



UNIVERSIDAD PERUANA  
**CAYETANO HEREDIA**

Facultad de  
**MEDICINA**

UTILIDAD DE LA RADIOGRAFÍA DIGITAL EN EL DIAGNÓSTICO DE  
FRACTURAS PEDIÁTRICAS Y EL USO COMPLEMENTARIO DE  
TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA Y RESONANCIA MAGNÉTICA: UNA  
REVISIÓN DE ALCANCE

THE UTILITY OF DIGITAL RADIOGRAPHY IN THE DIAGNOSIS OF  
PEDIATRIC FRACTURES AND THE COMPLEMENTARY USE OF  
COMPUTED TOMOGRAPHY AND MAGNETIC RESONANCE  
IMAGING: A SCOPING REVIEW

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

AUTORES

LESLIE KATHERINE ALFARO MANRIQUE  
KATERYN YANELIN EDITH ARIAS BOHORQUEZ  
MILAGROS LIZET ARRASCUE NICODEMOS

ASESOR

NATALIA ISABEL MOSQUERA VERGARAY

LIMA – PERÚ

2025



## **JURADO**

Presidente: MG. ESP. EDWARD ARTEMIO MECA CASTRO  
Vocal: MG. ESP. JOSE LUIS SANTOS ARANA VIVAR  
Secretario: MG. ESP. LUIS ALBERTO CAYCHO HUAPAYA

Fecha de Sustentación: 11 de septiembre de 2025

Calificación: Aprobado

**ASESOR DE TESIS**

**ASESOR**

MG. NATALIA ISABEL MOSQUERA VERGARAY

Departamento Académico de Tecnología Médica

ORCID: 0000-0003-1372-4449

## **DEDICATORIA**

A nuestras familias, por ser el pilar fundamental en nuestras vidas. Su apoyo incondicional, sus consejos y su amor nos han dado la fortaleza necesaria para culminar este camino académico.

A Dios, por iluminarnos con sabiduría, guiarnos en los momentos de dificultad y permitirnos llegar hasta este logro que hoy celebramos.

Y de manera muy especial, a nuestras queridas mascotas Dulce, Levi, Obi, Gorda, Cuevita y Ámbar, cuya compañía y cariño nos acompañaron silenciosamente durante este proceso, regalándonos paz, alegría y motivación en los días más desafiantes.

Y a nosotras, por no rendirnos, por sostenernos mutuamente cuando hizo falta, por confiar en nuestras capacidades y por llegar hasta aquí, juntas.

## **AGRADECIMIENTOS**

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que contribuyeron en la realización de este trabajo.

A Dios, por guiarnos y brindarnos la fortaleza necesaria para superar los retos académicos y personales que este proceso implicó.

A nuestras familias, cuyo apoyo incondicional, comprensión y valores inculcados han sido fundamentales para la culminación de esta etapa.

A nuestros docentes y asesores, por su orientación, exigencia académica y compromiso en la transmisión del conocimiento, que enriquecieron significativamente nuestra formación profesional.

Finalmente, reconocemos a todas aquellas personas que, de alguna manera, contribuyeron con su tiempo, esfuerzo o motivación a la concreción de este logro académico.

### **FUENTES DE FINANCIAMIENTO**

Este trabajo fue autofinanciado con recursos propios de los autores

## **DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS**

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

# DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD



UNIVERSIDAD PERUANA  
CAYETANO HEREDIA

## DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Los egresados:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES
1.	ALFARO MANRIQUE LESLIE KATHERINE
2.	ARIAS BOHORQUEZ KATERYN YANELIN EDITH
3.	ARRASCUE NICODEMOS MILAGROS LIZET

Pertencientes al programa de la **CARRERA PROFESIONAL DE TECNOLOGÍA MÉDICA EN LA ESPECIALIDAD DE RADIOLOGÍA**, autores del trabajo titulado: **UTILIDAD DE LA RADIOGRAFÍA DIGITAL EN EL DIAGNÓSTICO DE FRACTURAS PEDIÁTRICAS Y EL USO COMPLEMENTARIO DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA Y RESONANCIA MAGNÉTICA: 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.	MOSQUERA VERGARAY NATALIA ISABEL	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 **10 %**, según el reporte emitido por el software **Turnitin®** (identificador de entrega: **trn:oid:::1:3380122637**; fecha de entrega: **20-10-2025**).
- 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, 20 de octubre del 2025.**

Firma del asesor  
N° DNI: 09396333  
ORCID: 0000-0003-1372-4449



## TABLA DE CONTENIDOS

	<b>Pág.</b>
Resumen	
Abstract	
I. Introducción	1
II. Objetivos	5
III. Materiales y Métodos	6
IV. Resultados	10
V. Discusión	20
VI. Conclusiones	23
VII. Referencias Bibliográficas	25
VIII. Tablas, gráficos y figuras	28
Anexos	

## RESUMEN

**Antecedentes:** Las fracturas pediátricas son una causa frecuente de consulta en los servicios de emergencia, siendo la radiografía digital el método diagnóstico inicial más utilizado. Sin embargo, en casos complejos, esta técnica puede ser insuficiente, requiriendo el apoyo de modalidades avanzadas como la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM). **Objetivo:** Mapear la evidencia disponible sobre la utilidad de la radiografía digital en el diagnóstico inicial de fracturas pediátricas en niños de 1 a 16 años, describiendo sus limitaciones y el rol complementario de la TC y la RM en la planificación del tratamiento. **Material y método:** Se realizó una revisión de alcance siguiendo las pautas PRISMA-ScR. Se incluyeron estudios publicados entre 2019 y 2024, identificados en bases de datos científicas como PubMed, Scopus y ScienceDirect. Se extrajeron datos sobre utilidad diagnóstica, limitaciones, niveles de exposición a la radiación y contexto clínico del uso de TC y RM. **Resultados:** La radiografía digital fue efectiva para identificar fracturas diafisarias y epifisarias comunes, especialmente en extremidades superiores. Sin embargo, mostró limitaciones en fracturas ocultas, craneales y articulares. La TC fue preferida en fracturas complejas y craneales, mientras que la RM fue clave en la evaluación de tejidos blandos, lesiones medulares y pacientes menores de un año. La TC presenta una mayor exposición a radiación, lo que debe ser considerado en poblaciones pediátricas. **Conclusiones:** El abordaje diagnóstico debe ser escalonado: iniciar con radiografía digital, complementarse con TC cuando se requiera mayor resolución ósea y utilizar RM para evaluar lesiones no visibles en modalidades previas, respetando los principios de justificación y optimización radiológica.

**Palabras clave:** Radiografía digital, fracturas pediátricas, tomografía computarizada, resonancia magnética.

## ABSTRACT

**Background:** Pediatric fractures are a frequent cause of consultation in emergency departments, with digital radiography being the most commonly used initial diagnostic method. However, in complex cases, this technique may be insufficient, requiring the support of advanced modalities such as computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI). **Objective:** To map the available evidence on the usefulness of digital radiography in the initial diagnosis of pediatric fractures in children aged 1 to 16 years, describing its limitations and the complementary role of CT and MRI in treatment planning. **Material and method:** A scoping review was conducted following the PRISMA-ScR guidelines. Studies published between 2019 and 2024, identified in scientific databases such as PubMed, Scopus, and ScienceDirect, were included. Data on diagnostic utility, limitations, radiation exposure levels, and clinical context of the use of CT and MRI were extracted. **Results:** Digital radiography was effective in identifying common diaphyseal and epiphyseal fractures, especially in the upper extremities. However, it showed limitations in occult, cranial, and articular fractures. CT was preferred in complex and cranial fractures, while MRI was key in the evaluation of soft tissue, spinal cord injuries, and patients younger than one year of age. CT presents greater radiation exposure, which should be considered in pediatric populations. **Conclusions:** The diagnostic approach should be tiered: starting with digital radiography, complementing it with CT when greater bone resolution is required, and using MRI to evaluate injuries not visible with previous modalities, respecting the principles of radiological justification and optimization.

**Keywords:** Digital radiography, pediatric fractures, computed tomography, magnetic resonance imaging.

## **I. INTRODUCCIÓN**

La radiografía digital ha emergido como la modalidad de imagen estándar en el diagnóstico de fracturas, particularmente en el contexto pediátrico, en esta población, las fracturas son una de las lesiones más comunes y su diagnóstico oportuno es crucial para prevenir complicaciones y asegurar un tratamiento adecuado (1). La anatomía en desarrollo de los niños, junto con su comportamiento activo y, a menudo, impulsivo, aumenta el riesgo de lesiones. Sin embargo, el diagnóstico de fracturas en pacientes pediátricos presenta desafíos únicos debido a la variabilidad en la presentación clínica y la necesidad de una interpretación experta de las imágenes radiográficas (2).

