



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

Facultad de
MEDICINA

APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN RADIOTERAPIA
PARA LA PLANIFICACIÓN DEL TRATAMIENTO EN PACIENTES
ADULTOS CON CÁNCER DE MAMA: UNA REVISIÓN DE ALCANCE

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN RADIOTHERAPY FOR
TREATMENT PLANNING IN ADULT PATIENTS WITH BREAST CANCER:
A SCOPING REVIEW

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO
EN TECNOLOGÍA MÉDICA EN LA ESPECIALIDAD DE RADIOLOGÍA

AUTORES

HOSAM GAMAL HAMED ABDO HAIBA
BRYAN ESTEFFANO OLIVARES SOLIS
MARTIN MOISES SILVERA CORNEJO

ASESOR

CECILIA LUIS MIRANDA

LIMA – PERÚ

2026

JURADO

Presidente: LIC. MARCO ANTONIO RIVERO MENDOZA

Vocal: MG. JOSE FERNANDO MARQUEZ PACHAS

Secretario: DRA. NATALIA ISABEL MOSQUERA VERGARAY

Fecha de Sustentación: 09 de abril del 2026

Calificación: APROBADO

ASESOR DE TESIS

ASESOR

LIC. CECILIA LUIS MIRANDA

Departamento Académico de Tecnología Médica

ORCID: 0009-0003-4631-2210

DEDICATORIA

Dedicamos el presente trabajo, en primer lugar, a nuestras familias, por su amor incondicional, apoyo constante y confianza en cada paso que damos. Han sido nuestra principal motivación para seguir adelante y no rendirnos ante las dificultades. A nuestros padres, quienes con su esfuerzo y sacrificio nos han brindado la oportunidad de formarnos profesionalmente, inculcándonos valores y principios que guían nuestras vidas. Asimismo, dedicamos este logro a todas aquellas personas que, de una u otra manera, han contribuido a nuestro crecimiento personal y académico.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro más profundo agradecimiento a nuestra asesora, por su orientación, paciencia y valioso apoyo durante el desarrollo de este trabajo. Sus conocimientos y recomendaciones han sido fundamentales para la culminación del mismo. A nuestros docentes, quienes a lo largo de nuestra formación académica compartieron sus enseñanzas, experiencia y compromiso, contribuyendo significativamente a nuestro desarrollo profesional. A nuestras familias, por su respaldo incondicional, comprensión y motivación constante, siendo el pilar fundamental en este proceso. Finalmente, agradecemos a nuestra universidad, por brindarnos la oportunidad de formarnos en sus aulas, así como por proporcionarnos las herramientas necesarias para alcanzar nuestras metas académicas y profesionales.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

El presente proyecto fue autofinanciado

DECLARACIÓN DE CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

DECLARACIÓN DE ORIG



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Los egresados:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES
1.	HAIBA HOSAM GAMAL HAMED ABDO
2.	OLIVARES SOLIS BRYAN ESTEFFANO
3.	SILVERA CORNEJO MARTIN MOISES

Pertencientes al programa de la CARRERA PROFESIONAL DE TECNOLOGÍA MÉDICA EN LA ESPECIALIDAD DE RADIOLOGÍA, autores del trabajo titulado: APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN RADIOTERAPIA PARA LA PLANIFICACIÓN DEL TRATAMIENTO EN PACIENTES ADULTOS CON CÁNCER DE MAMA: UNA REVISIÓN DE ALCANCE el cual ha sido elaborado, sustentado y aprobado, según corresponda, para optar por el TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO EN TECNOLOGÍA MÉDICA EN LA ESPECIALIDAD DE RADIOLOGÍA bajo la modalidad de TESIS.

En calidad de docente asesor de la Universidad Peruana Cayetano Heredia:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES DEL DOCENTE	FACULTAD	NIVEL DE ASESORÍA
1.	LUIS MIRANDA CECILIA	MEDICINA	ASESOR

Declaramos que el contenido del presente documento es original y que las citas y referencias a otros autores cumplen con las normas académicas establecidas. En ese sentido, hacemos constar que:

- El documento presenta un porcentaje de similitud de 17 %, según el reporte emitido por el software Turnitin® (identificador de entrega: trn:oid:::1:3545519144; fecha de entrega: 21-04-2026).
- Tras una revisión detallada del reporte y del contenido del trabajo en cuestión, no se han identificado indicios de plagio.
- Se certifica que el documento respeta los principios de integridad académica y cumple con los requisitos institucionales de originalidad.

Lugar y fecha: Lima, 21 de abril del 2026.

Firma del asesor
N° DNI: 07168077
ORCID: 0009-0003-4631-2210



TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	7
2.1. Objetivo general	7
2.2. Objetivos específicos	7
III. METODOLOGÍA	8
3.1. Diseño de estudio	8
3.2. Criterios de inclusión	8
3.3. Criterios de exclusión	9
3.4. Definición operacional de las variables	10
3.5. Búsqueda de información	10
3.6. Selección de estudios	11
3.7. Extracción de datos	11
3.8. Protocolo y registro	12
3.9. Aspectos éticos	12
3.10. Análisis de resultados	12
IV. RESULTADOS	14
4.1. Resultados de la búsqueda	14
4.2. Características de los estudios encontrados	14
4.3. Características de la población	16
4.4. Características de los modelos IA	16
4.5. Características de las limitaciones de la IA	17
V. DISCUSIÓN	19
VI. LIMITACIONES	27
VII. RECOMENDACIONES	28
VIII. CONCLUSIONES	29
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
X. TABLAS Y GRÁFICOS	43
ANEXOS	53

RESUMEN

Introducción: El cáncer de mama es una de las neoplasias más frecuentes en la población femenina. En los últimos años, la inteligencia artificial (IA) ha sido incorporada en la planificación de la radioterapia como herramienta de apoyo para optimizar procesos, reducir tiempos y mejorar la consistencia del tratamiento, aunque su implementación clínica aún presenta limitaciones. **Objetivo:** Mapear la evidencia existente sobre la aplicación de la inteligencia artificial en radioterapia para la planificación del tratamiento en pacientes adultos con cáncer de mama. **Métodos:** Se realizó una revisión de alcance siguiendo las directrices del *Joanna Briggs Institute* y el protocolo PRISMA-ScR. La búsqueda se efectuó en MEDLINE, EMBASE, ScienceDirect, Cochrane Library, LILACS y Google Scholar. El análisis se realizó mediante frecuencias absolutas y relativas. **Resultados:** Se incluyeron 16 estudios publicados entre 2021 y 2025, todos de población femenina. La IA se aplicó principalmente en segmentación automática (56.25%), seguida de automatización total del planeamiento (25.00%) y predicción de dosis (18.75%). El modelo más utilizado fue UNet (56.25%). Los estadios más frecuentes fueron el estadio II y estadio I. La evidencia provino principalmente de Asia y Estados Unidos, destacando Corea del Sur como el principal país de publicación, seguido por China. **Conclusiones:** La inteligencia artificial muestra utilidad principalmente en la automatización parcial de la planificación radioterapéutica en cáncer de mama, especialmente en la segmentación anatómica. Sin embargo, la evidencia disponible es mayoritariamente observacional, con limitaciones metodológicas y validación clínica limitada, lo que hace necesaria la realización de estudios multicéntricos y estandarizados antes de su adopción rutinaria.

Palabras clave: Planificación en radioterapia; cáncer de mama; inteligencia artificial; revisión de alcance.

ABSTRACT

Introduction: Breast cancer is one of the most common neoplasms in the female population. In recent years, artificial intelligence (AI) has been incorporated into radiotherapy planning as a supportive tool to optimize processes, reduce time, and improve treatment consistency; however, its clinical implementation still presents limitations. **Objective:** To map the existing evidence on the application of artificial intelligence in radiotherapy for treatment planning in adult patients with breast cancer. **Methods:** A scoping review was conducted following the Joanna Briggs Institute guidelines and the PRISMA-ScR protocol. The search was performed in MEDLINE, EMBASE, ScienceDirect, the Cochrane Library, LILACS, and Google Scholar. The analysis was carried out using absolute and relative frequencies. **Results:** Sixteen studies published between 2021 and 2025 were included, all involving female populations. AI was mainly applied to automatic segmentation (56.25%), followed by full automation of treatment planning (25.00%) and dose prediction (18.75%). The most commonly used model was U-Net (56.25%). The most frequent stages were stage II and stage I. The evidence came mainly from Asia and the United States, with South Korea standing out as the leading country of publication, followed by China. **Conclusions:** Artificial intelligence shows utility mainly in the partial automation of radiotherapy planning for breast cancer, particularly in anatomical segmentation. However, the available evidence is predominantly observational, with methodological limitations and limited clinical validation, making multicenter and standardized studies necessary before routine adoption.

Keywords: Radiotherapy planning; breast cancer; artificial intelligence; scoping review.

I. INTRODUCCIÓN

El carcinoma mamario representa una de las enfermedades oncológicas más frecuentes en la población femenina y se caracteriza por su etiología diversa y variedad en su presentación clínica. Esta variabilidad ha impulsado el desarrollo de nuevas tecnologías diagnósticas y en la optimización de su tratamiento (1). Acorde a los datos recopilados por la Organización Mundial de la Salud, en el año 2022 se reportaron en la población femenina cerca de 2.3 millones de diagnósticos nuevos de enfermedad oncológica mamaria y más de 670,000 decesos por esta patología a nivel internacional. Se estima que, en países con alto índice de desarrollo humano, una de cada doce mujeres será diagnosticada con esta enfermedad, y una de cada setenta y una morirá por ella. En contraste, en países con bajo desarrollo, una de cada veintisiete mujeres será diagnosticada y una de cada cuarenta y ocho fallecerá a causa del cáncer de mama (2). En el continente americano, se reportaron más de 525,000 casos nuevos en ese mismo año (3).

La edad, el estado hormonal, la situación socioeconómica y el estado civil son factores de riesgo asociados al desarrollo de esta enfermedad, por lo que es fundamental considerarlos en su manejo clínico (4). Es pertinente indicar que el carcinoma mamario tiende a ser más invasivo. y tener resultados desfavorables cuando se presenta en mujeres adolescentes y jóvenes adultas, lo que hace necesario aplicar tratamientos más específicos y ajustados a cada caso (5). En este sentido, las investigaciones actuales sobre el diagnóstico y tratamiento del cáncer de mama promueven el uso de bases de datos clínicas y herramientas digitales como apoyo a la investigación médica (6).

Con el paso del tiempo, el tratamiento del cáncer de mama ha cambiado considerablemente. Antes se utilizaban procedimientos quirúrgicos invasivos, pero hoy en día se combinan tratamientos menos agresivos como la radioterapia (7). Esta última es clave, ya que se estima que entre el 50 y el 70 % de los pacientes con cáncer necesitarán radioterapia en algún momento, y un porcentaje considerable de ellos vive en países de ingresos bajos o medios, donde el acceso a esta tecnología es limitado (8). La radioterapia para cáncer de mama se realiza generalmente en establecimientos de salud de alta complejidad de nivel III o nivel IV, como institutos nacionales de cáncer y hospitales universitarios, los cuales cuentan con tecnología avanzada como aceleradores lineales, sistemas de planificación, y equipos multidisciplinarios especializados (9). En el Perú, esta categoría corresponde a los hospitales de nivel III, definidos por el Ministerio de Salud mediante la Resolución Ministerial N° 546-2011/MINSA como aquellos con la mayor capacidad resolutive, personal altamente especializado e infraestructura avanzada para el manejo de enfermedades complejas. Un ejemplo representativo es el Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas (INEN), clasificado como Categoría III y reconocido como centro de referencia nacional e internacional (10). A nivel internacional la denominación varía, en América Latina y España se habla de hospitales de tercer nivel o de alta complejidad; en Estados Unidos y Canadá se utilizan los términos “tertiary care centers” o “quaternary care centers”; y la Organización Mundial de la Salud los ubica dentro del “tertiary level of care” (11). Recientemente, la inteligencia artificial (IA) ha sido introducida como una tecnología de apoyo en la detección y abordaje terapéutico del cáncer de mama, especialmente en este último, en el análisis de imágenes médicas (12). Estas

tecnologías han facilitado la detección temprana y el estudio detallado de las lesiones mamarias, gracias a su capacidad para procesar imágenes patológicas con alta precisión (13). La implementación de la IA en el tratamiento radio terapéutico como herramienta para la automatización de tareas repetitivas, podría aliviar significativamente la carga del personal clínico al permitirle enfocar sus esfuerzos en actividades que requieren juicio experto, además de disminuir las variaciones entre equipos multidisciplinarios (14).

