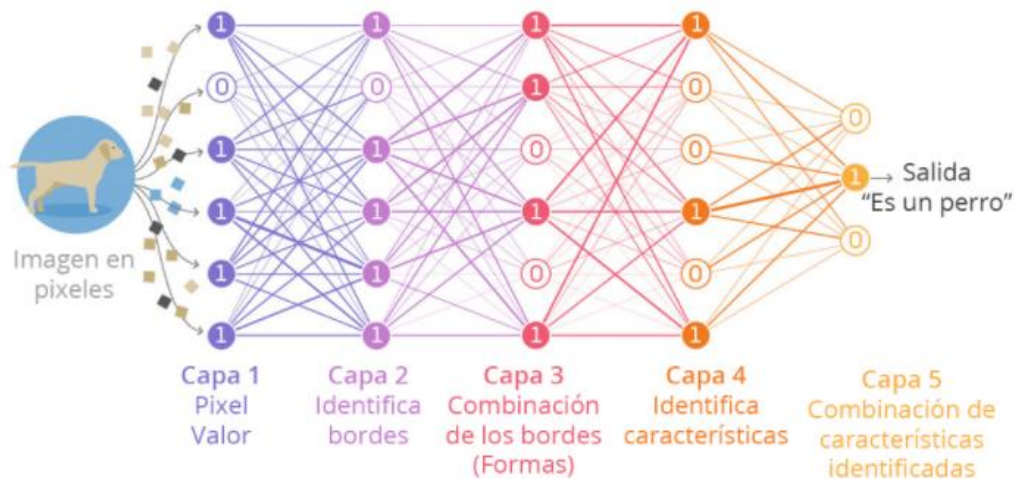


Figura 16 Imagen Intuitiva de Deep Learning. Smart Panel

La arquitectura del Deep learning se basa en capas. Para la primera de estas, la capa de entrada de datos es en la cual se deberá asimilar la información introducida, esto con el fin de enviar las diferentes neuronas a la capa de segundo nivel la cual tiene como objetivo procesar los píxeles delimitando los bordes. Para la tercera capa se combinan los bordes para así diseñar las formas y construir así cada uno de los objetos de la imagen, en la cuarta capa se transfieren los datos a la última capa la cual combina las características identificadas para reconocer así la imagen a evaluar y entregar toda la información a la capa de salida para así generar una conclusión (SmartPanel, 2018).

El CAD es un programa que se utiliza para mostrar las características sospechosas en una imagen, de igual manera los sistemas CAD se clasifican en las siguientes categorías:

En primer lugar, se encuentra el sistema de detección asistida por computador (detección CAD o CADe), estos detectan enfermedades, pero dichos sistemas no proporcionan un diagnóstico médico como tal, por el contrario, el sistema se desarrolla para detectar signos de patología en imágenes médicas mediante la extracción de características que están altamente correlacionadas con el tipo de anomalía bajo investigación. Si un área específica en una imagen radiológica contiene las características predefinidas, el programa la identifica como un área sospechosa y se podrá revisar esta información y mejorar la precisión del procedimiento de detección. En segundo lugar, se encuentra el Sistema de Diagnóstico Asistido por computador (diagnóstico CAD o CADx), este ayuda a los diagnósticos clínicos y está basado en las mismas características del anterior, dicho sistema caracteriza las regiones identificadas de acuerdo a sus patologías. Por último tenemos el sistema de detección de cambios asistida por computador (CADcd), que ofrecen tanto la detección como el diagnóstico, así como la evaluación de la progresión de la enfermedad mediante la identificación de aquellas áreas que han cambiado (Gea, 2009).

Por otro lado, el CAD es un asistente de lectura, se podría decir que su función es la de brindar una segunda opinión no vinculante. Es decir, para el caso del cáncer de mama, el radiólogo interpretara la imagen sin ayuda del CAD y una vez este tome una decisión vuelve a revisar la mamografía, pero con ayuda del CAD. De esta forma el sistema CAD alerta al radiólogo sobre posibles anomalías, pero es el radiólogo quien decide si acepta o no la sugerencia del sistema (Castelló, 2016).

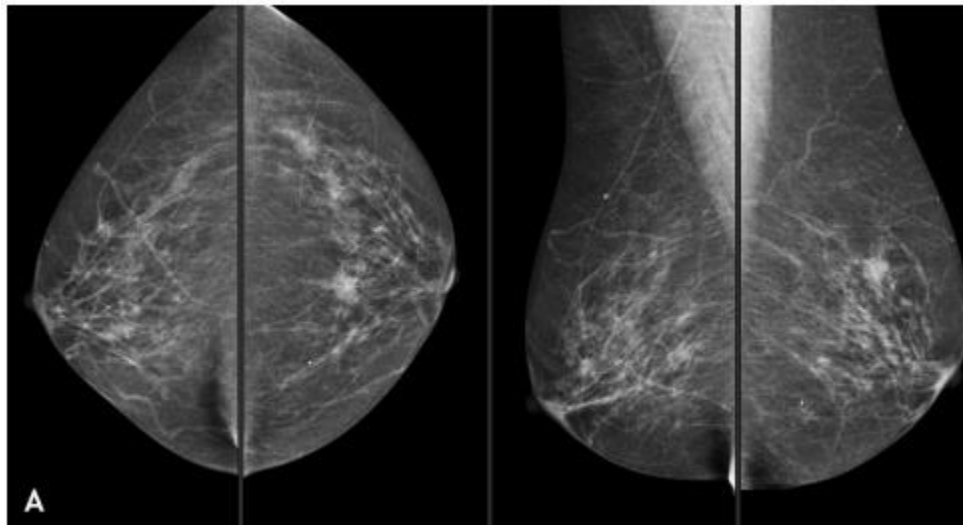


Figura 17 Mamografía bilateral. A. Imagen nodular mal delimitada en UCS (Unión de Cuadrantes Superiores) de mama izquierda. Tomado de *Introducción del CAD en un Programa de Detección Precoz de Cáncer de Mama.*

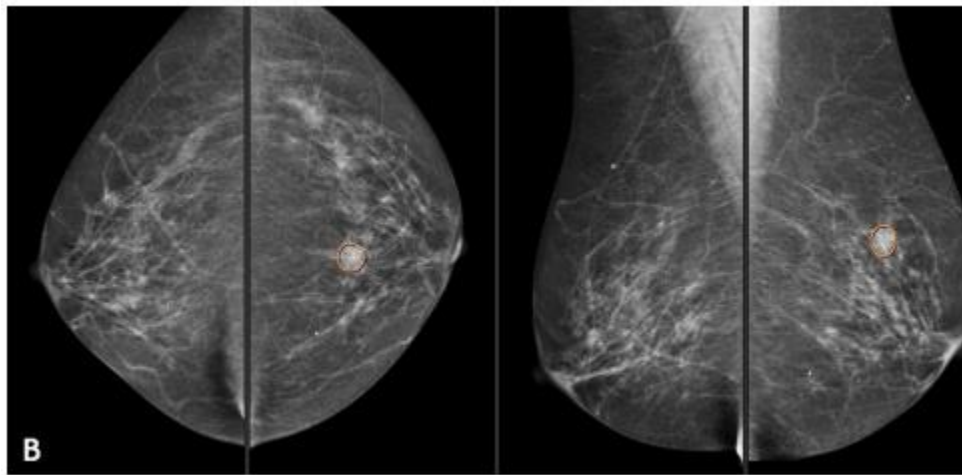


Figura 18 Mamografía Bilateral. B. El CAD marca correctamente el tumor en las dos proyecciones, se muestra carcinoma ductal infiltrante de 11mm. Tomado de *Introducción del CAD en un Programa de Detección Precoz de Cáncer de Mama.*

Finalmente, podemos observar el funcionamiento de un sistema de detección CAD en este observamos su procesamiento, la segmentación, el análisis de características y la clasificación, las cuales son utilizadas para reducir los falsos positivos.