Las fracturas en pacientes pediátricos son más comunes entre los 0 y 16 años, con un 42% de los niños y un 27% de las niñas experimentando al menos una. La mayor incidencia ocurre alrededor de los 15 años en niños y 12 años en niñas. Las fracturas más frecuentes afectan el radio (45,1%), húmero (18,4%), tibia (15,1%), clavícula (13,8%) y fémur (7,6%). Además, el 21,7% de las fracturas involucran los cartílagos de crecimiento, mientras que las fracturas de cadera y columna son menos comunes (3).

La radiografía digital es una técnica de diagnóstico por imágenes que emplea rayos X y un sensor digital para capturar imágenes de los huesos y tejidos, permitiendo una evaluación rápida y precisa de fracturas y otras lesiones. Ofrece múltiples ventajas respecto a la modalidad convencional, incluyendo una mayor calidad de imagen, una mejor visualización de detalles óseos y la posibilidad de realizar

manipulaciones digitales que facilitan el diagnóstico. Esta modalidad ha demostrado ser efectiva en la identificación de fracturas comunes, como las de muñeca, tobillo y clavícula. Sin embargo, la sensibilidad de la radiografía digital no es absoluta (4).

La radiografía digital tiene buen rendimiento diagnóstico en el caso de fracturas simples y clásicas como fracturas de clavícula, radio distal y fracturas de tobillo sin desplazamiento significativo, en el caso de fracturas por estrés, que presentan síntomas claros, pero sin hallazgos radiográficos inmediatos. Además, en el caso de fracturas aisladas, donde el mecanismo de lesión es conocido y los signos son típicos (4).

Estudios han evidenciado que ciertos tipos de fracturas, especialmente aquellas con patrones complejos o localizadas en áreas de superposición ósea, pueden no ser visibles en las radiografías iniciales. En estos casos, puede ser necesario recurrir a estudios complementarios como la TC o la RM para una evaluación más precisa (5).

La TC es un método de diagnóstico que utiliza rayos X y procesamiento computarizado para crear imágenes transversales detalladas del interior del cuerpo, proporcionando una visión más clara de fracturas complejas y otras condiciones y la RM es un método diagnóstico que utiliza campos magnéticos y ondas de radiofrecuencia para generar imágenes detalladas de los órganos y tejidos del cuerpo sin utilizar radiación ionizante (6). Ambas son modalidades de imagen que ofrecen una resolución superior y permiten la visualización de estructuras óseas y tejidos blandos con gran detalle. La TC, por ejemplo, es particularmente útil para

la evaluación de fracturas complejas, especialmente en la región facial o en la pelvis, donde la superposición de estructuras puede dificultar la interpretación radiográfica (6,7).

Por otro lado, la RM es invaluable en la detección de lesiones en tejidos blandos, incluyendo daños en ligamentos o cartílagos, que pueden coexistir con fracturas óseas (8). Sin embargo, estas técnicas también conllevan consideraciones importantes, como la exposición a radiación en el caso de la TC y la necesidad de anestesia en algunos pacientes pediátricos para la RM, lo que resalta la importancia de una evaluación cuidadosa antes de su uso (9).

Se requerirá el uso de la TC o la RM cuando se trate de fracturas complejas, como fracturas con desplazamiento importante o angulación donde la tomografía computarizada tiene excelente rendimiento, en el caso de las fracturas intraarticulares que comprometen la superficie articular cuyo aporte de la resonancia magnética es formidable para estos casos (10).

También se requerirá el uso de TC o la RM en el caso de fracturas con localizaciones críticas como fracturas de pelvis o cadera, donde se puede ver afectada la vascularización. También en el caso de fracturas del húmero proximal con riesgo de lesión neurológica, en el caso de hallazgos radiográficos inconclusos donde persiste una alta sospecha de fractura y en la evaluación de traumas del macizo facial (11).

A pesar de estas consideraciones, la literatura actual no proporciona una respuesta clara sobre cuándo es necesario realizar estudios complementarios después de una radiografía digital inicial. Existen discrepancias en la práctica clínica en cuanto a la

utilización de estas modalidades de imagen, lo que puede llevar a diagnósticos tardíos y, en consecuencia, a un manejo inadecuado de las fracturas (4).

Es fundamental establecer directrices basadas en evidencia que ayuden a los clínicos a tomar decisiones fundamentadas respecto al empleo de la radiografía digital y la necesidad de estudios adicionales en el diagnóstico de fracturas en niños (4, 9)

Esta revisión de alcance, busca abordar esta problemática al examinar la bibliografía disponible sobre el uso de la radiografía digital en el diagnóstico inicial de fracturas pediátricas y la posterior necesidad de estudios complementarios como la TC y la RM. Se analizó el papel que juega la radiografía digital en la identificación de fracturas y se determinó la frecuencia con la que se requieren técnicas adicionales para optimizar la planificación del tratamiento. A través de esta revisión, se espera contribuir al desarrollo de recomendaciones clínicas que no solo mejoren la precisión diagnóstica, sino que también minimicen la exposición innecesaria a radiación y otros riesgos asociados con procedimientos de imagen. Por lo que planteamos la pregunta de investigación: ¿Cuál es la utilidad de la radiografía digital en el diagnóstico inicial de fracturas pediátricas en niños de 1 a 16 años, y cuál es el rol complementario de la TC y la RM en la planificación del tratamiento?

## **II. OBJETIVOS**

### **Objetivo general:**

Mapear la evidencia disponible sobre la utilidad de la radiografía digital en el diagnóstico de fracturas pediátricas en niños de 1 a 16 años y el uso complementario de la tomografía computarizada y la resonancia magnética en dicho contexto, mediante una revisión de alcance de la literatura científica.

### **Objetivos específicos:**

1. Describir las limitaciones diagnósticas de la radiografía digital en la detección de fracturas pediátricas, especialmente en casos complejos o de localización anatómica difícil, según lo reportado en la literatura científica.
2. Identificar y describir las principales indicaciones clínicas para el uso complementario de la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM) en el diagnóstico y manejo de fracturas en población pediátrica.
3. Sintetizar la evidencia disponible sobre los niveles de exposición a la radiación asociados al uso de radiografía digital y tomografía computarizada en pacientes pediátricos, destacando implicancias en términos de seguridad radiológica.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente estudio se desarrolló bajo el enfoque metodológico de una revisión de alcance, cuyo objetivo fue mapear la evidencia científica disponible sobre la utilidad de la radiografía digital en el diagnóstico de fracturas óseas en población pediátrica, así como analizar el rol complementario que desempeñan la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM) en contextos clínicos de urgencias. Este tipo de revisión permite identificar conceptos clave, vacíos de conocimiento, tendencias emergentes y aspectos relevantes para la práctica clínica, especialmente en entornos donde se prioriza la atención oportuna y precisa de lesiones traumáticas en niños.

La investigación fue estructurada bajo el marco metodológico PCC, el cual considera tres componentes fundamentales: población, concepto y contexto. En este caso, la población estuvo compuesta por pacientes pediátricos entre 1 y 16 años de edad que presentaron fracturas de origen traumático. El concepto giró en torno al uso de herramientas de imagen diagnóstica, con énfasis en la radiografía digital como modalidad inicial. Por su parte, el contexto se centró en servicios de emergencia pediátrica, donde estas herramientas son utilizadas para la evaluación de lesiones óseas agudas.

El protocolo de investigación fue elaborado conforme a las directrices institucionales de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (versión 01.00 del 6 de mayo de 2024), y siguió las recomendaciones metodológicas establecidas por el

Instituto Joanna Briggs para revisiones de alcance, así como los lineamientos de la declaración PRISMA-ScR. Posteriormente, dicho protocolo fue revisado por el equipo investigador y registrado en el Sistema Descentralizado de Información y Seguimiento a la Investigación (SIDISI), lo que permitió garantizar la transparencia del proceso y su adecuación a estándares metodológicos de calidad.

Para asegurar la actualidad y relevancia de la evidencia analizada, se definieron criterios de inclusión que abarcaron estudios publicados entre el 1 de enero de 2019 y el 30 de noviembre de 2024. Se consideraron artículos de investigación original, revisiones sistemáticas y estudios de casos, redactados en idioma español o inglés. Se incluyeron investigaciones observacionales, tales como estudios transversales, de cohortes y de casos y controles, así como ensayos clínicos que evaluaran el uso de la radiografía digital como herramienta diagnóstica inicial y el empleo complementario de TC y RM en la evaluación de fracturas pediátricas. Se excluyeron aquellos documentos sin revisión por pares, cartas al editor, editoriales, resúmenes de congresos, estudios cualitativos sin resultados cuantificables o análisis sistemáticos, así como publicaciones en idiomas distintos al español o inglés.