Una de las aplicaciones más destacadas en radioterapia es la segmentación automática de estructuras anatómicas, lo que reduce el tiempo de trabajo y la variabilidad entre profesionales (15). Además, los modelos de IA pueden generar planes de tratamiento personalizados, adaptados a la anatomía del paciente y a los objetivos clínicos específicos (16). Un ejemplo sería el uso de un algoritmo llamado Random Forest; si bien no fue exitoso para la personalización automática, la herramienta tuvo potencial para facilitar el acceso a tratamientos avanzados, generó planes de alta calidad con importantes ventajas en tiempo y estandarización, lo cual es un avance importante (17).

En técnicas avanzadas como la radioterapia de intensidad modulada (IMRT) y la terapia de arco modulado volumétrico (VMAT), la automatización ha demostrado ser útil al mejorar la calidad y eficiencia de los planes (18). Un ejemplo sería el uso del algoritmo DpNet, este fue comparado con un sistema comercial llamado RapidPlan (software VMAT). El modelo de deep learning superó a RapidPlan en predicción de dosis, mostrando mejor precisión en las diferencias relativas respecto a planes clínicos, pero su limitación sería que no genera planes de tratamiento (19).

A nivel internacional destacan diversas instituciones, entre ellas, Mayo Clinic, la cual colaboró con Google Health para innovar en el planeamiento de la radioterapia mediante inteligencia artificial., Uno de los objetivos se centra en desarrollar algoritmos de segmentación y contorneo automático que identifiquen órganos de riesgos (OAR). El propósito principal es reducir el tiempo de planificación particularmente en zonas anatómicas complejas (20). Todavía existe desconfianza con respecto a la implementación de la IA en la práctica clínica Por lo tanto, se requieren estudios adicionales que validen su utilidad en este contexto (14). Si bien varios procesos del tratamiento que antes eran realizados por humanos han sido automatizados. Sin embargo, la planificación de los tratamientos radioterápicos requiere precisión, eficiencia y adaptación a las características anatómicas de cada paciente, por lo cual su automatización aún es cuestionada por lo cual es necesario abordar los aspectos éticos y metodológicos que plantea su incorporación como herramienta de trabajo y garantizar su aplicación en la práctica médica de forma segura (21).

Justificación

El cáncer de mama requiere enfoques terapéuticos personalizados, donde la radioterapia constituye un componente fundamental del tratamiento. No obstante, la planificación convencional presenta desafíos como la variabilidad operador-dependiente y la elevada demanda de tiempo (17). La inteligencia artificial ofrece herramientas para optimizar la segmentación automática, la distribución de dosis y la generación de planes terapéuticos durante la etapa de planificación; sin embargo, su valor estratégico no se limita al incremento de productividad, sino que se vincula con la mejora en la oportunidad de inicio del tratamiento, la reducción de la variabilidad, el fortalecimiento de la seguridad del paciente y el uso eficiente de recursos humanos escasos e infraestructura limitada.

En este contexto, el tecnólogo médico es el profesional responsable de la ejecución del tratamiento y del contacto final con el paciente; por ello, debe comprender integralmente el proceso terapéutico, incluyendo el funcionamiento, alcances y limitaciones de los algoritmos utilizados. La incorporación de inteligencia artificial requiere su participación en actividades de investigación previas a la implementación clínica, así como el mantenimiento de competencias que permitan verificar decisiones asistidas por sistemas automatizados y reconocer posibles errores derivados de su uso (22). De este modo, el tecnólogo médico se posiciona como un actor clave en la supervisión, validación y control de calidad de estas tecnologías.

Por lo expuesto, el presente estudio busca mapear el conocimiento existente sobre la aplicación de la inteligencia artificial en la planificación del tratamiento de

radioterapia para el cáncer de mama en pacientes adultos. Su objetivo es identificar sus principales usos, oportunidades de integración y recomendaciones para su implementación segura en la práctica clínica, particularmente para el tecnólogo médico en radiología, el cual desempeña un rol crucial como intermediario entre la tecnología y la atención directa al paciente, al combinar conocimientos técnicos con sensibilidad clínica, actúa como garante de la calidad en los tratamientos radioterápicos asistidos por IA (22).

En este contexto la presente revisión plantea la siguiente pregunta de investigación:
¿Cuál es la evidencia disponible sobre la aplicación de la inteligencia artificial para la planificación del tratamiento de radioterapia en pacientes adultos con cáncer de mama?

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Mapear la evidencia existente sobre la aplicación de la inteligencia artificial en radioterapia para la planificación del tratamiento en pacientes adultos con cáncer de mama.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar las limitaciones de la aplicación de inteligencia artificial en la planificación de la radioterapia para pacientes con cáncer de mama.
- Describir el uso de la inteligencia artificial en la automatización de procesos en la planificación de tratamientos de radioterapia en pacientes con cáncer de mama.
- Describir las características de los estudios seleccionados para la presente revisión.
- Describir las características de la población incluida en los estudios seleccionados para la presente revisión.

III. METODOLOGÍA

3.1. Diseño de estudio

Este estudio es una revisión de alcance, la cual siguió las directrices metodológicas establecidas en el JBI Manual for Evidence Synthesis (23), la cual se desarrolló en cinco etapas que aseguran la rigurosidad y transparencia del proceso. En primer lugar, se formuló la pregunta de investigación que orientó toda la revisión. Posteriormente, se procedió a la identificación y selección de estudios relevantes según criterios previamente definidos. A continuación, se realizó la extracción y la evaluación de los datos recopilados de las fuentes seleccionadas. Con base en esta información, se llevó a cabo una síntesis de los datos para identificar patrones, vacíos de conocimiento y áreas de interés para futuras investigaciones. Finalmente, se elaboró un informe detallado conforme a los lineamientos del protocolo Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR (24), con el fin de asegurar una presentación clara y coherente de los hallazgos.

3.2. Criterios de inclusión

- Población: Estudios que incluyeron a pacientes adultos con cáncer de mama.
- Concepto: Estudios que implementaron IA en la fase de planeamiento de radioterapia.
- Criterio temporal: Se incluyeron estudios a partir del año 2014, en el cual se inventaron las redes generativas antagónicas (25).
- Criterio geográfico: Se incluyeron todos los estudios independientemente del país de origen.

- Tipo de publicación: Se incluyeron estudios cuyo diseño haya sido:
 - Observacionales, descriptivos (como reportes de casos, series de casos y estudios de corte transversal) y analíticos (estudios de corte transversal, casos y controles y estudios de cohortes).
 - Estudios experimentales (ensayos clínicos y estudios cuasiexperimentales).
 - Estudios secundarios (como revisiones narrativas, revisiones de alcance, revisiones sistemáticas y meta análisis), como fuente de estudios primarios.
- Criterio lingüístico: Se incluyeron todos los estudios independientemente del idioma.
- Contexto: Se incluyeron estudios que se hayan realizado en establecimientos de salud de alta complejidad

3.3. Criterios de exclusión

- Estudios cuyo enfoque no sea exclusivo de aplicación de IA en planificación de radioterapia de cáncer de mama.
- Publicaciones de informes de casos, resúmenes de conferencias, artículos de opinión.

3.4 Definición operacional de las variables

Se presenta a continuación la tabla de operacionalización de variables (Ver el [Anexo 1](#)).

3.5. Búsqueda de información

La estrategia de búsqueda se desarrolló bajo los lineamientos del formato PCC. (Población, Concepto, Contexto), tal como se detalla en el [Anexo 2](#). Primero, se realizó una búsqueda en MEDLINE mediante la plataforma PubMed., utilizando los descriptores MeSH (Medical Subject Headings) y sus correspondientes términos relacionados (Entry terms). Asimismo, se realizó una búsqueda en la base de datos LILACS, empleando los descriptores DeCS. En el caso de EMBASE, la búsqueda se efectuó mediante la plataforma Ovid, combinando encabezamientos temáticos (Subject Headings) y términos libres. Adicionalmente, en la base de datos COCHRANE se utilizaron tanto términos MeSH como términos libres. En todas las bases consultadas, los términos combinados mediante operadores booleanos AND y OR. Se llevó a cabo una búsqueda complementaria en Google Scholar, utilizando palabras clave unidas mediante el operador “+”. Durante este proceso, se identificaron palabras clave y frases de búsqueda pertinentes, tales como: “Planificación en Radioterapia”, “Cáncer de Mama”, “Inteligencia Artificial”. Las estrategias de búsqueda se encuentran en el [Anexo 3](#).

3.6. Selección de estudios

Se realizó una búsqueda inicial por los autores (HGHAH, BEOS, MMSC) en las bases de datos. Los datos recolectados se exportaron a un software de gestión bibliográfica: ZOTERO, donde se efectuó la depuración de estudios duplicados, tanto manual como automáticamente, con ayuda del gestor. Posteriormente, los autores examinaron los artículos de forma independiente, realizando una primera selección de artículos relevantes mediante la evaluación de títulos y resúmenes, tomando en cuenta los criterios de elegibilidad. Culminando con la revisión de los artículos en su totalidad, en la cual se seleccionaron los estudios que se ajustaban a la totalidad de los criterios de inclusión sin presentar criterios de exclusión. El procedimiento de selección de estudios se visualiza en un diagrama de flujo PRISMA ScR (24) ([Gráfico 1](#)).

3.7. Extracción de datos

Los autores (HGHAH, BEOS, MMSC) realizaron la extracción de datos de manera independiente. Se creó una matriz utilizando el programa Microsoft Excel® con el fin de organizar la información que será extraída.

Posteriormente, se efectuó la comparación de los datos recopilados con el fin de consensuar y dirimir posibles discordancias. Posteriormente se extrajo las siguientes variables de los estudios incluidos: Uso de Inteligencia Artificial; en segmentación automática; distribución de dosis optimizada con IA; automatización

del planeamiento en radioterapia, limitaciones o desafíos del uso de IA, estadio de cáncer de mama, diseño del estudio.

3.8. Protocolo y registro

El presente protocolo se registró en el Sistema Descentralizado de Información y Seguimiento a la Investigación (SIDISI) – Dirección Universitaria de Investigación, Ciencia y Tecnología (DUICT). Fue publicado el 02 de octubre de 2025 con el ID 219571 en: <https://duict.upch.edu.pe/revision-ug/index.php/FAMED/article/view/13641>.

3.9. Aspectos éticos

La investigación actual se enmarca como una revisión exploratoria o de alcance, en la que no se empleó información directamente recolectada de seres humanos ni animales. No obstante, el proyecto fue evaluado y aprobado antes de su ejecución por la Dirección Universitaria de Asuntos Regulatorios de la Investigación de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (DUARI-UPCH) el 07 de octubre de 2025. Luego de la carta aprobatoria se procedió acorde a los lineamientos y requerimientos establecidos ([Anexo 4](#)).