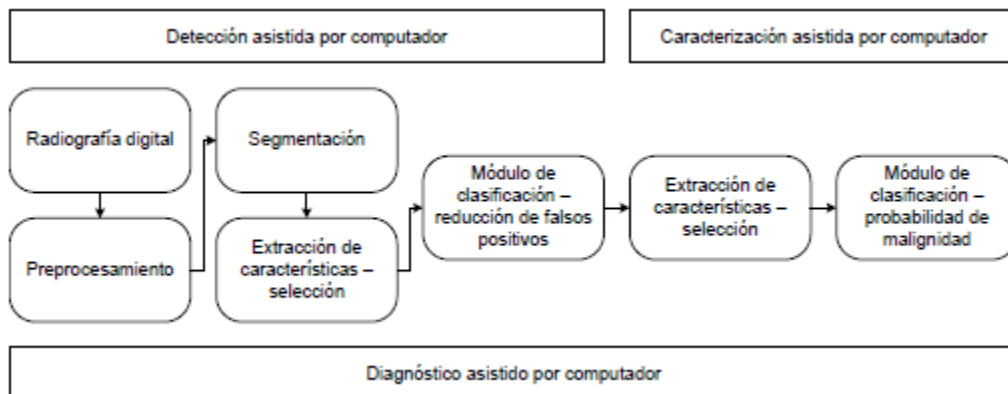


Figura 19 Arquitectura CAD. Tomado de *Herramienta para la Detección Automática de Patologías en Radiografías de Tórax usando Visión por Computador*

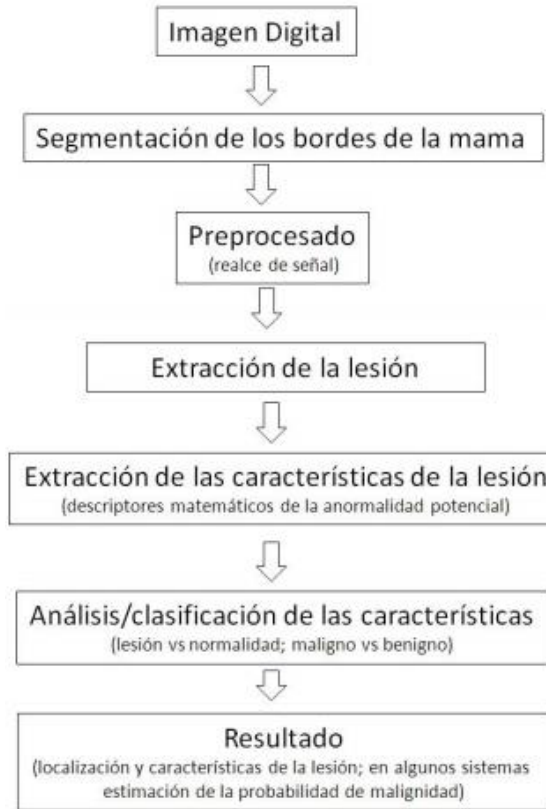


Figura 20 Etapas del Trabajo con Imágenes Mamográficas Realizado por un Sistema CAD. Tomado de Introducción del CAD en un Programa de Detección Precoz de Cáncer de Mama.

Las Redes Bayesianas son una representación gráfica de dependencias para razonamiento probabilístico. Una Red Bayesiana es un modelo probabilístico que relaciona un conjunto de variables aleatorias mediante un grafo dirigido, son redes graficas sin ciclos en el que se representan variables aleatorias y las relaciones de probabilidad que existen entre ellas que permiten conseguir soluciones a problemas de decisión en casos de incertidumbre (Lozano, 2011).

Un grafo es un conjunto de nodos (o vértices) y un conjunto de aristas (o arcos), estando cada arista representada por dos nodos. Un grafo no dirigido es aquel en el que las aristas se pueden recorrer en cualquier dirección. Por otra parte, si los nodos que representan la arista están ordenados, entonces la arista tiene una única dirección en la que puede ser recorrida y, por tanto, se tiene un grafo dirigido (Alvarez, 2011).

La topología o estructura de la red nos da información sobre las dependencias probabilísticas entre las variables. En la Figura 21 se puede observar que Tifoidea está separando a Reacciones del resto de las variables que se encuentran en el grafo (Sucar, 2015).

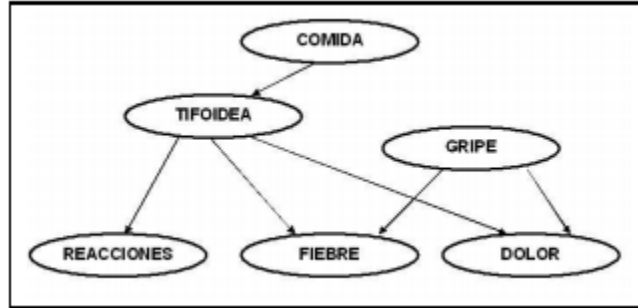


Figura 21 Ejemplo de una red bayesiana. Los nodos representan variables aleatorias y los arcos relaciones de dependencia. Tomado de Redes Bayesianas.

6.4 ANALIZAR LOS RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN CON EL FIN DE ESTABLECER UNA POSICIÓN CRÍTICA SOBRE EL CONJUNTO DE TÉCNICAS REVISADAS.

Tabla 6 Criterio de Evaluación. Redes Neuronales

ITEM	CRITERIO DE EVALUACIÓN	MODELO	RESPUESTA
1	¿Qué apoyo brinda la técnica a la detección temprana?	Redes Neuronales	Alta, debido a que, en los trabajos analizados, en su gran mayoría nos arrojaron como conclusión que las redes neuronales son un apoyo importante en el campo médico y que le brinda al profesional un diagnostico medico más acertado.
2	¿Qué precisión brinda la técnica?	Redes Neuronales	Según los trabajos analizados en la matriz de revisión, dicha exactitud es

			aproximadamente del 89.90%
3	¿Tiene alguna condición especial, esta afecta a la hora de dar el resultado?	Redes Neuronales	Se tienen en cuenta variables como los son edad, peso, sexo, condición general del estado de salud, IMC, pero esto no afectan a la hora de dar un resultado final
4	¿Estos facilitan la lectura de datos, algoritmos y resolución de problemas?	Redes Neuronales	Si, las redes neuronales facilitan la resolución de problemas y estas aprenden por medio de capas
5	¿Es efectiva la utilización de algoritmos para identificar la detección temprana del cáncer de mama?	Redes Neuronales	Si, ya que por medio de estos se logra una mayor efectividad a la hora de realizar el diagnostico evitando falsos negativos

Tabla 7 Criterio de Evaluación. CAD

ITEM	CRITERIO DE EVALUACIÓN	MODELO	RESPUESTA
1	¿Qué apoyo brinda la técnica a la detección temprana?	CAD	Alta, debido a que, en los trabajos analizados en nuestra matriz de revisión, nos evidencian que el CAD se implementa desde una etapa diagnostica temprana.

2	¿Qué precisión brinda la técnica?	CAD	Según los trabajos analizados en la matriz de revisión, dicha exactitud es aproximadamente del 94.25%
3	¿Tiene alguna condición especial, esta afecta a la hora de dar el resultado?	CAD	Las edades más avanzadas representan una condición especial y pueden llegar a afectar el resultado final, ya que aproximadamente un 80 % de las mujeres con diagnóstico de tumor en etapa I, tienen un promedio de supervivencia superior a 5 años, mientras que solo el 25 % de las mujeres con diagnóstico de tumores en etapa II-IV, muestran expectativas de vida superiores a los 5 años
4	¿Estos facilitan la lectura de datos, algoritmos y resolución de problemas?	CAD	Si, aunque posee información limitada, ya que la cantidad de imágenes es escasa.
5	¿Es efectiva la utilización de algoritmos para identificar la detección temprana del cáncer de mama?	CAD	Se ha realizado el análisis, diseño y desarrollo de un nuevo algoritmo

			de crecimiento de regiones controladas, partiendo de semillas seleccionadas automáticamente, que permite la identificación y segmentación de los volúmenes candidatos a la presencia de nódulos cancerígenos.
--	--	--	---

Tabla 8 Criterio de Evaluación. Machine Learning (Aprendizaje Automático)

ITEM	CRITERIO DE EVALUACIÓN	MODELO	RESPUESTA
1	¿Qué apoyo brinda la técnica a la detección temprana?	Machine Learning	Media, debido a que, en los trabajos analizados en nuestra matriz de revisión, este puede lograr identificar patrones que a su vez pueden no ser datos importantes y por ende interferir en los resultados finales.
2	¿Qué precisión brinda la técnica?	Machine Learning	Según los trabajos analizados en la matriz de revisión, la exactitud del Machine learning es

			aproximadamente del 89.83%
3	¿Tiene alguna condición especial, esta afecta a la hora de dar el resultado?	Machine Learning	El peso, edad, altura, sexo, IMC
4	¿Estos facilitan la lectura de datos, algoritmos y resolución de problemas?	Machine Learning	Si, aunque existe el riesgo de “sesgo de automatización”, lo que significa que los humanos confíen completamente en el trabajo de una máquina, en lugar de aplicar su propio juicio crítico.
5	¿Es efectiva la utilización de algoritmos para identificar la detección temprana del cáncer de mama?	Machine Learning	Si, Ya que uno de los campos que más ha estudiado el uso de machine learning en predicción de pronósticos es la oncología. Se ha reportado que el uso de métodos de machine learning mejoraba entre un 15-25% las predicciones de pronóstico de cáncer.