No se incluyó literatura gris en esta revisión debido a que el objetivo se centró en evaluar evidencia científica contrastada, publicada en revistas indizadas y revisadas por pares, lo cual garantiza una mayor rigurosidad metodológica y validez de los hallazgos. Además, se priorizó la inclusión de estudios con resultados cuantificables, comparables y clínicamente aplicables, lo que limitó la pertinencia

de fuentes convencionales como tesis, informes técnicos, comunicaciones de congresos o literatura institucional no evaluada científicamente.

La estrategia de búsqueda se implementó en las bases de datos científicas PubMed, EMBASE, Scopus y Cochrane Library. Para ello, se empleó una combinación de descriptores MeSH y términos libres, integrados mediante operadores booleanos que permitieron adaptar la búsqueda a cada plataforma. Entre los términos clave utilizados se incluyeron "radiografía digital", "fracturas pediátricas", "tomografía computarizada" y "resonancia magnética", entre otros relacionados.

El proceso de selección de estudios se llevó a cabo en tres etapas. En primer lugar, se exportaron los títulos y resúmenes recuperados a un gestor bibliográfico (Zotero), donde se eliminaron los duplicados. Luego, dos revisores independientes evaluaron los títulos y resúmenes para identificar aquellos artículos que cumplían con los criterios de inclusión. Finalmente, se procedió a la lectura completa de los textos seleccionados, y cualquier discrepancia entre los revisores fue resuelta mediante consenso con el apoyo del asesor metodológico. Este proceso fue documentado utilizando el diagrama de flujo PRISMA-ScR.

La extracción de datos se realizó mediante un formulario estructurado diseñado por el equipo de investigación. Cada artículo fue revisado de manera independiente por dos investigadores, quienes registraron información relevante como el año de publicación, país de origen, características de la población estudiada, tipo de fractura, modalidad diagnóstica utilizada, rendimiento diagnóstico (incluyendo

sensibilidad, especificidad y concordancia clínica) y aplicación clínica de la radiografía, TC o RM. Posteriormente, los datos fueron comparados, integrados y discutidos colectivamente para asegurar la consistencia en el análisis y la interpretación.

Los resultados fueron organizados mediante una síntesis narrativa, que permitió agrupar la información en función de los temas emergentes. Se identificaron patrones comunes en el uso de la radiografía digital como primera herramienta diagnóstica en fracturas pediátricas, así como criterios clínicos que justificaron el uso de estudios complementarios como la TC o la RM, especialmente en casos de fracturas complejas, sospecha de lesiones ocultas o localización anatómica de difícil acceso.

En total, se revisaron 25 artículos científicos que cumplieron con los criterios establecidos. Esta revisión permitió obtener una visión integral sobre el estado actual de la evidencia, sus limitaciones y sus aportes a la práctica radiológica pediátrica, ofreciendo fundamentos útiles para la toma de decisiones clínicas en el diagnóstico por imágenes de traumatismos en la infancia.

#### **IV. RESULTADOS**

En la Tabla 1 se muestra que la radiografía digital continúa siendo el método diagnóstico inicial más empleado en el abordaje de fracturas pediátricas, dada su alta disponibilidad, bajo costo, rapidez y baja dosis de radiación. Estudios como los de Cortés et al., Perozo y Montilla, y Martínez-Can et al., evidencian que la RX es especialmente útil para detectar fracturas en huesos largos, como el radio, el cúbito y el húmero, particularmente en niños varones activos entre los 4 y 14 años. Este método proporciona imágenes claras de fracturas diafisarias y epifisarias que son fácilmente reconocibles. No obstante, su efectividad disminuye notoriamente cuando se trata de fracturas complejas, intraarticulares, no desplazadas u ocultas.

Las limitaciones de la radiografía digital son señaladas de forma recurrente en diversos estudios: En el trabajo de Ma et al., se menciona que la radiografía presenta una sensibilidad limitada en la detección de fracturas ocultas de extremidades, como las epifisarias distales de tibia y peroné, lo que puede llevar a un diagnóstico erróneo si no se complementa con técnicas seccionales. De forma similar, Montoya-Filardi et al. reportan falsos positivos en fracturas lineales de cráneo en lactantes, lo cual resalta la necesidad de un diagnóstico confirmatorio mediante TC.

Frente a estos vacíos diagnósticos, la tomografía computarizada se presenta como una herramienta de segunda línea indispensable, particularmente útil cuando se requiere alta resolución ósea, medición precisa del desplazamiento y reconstrucciones multiplanares. Su uso se justifica en fracturas craneales complejas, condilares, acetabulares, y en la evaluación post-traumática de columna cervical,

como se evidencia en los estudios de Gruber et al., Yang et al., y Tomaszewski et al. Sin embargo, el uso de la TC en pediatría debe ser cuidadoso y justificado, debido a su asociación con una dosis efectiva de radiación considerablemente mayor que la RX. Las investigaciones de Callahan & Cravero y de Pearce et al., advierten sobre el riesgo potencial de inducir cáncer a largo plazo en niños sometidos a múltiples estudios tomográficos, especialmente en menores de 5 años.

Por otro lado, la resonancia magnética se consolida como el método de elección para evaluar estructuras de tejidos blandos, médula espinal, articulaciones y cartílagos de crecimiento, sin exponer al niño a radiación ionizante. Estudios como los de Oude Alink et al. y Nguyen et al. evidencian el valor de la RM en lesiones medulares no detectables por RX y en la evaluación prequirúrgica de lesiones meniscales. También se destaca su utilidad en niños menores de un año, donde la radiografía pierde sensibilidad, tal como indica López Olmedo. A pesar de sus ventajas diagnósticas, la RM presenta limitaciones relacionadas con su disponibilidad, alto costo, tiempos prolongados de adquisición y, en muchos casos, la necesidad de sedación para obtener imágenes de calidad en niños pequeños.

En conjunto, la evidencia sugiere que el abordaje diagnóstico de fracturas pediátricas debe ser escalonado y racional: iniciar con radiografía digital en la mayoría de los casos, utilizar TC de forma selectiva para evaluar detalles óseos en fracturas complejas o cuando haya dudas diagnósticas, y emplear RM cuando se sospechan lesiones ligamentarias, medulares o articulares no visibles en las modalidades previas. Este enfoque asegura un equilibrio entre precisión diagnóstica

y protección radiológica, enmarcado en los principios de justificación y optimización que guían la radiología pediátrica moderna.

En la tabla 2 se señala que la radiografía digital, si bien sigue siendo el primer recurso diagnóstico por su accesibilidad y baja exposición a radiación, presenta limitaciones sustanciales cuando se enfrenta a fracturas no evidentes, intraarticulares, o asociadas a lesiones medulares o ligamentarias. Según lo reportado por Oude Alink et al., una de las principales deficiencias es su incapacidad para visualizar adecuadamente lesiones medulares o de tejidos blandos en la columna vertebral, lo cual requiere el uso complementario de resonancia magnética para una evaluación completa. Este hallazgo es clínicamente relevante, especialmente en trauma pediátrico de alta energía, donde una radiografía normal puede enmascarar una lesión neurológica significativa.

Asimismo, Strohm et al., destacan la limitada utilidad de la RX en fracturas complejas del tercio distal de la pierna, donde la tomografía computarizada o la resonancia magnética ofrecen mayor detalle anatómico y permiten una planificación terapéutica más segura. Del mismo modo, el estudio de Ma et al., aporta evidencia sobre la incapacidad de la RX para detectar fracturas ocultas en las extremidades, una deficiencia que incrementa el riesgo de un diagnóstico incompleto o tardío, con potenciales implicancias en la función ósea y el desarrollo infantil.

Otra limitación crucial es la alta tasa de falsos positivos en estudios craneales, particularmente en lactantes. Montoya-Filardi et al., muestran que muchas fracturas de cráneo inicialmente sugeridas por RX resultan ser erróneas cuando se contrastan con hallazgos tomográficos, lo que puede derivar en intervenciones innecesarias o en ansiedad familiar indebida. Además, Yang et al., y Wu et al., coinciden en que la RX carece de sensibilidad suficiente para diagnosticar fracturas acetabulares, femorales y osteocondrales, donde la precisión milimétrica es clave para una adecuada intervención quirúrgica.

Particularmente preocupante es el rol limitado de la RX en contextos forenses o de protección infantil. Alzahrani et al., documentan su escasa eficacia en la detección de fracturas costales asociadas a abuso físico, en comparación con la TC, lo cual puede comprometer la protección legal y médica del menor. También se debe considerar su deficiencia en pacientes menores de 1 año, donde según López Olmedo, la resonancia magnética ofrece mejores resultados diagnósticos debido a la densidad ósea aún en desarrollo en esta población.

En cuanto a lesiones ligamentarias, desplazamientos milimétricos o lesiones articulares sin daño óseo evidente, la radiografía digital resulta claramente insuficiente. Estudios como el de Tomaszewski et al. señalan que la RX no permite valorar la integridad ligamentaria, especialmente en articulaciones como la columna cervical, el cóndilo occipital o el complejo cérvico-occipital, donde incluso pequeñas alteraciones pueden conllevar implicancias neurológicas graves.