3.10. Análisis de resultados

En el análisis de los resultados se empleó narrativas descriptivas junto con la categorización temática, con el fin de caracterizar las distintas aplicaciones de inteligencia artificial en la planificación del tratamiento por radioterapia en pacientes con cáncer de mama.

De esta manera, se emplearon medidas de frecuencia absoluta y relativa con el objetivo de describir la recurrencia de los modelos. Identificadas, así como las limitaciones reportadas en los estudios. Los datos extraídos fueron analizados mediante el software Microsoft Excel®, lo que permitió organizar la información en matrices y facilitó su interpretación y representación visual a través de tablas y gráficos.

IV. RESULTADOS

4.1 Resultados de la búsqueda

En la búsqueda de resultados, con fecha 10/10/2025, y posterior selección de estudios, del 11/10/2025 al 07/11/2025, de las bases de datos; se identificaron 289 estudios (MEDLINE: 39; EMBASE: 99; COCHRANE LIBRARY: 7; LILACS: 13; Google Scholar: 131). Los resultados fueron registrados en el gestor de búsquedas ZOTERO, donde se identificaron 23 estudios duplicados. Posteriormente 26 artículos fueron identificados como duplicados de forma manual, concluyendo en 240 artículos no duplicados para la evaluación de título y resumen, de los cuales se excluyeron 205 estudios luego del análisis. Posteriormente, se procedió a recuperar en su totalidad los 35 artículos que pasaron el tamizaje previo. Posterior a la lectura del texto completo de cada uno de los estudios recuperados, 19 artículos fueron excluidos por criterios de inclusión y exclusión, finalmente se seleccionaron 16 artículos en la revisión final. El proceso descrito se encuentra ilustrado en el [Gráfico 1](#). Los estudios seleccionados y la extracción de datos se encuentran detallados en la [Tabla 1](#).

4.2 Características de los estudios encontrados

Los 16 estudios analizados correspondieron exclusivamente a diseños observacionales. Predominaron los estudios observacionales analíticos de corte transversal, que representaron el 50.00% (n = 8) (19,26–32), seguidos de los estudios observacionales descriptivos tipo serie de casos, con 43.75% (n = 7) (33–

39). Solo un estudio correspondió a un diseño observacional analítico retrospectivo tipo cohorte (6.25%) (n = 1) (40).

En relación con los modelos de inteligencia artificial, el más utilizado fue UNet, presente en el 56.25% (n = 9) (27,28,30–33,35,37) de los estudios, seguido por las redes neuronales convolucionales (CNN) con 18.75% (n = 3) (19,26,39), continuando con otros enfoques de deep learning (12.50%, n = 2) (29,38), por último, modelos individuales como machine learning (40), ResNet (30) y mCycle (36), cada uno con 6.25% (n = 1). La distribución se encuentra detallada en el [Gráfico 2](#).

En relación con los países de publicación ([Gráfico 3](#)) la producción científica se concentró principalmente en Corea del Sur (31.25%) (n = 5) (19,28,29,37,41), seguida de China (18.75%) (n = 3) (27,30,32) y Estados Unidos (18.75%) (n = 3) (33–35). Italia aportó 12.50% (n = 2) (36,39), mientras que India, Países Bajos y Suiza estuvieron representados por un estudio cada uno (6.25%)(n = 3) (26,40,42).

Respecto al año de publicación, los estudios se concentraron entre 2021 y 2025, con un mayor número en 2021 (37.50%) (19,26,30–32,37), seguido de 2023 y 2025 (18.75% cada uno) (27,34–36,38,40), y por último 2022 y 2024 (12.50% cada uno) (28,29,33,39).

4.3. Características de la población

Todos los estudios incluyeron **pacientes de sexo femenino (100%)**, no se identificaron estudios que incluyan o mencionen pacientes masculinos con cáncer de mama. Todos reportaron rangos etarios, siendo estos amplios.

En cuanto al estadiaje del cáncer de mama ([Gráfico 4](#)), el estadio II fue el más reportado (93.75%) (n = 15) (19,27–40), seguido del estadio I (87.50%) (n = 14) (19,27–36,38–40) y el estadio III (75.00%) (n = 12) (26–28,30,31,34–40). El estadio IV fue reportado en un solo estudio (6.25%) (n = 1) (27). Cabe mencionar que algunos estudios no mencionaron directamente el estadio, por lo cual se consultó en National Library of Medicine por la población del ensayo clínico (43) y también se infirió el estadio mediante la clasificación TNM (44).

4.4 Características de los modelos IA

Los procesos automatizados evidenciaron que un 25% (n=4) (26,34,35,40) de los estudios implementaron la IA para la planificación completa del tratamiento de RT. Los estudios restantes sólo automatizaron una parte del proceso, primero la segmentación automática, presente en el 56.25% (n = 9) (27–30,32,33,35,37,39) de los estudios, mientras que la predicción de dosis fue reportada en el 18.75% (n = 3) (19,36,38) de los estudios incluidos. Los procesos automatizados se encuentran resumidos en la [Tabla 3](#).

4.5 Características de las limitaciones de la IA

En los 16 estudios incluidos se identificaron limitaciones asociadas a la aplicación de inteligencia artificial en la planificación de la radioterapia para cáncer de mama. Estas limitaciones se agruparon en limitaciones técnicas (a) y limitaciones clínicas (b), según su impacto en el desempeño de los modelos y en su integración en la práctica asistencial (45). Una limitación técnica se define como restricciones que derivan de la naturaleza, calidad y comportamiento del sistema de IA y de los datos que lo alimentan, así como de la arquitectura y métodos empleados (45). Por otro lado, una limitación clínica se considera restricciones que afectan la integración y aceptación del sistema en los flujos de trabajos clínicos incluyendo incompatibilidades con estos mismos, variaciones en protocolos de planificación y la falta de evidencia en estudios prospectivos. (46)

Las limitaciones técnicas fueron las más frecuentes, presentes en 10 estudios (62.50%) (19,29,30,32,34,35,37–40). Estas se relacionaron con la heterogeneidad de los datos de entrenamiento, el tamaño limitado de las bases de datos (19,30,32,35,37,40) la variabilidad en la calidad de las imágenes (27,29,34,39), y las dificultades para generalizar los modelos a diferentes entornos clínicos o instituciones (19,32,35,40). Asimismo, estudios señalaron la necesidad de infraestructura computacional especializada (31,38) y de procesos de validación multicéntrica para garantizar un rendimiento consistente de los algoritmos (32,39).

Las limitaciones clínicas y técnicas combinadas se reportaron en 6 estudios (37.50%) (26–28,31,33,36). En estos casos, los desafíos técnicos, se identificaron las dificultades relacionadas con la falta de evidencia e integración de los sistemas

de inteligencia artificial en los flujos de trabajo clínicos (26,28,33,36), inconsistencias en la planificación radioterapéutica (27,31) y la dependencia de segmentaciones manuales de referencia, lo que puede influir en la reproducibilidad de los resultados.

No se identificaron estudios que reportaran exclusivamente limitaciones clínicas.

La información se encuentra representada en el [Gráfico 5](#).

V. DISCUSIÓN

Esta revisión de alcance tuvo como propósito mapear la evidencia disponible sobre la aplicación de la IA en los procedimientos de planificación de radioterapia en pacientes con cáncer de mama. Los resultados obtenidos demostraron que la automatización impulsada por IA constituye un campo de investigación en expansión en el uso de la radioterapia para este diagnóstico. De acuerdo con la Sociedad Médica Americana, la inteligencia artificial generativa se aplica en diversas especialidades médicas, particularmente en radiología, donde se utiliza principalmente para la detección y clasificación de características, el triaje de estudios y la cuantificación de la carga de enfermedad (47). Asimismo, la implementación de inteligencia artificial se ha extendido al ámbito de la imagen de precisión (“precision imaging”, referente a las imágenes médicas), que abarca la planificación de la radioterapia y la automatización de tareas de alto volumen, repetitivas y demandantes de tiempo (48). Estos planteamientos fueron respaldados por los estudios incluidos en la presente revisión (19,26–40), los cuales señalaron que el proceso de planificación radioterapéutica es intensivo en tiempo y que las herramientas basadas en inteligencia artificial contribuyen a reducir la carga operativa y optimizar los flujos de trabajo.

Los hallazgos más relevantes respecto a los procesos de automatización fueron dos aplicaciones específicas: la segmentación automática de volúmenes clínicos y órganos en riesgo (OAR, por sus siglas en inglés “Organs at risk”), y los modelos de predicción de dosis. De acuerdo con los hallazgos sintetizados, la mayoría de estudios incluidos emplearon redes UNet para segmentación y predicción de dosis

(56.25%) (n=9) (27,28,30–35,37). La UNet es una red neuronal convolucional bastante usada por su precisión y eficiencia en la segmentación de imágenes, incluso empleando pocos datos etiquetados, razón por la cual nos demuestra lo importante que es en radiología y radioterapia, aplicada en la segmentación de órganos, lesiones y tumores (48). No obstante, los estudios incluidos evidencian que la diversidad de modelos utilizados aún es limitada, entre los demás modelos se encontró las redes neuronales convolucionales (CNN) con 18.75% (n = 3) (19,26,39), y en menor medida, arquitecturas como mCycle (36) y ResNet (29,30,49). Otros estudios demuestran la implementación de UNet para la planificación de radioterapia en otras patologías, como neoplasias de cabeza y cuello (50,51). Esto sugiere que, si bien la inteligencia artificial ha mostrado avances notables en aplicaciones específicas, la innovación tecnológica sigue concentrada en un grupo reducido de arquitecturas. Estos son modelos cercanos en función y diseño al UNet.

La planificación y programación del tratamiento del cáncer es un proceso complejo que requiere recopilar y compartir gran cantidad de información entre distintos especialistas, el paciente y sus cuidadores. Su objetivo es diseñar un tratamiento personalizado que se adapte a las necesidades médicas y personales del paciente (52). En relación con los procesos automatizados que se buscaron estudiar en este trabajo, se observó una mayor frecuencia de estudios enfocados en la segmentación (56.25%) (27–30,32,33,35,37,39) y en la predicción de dosis (18.75%) (19,36,38), mientras que la automatización total del planeamiento continúa siendo un desafío técnico considerable, a pesar de representar el 25.00% (26,34,35,40). Estos resultados coinciden con investigaciones previas que señalan que la IA se ha

integrado principalmente en fases parciales del flujo de trabajo radioterapéutico, actuando como herramienta de apoyo complementaria a la toma de decisiones clínicas (53). Diversos estudios demostraron la utilidad de la inteligencia artificial en la detección automática de osteorradionecrosis mediante técnicas de aprendizaje automático, el cual emplea segmentación automatizada de imágenes de tomografía computarizada para poder diferenciar tejido óseo sano de zonas afectadas por radiación (54). De manera similar, se desarrolló un modelo de segmentación automática de estructuras cardíacas haciendo uso de un enfoque híbrido basado en “Deep Learning”, aplicado a pacientes con cáncer de pulmón y mama, permitiendo delinear con precisión las estructuras cardíacas (siendo este un órgano de riesgo) para la planificación radioterapéutica y optimizando el análisis de dosis recibida, aunque no incorporaba predicción de dosis, la segmentación sigue representando un avance importante para integrar a la IA en el estudio de otros tipos de cáncer (55).