Tabla 9 Criterio de Evaluación. Deep Learning (Aprendizaje Profundo)

ITEM	CRITERIO DE EVALUACIÓN	MODELO	RESPUESTA
1	¿Qué apoyo brinda la técnica a la detección temprana?	Deep Learning	Media, debido a que, en los trabajos analizados en nuestra matriz de revisión, nos indican que a medida que el Deep learning realiza sus iteraciones los resultados que muestran son más asertivos.
2	¿Qué precisión brinda la técnica?	Deep Learning	Según los trabajos analizados en la matriz de revisión, la exactitud del Deep learning es aproximadamente del 73.75%
3	¿Tiene alguna condición especial, esta afecta a la hora de dar el resultado?	Deep Learning	No
4	¿Estos facilitan la lectura de datos, algoritmos y resolución de problemas?	Deep Learning	Si, ya que por medio de las bases de datos de imágenes que se tienen en el Deep Learning, la maquina aprende a resolver problemas y ser muy exacta a la hora de dar un resultado final.
5	¿Es efectiva la utilización de algoritmos para identificar la detección temprana del cáncer de mama?	Deep Learning	Si, ya que se usan miles de imágenes para que el sistema

			aprenda a diferenciar los tumores malignos.
--	--	--	---

Tabla 10 Criterio de Evaluación. Sistema Bayesiano

ITEM	CRITERIO DE EVALUACIÓN	MODELO	RESPUESTA
1	¿Qué apoyo brinda la técnica a la detección temprana?	Sistema Bayesiano	Media, ya que permite la posibilidad de clasificar a una paciente en tres categorías, en vez de dos que es la forma clásica: Cáncer o No cáncer. La tercera categoría, Probablemente Cáncer, indica que es necesario encontrar nuevas evidencias para poder establecer el diagnóstico final.
2	¿Qué precisión brinda la técnica?	Sistema Bayesiano	Según los trabajos analizados en la matriz de revisión, la exactitud del Sistema Bayesiano es aproximadamente del 98%
3	¿Tiene alguna condición especial, esta afecta a la hora de dar el resultado?	Sistema Bayesiano	Edad, peso, talla, índice de masa corporal, escolaridad, estrato socioeconómico, seguridad social,

			fumador, cuando dejó de fumar, fumador pasivo, consume licor, cantidad de licor, herencia familiar de cáncer, edad de la menarca, menopausia, embarazos, partos, edad del primer parto, lactancia, consumo de anticonceptivos orales, cuanto años consumió anticonceptivos orales, tiempo de suspensión de anticonceptivos orales.
4	¿Estos facilitan la lectura de datos, algoritmos y resolución de problemas?	Sistema Bayesiano	Si, Las Redes Bayesianas has demostrado poder alcanzar un rendimiento bastante alto ofreciendo total transparencia sobre el proceso de inferencia, algo que no pasa con muchas otras técnicas que por lo general ofrecen un resultado, pero sin tener en cuenta la incertidumbre existente y más aún, sin poder

			explicar el cómo se llega a esa conclusión.
5	¿Es efectiva la utilización de algoritmos para identificar la detección temprana del cáncer de mama?	Sistema Bayesiano	Si, ya que el método utilizado por este modelo permite incorporar los resultados de una mamografía, algunas variables históricas y una función de costos. Se encontró que el diagnóstico puede cambiar drásticamente según cambie la función de pérdida y además que el modelo de predicción debe ser distinto dependiendo de la edad de la paciente, menor o mayor a 50 años.

En un proyecto realizado en el College of Medicine de los Estados Unidos se trabaja mediante redes neuronales para así reducir la tasa de falsos positivos en los diagnósticos realizados con antelación durante el examen médico. Se trabaja con imágenes catalogadas y clasificadas con los resultados de las biopsias, que fueron de lesiones precancerígenas de alto grado (Maestre, 2019). La ANN pueden auxiliar a los profesionales de la salud en el procesamiento de la información generada por los exámenes de laboratorio de cáncer de mama, de manera que se llega a una conclusión con respecto a la observación analizada, sea maligno o benigno, en el caso de nódulos mamarios (Romero Bersosa, 2017).

En el caso de la detección temprana del cáncer de mama, se recomienda la utilización de mamografías digitales, utilizando las redes neuronales ya que se cuenta con una sensibilidad del 21%, una especificidad del 19% y una precisión (exactitud) del 17%.

Teniendo en cuenta que, en la mayoría de trabajos investigados se utilizaban las redes neuronales.

Las redes neuronales utilizan varios pasos como son: tratamiento digital de imágenes, segmentación de la mamografía digital, extracción de características, clasificación y respuesta. (El Universal de México, 2015)

Con la utilización de las redes neuronales, se puede diagnosticar a tiempo el cáncer de mama. En la actualidad, solo el 10% de los casos se detecta en etapa temprana y esto trae consigo la poca probabilidad de supervivencia de las mujeres que padecen de cáncer de mama.

La gran ventaja de las redes neuronales es que son herramientas de cómputo para el personal de salud, sobre todo en el caso de cáncer de mama, estas identifican la existencia de tumores (malignos o benignos), el tipo de tejido mamario, con lo cual se hace un diagnóstico; disminuye la existencia de falsos positivos y evita las biopsias y cirugías innecesarias. Una de las desventajas que se puede presentar en las redes neuronales es que debido al ruido y la baja calidad de resolución que se logra evidenciar en algunas de las imágenes se puede ver afectado el resultado final.

El modelo Deep Learning, es similar a las redes neuronales, puesto que parte del análisis de las imágenes de los tumores en el tejido mamario, utiliza la arquitectura que tiene y esto garantiza que se identifique y diferencie el tejido cancerígeno. Igualmente, permite identificar los diferentes tipos de cáncer de mama. Está compuesto por redes neuronales artificiales; tiene tres capas: entrada, oculta y salida. Este sistema funciona reduciendo errores y aumentando el intervalo de confianza. Utiliza un proceso didáctico: aprendizaje supervisado, es decir, el ser humano da la información y aprendizaje no supervisado, que es cuando la máquina identifica los valores aportados y toma decisiones para establecer las relaciones entre ellos. Se usa mucho en diagnósticos médicos, aunque tiene otras aplicaciones en la actualidad. Algunas de las desventajas del Deep Learning es que se quiere implementar en minorías raciales, pero esto trae consigo las limitantes debido a la falta de recursos de dicha población.

El Machine Learning crea sistemas que aprenden de manera automática, es decir, identifican patrones complejos en millones de datos. En el campo del diagnóstico del cáncer de mama, el Machine Learning funciona cuando el algoritmo revisa los datos emanados de la mamografía y puede predecir si la persona tiene probabilidad de adquirir la enfermedad a futuro.

El Machine Learning, también cuenta con el inconveniente de que, el análisis de datos puede resultar una tarea compleja debido a la gran cantidad de opciones y modelos disponibles, por lo que elaborar una herramienta clasificadora para encontrar parámetros significativos dentro de estos grupos de datos puede no resultar tarea fácil.

El sistema predictivo Bayesiano tiene en cuenta diversas variables: edad, peso, IMC, escolaridad, estrato socioeconómico, seguridad social, fumador activo o pasivo, consumidor de licor y en qué cantidad, herencia de cáncer, edad de menarca, menopausia, embarazos, partos, abortos, edad del primer parto, lactancia, consumo de anticonceptivos orales, tiempo de consumo de anticonceptivos, terapia de reemplazo hormonal, entre otros. Con estos datos, se hace una muestra entre personas con cáncer y personas sin cáncer de mama. Se entrena el sistema de clasificación Bayesiano, se validan en el sistema, con el objetivo de determinar el número de aciertos y errores. El resultado fue del 100% en los aciertos.

Utiliza tres pasos: Bases de datos, formalización de la matemática y algoritmo de selección. Es una efectiva herramienta en la detección del cáncer de mama.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el desarrollo del presente trabajo, encontramos que las diferentes técnicas utilizadas para el diagnóstico precoz del cáncer de mama, son efectivas siempre y cuando, las personas que tengan la duda de tener la enfermedad, se practiquen la mamografía a tiempo.

En este sentido, es importante tener en cuenta que, para la adecuada utilización de la IA, se requiere la mamografía como primer dato para que, los algoritmos de Machine Learning, Deep Learning, CAD, Redes Neuronales y Análisis Bayesiano sean efectivos en el diagnóstico, de acuerdo al manejo de los algoritmos.