Por último, autores como Gruber et al., y Stephenson et al., advierten que la RX puede no detectar fracturas lineales, intracraneales o lesiones cervicales complejas, y su uso exclusivo puede llevar a subdiagnóstico en casos severos. Esta situación se agrava si consideramos la dependencia del operador en la interpretación de la imagen, como lo menciona Kraus y Dresing, lo cual introduce una variabilidad diagnóstica que puede comprometer la precisión clínica si no se dispone de métodos complementarios como TC o RM.

En conclusión, la radiografía digital, si bien es un pilar esencial en la evaluación inicial de fracturas, no debe asumirse como herramienta diagnóstica definitiva en casos pediátricos complejos. Su uso debe estar contextualizado, complementado con métodos más avanzados según el tipo de fractura, la región anatómica y el perfil clínico del paciente. Este enfoque escalonado y centrado en la seguridad del menor es indispensable para garantizar un diagnóstico preciso, reducir errores clínicos y optimizar los resultados terapéuticos.

En la tabla 3 se muestra que una de las principales aplicaciones clínicas de la RM es la evaluación de lesiones medulares en el contexto de trauma vertebral en niños, especialmente cuando la radiografía convencional resulta normal o ambigua. Oude Alink et al., subrayan que la RM es indispensable para visualizar estructuras neurales, identificar compresiones o edemas medulares, y descartar lesiones ligamentarias, lo cual es fundamental en la toma de decisiones terapéuticas.

Asimismo, la literatura destaca la utilidad de la TC y la RM en la detección de fracturas ocultas. En el estudio de Ma et al., ambas técnicas son cruciales cuando la sospecha clínica persiste pese a una RX negativa, como ocurre en fracturas epifisarias distales o del olécranon. La RM, en particular, ofrece alta sensibilidad para identificar edema óseo y daño en la fisis de crecimiento, lo cual puede pasar desapercibido en una radiografía convencional.

Otro contexto clínico relevante es el traumatismo craneoencefálico (TCE). Según Gruber et al., la TC es el método preferido para la detección rápida de fracturas craneales deprimidas y contusiones cerebrales, debido a su velocidad, disponibilidad y capacidad para evaluar sangrado. En casos más complejos o para seguimiento, la RM permite evaluar mejor las estructuras intracraneales, especialmente cuando hay dudas sobre daño encefálico.

En el ámbito articular, estudios como el de Wu et al., señalan que la TC y la RM son fundamentales para diagnosticar fracturas osteocondrales intraarticulares en casos de luxación traumática de la rótula. De forma complementaria, Nguyen et al., resaltan que la RM tiene un papel destacado en la valoración de lesiones del menisco y del ligamento cruzado anterior (LCA) en población pediátrica, ofreciendo una evaluación detallada sin radiación ionizante.

Una situación clínica de alta sensibilidad es la sospecha de abuso infantil. Alzahrani et al., demuestran que la TC supera a la RX en la detección de fracturas costales en estos contextos, lo cual tiene implicaciones médico-legales relevantes. En este

mismo sentido, Stephenson et al., describen cómo la RM puede identificar hematomas retroclivales en niños con trauma cervical, lesiones que pueden ser invisibles en una TC convencional si no se usan ventanas adecuadas.

También resulta destacable la aplicación de estas técnicas en niños menores de un año. López Olmedo resalta que en neonatos y lactantes, la baja mineralización ósea limita la sensibilidad de la RX, siendo la RM una opción diagnóstica de primera línea por su mayor precisión y ausencia de radiación. Además, la planificación quirúrgica en fracturas complejas, como las del cóndilo occipital, requiere estudios tridimensionales por TC, como lo indican Tomaszewski et al., quienes también destacan la RM para evaluar la integridad ligamentaria en lesiones cervicales mínimas.

En el plano tecnológico, el estudio de Parna Eshraghi et al., introducen una nueva dimensión en el diagnóstico pediátrico: el uso de pseudo-TC generado por inteligencia artificial a partir de imágenes de RM, logrando una alta calidad ósea sin necesidad de irradiar al paciente. Esta innovación representa una futura alternativa diagnóstica especialmente útil en pediatría oncológica o seguimiento de fracturas múltiples.

Por último, Patel et al., demuestran que las secuencias VIBE de RM permiten una evaluación tridimensional precisa de la bóveda craneal, lo que resulta particularmente útil en la planificación quirúrgica de lesiones craneales.

Este análisis evidencia que tanto la TC como la RM cumplen un rol insustituible en múltiples escenarios clínicos pediátricos, donde la radiografía digital resulta insuficiente. La TC destaca por su rapidez y resolución ósea, siendo ideal para urgencias y planificación quirúrgica, mientras que la RM es superior en tejidos blandos, lesiones ligamentosas, medulares y en niños muy pequeños. Su uso debe estar basado en protocolos de justificación y optimización, priorizando la seguridad del paciente pediátrico y maximizando el rendimiento diagnóstico de cada técnica.

En la tabla 4 se presenta a la radiografía digital como una modalidad de imagen de baja dosis, según Callahan & Cravero con una exposición que oscila entre 0.01 y 0.1 mSv por imagen, dependiendo de la región anatómica estudiada. Este bajo nivel de exposición la convierte en el método de elección inicial en la mayoría de los casos de fracturas simples en niños. Además de su accesibilidad y rapidez, su uso generalizado en pediatría se basa precisamente en esta ventaja dosimétrica.

Sin embargo, en casos donde se requiere mayor precisión anatómica o evaluación de estructuras complejas, la tomografía computarizada (TC) es empleada, aunque con implicancias significativas en términos de radiación. Según Callahan & Cravero, una TC de cráneo pediátrica genera una dosis promedio de 1.5 a 2.0 mSv por estudio, lo que representa una exposición más de 20 veces superior a la de una radiografía simple. Más aún, según Stephenson et al., en evaluaciones como la TC de columna cervical, la exposición puede aumentar a 2.5 – 4.0 mSv, especialmente cuando se utilizan cortes finos y reconstrucciones multiplanares para mejor visualización.

Alzahrani et al., identifican que los valores más altos de exposición se encuentran en estudios de TC toracoabdominal, los cuales pueden alcanzar entre 5 y 10 mSv por exploración, lo cual es particularmente relevante en casos de politraumatismo o en sospecha de abuso infantil, donde múltiples zonas deben ser evaluadas. Esta dosis acumulativa plantea un riesgo a largo plazo, ya que la radiación ionizante en edades tempranas se asocia con una mayor susceptibilidad a mutaciones celulares y, por tanto, a desarrollo de cáncer en el futuro.

De hecho, estudios epidemiológicos como los de Pearce et al., han demostrado que una sola TC de cabeza en menores de 10 años podría asociarse con un caso adicional de leucemia y un tumor cerebral por cada 10,000 niños expuestos. Asimismo, Mathews et al., estimaron un exceso de incidencia de cáncer de 9.4 casos por 100,000 personas-año en niños expuestos a niveles de 4.5 mSv por TC. Estos datos han servido de fundamento para las campañas internacionales que promueven el uso prudente de la tomografía en la edad pediátrica.

En este contexto, Callahan & Cravero, agregan que la modulación de corriente, el uso de protocolos pediátricos específicos y técnicas avanzadas de reconstrucción permiten reducir la dosis de TC en hasta un 60%, sin comprometer la calidad diagnóstica. Como parte del equipo de salud, los tecnólogos médicos debemos garantizar la aplicación de estas estrategias en cada exploración pediátrica, mediante una programación adecuada de los parámetros técnicos y el uso de filtros adaptativos.

Finalmente, Callahan y Cravero, mencionan que la resonancia magnética (RM) representa una alternativa diagnóstica de alta precisión sin exposición a radiación ionizante. Es ideal en el estudio de tejidos blandos, médula espinal, y cartílago de crecimiento; sin embargo, su acceso limitado, mayor tiempo de exploración y la necesidad frecuente de sedación en niños pequeños constituyen barreras logísticas importantes que deben evaluarse caso por caso.

Se puede finalizar señalando que el diagnóstico por imágenes en pediatría debe orientarse por un criterio clínico bien fundamentado, que justifique la indicación de cada estudio con base en el balance entre riesgo y beneficio. La radiografía digital sigue siendo la modalidad de inicio ideal por su baja radiación, pero la TC debe utilizarse con protocolos optimizados y solo cuando sea estrictamente necesario. La resonancia magnética, si bien está libre de radiación, debe ser empleada con planificación adecuada. Este enfoque garantiza no solo un diagnóstico certero, sino también la seguridad radiológica integral del paciente pediátrico, eje central de la radiología moderna y ética.