En relación con la predicción de dosis, 7 estudios (19,26,34–36,38,40) del grupo de estudios seleccionados reportaron la predicción de dosis con IA, esto evidencia un creciente interés en la aplicación de la inteligencia artificial para optimizar la predicción de dosis y toxicidad en radioterapia. Se identificó una revisión sistemática en la cual se evaluó el uso de la IA para la predicción de toxicidad por radiación en los órganos de riesgo en cáncer de próstata, donde se analizó la información de 27 estudios, cuyos hallazgos se relacionan con el potencial de las tecnologías de IA, en la predicción de toxicidad mediante el análisis de extensos datos dosimétricos y clínicos para identificar patrones complejos para la planificación más personalizada y eficaz (56). Así mismo, otra revisión de 89

estudios recopiló información acerca de la predicción de dosis con IA en distintos tipos de cánceres, el resultado indicó que los modelos basados en deep learning tienen la capacidad para automatizar y mejora la distribución de dosis en los tratamientos en distintos tipos de tumores (57). Si bien estas dos últimas revisiones no se centraron específicamente en cáncer de mama como una patología analizada, aplican el mismo método y herramientas para evaluar el mismo objetivo, lo que demuestra que este campo, que representa una etapa esencial dentro de la planificación de la radioterapia, presenta un creciente interés y viabilidad en el desarrollo a futuro.

Desde una perspectiva temporal, los estudios incluidos se concentraron entre los años 2021 y 2025, lo que refleja un interés reciente y creciente en la aplicación de la inteligencia artificial en la planificación de la radioterapia para cáncer de mama. En cuanto a la distribución geográfica, la producción científica se concentró principalmente en Asia y América del Norte, destacando Corea del Sur como el país con mayor número de publicaciones (31.25%) (19,28,29,37,41), seguido de China (27,30,32) y Estados Unidos (33–35) representando 18.75% cada uno. En menor proporción, se identificaron estudios provenientes de Europa, representados principalmente por Italia con 2 estudios (36,39), Países Bajos (26) y Suiza (42) con un estudio cada uno. Esta distribución podría explicarse por el alto nivel de inversión en investigación tecnológica y por el acceso a infraestructura computacional avanzada en dichas regiones (58). Sin embargo, esta tendencia también refleja la baja participación de países latinoamericanos y africanos, lo que limita la representatividad global de los resultados (59). La inteligencia artificial (IA) es la tecnología más transformadora del siglo XXI, con la capacidad de

revolucionar la solución de problemas complejos (60). China es el segundo lugar al invertir en IA, cuenta con más de 252 mil millones de dólares entre 2019 y 2023, lanzaron en 2025 un fondo nacional para impulsar la innovación tecnológica, y liderazgo en publicaciones y patentes (58). La mayoría de los resultados de la investigación indicaron que China es la principal fuente de evidencia en resultados clínicos, pese a ser el segundo lugar en inversión económica (58).

Entre las principales limitaciones de la IA identificadas se encontró la escasez de evidencia clínica sólida que respalde la generalización de los modelos propuestos, así como la limitada disponibilidad de bases de datos abiertas y estandarizadas para el entrenamiento y validación de algoritmos. Asimismo, la variabilidad interobservador y la ausencia de protocolos uniformes dificultaron la comparación entre estudios y reducen la reproducibilidad de los resultados (26–28,31,33,36). Estas limitaciones ponen de manifiesto la necesidad de promover validaciones multicéntricas y el uso de conjuntos de datos heterogéneos que representen diferentes contextos clínicos y demográficos (60). En un estudio de Scoping Review se identificó 3 limitaciones en el uso de la inteligencia artificial en medicina: el sesgo en los modelos, el compromiso de la privacidad y la generación de información incorrecta, producto de la naturaleza estadística de los modelos (61).

Otra limitación observada frecuentemente, siendo esta una limitación técnica, está relacionada con el tamaño de la base de datos (19,29,30,32,34,35,37–40), la variación entre los resultados de una primera base de datos, con la cual fue entrenada una IA, si se aplica esta misma a otra base de datos (un segundo set de datos) sufre una disminución de rendimiento y eficiencia (62). Esta limitación

resalta la importancia de ejecutar más estudios multicéntricos y un tamaño de muestra considerable o mayor para dar soporte a la investigación y desarrollo de mejores herramientas IA. Otro dato necesario por resaltar es que ningún estudio contempló las limitaciones éticas como un desafío para la implementación de la IA. Desde la perspectiva ética, la implementación de sistemas de IA en oncología radioterápica plantea desafíos significativos en términos de justicia algorítmica, transparencia y rendición de cuentas, es necesario tomar en cuenta la privacidad de los datos del paciente, además de su consentimiento para el empleo de estos mismos (63). Otros aspectos éticos que se deben tomar en cuenta son las responsabilidades legales y regulaciones de los mismos países. En este aspecto algunos reglamentos como el “General Data Protection Regulation” de Europa prohíbe el intercambio de información entre entidades médicas (45). Por consecuente, este aspecto retoma una limitante ya mencionada en el párrafo anterior relacionada con el uso de bases de datos, restringidas al provenir de un mismo establecimiento; no obstante, los hallazgos de esta investigación confirman que la inteligencia artificial posee un gran potencial, aunque su implementación clínica todavía enfrenta importantes limitaciones.

Respecto al diseño metodológico, los estudios incluidos se caracterizaron por el predominio de diseños observacionales, lo que es coherente con el carácter exploratorio y tecnológico de la aplicación de la inteligencia artificial en la planificación de la radioterapia. Los estudios observacionales analíticos de corte transversal fueron los más frecuentes (50.00%, n = 8) (19,26–32), seguidos de los estudios observacionales descriptivos tipo serie de casos (43.75%, n = 7) (33–39). Solo un estudio correspondió a un diseño observacional analítico retrospectivo tipo

cohorte (6.25%, n = 1) (40). Esta distribución metodológica refleja que la evidencia disponible se basa principalmente en análisis retrospectivos y descriptivos, esto refleja que la evidencia se encuentra mayoritariamente en una fase de validación metodológica, previa a la implementación clínica amplia, lo cual es coherente con el enfoque requerido para garantizar la seguridad y confiabilidad de las herramientas basadas en inteligencia artificial en el ámbito médico (64).

Existe también una ausencia de estandarización en la presentación de resultados, no hay pautas uniformes para reportar características demográficas o clínicas de los pacientes en las investigaciones, dificultando evaluar la equidad y generalización de los modelos (65,66). Otro problema importante es la carencia de datos sobre los determinantes sociales de la salud como las condiciones de vida, educación o situación económica que influyen significativamente en los resultados clínicos, estos no suelen incluirse en las bases de datos (65,66). Estos resultados demuestran que la investigación actual en inteligencia artificial aplicada a la planificación de la radioterapia en cáncer de mama se ha centrado principalmente en demostrar el desempeño técnico de los modelos.

Un hallazgo particular en la evidencia revisada corresponde a la inclusión de un paciente en estadio IV tratado con radioterapia, hallazgo que representa el 6.25 % de la muestra (27). Aunque la radioterapia en enfermedad metastásica ha sido tradicionalmente paliativa, estudios recientes han mostrado que la radiación dirigida al tumor primario puede mejorar el control locorregional e incluso aportar beneficios en supervivencia global en subgrupos seleccionados (67). Sin embargo, la presencia de estos casos introduce una fuente de heterogeneidad clínica que debe

ser reconocida en la interpretación de los resultados, pues los objetivos terapéuticos difieren. En términos de IA, la variabilidad anatómica y dosimétrica propia de pacientes con enfermedad avanzada puede reducir la precisión de modelos entrenados en cohortes (45). Este hallazgo demuestra la necesidad de validaciones específicas por estadio clínico antes de su aplicación rutinaria.

Finalmente, los resultados de esta revisión confirman que la inteligencia artificial ha logrado avances significativos en la optimización del planeamiento de radioterapia en pacientes con cáncer de mama, especialmente en las etapas de segmentación y predicción de dosis. No obstante, persisten limitaciones metodológicas y de validación clínica que restringen su implementación rutinaria. Para consolidar su integración en la práctica clínica será indispensable fomentar la colaboración interdisciplinaria, la transparencia en el desarrollo de los algoritmos y la creación de bases de datos públicas y estandarizadas. Será posible garantizar mediante el esfuerzo en la aplicación ética, segura y efectiva de la inteligencia artificial en la radioterapia del cáncer de mama.

VI. LIMITACIONES

La revisión de alcance mostró varias limitaciones que deben tenerse en cuenta al interpretar los resultados:

- Muchos estudios presentaron una notable heterogeneidad metodológica, tanto en las métricas empleadas como en los diseños de investigación usados para evaluar el desempeño de los modelos de inteligencia artificial, esta variabilidad dificultó una interpretación uniforme de la evidencia disponible.
- Además, se observó una falta de estandarización en la forma de describir a las poblaciones estudiadas, con información limitada sobre variables clínicas, sociales y demográficas, lo que limita la comprensión del contexto en el que se desarrollaron los modelos.
- Finalmente, la evidencia se concentró principalmente en países europeos, asiáticos y Estados Unidos como único representante de América, generando un sesgo geográfico que reduce la representatividad global y evidencia la escasa participación de regiones como África y América Latina, y Oceanía.

VII. RECOMENDACIONES

A partir de los hallazgos, se recomienda impulsar estudios colaborativos y multicéntricos que utilicen bases de datos amplias, estandarizadas y diversas, con el fin de mejorar la validez y la capacidad de generalización de los modelos de inteligencia artificial aplicados a la planificación radioterápica. También es fundamental que las futuras investigaciones incorporen información clínica y demográfica más detallada como sexo, edad, estadio tumoral y determinantes sociales de la salud, para asegurar que los algoritmos sean aplicables y equitativos en poblaciones variadas.

Asimismo, se sugiere avanzar en el desarrollo de marcos regulatorios y éticos específicos que orienten una implementación transparente y segura de la IA en la práctica clínica, garantizando la protección de datos y el adecuado consentimiento informado de los pacientes. Por otro lado, es necesario ampliar la investigación hacia la automatización integral del flujo de trabajo radioterápico, más allá de etapas aisladas como la segmentación o la predicción de dosis, con el objetivo de contar con sistemas completamente validados para su uso clínico.

Finalmente, resulta prioritario promover la participación de instituciones latinoamericanas en proyectos internacionales, fortaleciendo la producción científica regional y logrando una representación más equitativa en la evidencia global sobre inteligencia artificial en radioterapia.

VIII. CONCLUSIONES

1. La evidencia recopilada demostró que la inteligencia artificial es una herramienta viable en la planificación de la radioterapia en pacientes adultos con cáncer de mama. En total, se identificaron 16 estudios que respaldan su utilidad en tareas como la segmentación automática y la predicción de dosis. Sin embargo, estos hallazgos pertenecen a un campo que se encuentra en constante crecimiento, por lo tanto, con diversos retos y limitaciones.

2. Se identificaron múltiples limitaciones técnicas y clínicas, de las cuales destacan el tamaño reducido y la diversidad de las bases de datos usadas para entrenar los distintos modelos, la falta de protocolos uniformes para la evaluación de los resultados, y la falta de evidencia clínica que pueda respaldarlo. Asimismo, se suman vacíos en torno a la ética, y las restricciones legales que limitan el intercambio de información entre instituciones. Estas limitaciones demuestran la necesidad de fomentar estudios multicéntricos y establecer marcos normativos para que se garantice la transparencia, validez y seguridad en el uso de la IA.

3. Los resultados de esta investigación demuestran avances en la automatización de procesos parciales con IA como la segmentación automática de órganos y la predicción de la dosis. Debido a que modelos como UNet indican alta precisión en la delimitación anatómica, permitiendo optimizar el tiempo de planificación y la consistencia del contorno. Por otro lado, la automatización total del planeamiento continúa siendo un desafío por la complejidad del tratamiento y la variabilidad anatómica de los pacientes.

4. Los estudios incluidos en esta revisión fueron predominantemente observacionales, con un marcado predominio de diseños analíticos de corte transversal, lo que indica que la evidencia actual se centra principalmente en la validación retrospectiva de modelos de inteligencia artificial. Se observó una concentración geográfica de la producción científica en Asia y América del Norte, destacando Corea del Sur, China y Estados Unidos, las cuales cuentan con una mayor inversión tecnológica e infraestructura computacional. Así mismo, se observó que la evidencia disponible se concentra en los años 2021-2025, lo cual contrasta con el aumento de la inversión económica en el desarrollo de la Inteligencia Artificial.