Para ello, es importante conocer cuáles son los aportes que cada uno de los métodos de la IA, generan para la detección temprana del cáncer de mama; además de esto, es importante analizar la agilidad con la cual hacen el diagnóstico y por ende el tiempo que le ahorran al personal de salud y a los pacientes, puesto que, en el tratamiento del cáncer de mama, cada minuto juega un papel fundamental en la expectativa de curación y vida de las personas que padecen esta enfermedad.

Es importante agregar, que los métodos analizados son de excelente calidad, aunque en la mayoría de los casos se utilizan las Redes Neuronales. Sin embargo, los otros métodos son de alta calidad para la detección temprana del cáncer de mama.

Las técnicas de IA que se analizaron, se basan en la sensibilidad, exactitud y especificidad, explicados anteriormente y en donde se evidencia el total de aciertos, permitiendo al personal médico, iniciar los tratamientos adecuados en los pacientes con resultados positivos para el cáncer de mama.

8. IMPACTO ESPERADO

Esta investigación, pretende ofrecer a la comunidad académica, desde la ciencia de la tecnología de la información, el diseño de software, los ingenieros de sistemas y la medicina, un análisis crítico basado en la literatura sobre el uso adecuado de la Inteligencia Artificial, en el diagnóstico precoz del cáncer de mama; generando mayores posibilidades de vida para los pacientes y contribuyendo a futuras investigaciones para el desarrollo de aplicaciones y software que agilicen el trabajo de los profesionales de la salud en el área de la oncología.

9. CONCLUSIONES

Por medio de este trabajo logramos identificar los principales modelos predictivos que se utilizan a la hora de predecir el cáncer de mama, también se logró identificar los criterios por los cuales se evaluarán los diferentes modelos, analizando los resultados por medio de una caracterización estableciendo así una posición crítica sobre las técnicas revisadas.

La adecuada utilización de las técnicas CAD, Redes Neuronales, Machine Learning, Deep Learning, permiten diagnosticar de manera oportuna el cáncer de mama, alargando con esto, la expectativa de vida de los pacientes.

El análisis de las técnicas usadas permite identificar que, en cuanto a exactitud se refiere, uno de los métodos con mayor capacidad de asertividad en la IA para detección temprana del cáncer de mama es el sistema Bayesiano.

La utilización de la IA en la detección temprana del cáncer de mama, garantiza que el personal médico pueda actuar con mayor prontitud en los casos positivos y ayuda en la detección de falsos positivos de cáncer de mama.

La IA se convierte en un aliado importante en la detección del cáncer de mama y aumenta la expectativa de vida de los pacientes, gracias a la agilidad en el diagnóstico.

Se estima que el 42% de las mujeres afrodescendientes tienen mayor probabilidad de contraer cáncer de mama. En este sentido, la adecuada utilización de la IA, permite que se pueda predecir a cinco años si contraerán la enfermedad.

10. RECOMENDACIONES FUTURAS

Luego de hacer el análisis crítico de las técnicas de IA utilizadas en la predicción del cáncer de mama a partir de mamografías, es importante considerar la posibilidad de crear una aplicación que permita, a partir de la mamografía la realización de un diagnóstico ágil y efectivo.

Esta aplicación, sería de uso exclusivo del personal médico del mundo. Es importante que se tenga en cuenta a las mujeres afrodescendientes, puesto que son las más propensas a contraer esta enfermedad.

Igualmente, es importante que en los hospitales públicos del mundo y sobre todo de Colombia, se cuente con el apoyo de la IA para el diagnóstico, no solo del cáncer de mama, sino también de otras enfermedades.

De otro lado, sería bueno la realización de un artículo que combine los conocimientos de la IA y la medicina, con el fin de ser publicado en una revista indexada internacional para que, los profesionales de la salud, entiendan el apoyo que puede darles la IA en la detección temprana del cáncer de mama y otras enfermedades.

REFERENCIAS

Bibliografía

- Adam Conner-Simons, R. G. (05 de 2019). *MIT*. Obtenido de MIT on Campus Around the World: <https://news.mit.edu/2019/using-ai-predict-breast-cancer-and-personalized-care-0507>
- Alandete, D. (27 de 10 de 2011). *El País*. Obtenido de El País: https://elpais.com/diario/2011/10/27/necrologicas/1319666402_850215.html
- Alcalá, U. d. (2020). *Universidad de Alcalá*. Obtenido de Importancia del Deep Learning: <https://master-deeplearning.com/importancia-del-deep-learning/>
- Alejandro Díaz Sotolongo, D. B. (13 de 08 de 2013). *3ciencias*. Obtenido de Combinación de Técnicas de Procesamiento Digital de Imágenes de Inteligencia Artificial Para el Análisis de Imágenes de Mamografía: <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2013/08/Combinaci%C3%B3n-de-t%C3%A9cnicas-de-PDI-e-IA-para-el-an%C3%A1lisis-de-im%C3%A1genes-de-mamograf%C3%ADa.pdf>
- Alonso, M. A. (01 de 2012). *medwave*. Obtenido de Fundamentos del análisis crítico: concepto de validez y condiciones básicas para el análisis: <https://www.medwave.cl/link.cgi/Medwave/Series/MBE03/5293#:~:text=El%20an%C3%A1lisis%20cr%C3%ADtico%20de%20la,sea%20por%20sesgo%20o%20confusi%C3%B3n.>
- Alonso, M. A. (01 de 2012). *Medwave*. Obtenido de Fundamentos del análisis crítico: concepto de validez y condiciones básicas para el análisis: <https://www.medwave.cl/link.cgi/Medwave/Series/MBE03/5293#:~:text=El%20an%C3%A1lisis%20cr%C3%ADtico%20de%20la,sea%20por%20sesgo%20o%20confusi%C3%B3n.>
- Alonso, M. A. (01 de 2012). *Medwave*. Obtenido de Fundamentos del análisis crítico: concepto de validez y condiciones básicas para el análisis: <https://www.medwave.cl/link.cgi/Medwave/Series/MBE03/5293#:~:text=El%20an%C3%A1lisis%20cr%C3%ADtico%20de%20la,sea%20por%20sesgo%20o%20confusi%C3%B3n.>
- Alvarez, J. R. (09 de 2011). *Universidad Autónoma de Madrid*. Obtenido de Introducción a las Redes Bayesianas: https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/12527/60689_Reguero_Alvarez_Jaime.pdf?sequence=1

- Arimetrics. (12 de 11 de 2020). *https://www.arimetrics.com/glosario-digital/modelo-predictivo*. Obtenido de <https://www.arimetrics.com/glosario-digital/modelo-predictivo>: <https://www.arimetrics.com/glosario-digital/modelo-predictivo>
- Asco, A. S. (10 de 2018). *Cancer.Net*. Obtenido de Cancer.Net: <https://www.cancer.net/es/tipos-de-c%C3%A1ncer/c%C3%A1ncer-de-mama/s%C3%ADntomas-y-signos>
- Banafa, A. (07 de 08 de 2016). *OpenMind BBVA*. Obtenido de OpenMind BBVA: <https://www.bbvaopenmind.com/tecnologia/mundo-digital/que-es-el-aprendizaje-profundo/#:~:text=Siendo%20una%20subcategor%C3%ADa%20del%20aprendizaje,el%20procesamiento%20del%20lenguaje%20natural>
- Barbara Kitchenham, S. C. (2 de 04 de 2007). *scienceopen.com*. Obtenido de scienceopen.com: <https://www.scienceopen.com/hosted-document?doi=10.14236/ewic/EASE2007.7>
- Bracero, F. (01 de 04 de 2020). *lavanguardia*. Obtenido de Una IA de Google promete detectar el cáncer de mama mejor que los médicos: <https://www.lavanguardia.com/vida/20200104/472683337686/pruebas-cancer-mama-inteligencia-artificial-estudio-google.html>
- Calvo, D. (20 de 07 de 2017). *Red Neuronal Convolutiva CNN*. Obtenido de Red Neuronal Convolutiva CNN: <https://www.diegocalvo.es/red-neuronal-convolutiva/>
- Calvo, D. (09 de 12 de 2018). *Red Neuronal Recurrente – RNN*. Obtenido de Red Neuronal Recurrente – RNN: <https://www.diegocalvo.es/red-neuronal-recurrente/>
- Cancerología, I. N. (07 de 2012). *Instituto Nacional de Cancerología*. Obtenido de Instituto Nacional de Cancerología : https://www.cancer.gov.co/files/libros/archivos/95685f345e64aa9f0fece8a589b5acc3_BOLETIN%20HECHOS%20Y%20ACCIONES%20MAMA.PDF
- Carrizo, D., & Moller, C. (2018). *SCIELO*. Obtenido de SCIELO: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052018000500045
- Castelló, X. B. (2016). *Universitat de Barcelona*. Obtenido de Introducción del CAD en un Programa de Detección Precoz de Cáncer de Mama: http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/126209/1/XBC_TESIS.pdf
- Castrillón, O. D., Castaño, E., & Castillo, L. F. (03 de 08 de 2017). *Scielo*. Obtenido de Sistema Predictivo Bayesiano para Detección del Cáncer de Mama:

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642018000300257&script=sci_arttext&lng=en

Ceja, A. (09 de 06 de 2020). *Neoland*. Obtenido de Machine Learning vs Deep Learning: <https://www.neoland.es/blog/machine-learning-vs-deep-learning>

Claudia Asenjo-Lobos, C. M. (18 de 06 de 2014). *Scielo*. Obtenido de Análisis Crítico de la Literatura: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022014000300033

Colombia, C. d. (19 de 04 de 2010). *Instituto Nacional de Salud*. Obtenido de Instituto Nacional de Salud: <https://www.ins.gov.co/Normatividad/Leyes/LEY%201384%20DE%202010.pdf>

Colombia, C. d. (19 de 01 de 2011). *Minsalud*. Obtenido de Minsalud: https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/LEY%201438%20DE%202011.pdf

Conner-Simons, A. (16 de 10 de 2017). *MIT News*. Obtenido de MIT News: <http://news.mit.edu/2017/artificial-intelligence-early-breast-cancer-detection-1017>

Cornieles, P. (11 de 12 de 2018). *IALATAM*. Obtenido de Tres Aplicaciones de la Inteligencia Artificial en la Salud: <https://ia-latam.com/2018/12/11/3-aplicaciones-de-la-inteligencia-artificial-en-la-salud/>

Cyntia Lisbeth Gamarra Condo, Y. V. (03 de 2019). *Repositorio Autónoma*. Obtenido de Autónoma Universidad Autónoma del Perú: <http://repositorio.autonoma.edu.pe/bitstream/AUTONOMA/954/3/Gamarra%20Condo%20y%20Santos%20Melo.pdf>

Digital, M. (28 de 06 de 2019). *Milenio*. Obtenido de MIT desarrolla modelo para predecir cáncer de mama 5 años antes de que se presente: <https://www.milenio.com/ciencia-y-salud/cancer-mama-tecnica-predice-enfermedad-5-anos-presentarse>

Dr. José Luis Herrera Salazar, G. C. (03 de 2019). *Repositorio de la Universidad Autónoma del Perú*. Obtenido de Autónoma Universidad Autónoma del Perú: <http://repositorio.autonoma.edu.pe/handle/AUTONOMA/954>

Edgar Serna M, A. S. (09 de 2017). *ResearchGate*. Obtenido de Principios y características de las redes neuronales artificiales: https://www.researchgate.net/publication/331498946_Principios_y_caracteristicas_de_las_redes_neuronales_artificiales

El Universal de México. (06 de Septiembre de 2015). IPN ayuda a detectar el cáncer de mama. *Ciencia y salud*, pág. 12.

- Enfermedades, C. C. (11 de 09 de 2018). *CDC Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades*. Obtenido de CDC Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades: https://www.cdc.gov/spanish/cancer/breast/basic_info/what-is-breast-cancer.htm
- Enterprise, H. P. (2020). *Hewlett Packard Enterprise*. Obtenido de Hewlett Packard Enterprise: <https://www.hpe.com/lamerica/es/what-is/machine-learning.html#:~:text=El%20aprendizaje%20autom%C3%A1tico%20se%20refiere,sido%20programados%20espec%C3%ADficamente%20para%20ello>.
- Esquirol, G. O. (2015). *Futuro de la enseñanza médica: inteligencia artificial y big data*. Obtenido de Scielo: http://scielo.isciii.es/pdf/fem/v18s1/09_comunicacion-ganadora.pdf
- Gea, J. M. (09 de 2009). *Researchgate Net*. Obtenido de Universidad de Murcia: https://www.researchgate.net/publication/325645025_Herramienta_para_la_Deteccion_Automatizada_de_Patologias_en_Radiografias_de_Torax_usando_Vision_por_Computador
- Gonzalo, Á. (10 de 05 de 2018). *Machine Learning Para Todos*. Obtenido de Machine Learning Para Todos: <https://machinelearningparatodos.com/problemas-comunes-en-aprendizaje-automatico/>
- Goya, C. (06 de 2019). *Business Insider*. Obtenido de Investigadores del MIT crean una IA que puede predecir el riesgo de padecer cáncer de mama con 5 años de antelación: <https://www.businessinsider.es/mit-ha-creado-ia-podria-predecir-casos-cancer-mama-442713>
- Heras, J. M. (19 de 09 de 2020). *IA Artificial*. Obtenido de IA Artificial: <https://www.iartificial.net/fases-del-proceso-de-machine-learning/>
- <https://developers.google.com/>. (12 de Noviembre de 2020). <https://developers.google.com/machine-learning/crash-course/classification/true-false-positive-negative?hl=es-419>. Obtenido de <https://developers.google.com/machine-learning/crash-course/classification/true-false-positive-negative?hl=es-419>: <https://developers.google.com/machine-learning/crash-course/classification/true-false-positive-negative?hl=es-419>
- Ingino, C. (10 de 2019). *Innovación e Inteligencia Artificial en Medicina*. Obtenido de Innovación e Inteligencia Artificial en Medicina : <https://philpapers.org/archive/INGIEI-2.pdf>
- Ingino, E. B. (10 de 2019). *Innovación e Inteligencia Artificial en Medicina*. Obtenido de Philpapers.: <https://philpapers.org/archive/INGIEI-2.pdf>

- Instituto Nacional de Cancerología . (07 de 2012). *Instituto Nacional de Cancerología* . Obtenido de Instituto Nacional de Cancerología : https://www.cancer.gov.co/files/libros/archivos/95685f345e64aa9f0fece8a589b5acc3_BOLETIN%20HECHOS%20Y%20ACCIONES%20MAMA.PDF
- Juarez, G. (24 de 05 de 2017). *Nexolution*. Obtenido de Cómo funciona el aprendizaje automático (machine learning): <http://www.nexolution.com/como-funciona-el-aprendizaje-automatico-machine-learning/>
- Julián Pérez Porto, M. M. (12 de Noviembre de 2020). <https://definicion.de/sensibilidad/>. Obtenido de <https://definicion.de/sensibilidad/>: <https://definicion.de/sensibilidad/>
- Kai Petersen, R. F. (06 de 2008). *Systematic Mapping Studies in Software Engineering*. Obtenido de Systematic Mapping Studies in Software Engineering: https://www.researchgate.net/publication/228350426_Systematic_Mapping_Studies_in_Software_Engineering
- Kai Petersen, R. F. (06 de 2008). *The Systematic Mapping Process*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/228350426_Systematic_Mapping_Studies_in_Software_Engineering
- Kuiava, V. A., Kuiava, E. L., Rodríguez, R., Beck, A. E., Rodríguez, J. P., & Chielle, E. O. (20 de 12 de 2019). *JBPML Brazilian Journal of Pathology and Laboratory Medicine*. Obtenido de Método de diagnóstico histopatológico de los nódulos mamarios mediante el algoritmo de aprendizaje profundo: <http://www.jbpml.org.br/detalhes/539/metodo-de-diagnostico-histopatologico-de-nodulos-mamarios-por-meio-do-algoritmo-de-aprendizagem-profunda>
- Lozano, M. R. (02 de 2011). *Universidad del Rosario*. Obtenido de El Papel de las Redes Bayesianas en la Toma de Decisiones: https://www.urosario.edu.co/Administracion/documentos/investigacion/laboratorio/miller_2_3.pdf
- Maestre, M. L. (2019). *Estudio del uso de Redes Neuronales Artificiales como herramienta para detectar el cáncer de ano*. Obtenido de Estudio del uso de Redes Neuronales Artificiales como herramienta para detectar el cáncer de ano: <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/94475/TFG-2726-LAZO%20MAESTRE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Matich, D. J. (03 de 2001). *Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Rosario* . Obtenido de Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones: https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5_anio/orientadora1/monograias/matich-redesneuronales.pdf