## V. DISCUSIÓN

En primer lugar, la radiografía digital mantiene su rol como método de primera línea para la evaluación inicial de fracturas en la población pediátrica. Autores como Cortés et al., Perozo y Montilla, y Martínez-Can et al., demuestra que este método es eficaz para identificar fracturas comunes en huesos largos de extremidades, sobre todo en niños físicamente activos. Además de su bajo costo y disponibilidad inmediata, su baja dosis de radiación la convierte en una herramienta segura en el contexto de la práctica clínica cotidiana.

Sin embargo, la utilidad de la radiografía digital se ve notablemente limitada en fracturas complejas, intraarticulares, ocultas o en regiones anatómicas como el cráneo y la columna. Estudios como los de Ma et al., documentan que hasta un 10% de fracturas pediátricas pueden pasar desapercibidas si se utiliza únicamente la radiografía. Del mismo modo, Montoya-Filardi et al. alertan sobre la presencia de falsos positivos en fracturas de cráneo en lactantes, lo que justifica la necesidad de recurrir a estudios seccionales para una confirmación diagnóstica fiable. Estas limitaciones reafirman que la radiografía digital, si bien esencial, no es autosuficiente en todos los escenarios clínicos.

En ese sentido, la tomografía computarizada se presenta como un recurso complementario indispensable, especialmente útil en situaciones donde se requiere mayor resolución ósea, evaluación tridimensional y planificación quirúrgica. Autores como Gruber, Yang y Tomaszewski reportan el uso extendido de la TC en

fracturas craneales, luxaciones acetabulares y lesiones condilares. No obstante, su uso debe ser racionalizado, ya que conlleva una carga de radiación sustancial. Los hallazgos de Callahan & Cravero y Pearce et al., aportan evidencia sólida sobre el riesgo a largo plazo de desarrollar cáncer en niños expuestos a dosis acumuladas de TC, lo que enfatiza la importancia de aplicar protocolos de dosis baja y criterios de justificación estrictos.

La resonancia magnética, por su parte, desempeña un rol clave en la evaluación de estructuras no óseas como médula espinal, ligamentos, cartílago de crecimiento y tejidos blandos articulares. Los estudios de Oude Alink et al., y Nguyen et al., resaltan su importancia en la evaluación preoperatoria y en el diagnóstico de lesiones ocultas no visualizadas en RX o TC. Su principal ventaja es la ausencia de radiación ionizante, característica fundamental en poblaciones vulnerables como los neonatos o niños menores de 1 año según López Olmedo. A pesar de esto, su uso se ve restringido por factores logísticos como la disponibilidad limitada, tiempos prolongados de adquisición y la necesidad frecuente de sedación.

En conjunto, la evidencia revisada respalda un modelo diagnóstico escalonado y racional, en el que la radiografía digital se utiliza como herramienta de tamizaje inicial; la TC se emplea de manera selectiva en casos que demanden precisión estructural; y la RM se reserva para condiciones que involucren tejidos blandos o medulares, o cuando se desee evitar exposición radiológica. Este enfoque asegura un diagnóstico integral, eficaz y seguro, alineado con los principios de justificación, optimización y protección radiológica pediátrica.

Finalmente, el mapeo de la evidencia permite afirmar que el diagnóstico de fracturas en niños no debe depender exclusivamente de un único método, sino que debe integrarse bajo un marco clínico-epidemiológico y tecnológico, priorizando en todo momento el bienestar del paciente pediátrico.

## VI. CONCLUSIONES

La revisión evidenció que la radiografía digital sigue siendo el método inicial más utilizado para diagnosticar fracturas pediátricas, debido a su accesibilidad, bajo costo y baja dosis de radiación, siendo especialmente útil en fracturas de huesos largos en niños en edad escolar. Sin embargo, su efectividad disminuye ante fracturas complejas o no visibles, lo que justifica el uso complementario de la tomografía computarizada (TC) para evaluar detalles óseos, y de la resonancia magnética (RM) para detectar lesiones de tejidos blandos sin radiación ionizante. Por lo que un enfoque diagnóstico escalonado y justificado permite optimizar el diagnóstico clínico y minimizar riesgos, en concordancia con los principios de protección radiológica pediátrica.

La radiografía digital continúa siendo el método inicial más empleado en el diagnóstico de fracturas pediátricas por su accesibilidad, rapidez y baja dosis de radiación; sin embargo, presenta limitaciones ante fracturas complejas o lesiones no visibles. En estos casos, la tomografía computarizada y la resonancia magnética se consolidan como herramientas complementarias esenciales para una evaluación concreta.

La tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM) cumplen un rol esencial como herramientas complementarias en el diagnóstico y manejo de fracturas pediátricas, especialmente cuando la radiografía digital resulta limitada. La TC es ideal para urgencias, traumatismos craneales y planificación quirúrgica

por su rapidez y resolución ósea, mientras que la RM es superior en la detección de lesiones medulares, ligamentosas y articulares sin exponer al niño a radiación. Su uso debe ser racional, basado en protocolos de justificación y optimización, priorizando la seguridad del paciente pediátrico.

La radiografía digital es la técnica inicial más utilizada en fracturas pediátricas por su baja dosis de radiación (0.01 -- 0.1 mSv), accesibilidad y rapidez. En casos complejos, la tomografía computarizada permite una evaluación anatómica detallada, pero implica dosis significativamente mayores: entre 1.5 y 2.0 mSv en estudios de cráneo, hasta 4.0 mSv en columna cervical y hasta 10 mSv en TC toracoabdominal, lo que incrementa el riesgo radiológico en niños. La resonancia magnética, al no usar radiación ionizante, es útil para evaluar tejidos blandos, aunque limitada por su menor disponibilidad y necesidad de sedación. Por ello, el uso de cada modalidad debe basarse en criterios clínicos justificados y en protocolos de optimización que garanticen un diagnóstico eficaz y seguro.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Stephenson-Smith B, Neep MJ, Rowntree P. Digital radiography reject analysis of examinations with multiple rejects: an Australian emergency imaging department clinical audit. *J Med Radiat Sci.* [Internet]. 2021 [citado marzo 2025];68(3):245-52. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8424327/>
2. Cortés Neira AX, Martínez Suárez JI, Huertas Tafur R, Castañeda López JF. Caracterización de las fracturas en la población pediátrica: estudio multicéntrico colombiano. *Rev Colomb Ortop Traumatol.* [Internet]. 1 de abril de 2022 [citado marzo 2025]; 36(2):72-80. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-colombiana-ortopedia-traumatologia-380-avance-resumen-caracterizacion-fracturas-poblacion-pediatrica-estudio-S0120884522000311>
3. Olmedo JL. Fracturas infantiles más frecuentes. Esguinces y epifisiolisis. *Pediatr Integral* [Internet]. 2019 [citado marzo 2025]; XXIII (4): 221.e1 – 221.e14. Disponible en: [https://www.pediatriaintegral.es//wp-content/uploads/2019/xxiii04/06/n4-221e1-14\\_JorgeLopez.pdf](https://www.pediatriaintegral.es//wp-content/uploads/2019/xxiii04/06/n4-221e1-14_JorgeLopez.pdf)
4. Machado Acuña F, Salas Blanco R, Rivero Pons BE, Machado Acuña F, Salas Blanco R, Rivero Pons BE. Consideraciones teóricas sobre la radiografía digital como medio diagnóstico. *MEDISAN* [Internet]. agosto de 2023 [citado 30 de septiembre de 2024];27(4). Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1029-30192023000400011&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1029-30192023000400011&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

5. Blanco-Barrio A, Moreno-Pastor A, Lozano-Ros M. Fracturas de las extremidades: conceptos básicos para la urgencia. Radiología. [internet]. 2023 [citado marzo de 2025];65(Supl 1):S42-S52. doi:10.1016/j.rx.2022.09.004. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0033833822002028>
6. Morales Navarro D, Grau León IB, Morales Navarro D, Grau León IB. Fracturas del complejo cigomático. Rev Cuba Estomatol [Internet]. marzo de 2019 [citado 30 de septiembre de 2024];56(1). Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0034-75072019000100008&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0034-75072019000100008&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
7. Álvarez Benito O, Tabares Sáez H, Morales Seife R, Tabares Neyra HI, Álvarez Benito O, Tabares Sáez H, et al. Lesiones traumáticas de pelvis. Rev Cuba Ortop Traumatol [Internet]. junio de 2021 [citado 30 de septiembre de 2024];35(1). Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0864-215X2021000100010&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-215X2021000100010&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
8. Nguyen JC, Baghdadi S, Lawrence JTR, Sze A, Guariento A, Ganley TJ, et al. Lateral Meniscus Posterior Root Injury: MRI Findings in Children With Anterior Cruciate Ligament Tear. Am J Roentgenol. [Internet]. octubre de 2021[citado 30 de septiembre de 2024];217(4):984-94. Disponible en: <https://www.ajronline.org/doi/full/10.2214/AJR.21.25554>
9. Callahan MJ, Cravero JP. Should I irradiate with computed tomography or sedate for magnetic resonance imaging? Pediatr Radiol. [Internet]. 1 de

febrero de 2022 [citado 30 de septiembre de 2024];52(2):340-4. Disponible:  
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7952501/>

10. Varela VJQ. Resonancia magnética frente a tomografía computarizada: criterios de selección en función de la patología. FMC - Form Médica Contin En Aten Primaria. [Internet]. 1 de noviembre de 2020 [citado 30 de septiembre de 2024];27(9):450-64. Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1134207220301341?via%3Dihub>
11. Morales Puebla JM, López Juanes N, Varo Alonso M, Sánchez Cuadrado I, Gavilán Bouzas J, Lassaletta Atienza L. Correlación clínico-radiológica de las fracturas de hueso temporal. Acta Otorrinolaringológica Esp. [Internet]. 1 de septiembre de 2021 [citado 30 de septiembre de 2024];72(5):295-304. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-acta-otorrinolaringologica-espanola-102-articulo-correlacion-clinico-radiologica-fracturas-hueso-temporal-S000165192030176X>

## VIII. TABLAS, GRÁFICOS Y FIGURAS

**Tabla 1.** Mapa de evidencia sobre la utilidad de la radiografía digital en fracturas pediátricas en niños de 1 a 16 años y el uso complementario de la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM).