5. Los resultados de esta investigación demuestran la aplicación de la inteligencia artificial en el planeamiento de la radioterapia, se enfocaron en pacientes femeninas adultas. Los estadios más frecuentes encontrados en los estudios fueron el I y II permitiendo de que la IA ha reducido el tiempo de planificación y ha mejorado la eficiencia del tratamiento radioterapéutico.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Xiong X, Zheng LW, Ding Y, Chen YF, Cai YW, Wang LP, et al. Breast cancer: pathogenesis and treatments. *Signal Transduct Target Ther*. 19 de febrero de 2025;10(1):49.
2. Breast cancer [Internet]. [citado 28 de julio de 2025]. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer>
3. Cáncer de mama - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud [Internet]. 2025 [citado 28 de julio de 2025]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/cancer-mama>
4. Ketcham AS, Sindelar WF. Risk factors in breast cancer. *Prog Clin Cancer*. 1975;6:99-114.
5. Tichy JR, Lim E, Anders CK. Breast cancer in adolescents and young adults: a review with a focus on biology. *J Natl Compr Cancer Netw JNCCN*. 1 de septiembre de 2013;11(9):1060-9.
6. Hwang KT. Clinical Databases for Breast Cancer Research. *Adv Exp Med Biol*. 2021;1187:493-509.
7. Kusminsky RE. Can we cure breast cancer? *Am J Surg*. 1 de octubre de 2015;210(4):790-2.
8. Optimized Radiotherapy Approach Could Extend Treatment to 2.2 Million More Cancer Patients, IAEA Co-authored Report Finds [Internet]. 2024 [citado 28 de julio de 2025]. Disponible en: <https://www.iaea.org/newscenter/pressreleases/optimized-radiotherapy-approach-could-extend-treatment-to-22-million-more-cancer-patients-iaea-co-authored-report-finds>

9. ¿Cuáles son las Unidades Productoras de Servicios de Salud de Atención de Soporte? | Conexión ESAN [Internet]. [citado 22 de agosto de 2025]. Disponible en: <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/cuales-son-las-unidades-productoras-de-servicios-de-salud-de-atencion-de-soporte/>
10. » Reseña Histórica Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas [Internet]. [citado 22 de agosto de 2025]. Disponible en: <https://portal.inen.sld.pe/resena-historica/>
11. Verywell Health [Internet]. [citado 7 de octubre de 2025]. How the 4 Levels of Medical Care Differ. Disponible en: <https://www.verywellhealth.com/primary-secondary-tertiary-and-quaternary-care-2615354>
12. Breast cancer detection using deep learning: Datasets, methods, and challenges ahead. *Comput Biol Med.* 1 de octubre de 2022;149:106073.
13. Zhang YN, Xia KR, Li CY, Wei BL, Zhang B. Review of Breast Cancer Pathological Image Processing. *BioMed Res Int.* 2021;2021:1994764.
14. Fully automated radiotherapy treatment planning: A scan to plan challenge. *Radiother Oncol.* 1 de noviembre de 2024;200:110513.
15. Zheng D, Hong JC, Wang C, Zhu X. Radiotherapy Treatment Planning in the Age of AI: Are We Ready Yet? *Technol Cancer Res Treat.* 20 de diciembre de 2019;18:1533033819894577.
16. Wang C, Zhu X, Hong JC, Zheng D. Artificial Intelligence in Radiotherapy Treatment Planning: Present and Future. *Technol Cancer Res Treat.* 1 de enero de 2019;18:1533033819873922.

17. Zaratim GRR, dos Reis RG, dos Santos MA, Yagi NA, Oliveira e Silva LF. Automated treatment planning for whole breast irradiation with individualized tangential IMRT fields. *J Appl Clin Med Phys*. 2024;25(5):e14361.
18. Hussein M, Heijmen BJM, Verellen D, Nisbet A. Automation in intensity modulated radiotherapy treatment planning—a review of recent innovations. *Br J Radiol*. 1 de diciembre de 2018;91(1092):20180270.
19. Ahn SH, Kim E, Kim C, Cheon W, Kim M, Lee SB, et al. Deep learning method for prediction of patient-specific dose distribution in breast cancer. *Radiat Oncol*. 17 de agosto de 2021;16(1):154.
20. Anastasijevic D. Mayo Clinic, Google launch AI initiative for radiation therapy [Internet]. Mayo Clinic News Network. 2020 [citado 22 de agosto de 2025]. Disponible en: <https://newsnetwork.mayoclinic.org/discussion/mayo-clinic-google-launch-ai-initiative-for-radiation-therapy/>
21. Moore KL. Automated Radiotherapy Treatment Planning. *Semin Radiat Oncol*. julio de 2019;29(3):209-18.
22. Societies TEF of R. Artificial Intelligence and the Radiographer/Radiological Technologist Profession: A joint statement of the International Society of Radiographers and Radiological Technologists and the European Federation of Radiographer Societies. *Radiography*. 1 de mayo de 2020;26(2):93-5.
23. 10. Scoping reviews - JBI Manual for Evidence Synthesis - JBI Global Wiki [Internet]. [citado 28 de julio de 2025]. Disponible en: <https://jbi-global-wiki.refined.site/space/MANUAL/355862497/10.+Scoping+reviews>

24. Appendix 10.2 PRISMA ScR Extension Fillable Checklist - JBI Manual for Evidence Synthesis - JBI Global Wiki [Internet]. [citado 28 de julio de 2025]. Disponible en: <https://jbi-global-wiki.refined.site/space/MANUAL/355863360/Appendix+10.2+PRISMA+ScR+Extension+Fillable+Checklist>
25. Goodfellow IJ, Pouget-Abadie J, Mirza M, Xu B, Warde-Farley D, Ozair S, et al. Generative Adversarial Nets. En: Advances in Neural Information Processing Systems [Internet]. Curran Associates, Inc.; 2014 [citado 7 de octubre de 2025]. Disponible en: https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2014/hash/f033ed80deb0234979a61f95710dbe25-Abstract.html
26. van de Sande D, Sharabiani M, Bluemink H, Kneepkens E, Bakx N, Hagelaar E, et al. Artificial intelligence based treatment planning of radiotherapy for locally advanced breast cancer. *Phys Imaging Radiat Oncol.* octubre de 2021;20:111-6.
27. Zhong Y, Guo Y, Fang Y, Wu Z, Wang J, Hu W. Geometric and dosimetric evaluation of deep learning based auto-segmentation for clinical target volume on breast cancer. *J Appl Clin Med Phys.* julio de 2023;24(7):e13951.
28. Im JH, Lee IJ, Choi Y, Sung J, Ha JS, Lee H. Impact of Denoising on Deep-Learning-Based Automatic Segmentation Framework for Breast Cancer Radiotherapy Planning. *Cancers.* 22 de julio de 2022;14(15):3581.
29. Lee BM, Kim JS, Chang Y, Choi SH, Park JW, Byun HK, et al. Experience of Implementing Deep Learning-Based Automatic Contouring in Breast Radiation

Therapy Planning: Insights From Over 2000 Cases. *Int J Radiat Oncol*. 1 de agosto de 2024;119(5):1579-89.

30. Liu Z, Liu F, Chen W, Tao Y, Liu X, Zhang F, et al. Automatic Segmentation of Clinical Target Volume and Organs-at-Risk for Breast Conservative Radiotherapy Using a Convolutional Neural Network. *Cancer Manag Res*. 2021;13:8209-17.

31. Chung SY, Chang JS, Choi MS, Chang Y, Choi BS, Chun J, et al. Clinical feasibility of deep learning-based auto-segmentation of target volumes and organs-at-risk in breast cancer patients after breast-conserving surgery. *Radiat Oncol*. 25 de febrero de 2021;16(1):44.

32. Xie X, Song Y, Ye F, Yan H, Wang S, Zhao X, et al. Prior information guided auto-contouring of breast gland for deformable image registration in postoperative breast cancer radiotherapy. *Quant Imaging Med Surg*. diciembre de 2021;11(12):4721-30.

33. Kazemimoghadam M, Yang Z, Chen M, Rahimi A, Kim N, Alluri P, et al. A deep learning approach for automatic delineation of clinical target volume in stereotactic partial breast irradiation (S-PBI). *Phys Med Biol*. 11 de mayo de 2023;68(10).

34. Baroudi H, Che Fru L, Schofield D, Roniger DL, Nguyen C, Hancock D, et al. An automated treatment planning portfolio for whole breast radiotherapy. *Med Phys*. marzo de 2025;52(3):1779-88.

35. Baroudi H, Huy Minh Nguyen CI, Maroongroge S, Smith BD, Niedzielski JS, Shaitelman SF, et al. Automated contouring and statistical process control for

plan quality in a breast clinical trial. *Phys Imaging Radiat Oncol*. 1 de octubre de 2023;28:100486.

36. Marrazzo L, Redapi L, Pellegrini R, Voet P, Meattini I, Arilli C, et al. Fully automated volumetric modulated arc therapy technique for radiation therapy of locally advanced breast cancer. *Radiat Oncol Lond Engl*. 30 de octubre de 2023;18(1):176.

37. Byun HK, Chang JS, Choi MS, Chun J, Jung J, Jeong C, et al. Evaluation of deep learning-based autosegmentation in breast cancer radiotherapy. *Radiat Oncol*. 14 de octubre de 2021;16(1):203.

38. Zeverino M, Fabiano S, Jeanneret-Sozzi W, Bourhis J, Bochud F, Moeckli R. Enhancing automated right-sided early-stage breast cancer treatments via deep learning model adaptation without additional training. *Med Phys*. mayo de 2025;52(5):3280-97.

39. Mori M. CHARACTERIZATION OF BREAST RT TREATMENT BY MULTI-INSTITUTIONAL AI-KNOWLEDGE-BASED PLANNING OPTIMIZATION MODELS [Internet] [Doctoral Thesis]. Università degli Studi di Milano; 2025 [citado 2 de noviembre de 2025]. Disponible en: <https://air.unimi.it/handle/2434/1182460>

40. Zope MK, Patil D, Raj R, Devi S, Madhawi R. Anatomical Parameter-driven Volumetric Modulated Arc Therapy Optimization in Left-sided Breast Cancer: A Machine Learning Framework for Lung Dose Prediction. *J Med Phys*. junio de 2025;50(2):257.

41. Bai X, Liu Z, Zhang J, Wang S, Hou Q, Shan G, et al. Comparing of two dimensional and three dimensional fully convolutional networks for radiotherapy

dose prediction in left-sided breast cancer. *Sci Prog.* 2021;104(3):368504211038162.

42. Zeverino M, Piccolo C, Marguet M, Jeanneret-Sozzi W, Bourhis J, Bochud F, et al. Sensitivity of automated and manual treatment planning approaches to contouring variation in early-breast cancer treatment. *Phys Medica PM Int J Devoted Appl Phys Med Biol Off J Ital Assoc Biomed Phys AIFB.* julio de 2024;123:103402.

43. Kneepkens E, Bakx N, van der Sangen M, Theuws J, van der Toorn PP, Rijkaart D, et al. Clinical evaluation of two AI models for automated breast cancer plan generation. *Radiat Oncol Lond Engl.* 5 de febrero de 2022;17(1):25.

44. Liang X, Dai J, Zhou X, Liu L, Zhang C, Jiang Y, et al. An Unsupervised Learning-Based Regional Deformable Model for Automated Multi-Organ Contour Propagation. *J Digit Imaging.* junio de 2023;36(3):923-31.