- Mayer McKinney, S., Marcin T. , S., Godbole, V., & Godwin, J. (01 de Enero de 2020). *International evaluation of an AI system for breast cancer screening*. Obtenido de <https://www.nature.com/articles/s41586-019-1799-6>
- MindOpen, B. (04 de 2018). *OpenMind BBVA*. Obtenido de El impacto de la Inteligencia Artificial en la asistencia sanitaria: <https://www.bbvaopenmind.com/tecnologia/mundo-digital/el-impacto-de-la-inteligencia-artificial-en-la-asistencia-sanitaria/>
- Omar D. Castrillón, E. C. (03 de 08 de 2017). *Scielo*. Obtenido de Sistema Predictivo Bayesiano para Detección del Cáncer de Mama: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642018000300257&script=sci_arttext&lng=en
- Organization, W. H. (2018). *World Health Organization - WHO*. Obtenido de World Health Organization: <https://www.who.int/topics/cancer/breastcancer/es/index1.html>
- Ortega, L. C. (18 de 12 de 2003). *Catarina*. Obtenido de Catarina : http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lis/contreras_o_l/capitulo2.pdf
- Ortiz, H. (19 de 10 de 2018). *El Tiempo*. Obtenido de Aumentan casos de mujeres jóvenes con cáncer de seno en Antioquia: <https://www.eltiempo.com/colombia/medellin/cada-vez-hay-mas-mujeres-jovenes-diagnosticadas-con-cancer-de-seno-en-antioquia-282972>
- PFS Tech. (27 de Diciembre de 2018). <https://pfstech.es/fases-para-construir-un-modelo-predictivo-de-ia/>. Obtenido de <https://pfstech.es/fases-para-construir-un-modelo-predictivo-de-ia/>: <https://pfstech.es/fases-para-construir-un-modelo-predictivo-de-ia/>
- Reyes, L. (2014). Inteligencia artificial para asistir el diagnóstico clínico en medicina. *Revista Alergia México*, 110-112.
- Robles Fajardo, J. B. (03 de 06 de 2020). *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad Distrital: <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/25070>
- Robles, S. C., & Galanis, E. (2 de 12 de 2002). *Revista Panamericana de Salud Pública*. Obtenido de Scielo Salud Pública: <https://scielosp.org/pdf/rpsp/v12n2/11622.pdf>
- Rodríguez, L. (12 de Noviembre de 2020). <https://lizardorodriguez.wordpress.com/unidad-2/clasificacion-de-problemas/>. Obtenido de <https://lizardorodriguez.wordpress.com/unidad-2/clasificacion-de-problemas/>: <https://lizardorodriguez.wordpress.com/unidad-2/clasificacion-de-problemas/>

- Romero Bersosa, M. A. (17 de 03 de 2017). *Implementación de dos arquitecturas de redes neuronales para la clasificación de cáncer de mamas*. Obtenido de Implementación de dos arquitecturas de redes neuronales para la clasificación de cáncer de mamas: <http://192.188.52.94/bitstream/3317/7801/1/T-UCSG-PRE-TEC-ITEL-197.pdf>
- Ruiz, F. E. (2003). Inteligencia Artificial Modelos, Técnicas y Áreas de Aplicación. En F. E. Ruiz, *Inteligencia Artificial Modelos, Técnicas y Áreas de Aplicación*. España: Thomson.
- Russell, S. J. (1995). *Artificial Intelligence A Modern Approach*. Obtenido de Artificial Intelligence A Modern Approach: <https://people.eecs.berkeley.edu/~russell/intro.html>
- Salcedo, L. O., Guerrero Zuñiga, A. P., & Delvasto Arjona, S. (12 de 2012). *Cuaderno ACTIVA*. Obtenido de Cuaderno ACTIVA: <https://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/view/33/30>
- Salud CCM. (12 de Noviembre de 2020). <https://salud.ccm.net/faq/17713-sensibilidad-y-especificidad-definicion>. Obtenido de <https://salud.ccm.net/faq/17713-sensibilidad-y-especificidad-definicion>: <https://salud.ccm.net/faq/17713-sensibilidad-y-especificidad-definicion>
- Saura, J. R., Reyes-Menendez, A., & Palos-Sánchez, P. (01 de 06 de 2018). *Revista Espacios*. Obtenido de Revista Espacios: <http://www.revistaespacios.com/a18v39n42/18394216.html>
- Significados. (12 de Noviembre de 2020). <https://www.significados.com/exactitud/>. Obtenido de <https://www.significados.com/exactitud/>: <https://www.significados.com/exactitud/>
- SmartPanel. (10 de 04 de 2018). *SmartPanel*. Obtenido de SmartPanel: <https://www.smartpanel.com/que-es-deep-learning/>
- SmartPanel. (10 de 04 de 2018). *SmartPanel*. Obtenido de Que es el Deep Learning: <https://www.smartpanel.com/que-es-deep-learning/>
- Social, M. d. (29 de 12 de 2012). *Ministerio de Salud y Protección Social*. Obtenido de Ministerio de Salud y Protección Social: https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%204496%20de%202012.pdf
- Sucar, L. E. (2015). *ccc.inaoep.mx*. Obtenido de Redes Bayesianas: <https://ccc.inaoep.mx/~esucar/Clases-mgp/caprb.pdf>

- Takeyas, B. L. (2007). *Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo*. Obtenido de Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo: <http://www.itnuevolaredo.edu.mx/takeyas/Articulos/Inteligencia%20Artificial/ARTICULO%20Introduccion%20a%20la%20Inteligencia%20Artificial.pdf>
- Vanguardia, L. (27 de 06 de 2018). *La Vanguardia*. Obtenido de <https://www.lavanguardia.com/historiayvida/historia-contemporanea/20180611/47312986353/que-aporto-a-la-ciencia-alan-turing.html#:~:text=Lo%20computable%20era%20todo%20aquello,es%20decir%20C%20sin%20soluci%C3%B3n%20algor%C3%ADmica>
- Villanueva, L. M. (17 de 07 de 2018). *Universidad Nacional de Colombia - UN Periódico Diigital*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia - UN Periódico Diigital : <https://unperiodico.unal.edu.co/pages/detail/inteligencia-artificial-reduce-tiempo-para-diagnosticar-cancer-de-seno/>
- World Health Organization. (Octubre de 2013). *World Health Organization, International Agency for Research on Cancer*. Obtenido de OPS: https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=5041:2011-breast-cancer&Itemid=3639&lang=es
- Yu., L. D. (2014). *sci2s*. Obtenido de Universidad de Granada: <https://sci2s.ugr.es/sites/default/files/files/Teaching/GraduatesCourses/SIGE/Tema06-Deep-learning.pdf>

ANEXOS

MATRIZ DE REVISIÓN				
AÑO	TÍTULO	AUTORES	TÉCNICA	URL
2020	Utilización de algoritmos para la identificación automática de microcalcificaciones en imágenes digitales de mamografía	Bach. Raul Quesquen Liza	Modelos de detección (CAD) y diagnóstico (CADx) asistido por computadora	http://repositorio.uss.edu.pe/handle/uss/6991
2020	Arquitectura de Red Neuronal Convolutiva para Diagnóstico de Cáncer de Piel	Giorzinio Maikol Tejada Layme, Renzo Pascual Gonzales Chama	Redes Neuronales	http://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/UTP/3043/1/Giorzinio%20Tejada_Renzo%20Gonzales_Tesis_Titulo%20Profesional_2020.pdf
2020	Diseño de Sistema Automatizado para Detección de Anomalías en Imágenes Digitales de Mama	Eduardo Daniel Suárez Aday; Marlén Pérez Díaz & Rubén Orozco Morales	Detección asistida por computadora (CAD)	https://www.researchgate.net/publication/338409783_Diseño_de_Sistema_Automatizado_para_Detección_de_Anomalías_en_Imágenes_Digitales_de_Mama_Automated_System_Design_to_Detect_Anomalies_in_Digital_Images_of_the_Breast
2020	Diseño de Sistema Automatizado para Detección de	Robles Fajardo, Jaime Brandon Millan Gómez, Jorge Armando	Aprendizaje supervisado (Supervised Learning)	http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/25070