Autor	Título	Método	Utilidad	de Rol
		<b>diagnóstico principal o inicial</b>	<b>RX digital en el diagnóstico inicial</b>	<b>complementario o de TC y RM</b>
Oude Alink, M., et al.	Lesión traumática de la columna vertebral en niños	RM	Primer estudio, para detectar lesiones óseas evidentes	RM esencial para lesiones medulares no visibles en RX
Strohm, J. A. et al.	¿Son necesarias las imágenes transversales para las fracturas...?	RX, TC, RM	Frecuente, pero limitada para fracturas complejas	TC y RM preferidas en fracturas complejas
Cortés et al.	Caracterización de las fracturas en la	RX	Alta utilidad en fracturas	No se menciona

	población		comunes de	
	pediátrica		brazo	
Perozo y Montilla	Caracterización de fracturas pediátricas en atención tipo IV	RX	Alta utilidad, especialmente en huesos largos	No se menciona
Martínez-Can et al.	Fracturas en niños: experiencia en un centro de alta complejidad	RX	Detección eficaz en fracturas comunes del brazo	No se menciona
Ma et al.	Prevalencia y significado clínico de las fracturas ocultas...	RX, RM, TC	Limitada en fracturas ocultas	TC y RM detectan fracturas ocultas
López Olmedo	Fracturas infantiles más frecuentes. Esguinces y Epifisiolisis	RX y RM	Alta en mayores de 1 año	RM útil en menores de 1 año

Callahan & Cravero	¿Debo irradiar para la TC o sedar para la RM?	TC y RM	Limitada por menor sensibilidad frente a TC	Comparación entre riesgos de TC y RM
Víctor Julio Quesada Varela	RM vs TC: criterios de selección según patología	TC y RM	Menor sensibilidad en tejidos blandos	RM para tejidos blandos, TC para hueso
Maxwell Gruber, et al.	Fractura de cráneo oculta e implicaciones del diagnóstico tardío	RX, TC, RM	No detectó fracturas, requería TC o RM	TC y RM se revelan fracturas no vistas en RX
Ralf Kraus y Klaus Dresing	Uso racional de imágenes en fracturas pediátricas	RX, TC, RM	Primera opción en trauma, luego TC/RM según necesidad	RM útil en articulaciones; TC debe ajustarse por dosis
Yang et al.	Luxaciones traumáticas de cadera: importancia de	RX, TC y RM	No detectó lesiones ocultas, útiles TC y RM	RM útil en evaluación post-reducción

---

	imágenes avanzadas				
Montoya- Filardi A. et al.	Fractura lineal de cráneo en lactantes tras TCE leve	RX y TC	Falsos positivos comunes, TC más precisa	TC	confirma diagnóstico
Nguyen JC, et al.	Lesión raíz posterior del menisco lateral en niños con LCA	RM	No se usó RX	RM	predice lesiones del menisco
Tomaszewsk i R, Kler J, Pethe K, Zachurzok A.	Evaluación clasificaciones Anderson- Montesano y Tuli en fracturas OCF	TC	No utilizada	TC	clasifica mejor las fracturas, RM complementa
Oude et al.	Lesión medular traumática en niños	RX, TC, RM	Primera línea, complementada a con TC/RM	TC	útil en columna, RM para tejidos blandos
Ma Q, et al.	Prevalencia de fracturas	RX, RM	Detección inicial,	RM	detecta fracturas ocultas

	ocultas en extremidades pediátricas		limitada para fracturas ocultas	
Parna	Pseudo-TC	RM, TC	No se menciona	RM logra calidad similar a TC
Eshraghi	por aprendizaje profundo en fracturas craneales			
Boroojeni et al.				
Wu et al.	Rendimiento diagnóstico de RM vs TC en fractura osteocondral	RM, TC	No se menciona	RM más precisa con clínica, TC más específica
Alzahrani et al.	TC de tórax en sospecha de abuso físico en niños	TC	Menor sensibilidad frente a TC	TC duplica detección de RX en abuso
Patel et al.	RM VIBE radial en traumatismo craneal pediátrico	RM	RM equivalente a TC en sensibilidad	RM tan sensible como TC

Tomaszewski et al.	Tratamiento de fracturas inestables del cóndilo occipital	TC y RM	No se utilizó	RM confirmó integridad ligamentaria
May et al.	Fracturas de falange pediátricas	de RX	Diagnóstico inicial efectivo	No aplica
Fanney et al.	Fracturas del pie radiografía: predictores quirúrgicos	del RX en	Diagnóstico inicial efectivo	No aplica
Tseng y Hoekstra	Fracturas tibiales proximales	RX	Detección inicial efectiva	No se menciona

Fuente. Tabla de extracción de datos de elaboración propia

**Tabla 2.** Limitaciones reportadas en la literatura sobre el uso de la radiografía digital en el diagnóstico de fracturas pediátricas complejas.

---

**Limitación detallada de la radiografía digital    Autores**

---

No detecta lesiones medulares o de tejidos blandos en columna vertebral (requiere RM complementaria)    Oude Alink et al. (2024)

Limitada en fracturas complejas distal de pierna; se prefiere TC o RM para mayor detalle    Strohm et al. (2023)

No detecta fracturas ocultas en extremidades; riesgo de diagnóstico incompleto    Ma et al. (2020)

Falsos positivos comunes en cráneo (ej. en lactantes con TCE leve)    Montoya-Filardi et al. (2020)

Sensibilidad insuficiente para fracturas acetabulares y de cabeza femoral    Yang et al. (2023)

Baja precisión diagnóstica en fracturas osteocondrales intraarticulares sin apoyo de otras imágenes    Wu et al. (2022)

Menor capacidad diagnóstica en comparación con TC en casos de sospecha de abuso infantil    Alzahrani et al. (2021)

Limitada en identificación de fracturas menores de 1 año (mejor RM)    López Olmedo (2019)

No útil para evaluar integridad ligamentaria ni desplazamientos milimétricos    Tomaszewski et al. (2021)

---

Requiere seguimiento con imágenes seccionales cuando hay sospecha clínica persistente	Ma et al. (2020)
Dificultades en detectar fracturas lineales sin desplazamiento	Gruber et al. (2023)
Incapaz de visualizar adecuadamente estructuras intracraneales en TCE	Stephenson et al. (2023)
Subdiagnóstico en lesiones de columna cervical cuando se usa exclusivamente	Stephenson et al. (2023)
Limitada sensibilidad en fracturas epifisarias distales complejas	Ma et al. (2020)
Dependencia del operador para interpretación clínica inicial sin imágenes avanzadas	Kraus y Dresing (2023)

---

Fuente. Tabla de extracción de datos de elaboración propia

**Tabla 3.** Situaciones clínicas en las que la TC o la RM son utilizadas para mejorar la precisión diagnóstica y la planificación terapéutica

<b>Situación clínica</b>	<b>Autores</b>
Evaluación de lesiones medulares en niños con trauma vertebral cuando la RX es normal o inconclusa	Oude Alink et al. (2024)
Diagnóstico de fracturas ocultas en extremidades con alta sospecha clínica, pero RX negativa	Ma et al. (2020)
Caracterización de fracturas epifisarias distales difíciles de visualizar en radiografía	Ma et al. (2020)
Detección de fracturas de cráneo deprimidas o con contusión cerebral tras TCE	Gruber et al. (2023)
Evaluación detallada de fracturas acetabulares y cabeza femoral tras luxaciones de cadera	Yang et al. (2023)
Diagnóstico de fracturas osteocondrales intraarticulares en luxación traumática de rótula	Wu et al. (2022)
Valoración de lesiones ligamentarias asociadas a fracturas del menisco y LCA	Nguyen et al. (2021)
Identificación de hematomas retroclivales en columna cervical que no se observan en RX o TC inicial	Stephenson et al. (2023)
Confirmación de fracturas en neonatos o lactantes donde la RX tiene baja sensibilidad	López Olmedo (2019)