45. Application of artificial intelligence in medical imaging for tumor diagnosis and treatment: a comprehensive approach | *Discover Oncology* [Internet]. [citado 2 de noviembre de 2025]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12672-025-03307-3>

46. Jeong C, Goh Y, Kwak J. Challenges and opportunities to integrate artificial intelligence in radiation oncology: a narrative review. *Ewha Med J.* octubre de 2024;47(4):e49.

47. American Medical Association [Internet]. 2024 [citado 9 de noviembre de 2025]. *AMA Future of Health: The Emerging Landscape of Augmented Intelligence in Health Care.* Disponible en: <https://www.ama-assn.org/practice->

management/digital-health/ama-future-health-emerging-landscape-augmented-intelligence

48. Huang G, Liu Z, Maaten L van der, Weinberger KQ. Densely Connected Convolutional Networks. 28 de enero de 2018 [citado 2 de noviembre de 2025]; Disponible en: <http://arxiv.org/abs/1608.06993>

49. Hakala M, Cozzi L, Czeizler E. Two-step beam geometry optimization for volumetric modulated arc therapy gantry angles in breast treatments. *Med Phys*. junio de 2025;52(6):4984-95.

50. Chen W, Li Y, Yuan N, Qi J, Dyer BA, Sensoy L, et al. Clinical Enhancement in AI-Based Post-processed Fast-Scan Low-Dose CBCT for Head and Neck Adaptive Radiotherapy. *Front Artif Intell [Internet]*. 11 de febrero de 2021 [citado 9 de noviembre de 2025];3. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/journals/artificial-intelligence/articles/10.3389/frai.2020.614384/full>

51. Ma L, Chi W, Morgan HE, Lin MH, Chen M, Sher D, et al. Registration-guided deep learning image segmentation for cone beam CT-based online adaptive radiotherapy. *Med Phys*. agosto de 2022;49(8):5304-16.

52. Cómo se planifica y programa el tratamiento [Internet]. [citado 9 de noviembre de 2025]. Disponible en: <https://www.cancer.org/es/cancer/como-sobrellevar-el-cancer/tomar-decisiones-sobre-el-tratamiento/planifica-programa-tratamiento.html>

53. Hurkmans C, Bibault JE, Brock KK, Van Elmpt W, Feng M, David Fuller C, et al. A joint ESTRO and AAPM guideline for development, clinical validation

and reporting of artificial intelligence models in radiation therapy. *Radiother Oncol.* agosto de 2024;197:110345.

54. Molina Espelt FJ. Inteligencia artificial para diagnóstico automático de osteorradionecrosis [Internet] [bachelorThesis]. 2023 [citado 9 de noviembre de 2025]. Disponible en: <https://repositorio.uloysola.es/handle/20.500.12412/4303>

55. Finnegan RN, Chin V, Chlap P, Haidar A, Otton J, Dowling J, et al. Open-source, fully-automated hybrid cardiac substructure segmentation: development and optimisation. *Phys Eng Sci Med.* marzo de 2023;46(1):377-93.

56. Piras A, Corso R, Benfante V, Ali M, Laudicella R, Alongi P, et al. Artificial Intelligence and Statistical Models for the Prediction of Radiotherapy Toxicity in Prostate Cancer: A Systematic Review. *Appl Sci.* enero de 2024;14(23):10947.

57. Kazemzadeh A, Rasti R, Tavakoli MB. Artificial intelligence for radiotherapy dose prediction: A comprehensive review. *Cancer/Radiothérapie.* 1 de julio de 2025;29(4):104630.

58. marketer SKFBS is a content, writer, University fact checker S holds a B of S in F degree from BS, policies helps develop content strategies L about our editorial. Investopedia. [citado 9 de noviembre de 2025]. Which Countries Are Investing Most in AI? Disponible en: <https://www.investopedia.com/countries-investing-the-most-in-ai-11752340>

59. Liu Z, Liu F, Chen W, Liu X, Hou X, Shen J, et al. Automatic Segmentation of Clinical Target Volumes for Post-Modified Radical Mastectomy Radiotherapy Using Convolutional Neural Networks. *Front Oncol.* 2020;10:581347.

60. Artificial Intelligence as a General-Purpose Technology: What It Is and Why It Matters - AI Technology Reviews [Internet]. 2025 [citado 9 de noviembre

de 2025]. Disponible en: <https://aitechnologyreviews.com/2025/03/10/artificial-intelligence-as-a-general-purpose-technology-what-it-is-and-why-it-matters/>

61. Templin T, Perez MW, Sylvia S, Leek J, Sinnott-Armstrong N. Addressing 6 challenges in generative AI for digital health: A scoping review. *PLOS Digit Health*. 23 de mayo de 2024;3(5):e0000503.

62. Rong Y, Chen Q, Fu Y, Yang X, Al-Hallaq HA, Wu QJ, et al. NRG Oncology assessment on AI deep-learning based auto-segmentation for radiotherapy: current development, clinical consideration, and future direction. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 1 de mayo de 2024;119(1):261-80.

63. Jeong C, Goh Y, Kwak J. Challenges and opportunities to integrate artificial intelligence in radiation oncology: a narrative review. *Ewha Med J*. octubre de 2024;47(4):e49.

64. Park Y, Jackson GP, Foreman MA, Gruen D, Hu J, Das AK. Evaluating artificial intelligence in medicine: phases of clinical research. *JAMIA Open*. 8 de septiembre de 2020;3(3):326-31.

65. Khan B, Fatima H, Qureshi A, Kumar S, Hanan A, Hussain J, et al. Drawbacks of Artificial Intelligence and Their Potential Solutions in the Healthcare Sector. *Biomed Mater Devices N Y N*. 8 de febrero de 2023;1-8.

66. Cross JL, Choma MA, Onofrey JA. Bias in medical AI: Implications for clinical decision-making. *PLOS Digit Health*. 7 de noviembre de 2024;3(11):e0000651.

67. Yoshimura M. Radiation therapy for primary tumor of de novo stage IV breast cancer. *Transl Cancer Res*. agosto de 2020;9(8):5108-16.

68. Vidal Ledo MJ, Madruga González A, Valdés Santiago D, Vidal Ledo MJ, Madruga González A, Valdés Santiago D. Inteligencia artificial en la docencia médica. *Educ Médica Super* [Internet]. septiembre de 2019 [citado 28 de julio de 2025];33(3). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-21412019000300014&lng=es&nrm=iso&tlng=es
69. Miguel S. Revistas y producción científica de América Latina y el Caribe: su visibilidad en SciELO, RedALyC y SCOPUS. *Rev Interam Bibliotecol* [Internet]. diciembre de 2011 [citado 29 de julio de 2025];34(2):187-98. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-09762011000200006&lng=en&nrm=iso&tlng=es
70. Metodología de los tipos y diseños de estudio más frecuentemente utilizados en investigación clínica. *Rev Médica Clínica Las Condes* [Internet]. 1 de enero de 2019 [citado 28 de julio de 2025];30(1):36-49. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864019300057>
71. Fecha de publicación – Elemento Referencia Bibliográfica – Normas APA [Internet]. 2021 [citado 6 de agosto de 2025]. Disponible en: <https://normas-apa.org/referencias/componentes/fecha-de-publicacion/>
72. ASALE R, RAE. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. [citado 22 de agosto de 2025]. *Diccionario de la lengua española | Edición del Tricentenario*. Disponible en: <https://dle.rae.es/>
73. Hildebrandt [Internet]. 2015 [citado 22 de agosto de 2025]. Clasificación de complejidad de establecimientos de salud. Disponible en:

<https://www.hildebrandt.cl/criterios-de-clasificacion-de-complejidad-de-establecimientos-hospitalarios/>

X. TABLAS Y GRÁFICOS

Gráfico 1. Diagrama de flujo para la selección de artículos -PRISMA ScR (24).

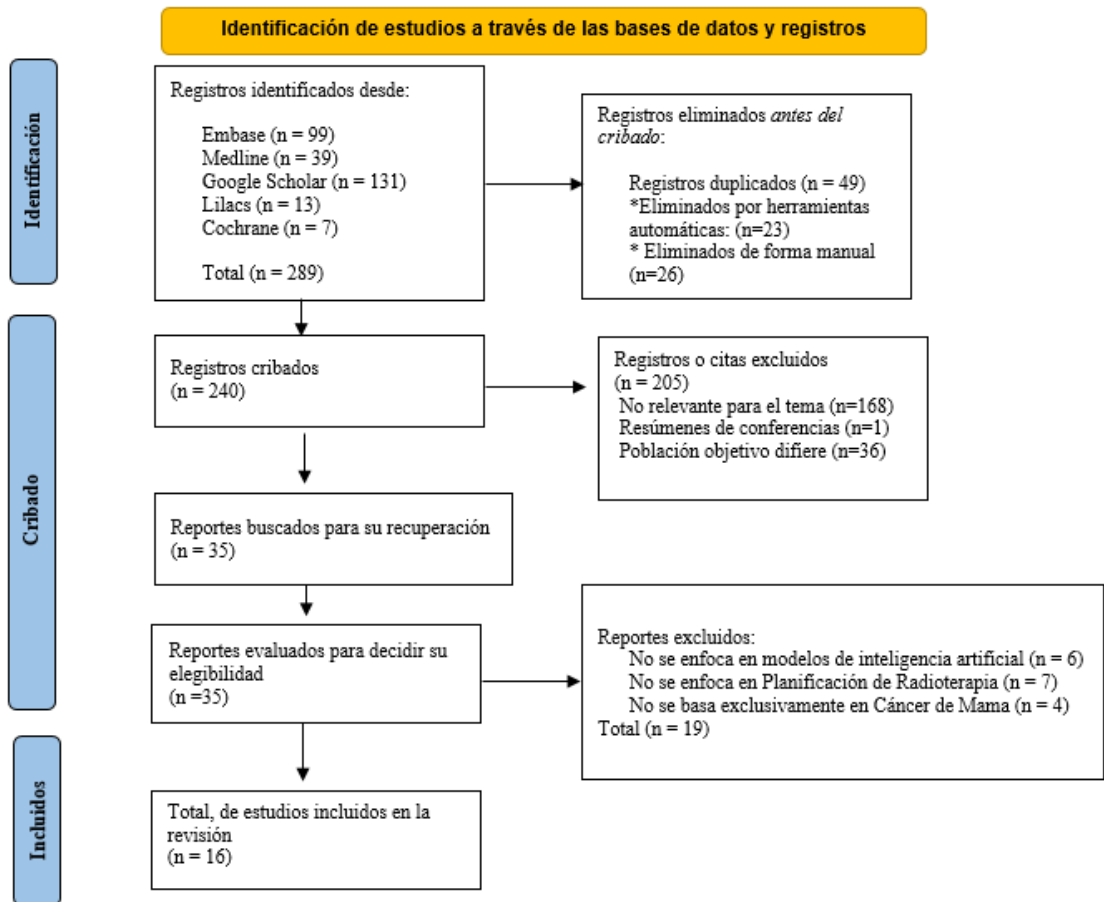


Gráfico 2. Descripción de modelos de IA (Fuente: Elaboración propia).

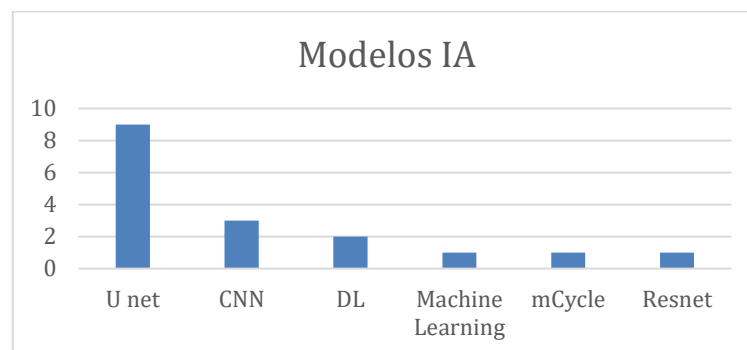


Gráfico 3. Distribución de países (Fuente: Elaboración propia).