	Anomalías en Imágenes Digitales de Mama			
2020	Predicción en el diagnóstico de tumores de cáncer de mama empleando métodos de clasificación	Nelson del Castillo Collazo	pronósticos y la curva ROC(Receiver Operating Characteristics) y AUC(Area Under the Curve).	https://www.riti.es/ojs2018/inicio/index.php/riti/article/view/239/html
2020	Clasificación de cáncer de mama a partir de mamografía digital usando aprendizaje profundo	Luis Alberto López Rodríguez, Marlen Pérez-Díaz, José Daniel López-Cabrera	Transfer learning	http://www.informaticahabana.cu/sites/default/files/ponencia-2020/CCI39.pdf
2020	Inteligencia Artificial como herramienta en el diagnóstico Mamario. ¿Es una tecnología que ha llegado para quedar?	Karina Pesce MD PhD	Proceso de aprendizaje automático	https://www.revistasamas.org.ar/revistas/2020_v39_n143/03.pdf
2020	Comparativas de técnicas de Preprocesa	Fernando Arroyo Rubio	Técnicas de procesamiento de imágenes.	https://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/10000/Arroyo%20Rubio%2c%

	miento y entrenamiento para detección de hemorragias intracraneales			20Fernando.pdf?sequence=1&isAllowed=y
2020	Inteligencia artificial e innovación para optimizar el proceso de diagnóstico de la tuberculosis	Walter H. Curioso, Maria J. Brunette 2	Redes neuronales convolucionales	https://rpmesp.ins.gob.pe/index.php/rpmesp/article/view/5585
2020	Visión artificial profunda aplicada a la identificación temprana de cáncer no melanoma y queratosis actínica	Jairo Eduardo Márquez Díaz	Redes Neuronales	https://www.researchgate.net/publication/342655980_Vision_artificial_profunda_aplicada_a_la_identificacion_temprana_de_cancer_no_melanoma_y_queratosis_actinica_Deep_Artificial_Vision_Applied_to_the_Early_Identification_of_Non-Melanoma_Cancer_and_Actin
2020	Categorización y análisis de la frecuencia cardiaca de un individuo con inteligencia artificial	Jorge Carlos Goldman	Random Forest	https://ri.itba.edu.ar/bitstream/handle/123456789/1873/TFI%20Goldman%2c%20Jorge.pdf?sequence=1&isAllowed=y

2020	Actualidades en el manejo de cáncer de mama	Acad. Dr. Heriberto Medina Franco FACS*	Tratamiento sistémico y radioterapia.	https://www.medigraphic.com/ecos2020/ecos2020.pdf#page=17
2019	Stand-Alone Artificial Intelligence for Breast Cancer Detection in Mammography: Comparison With 101 Radiologists	Alejandro Rodriguez-Ruiz, Kristina Lång, Albert Gubern-Merida, Mireille Broeders, Gisella Gennaro, Paola Clauser, Thomas H Helbich, Margarita Chevalier, Tao Tan, Thomas Mertelmeier, Matthew G Wallis, Ingvar Andersson, Sophia Zackrisson, Ritse M Mann, Ioannis Sechopoulos	Se utilizó el análisis de no inferioridad (34-38) para comparar el sistema de IA con los radiólogos. El margen de no inferioridad se fijó en 0,05, porque las diferencias por debajo de este margen se consideraron clínicamente no importantes. La no inferioridad se concluía si la diferencia AUC AI - radiólogos era mayor que 0 y el límite inferior del intervalo de confianza del 95% de la diferencia era mayor que el valor negativo del margen de no inferioridad (-0,05).	https://academic.oup.com/jnci/article/111/9/916/5307077
2019	Cáncer de mama: inteligencia	Universidad de Costa Rica -	Recopilación de Imágenes	https://academic.oup.com/jnci/article/111/9/916/5307077

	artificial para agilizar el diagnóstico	Portal de la Investigación		
2019	Using AI to predict breast cancer and personalize care	Adam Conner-Simons y Rachel Gordon CSAIL	Predict from a mammogram if a patient is likely to develop breast cancer as much as five years in the future.	https://news.mit.edu/2019/using-ai-predict-breast-cancer-and-personalize-care-0507
2019	Aplicación del algoritmo para predecir el riesgo de cáncer de mama en las pacientes del hospital de la solidaridad de villa el salvador	Cyntia Lisbeth Gamarra Condo, Yadira Victoria Santos Melo, mg. José Luis Herrera Salazar	Identificación de las pacientes propensas a tener cáncer de mama para reducir errores al momento de realizar el diagnóstico a una paciente, realizando un estudio tecnológico y sistemático; teniendo en cuenta la integridad, la confidencialidad y disponibilidad de sus diagnósticos y las fuentes más recurrente de error.	http://repositorio.autonoma.edu.pe/handle/AUTONOMA/954
2019	Method of histopathological diagnosis of	Victor Antônio Kuiava, Eliseu Luiz Kuiava, Rubens	A communication interface was established of	https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-

	mammary nodules through deep learning algorithm	Rodriguez, Adriana Eli Beck, João Pedro M. Rodriguez, Eduardo O. Chielle5	characteristics of mammary histopathologica l images organized under a chain of analysis that defined a logical pattern of image classification with and without breast neoplastic lesions.	24442019000600620&lang=es
2019	Breast Cancer Detection and Classification using Analysis and Gene-Back Proportional Neural Network Algorithm	Amandeep Kaur, Prabhjeet Kaur	Gene-BPNN classification method	https://www.ijitee.org/wp-content/uploads/papers/v8i8/H6992068819.pdf
2019	Estudio del uso de Redes Neuronales Artificiales como herramienta para detectar el cáncer de ano	Manuel Lazo Maestre	Redes Neuronales	https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/94475/TFG-2726-LAZO%20MAESTRE.pdf?sequence=1&isAllowed=y

2019	Breast Cancer Diagnosis (BCD) Model Using Machine Learning	Priyanka Israni	10-fold cross validation technique is used to model the generalized classifier. Many datasets contain large number of features which makes the model difficult to train.	https://www.ijitee.org/wp-content/uploads/papers/v8i10/J99730881019.pdf
2019	Accurate Prediction of Neoadjuvant Chemotherapy Pathological Complete Remission (pCR) for the Four Sub-Types of Breast Cancer	Xin feng, lelian song, shaofei wang, haoqiu song, hang chen, yuxuan liu, chenwei lou, jian zhao, quewang liu, yang liu, ruixue zhao, kai xing, sijie li, yunhe yu, zhenyu liu, chengyang yin, bing han, ye du, ruihao xin, lan huang, zhimin fan, and fengfeng zhou	This study firstly trained a classification model for the factor pCR using the clinical data of the first three treatments. Then the data of the next three treatments were predicted by a personalized regression model using those of the first three treatments. The pCR classification model was refined by these predicted data. The proposed algorithm demonstrated satisfying pCR prediction accuracies and achieved the	https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8839028

			best accuracy for the subtype TN.	
2019	Sistema Experto Probabilístico basado en Redes Bayesianas para la predicción del cáncer de cuello uterino	Luis A. Paulino Flores , Ana M. Huayna Dueñas	Se implementó un modelo probabilístico basado en Redes Bayesianas capaz de clasificar con una tasa de éxito de 96% a personas diagnosticadas con cáncer de cuello uterino.	https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpcsis/article/view/16360/14138
2019	Predicción de riesgo de sufrir un síndrome coronario agudo mediante un algoritmo de Machine Learning	Luis Polero, Cristian Garmendia, Roberto Campos, Felipe Bertón	Random Forest y Elastic Net	https://www.sac.org.ar/wp-content/uploads/2020/03/v88n1a05.pdf
2019	Detección precoz de cáncer de piel en imágenes basado en redes convolucionales.	Cristina Pérez Lorenzo.	Redes convolucionales	https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/688935/perez_lorenzo_cristina_tfg.pdf?sequence=1&isAllowed=y
2019	Clasificación de mamografía	Ing. Mayra Cristina Berrones Reyes	Dropout, programación en paralelo	http://eprints.uanl.mx/17656/1/1080288627.pdf

	s mediante redes neuronales convolucionales			
2019	Detección del carcinoma de glándula mamaria mediante termografía infrarroja usando redes neuronales profundas	Francisco Javier fernández Ovies	Redes convolucionales	http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/90045/6/ffernandezovTFM0119memoria.pdf
2019	Detección de Candidatos a Microcalcificaciones Mamarias Agrupadas en Mamografías	Alvaro Andres Sandino Garzon, Rodrigo Javier Herrera García	Clasiicación de imágenes con microcalcificaciones mamarias agrupadas	https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/reving/articloe/view/12512
2019	Pronóstico de cáncer de mama benigno y maligno: comparación de nueve métodos de clasificación usando R	Freddy Armando Rodríguez Quintero	Aprendizaje automático (Machine learning)	https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/62443506/Pronostico-de-cancer-de-mama-benigno-y-maligno-comparacion-de-nueve-metodos-de-clasificacion-usando-R20200322-8053-1ygbfws.pdf?1584922882=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DPronostico-de-cancer-de-mama-benigno-y