---

Planeamiento quirúrgico en fracturas del cóndilo occipital con desplazamiento mínimo	Tomaszewski et al. (2021)
Evaluación de la integridad de ligamentos cervicales en lesiones óseas mínimas	Tomaszewski et al. (2021)
Diferenciación entre fracturas verdaderas y pseudofracturas en estudios postraumáticos complejos	Callahan & Cravero (2021)
Reducción de artefactos en fracturas craneales mediante pseudo-TC por aprendizaje profundo	Parna Eshraghi et al. (2022)
Valoración de fracturas costales en sospecha de abuso físico no evidenciadas por RX	Alzahrani et al. (2021)
Evaluación tridimensional de la bóveda craneal para planificar intervenciones quirúrgicas	Patel et al. (2022)

---

Fuente. Tabla de extracción de datos de elaboración propia

**Tabla 4.** Niveles de exposición a la radiación asociados a la radiografía digital y la TC en el contexto del diagnóstico de fracturas pediátricas

Nivel de exposición o implicancia clínica	Autores
La radiografía digital tiene una dosis efectiva baja, aproximadamente entre 0.01 y 0.1 mSv por imagen dependiendo de la región anatómica	Callahan & Cravero (2021)
La tomografía computarizada de cráneo en pediatría genera entre 1.5 y 2.0 mSv por estudio, dependiendo de la técnica y el protocolo	Callahan & Cravero (2021)
La TC de columna cervical puede generar exposiciones de 2.5 a 4.0 mSv en niños, especialmente si se utilizan cortes finos y reconstrucción multiplanar	Stephenson et al. (2023)
En estudios de TC corporal (tórax o abdomen), las dosis pueden alcanzar hasta 5-10 mSv, lo que representa una exposición sustancial en la infancia	Alzahrani et al. (2021)
La exposición acumulativa por múltiples estudios de TC incrementa el riesgo de cáncer, especialmente en menores de 5 años	Callahan & Cravero (2021)
Según Pearce et al., una sola TC de cabeza en niños menores de 10 años puede asociarse con un caso adicional de leucemia y un tumor cerebral por cada 10,000 expuestos	Pearce et al. (2012, citado por Callahan)

---

Mathews et al. estimaron un exceso de incidencia de cáncer de 9.4 casos por 100,000 personas-año en niños expuestos a 4.5 mSv por TC Mathews et al. (2013, citado por Callahan)

La RX es preferida como técnica inicial por su menor carga de radiación, siendo adecuada para diagnóstico en fracturas simples Kraus y Dresing (2023)

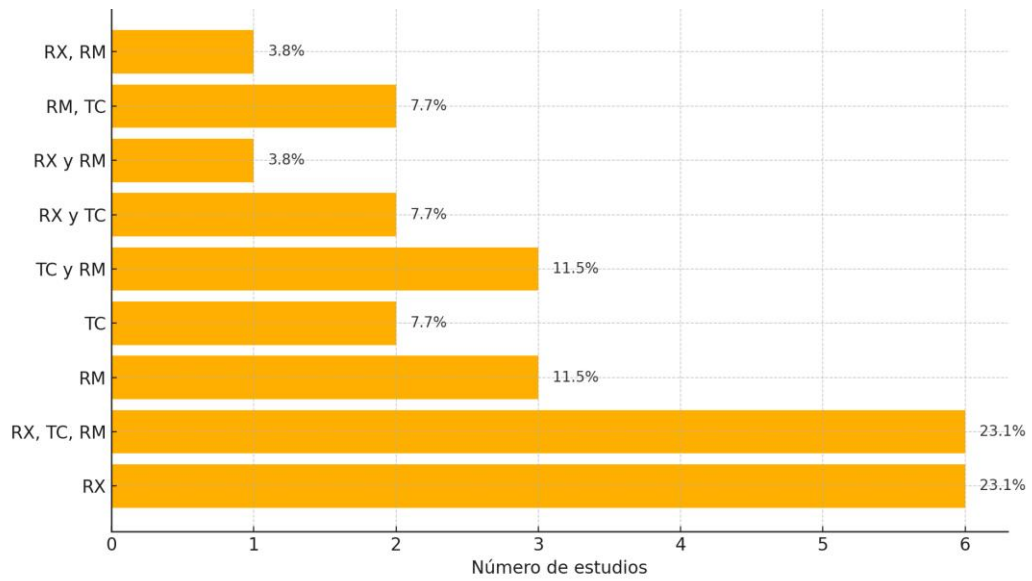
Las técnicas de reducción de dosis en TC pediátrica (modulación de corriente, protocolos específicos) pueden reducir la exposición hasta un 60% Callahan & Cravero (2021)

La RM es una alternativa segura sin radiación ionizante, pero limitada en disponibilidad, tiempo y necesidad de sedación en niños pequeños Callahan & Cravero (2021)

---

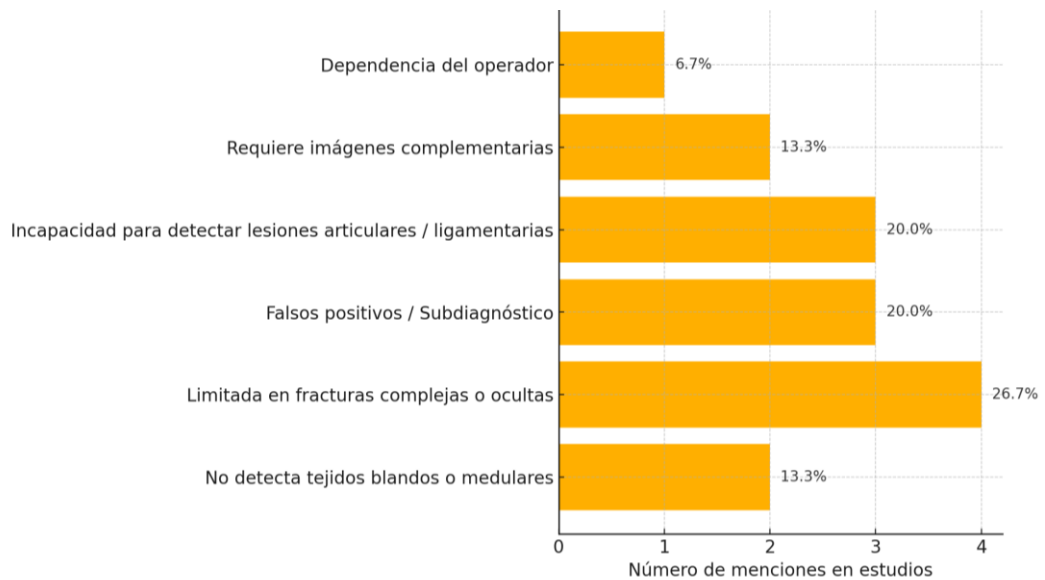
Fuente. Tabla de extracción de datos de elaboración propia

**Figura 1. Frecuencia de uso de métodos diagnósticos en fracturas pediátricas**



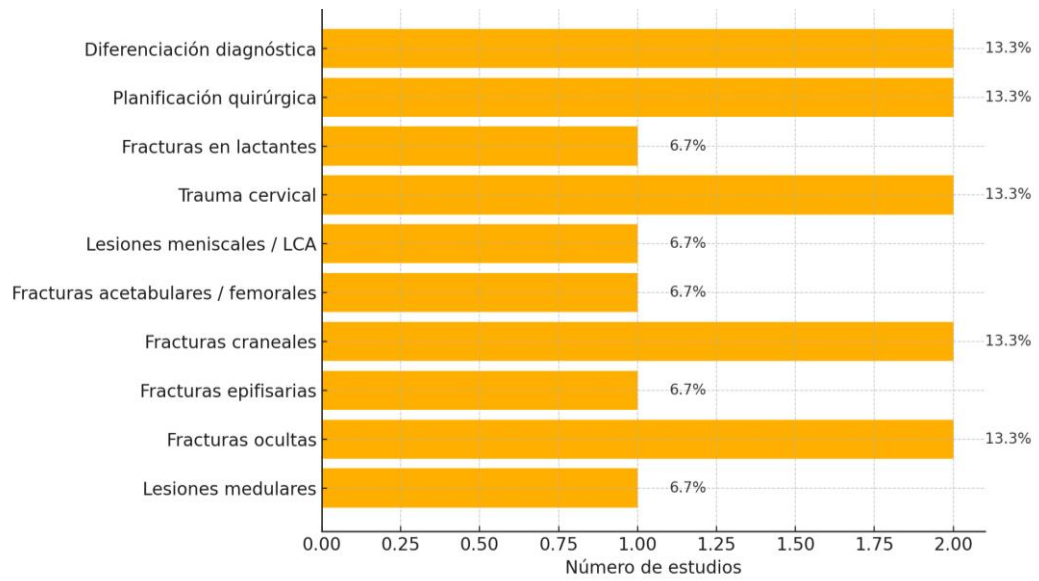
Fuente: Elaboración propia con base en datos extraídos de la Tabla 1.