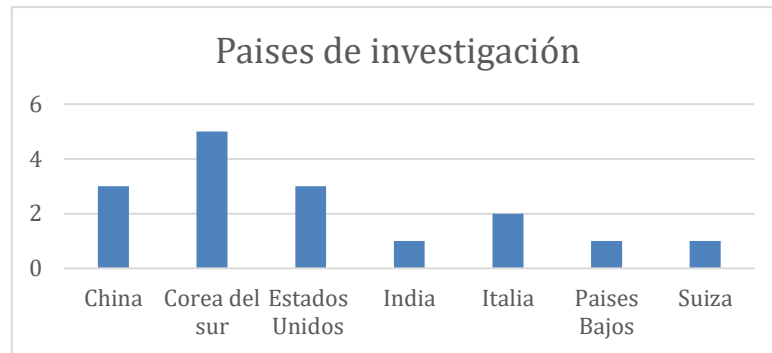


Gráfico 4. Estadios de cáncer de mama según TNM (Fuente elaboración propia)

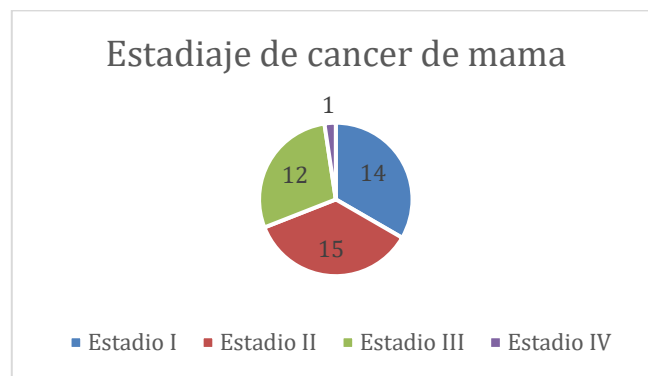


Gráfico 5 Gráfico de Limitaciones de la IA (Fuente: Elaboración propia).

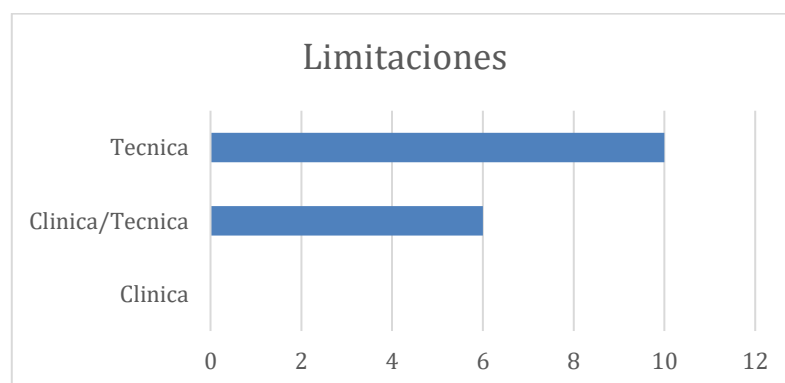


Tabla 1. Tabla de extracción de datos (Fuente: elaboración propia)

Título	Año	País	Tipo de estudio	Objetivo	Población	Modelo de IA	Hallazgos
A deep learning approach for automatic delineation of Clinical target volume in stereotactic partial breast irradiation (S-PBI) (33)	2024	Estados Unidos	Estudio Observacional – descriptivo: serie de casos	Proponer y validar una red neuronal profunda tipo 3D UNet capaz de emular la práctica de los médicos especialistas en la expansión del GTV hacia el CTV	35 Pacientes mujeres con cáncer de mama en estadio I-II de 18 años a más	modelo UNet + GRAD CAM (Segmentación automática)	El modelo de IA obtuvo resultados con gran precisión acorde a las estadísticas. Así mismo logró aprender las barreras anatómicas y demostró que se fijaba en las mismas zonas que los radiólogos oncólogos para la delimitación de volúmenes
An automated treatment planning portfolio for whole breast radiotherapy (34)	2025	China	Estudio Observacional – descriptivo: serie de casos	Desarrollar un portafolio completo de planificación automatizada de tratamientos de radioterapia para mamas intactas	510 Pacientes mujeres con cáncer en ambas mamas en estadio I II de 41 a 86 años	Machine Learning (Segmentación automática y dosis)	El estudio desarrolló una herramienta para la planificación de tratamiento automático con resultados clínicamente aceptables.

Anatomical Parameter-driven Volumetric Modulated Arc Therapy Optimization in Left-sided Breast Cancer: A Machine Learning Framework for Lung Dose Prediction (40)	2025	India	Estudio observacional analítico retrospectivo tipo cohorte	Evaluar diferentes métodos de VMAT empleados en el tratamiento de cáncer de mama izquierdo y generar un modelo predictivo de dosis pulmonares con IA.	101 Pacientes mujeres con cáncer de mama izquierda en estadio I-II-III de 29 a 76 años	Multiples modelos (Segmentación automática y dosis)	El modelo Random Forest Regressor demostró ser el más aplicable clínicamente para la predicción de dosis. Con su aplicación se logró determinar que la configuración de 4 arcos en VMAT reduce la dosis en el pulmón en caso de cáncer de mama izquierdo. La CNN logró entregar planes similares a los planificados manualmente. no obstante, aún se necesitaron ligeras correcciones. Para finalizar se demostró que el uso de esta herramienta puede disminuir el tiempo y minimizar las variaciones
Artificial intelligence based treatment planning of radiotherapy for locally advanced breast cancer (26)	2021	Países Bajos	Estudio observacional analítico de corte transversal	Desarrollar y evaluar una CNN capaz de generar planes de tratamiento automatizados para pacientes con cáncer de mama localmente avanzado	60 Pacientes con cáncer de mama en estadio III de 45 a 86 años	CNN (Segmentación automática y dosis)	El estudio planteó el uso de IA para la delimitación de contornos automáticos con el uso de Control Estadístico de
Automated contouring and statistical process control for plan quality in a breast Clinical trial (35)	2023	Estados Unidos	Estudio Observacional – descriptivo: serie de casos	Uso de un modelo de auto contorno y control estadístico de procesos para evaluar la consistencia de la planificación.	157 Pacientes con cáncer en ambas mamas en estadio I-II-III de 18 años a más	UNet (Segmentación automática)	

Deep learning method for prediction of patient-specific dose distribution in breast cancer (19)	2021	Corea del Sur	Estudio observacional analítico de corte transversal	Desarrollar un modelo de predicción de dosis para mama izquierda usando DL .	55 Pacientes mujeres con cáncer de mama izquierda en estadio I-II de 51 a 56 años	CNN (Dosis)	Procesos. Demostró con resultados clínicamente aceptables y ligeras modificaciones en el 95% de los casos. El modelo de DL demostró tener mejores resultados que los programas actuales
Fully automated volumetric modulated arc therapy technique for radiation therapy of locally advanced breast cancer (36)	2023	Italia	Estudio Observacional – descriptivo: serie de casos	Desarrollar modelos predictivos basados en aprendizaje automático para estimar la dosis pulmonar y guiar la elección de la técnica VMAT más adecuada,	25 Pacientes mujeres con cáncer en ambas mamas en estadio I-II-III de 36 a 68 años	mCycle (Dosis)	El estudio se basa en la comparación de dos técnicas de radioterapia (VMAT y Helicoidal radioterapia) y dos formas de planificación (Automática y Manual respectivamente). El algoritmo mostró superar las expectativas clínicas planteadas sin necesidad de modificaciones mayores en los planes

Geometric and dosimetric evaluation of deep learning based auto-segmentation for Clinical target volume on breast cancer (27)	2023	China	Estudio observacional analítico de corte transversal	Desarrollar un método automatizado de revisión de calidad de planes de radioterapia que permita monitorear la consistencia de cobertura de dosis en diferentes modalidades.	234 Pacientes con cáncer en ambas mamas en estadio I-II-III-IV de 23 a 76 años	UNet (Segmentación automática)	El desempeño de DL fue aceptable, demostró consistencia en la delimitación de PTV de pared torácica y ganglios supra e infra axilares en pacientes con mastectomía radical. Sin embargo, la limitación de volúmenes en ganglios mamarios internos y correlación de métricas entre OAR es limitada.
Impact of Denoising on Deep-Learning-Based Automatic Segmentation Framework for Breast Cancer Radiotherapy Planning (28)	2022	Corea del Sur	Estudio observacional analítico de corte transversal	Investiga la precisión de la segmentación automática cuando se utiliza imágenes con reducción de ruido.	40 Pacientes mujeres con cáncer en ambas mamas en estadio I-II-II de 30 a 77 años	UNet (Segmentación automática)	La segmentación automática de los órganos de riesgo fue aceptable, sin embargo, aún se necesita de más evidencia clínica para su implementación
Evaluation of deep learning-based autosegmentation in breast cancer	2021	Corea del Sur	Estudio Observacional –	Estudiar el rendimiento de la auto segmentación basada en DL para OAR	111 Pacientes mujeres con cáncer en ambas mamas en estadio I-II-III de 28 a 77 años	UNet (Segmentación automática)	Ahorro significativo de tiempo: 37 min (manual) vs. 6 min (con auto contorneado corregido). La IA

radiotherapy. (37)			descriptivo: serie de casos				puede mejorar la calidad y eficiencia en la planificación de radioterapia en cáncer de mama, aunque requiere supervisión experta.
Experience of Implementing Deep Learning-Based Automatic Contouring in Breast Radiation Therapy Planning: Insights From Over 2000 Cases (29)	2024	Corea del Sur	Estudio observacional analítico de corte transversal	Evaluar el impacto y la utilidad clínica de un sistema de auto-contorneo basado en aprendizaje profundo	2444 Pacientes con cáncer en ambas mamas en estadio I-II-II de 45 a 60 años	Deep Learning (Segmentación Automática)	Se sugiere considerar la integración de evaluaciones de riesgos estrictas y estrategias de gestión de la calidad como medida de precaución para el uso óptimo de los sistemas con IA.
Enhancing automated right-sided early-stage breast cancer treatments via deep learning model adaptation without additional training (38)	2025	Suiza	Estudio observacional analítico de corte transversal	Desarrollar una técnica de planificación de cáncer de mama derecha a partir de un modelo de DL entrenad en el seno izquierdo	30 dataset ; 10 clínica Pacientes con cáncer de mama derecha en estadio I-II-III de 48 a 78 años	Deep Learning (Dosis)	El modelo funciona, pero necesita más desarrollo debido a errores cuando se cambia el objetivo de la planificación de izquierda a derecha, debido a los OAR (Corazón)
Automatic segmentation of Clinical target volume and organs-at-risk for breast conservative	2021	China	Estudio observacional analítico de corte transversal	Entrenar y evaluar un modelo U Res Net de segmentación automática.	160 Pacientes mujeres con cáncer en ambas mamas en estadio I-II-III de 42 a 58 años	UNet y ResNet (Segmentación Automática)	El modelo Res Net obtuvo resultados estadísticamente significativos por lo cual se concluye que puede mejorar la

radiotherapy using
a convolutional
neural network
(30)

precisión y eficiencia
de la delineación
comparada con U net

Characterization
of breast RT
treatment by
multi-institutional
AI-Knowledge-
based planning
optimization
models
(39)

2022

Italia

Estudio
Observacional –
descriptivo: serie
de casos

Desarrollar una
herramienta de
inteligencia artificial
que permita analizar
mediante TC cual es
la técnica más
apropiada

120 Pacientes
mujeres con cáncer
en ambas mamas en
estadio I-II-III de 45
a 75 años

CNN
(Segmentación
automática)

La IA mejora la
eficiencia del
proceso de
segmentación en la
planificación de
radioterapia,
reduciendo el
tiempo de contorno
manual en más del
60%.
Los modelos de IA
alcanzan una alta
concordancia con
los contornos
realizados por
expertos
(coeficiente de Dice
> 0.85)

Clinical
feasibility of deep
learning-based
auto-
segmentation of
target volumes
and organs-at-
risk in breast
cancer patients
after breast-
conserving

2021

Corea
del Sur

Estudio
observacional
analítico de corte
transversal

Evaluar los
beneficios del
contorno
automático
delineados
manualmente.
con

111 Pacientes
mujeres con cáncer
en ambas mamas en
estadio I-II-II de 28
a 77 años

UNet
(Segmentación
automática)

Acorde a los
resultados del dice
score se concluye que
la IA es viable como
herramienta de apoyo
para los oncólogos en
la planificación de
RT de CM y no como
un sustituto al
profesional.

surgery
(31)

Prior information
guided auto-
contouring of
breast gland for
deformable
image
registration in
postoperative
breast cancer
radiotherapy
(32)

2021

China

Estudio
observacional
analítico de corte
transversal

Desarrollar un
modelo de DL para el
contorneo
automático de la
glándula mamaria.