				m.pdf&Expires=1601671753&Signature=ORjvM~zCYajWXvSm7otH-znzNnGZnxGqnIzajrCTSs2qKmEKJ-WUNpH9HQ62RYnZkgTdb2NCPerehJPVyBLCyikhJv-qkbl3zqlUfZ2LTttxP0yeteYqQG9BYQbZz349Gs0eyT2f0TeJ86FmQUbMvXfkGbpFJmErserk0JXKP6fM6Eug1WPULhKWOGhi4BMhKL8n3LJFNrtLgkJwFV6Vm6isA~l-upUJnqdfakXHsVVGEMR5Rd2K8BTMA04S4T14zcPvMpg~jwJzo5tZg6n5823SpvBXOUZZz9FebgXvFetDAvhfOTpqhLm6S7i4w-iccuDcgOqLbcYj2EvV~l7mRw_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
2019	Selección objetiva de secuencias de resonancia magnética relevantes para el diagnóstico de cáncer de mama utilizando MKL y SVM	Henry Jhoán Areiza Laverde	Técnica de procesamiento de imágenes	http://repositorio.itm.edu.co/bitstream/handle/20.500.12622/4007/Rep_Itm_mae_Areiza.pdf?sequence=1&isAllowed=y
2019	Análisis de señales de tos para detección temprana de enfermedad	Diego Asay Pérez Aloson	Deep learning	https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/38797/TFG-G3737.pdf?sequence=1&isAllowed=y

	es respiratorias			
2018	Software para la clasificación automática de señales de sonido cardíaco con técnicas de inteligencia artificial en el diagnóstico de enfermedades cardiovasculares.	Daniel E. Pérez Guzmán	Redes Neuronales	http://roa.ult.edu.cu/bitstream/123456789/4325/1/DANIEL%20EUGENIO%20PEREZ%20GUZMAN.pdf
2018	Detection of Breast Cancer with Mammography: Effect of an Artificial Intelligence Support System	Alejandro Rodríguez-Ruiz, Elizabeth Krupinski, Jan-Jurre Mordang, Kathy Schilling, Sylvia H. Heywang-Köbrunner, Ioannis Sechopoulos, Ritse M. Mann	Deep learning-based CAD systems	https://pubs.rsna.org/doi/full/10.1148/radiol.2018181371
2018	Microcalcifications Detection using Image Processing	Joel Quintanilla-Domínguez, José Ruiz-Pinales, José Miguel Barrón-Adame, Rafael	Many techniques have been proposed to detect the presence of microcalcifications in	http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-55462018000100291

		Guzmán-Cabrera	mammograms: image enhancement techniques, Artificial Neural Networks, wavelet analysis, Support Vector Machines, mathematical morphology, image analysis models, fuzzy logic techniques, etc	
2018	Sistema Predictivo Bayesiano para Detección del Cáncer de Mama	Omar D. Castrillón, Eduardo Castaño, Luis F. Castillo	Se define y entrena un sistema de clasificación bayesiano, con una base de datos de pacientes con cáncer y sin cáncer. Posteriormente, se realiza una validación del sistema con el fin de determinar el número de aciertos y errores en el reconocimiento de esta enfermedad.	https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642018000300257&script=sci_arttext&tlng=en
2018	Estudio y selección de las técnicas de	Neilys González Benítez, Vivian Estrada	Las redes neuronales artificiales, El razonamiento	http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1561-31942018000300014&script=sci_arttext&tlng=pt

	Inteligencia Artificial para el diagnóstico de enfermedades	Sentí, Aylin Febles Estrada	basado en casos, Las redes bayesianas	
2018	Reconocimiento de patrones en imágenes no dermatoscópicas para la detección de enfermedades malignas en la piel, utilizando redes neuronales convolutivas y autocodificadores	Ricardo Rildo Coronado Pérez	Redes neuronales convolucionales .	http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6520/ISMcoperr.pdf?sequence=1&isAllowed=y
2017	Using artificial intelligence to improve early breast cancer detection	Adam Conner-Simons	Random-forest classifier, elements that include demographics, family history, past biopsies, and pathology reports	https://news.mit.edu/2017/artificial-intelligence-early-breast-cancer-detection-1017
2017	Estudio de parámetros de textura mediante técnicas de	Carolina Giménez Arias	Aprendizaje máquina	https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/106518/78646511N_TFG_1530569623476835998818917215878

	aprendizaje máquina para la detección temprana de la enfermedad de Alzheimer en imágenes de resonancia magnética.			0.pdf?sequence=1&isAllowed=y
2017	Detección de microcalcificaciones mamarias agrupadas	Alvaro Andrés Sandino Garzón	<p>Método de realce 1 Se presenta un método que a partir del análisis multirresolución (MRA2) y la supresión sub-banda realza los detalles finos y brillantes de las mamografías reduciendo la densidad del tejido mamario.</p> <p>Método de realce 2 En este método la imagen inicial es normalizada e invertida. A través del análisis multirresolución y mediante la transformada wavelet (DWT)</p>	http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/7409/1/Deteccion%20de%20microcalcificaciones%20mamarias%20agrupadas.pdf

2017	Implementación de dos arquitecturas de redes neuronales para la clasificación de cáncer de mamas	Mayra Alejandra Romero Bersosa	Redes neuronales-overfitting	http://192.188.52.94/bitstream/3317/7801/1/T-UCSG-PRE-TEC-ITEL-197.pdf
2017	Diagnóstico de cáncer de mama basado en datos genómicos y de imagen.	Javier Galarza Hernández	Técnicas de aprendizaje automático aplicado al diagnóstico y clasificación de tipos de cáncer de mama	https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/92565/GALARZA%20-%20Reduccion%20de%20dimensionalidad%20en%20Machine%20Learning.%20Diagnostico%20de%20cancer%20de%20mama%20basado%20e....pdf?sequence=1&isAllowed=y
2017	Detección Automática De Glóbulos Rojos Mediante La Transformada De Hough	María Jesús Rodríguez Espinosa	neurona creado por McCulloch y Pitts	https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/15410/Mariajesusrodriguezespinosamemoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y
2016	Modelo de decisión bayesiano para el diagnóstico de cáncer de mama	Quiroz R., Segundo U.; Rivas M., Belzaira	Regresión binaria bayesiano usando el factor de bayes medio	https://biblat.unam.mx/hevila/ActualidadcontableFACES/2018/vol21/no36/5.pdf
2016	Diagnóstico para Síndrome de Asperger	Alberto Ochoa, Luis Mena, Vanessa Félix, Rafael	CBR(Razonamiento basado en casos)	https://tdea.basesdedatos.ezproxy.com:2085/docview/1820581982/fulltextPDF/9B

	utilizando una aplicación inteligente a partir del razonamiento basado en casos	Martínez-Pélaez & Vicente García		4E6DAEBE0744B8PQ/1?accounid=132916
2016	Detección de distintos tipos de cáncer mediante Redes Neuronales Artificiales	Alberto Fariña Barrera	Se llevaron a cabo estudios con dos clases de arquitecturas neuronales diferentes, una supervisada, Back-Propagation, y una híbrida, Counter-Propagation. Esta presenta un algoritmo de entrenamiento no supervisado con otro de entrenamiento supervisado.	https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/2905/Deteccion%20de%20distintos%20tipos%20de%20cancer%20mediante%20Redes%20Neuronales%20Artificiales.pdf?sequence=1&isAllowed=y
2016	Microsoft Azure Machine Learning para detección de distintos tipos de cáncer	Óscar Trujillo Acosta	Redes Neuronales	https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/2907/Microsoft%20Azure%20Machine%20Learning%20para%20deteccion%20de%20distintos%20tipos%20de%20cancer.pdf?sequence=1&isAllowed=y
2015	Aplicación de técnicas de inteligencia	Joel Quintanilla-Domínguez	Sistema de reconocimiento de imágenes trabajado al lado	http://oa.upm.es/35038/1/JOEL_QUINTANILLA_DOMINGUEZ.pdf

	Artificial para contribuir en la detección de microcalcificaciones en mamografía digitalizada.		de la técnica que mejora las imágenes llamado Top-Hat.	
2015	Machine learning applications in cancer prognosis and prediction	Konstantina Kourou; Themis P.Exarchos; Konstantinos P.Exarchos; Michalis V.Karamouzis; Dimitrios I.Fotiadis	Accurate learning	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2001037014000464?via%3Dihub
2015	Estudio y validación de técnicas de inteligencia artificial aplicadas al análisis de imágenes médicas. Desarrollo de un CAD para la detección de nódulos pulmonares	Alberto López Rey	Diagnóstico asistido por CAD	https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/16312/ReyLopez_Alberto_TD_2015.pdf?sequence=4&isAllowed=y