6 Pacientes mujeres
con cáncer de mama
izquierda en estadio
I-II de 44 a 59 años

UNet
(Segmentación
automática y dosis)

Se concluye que la
IA puede reducir la
variabilidad y
mejorar la eficiencia
en la delineación de
estructuras
mamarias de bajo
contraste en
radioterapia
postoperatoria.

Tabla 2 Descripción de procesos automatizados con IA (Fuente elaboración propia)

Procesos automatizados			
	FA	FR en %	Estudios identificados
Predicción de dosis	3	18.75%	6,7,12
Segmentación automática	9	56.25%	1,5,8,9,10,11,13,14,15
Automatización Total	4	25.00%	2,3,4,16

Tabla 3 Distribución de estadios de cáncer de mama (Fuente: Elaboración propia).

Estadio de cáncer de mama			
	FA	FR en %	Estudios identificados
Estadio I	14	87.50%	(1,2,3,5,6,7,9,11,12,13,14,15,16)
Estadio II	15	93.75%	(1,2,3,5,6,7,9,10,11,12,13,14,15,16)
Estadio III	12	75.00%	(2,3,4,5,7,8,9,10,12,13,14,15)
Estadio IV	1	6.25%	(8)

ANEXOS

Anexo 1. Cuadro de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Tipo y escala de medición
Aplicación de Inteligencia Artificial (IA)	Conjunto de técnicas computacionales que permiten a las máquinas simular capacidades humanas como aprendizaje, razonamiento y toma de decisiones. En este contexto, se refiere a su aplicación en la planificación del tratamiento en radioterapia (68).	Reporte explícito del uso de herramientas de IA en el proceso de planificación radioterapéutica.	Presencia/ausencia de IA en la planificación del tratamiento.	Tipo: Variable principal Cualitativa dicotómica Escala de medición: Nominal
Limitaciones o desafíos del uso de IA	Limitaciones o desafíos del uso de IA (14).	Identificación de barreras, errores o resistencias mencionadas en los estudios.	Tipo de barrera reportada (técnica / ética / clínica / no reportado).	Tipo: Variable secundaria. Cualitativa politómica. Escala: Nominal.
Automatización de procesos en la planificación	Nivel en que el proceso de planeamiento (segmentación, cálculo de dosis y contorno) se realiza. Con mínima o nula intervención humana gracias a IA (17).	Declaración en el estudio del nivel de automatización logrado mediante IA.	Nivel de automatización: total / parcial / no especificado.	Tipo: Variable secundaria. Cualitativa politómica. Escala: Nominal.
País de publicación	País donde se encuentra la entidad responsable de la edición de la revista científica (69).	País donde se ubica la entidad que publica la revista o artículo.	- Número Internacional Normalizado de Publicaciones Seriadas)	Tipo: Variable de contexto Cualitativa politómica Escala de medición: Nominal.
Diseño del estudio	Enfoque metodológico usado por los autores para abordar el fenómeno en estudio. Puede ser observacional, experimental, entre otros (70).	Tipo de diseño reportado por los autores del estudio revisado.	Tipo de diseño reportado	Tipo: Variable de contexto Cualitativa politómica Escala de medición: Nominal

Año de publicación	Fecha en la que se publica un artículo (71).	Año reportado por los investigadores	Año	Tipo de variable: Cuantitativa discreta Escala de medición: Escala ordinal.
Edad	Tiempo que ha vivido una persona o ciertos animales o vegetales (72).	Tiempo en años	Edad en años	Tipo de variable: Cuantitativa discreta Escala de medición: Escala intervalo
Sexo	Condición orgánica, masculina o femenina, de los animales y las plantas (72).	Sexo biológico del paciente	Masculino o Femenino	Cualitativa dicotómica Escala de medición: Nominal
Estadio de cáncer de mama	Clasificación clínica del cáncer de mama (2).	Características del tumor abordadas en los estudios.	Estadio: I, II, III, IV.	Tipo: Variable de caracterización Cualitativa politómica. Escala: Nominal.
Centro de salud de alta complejidad	Dan prestaciones de servicios de alta complejidad acorde a la especialidad que ofrecen (73).	Centro de salud que ofrezcan radioterapia.	Privado o público	Cualitativa dicotómica Escala de medición: Nominal

Anexo 2. Estructura según formato PCC y pregunta de investigación

Formato PCC

Población Pacientes adultos con cáncer de mama

Concepto Planificación de tratamiento de radioterapia con implementación de inteligencia artificial

Contexto Establecimientos de salud de alta complejidad

Pregunta de investigación ¿Cuál es la evidencia disponible sobre la aplicación de la inteligencia artificial para la planificación del tratamiento de radioterapia en pacientes adultos con cáncer de mama?

Anexo 3. Búsqueda de información

Fecha de búsqueda: 10/10/2025

Límite temporal de artículos: Desde el 2014 hasta la actualidad

Base de datos: EMBASE

Plataforma: Ovid

	N.º	Estrategia	Resultados
Población	1	(exp breast tumor/ OR breast tumour.mp. OR (exp breast carcinoma/ OR breast carcinoma.mp.) OR (exp breast cancer/ OR breast cancer.mp.))	839,117
Concepto		radiation therapy.mp. OR (exp computer assisted radiotherapy/ OR computer assisted radiotherapy.mp.)	1283

OR (exp radiotherapy/ OR radiotherapy.mp.) and (Radiotherapy Planning.mp. or (exp radiotherapy planning system/ or radiotherapy planning system.mp.)) and (exp artificial intelligence/ OR artificial intelligence.mp. OR machine learning.mp. OR exp machine learning/ OR (exp deep learning/ OR deep learning.mp.))

Total	7	limit 6 to yr="2014"	99
-------	---	----------------------	----

Base de datos: Lilacs

Plataforma: Portal Regional de la BVS

	N.º	Estrategia	Resultados
Población	1	(Breast Neoplasms) AND (Breast Cancer)	522.339
Concepto	2	("Artificial Intelligence") OR ("Machine Learning") OR ("Deep Learning") AND ("Breast radiotherapy")	2.586
Total	6	1 and 5 and 2	8

Base de datos: Google Scholar 2025-2014)

	N.º	Estrategia	Resultados
Población	1	Breast Neoplasms OR Breast Cancer	
Concepto	2	Artificial Intelligence + "Machine Learning" OR "Deep Learning" + "Radiotherapy Planning"	131
Contexto	5	"Hospital"	

Base de datos: COCHRANE

Plataforma: Biblioteca COCHRANE

	N.º	Estrategia	Resultados
Población	1	MeSH descriptor: [Breast Neoplasms] explode all trees OR Breast Cancer:ti,ab,kw	50,895
Concepto	2	(MeSH descriptor: [Radiotherapy] explode all trees OR (radiation therapy:ti,ab,kw OR radiation treatment:ti,ab,kw OR ("radiotherapy"):ti,ab,kw) AND ((Treatment Planning:ti,ab,kw OR Radiotherapy treatment planning:ti,ab,kw) OR (MeSH descriptor: [Artificial Intelligence] explode all trees)) AND ((Machine Learning:ti,ab,kw OR Deep Learning:ti,ab,kw)	85
Total	3	#1 AND #2	7

Base de datos: MEDLINE – MeSH y Entry terms

Plataforma: Pubmed

	N.º	Estrategia	Resultados
Población	1	("breast neoplasms" [MeSH Terms] OR "breast neoplasm" [Title/Abstract] OR "breast cancer"[Title/Abstract])	496,596
Concepto	2	Search: ("Radiotherapy" [MeSH Terms] OR "Radiotherapy" [Title/Abstract] OR "Radiotherapies" [Title/Abstract] OR "radiation therapy"[Title/Abstract] OR "radiation treatment" [Title/Abstract] OR "radiotherapy, computer assisted" [MeSH Terms]) AND ((radiotherapy planning, computer assisted[MeSH Terms]) OR (Planning, Computer-Assisted Radiotherapy[Title/Abstract]) OR	1,321

		(Radiotherapy Planning, Computer Assisted[Title/Abstract])) AND ((((Artificial Intelligence[MeSH Terms]) OR (Intelligence, Artificial [Title/Abstract])) OR (AI (Artificial Intelligence[Title/Abstract])) OR (Learning, Machine[Title/Abstract])) OR (Machine Learning[MeSH Terms])) OR (Deep Learning[MeSH Terms])	
--	--	--	--

Contexto	3	Search: ((Tertiary care hospital [MeSH Terms]) OR (Care Centers, Tertiary[Title/Abstract])) OR (Tertiary Hospital [Title/Abstract]) OR Hospital	8,049,583
----------	---	---	-----------

Total	4	#1 AND #2 AND #3 Filters: from 2014-2025	39
-------	---	--	----

Anexo 4 Carta de aprobación de ética.



CAR-DUABI-03-508-25
Lima, 07 de Octubre del 2025

Señor(a) investigador(es)
HAIBA HOSAM GAMAL HAMED ABDO
OLIVARES SOLIS BRYAN ESTEFFANO
SILVERA CORNEJO MARTIN MOISES
Presente.

Es grato dirigirme a usted para expresarle un cordial saludo y a la vez informarle que hemos recibido el proyecto de investigación titulado: **"APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN RADIOTERAPIA PARA LA PLANIFICACIÓN DEL TRATAMIENTO EN PACIENTES ADULTOS CON CÁNCER DE MAMA: UNA REVISIÓN DE ALCANCE" SIDISI 219571**, el cual ha sido revisado y registrado en la Dirección Universitaria de Asuntos Regulatorios de la Investigación de la Universidad Peruana Cayetano Heredia debido a que por sus características no requiere evaluación por el Comité Institucional de Ética en Investigación en Humanos ni por el Comité Institucional de Ética para Uso de Animales.

Este proyecto puede iniciar su ejecución. Los cambios o emendas al protocolo presentado solo deben ejecutarse luego de una nueva evaluación y autorización por esta dirección. Adicionalmente, agradecemos tenga a bien presentar el informe de cierre del proyecto al concluir la ejecución de este.



Atentamente,



Dea. Cinthia Hurtado Esquivel
Directora
Dirección Universitaria de Asuntos
Regulatorios de la Investigación

www.cayetano.edu.pe
cristina@cinthia.esquivel.pe
219 8000 Anexo 201200
Apartado postal 6214
San Martín de Porres
Av. Honorio Delgado 608