**Figura 2. Limitaciones principales de la radiografía digital en fracturas pediátricas**



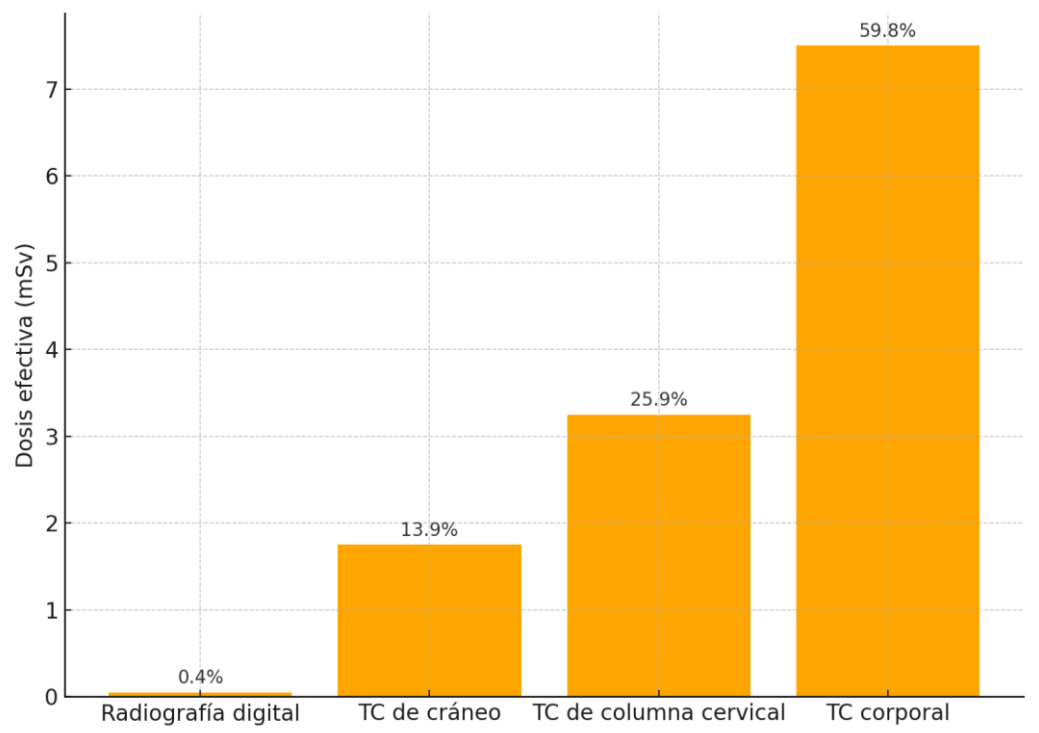
Fuente: Elaboración propia con base en datos extraídos de la Tabla 2.

**Figura 3. Situaciones clínicas donde se utiliza TC o RM**



Fuente: Elaboración propia con base en datos extraídos de la Tabla 3.

**Figura 4. Niveles de exposición a radiación por modalidad diagnóstica**



Fuente: Elaboración propia con base en datos extraídos de la Tabla 4.

## ANEXOS

**Cuadro de operacionalización de variable**

Variable	Definición	Definición	Indicadores
	Conceptual	Operacional	
Fracturas pediátricas	Lesiones óseas traumáticas en niños 1 a 16 años	Diagnóstico imagenológico de fracturas en niños, incluye fracturas simples generalmente en extremidades, complejas mayormente en cráneo, facial y columna vertebral, o las que comprometen tendones, cartílagos y tejido blando.	<p>- <b>Número de fracturas diagnosticadas:</b> Total de fracturas detectadas en el grupo de estudio.</p> <p>- <b>Tipo de fractura predominante:</b> Porcentaje de fractura maciza</p> <p>- <b>Fracturas por localización:</b> Porcentaje de fracturas en diferentes áreas.</p>

Radiografía digital	Uso de tecnologías digitales para la obtención de imágenes radiográficas.	Procedimiento que utiliza tecnología digital para capturar y almacenar imágenes radiográficas de alta resolución de imágenes adecuadas.	<p>- <b>Calidad de la imagen:</b></p> <p>Porcentaje de imágenes con resolución adecuada.</p> <p>- <b>Porcentaje de imágenes útiles:</b></p> <p>Proporción de imágenes que permiten un diagnóstico claro de fracturas.</p>
Tomografía computarizada	Método de diagnóstico por imágenes que emplea rayos X y procesamiento computarizado para crear imágenes detalladas en cortes transversales del interior del cuerpo.	Procedimiento que permite visualizar fracturas complejas (cráneo, macizo facial y columna vertebral) en diversas orientaciones	<p>-<b>Porcentaje de fracturas complejas detectadas:</b></p> <p>Porcentaje de fracturas complejas diagnosticadas mediante TC.</p> <p>- <b>Tiempo:</b></p>

		(axiales, sagitales o coronales)	Promedio de tiempo para completar un estudio de TC.
			- <b>Precisión diagnóstica:</b> Número de casos diagnosticados
Resonancia magnética	Método diagnóstico	de Procedimiento por que permite visualizar lesiones que comprometen tendones, cartílagos y tejido blando en articulaciones de rodilla.	- <b>Porcentaje de lesiones de tejidos blandos detectadas:</b> Proporción de lesiones que comprometen tendones o cartílagos detectadas por RM.
		emplea campos magnéticos y ondas de radiofrecuencia para generar imágenes detalladas de los órganos y tejidos del cuerpo sin utilizar radiación ionizante.	- <b>Tiempo de adquisición:</b> Promedio en minutos para

			<p>obtener una imagen diagnóstica.</p> <p><b>- Número de pacientes referidos a RM:</b></p> <p>Porcentaje de pacientes derivados a RM para casos que no se resuelven con otras modalidades.</p>
Niveles de dosis de radiación	Cantidad de energía radiante absorbida por los tejidos del cuerpo durante procedimientos diagnósticos que utilizan radiación ionizante.	Se medirán en unidades como mSv o mGy, y se cuantifican a partir de los datos de los equipos de diagnóstico mediante dosímetros, para evaluar	<p><b>- Promedio de dosis por tipo de examen:</b></p> <p>Promedio de mSv o mGy por tipo de procedimiento diagnóstico.</p> <p><b>- Comparación de: Dosis de</b></p>

---

		radiación absorbida.	<b>radiación en radiografía vs. TC:</b>  Cumplimiento de límites de dosis: Porcentaje de procedimientos que cumplen con los estándares de seguridad de dosis.
Sexo	Característica de un organismo que diferencia entre lo masculino y lo femenino.	Masculino y femenino	- <b>Frecuencia de fracturas según sexo:</b> Porcentaje de fracturas diagnosticadas en cada sexo.
Edad	Edad cronológica del paciente.	Edad en años de los niños.	- <b>Edad promedio:</b>  Promedio de edad de los pacientes con fracturas

			diagnosticadas.
			- <b>Frecuencia de fracturas por grupo de edad:</b>
			Porcentaje de fractura según grupo etario
Limitaciones de la Radiografía Digital	Restricciones de uso de la radiografía digital para el diagnóstico, especialmente en casos complejos.	o Se evaluarán mediante la identificación y cuantificación de dificultades y errores reportados en estudios clínicos y revisiones de literatura en relación con el diagnóstico de fracturas complejas en niños.	- <b>Tasa de sub-diagnóstico:</b> Porcentaje de casos en los que la radiografía digital no logra identificar fracturas complejas.
			- <b>Problemas técnicos:</b> Número y tipo de problemas técnicos reportados
			- <b>Errores</b>

---

			<b>interpretativos:</b>
			Frecuencia de discrepancias en la interpretación diagnóstica entre radiólogos.
Uso Complementario de TC y RM	Rol de la tomografía computarizada y la resonancia magnética para complementar la radiografía digital en el diagnóstico y planificación del tratamiento	Se evaluará mediante la identificación y cuantificación de situaciones clínicas en las que se recurre a la TC o RM para mejorar la precisión diagnóstica para la planificación terapéutica, basándose en datos extraídos de estudios y guías	- <b>Porcentaje de casos complemento:</b> % de estudios que reportan la necesidad de TC o RM para casos complejos.  - <b>Indicaciones clínicas:</b> Tipos o de fracturas en regiones de difícil visualización.  - <b>Mejora diagnóstica reportada:</b>

---

clínicas. Incremento en la precisión diagnóstica debido al uso de TC/RM.

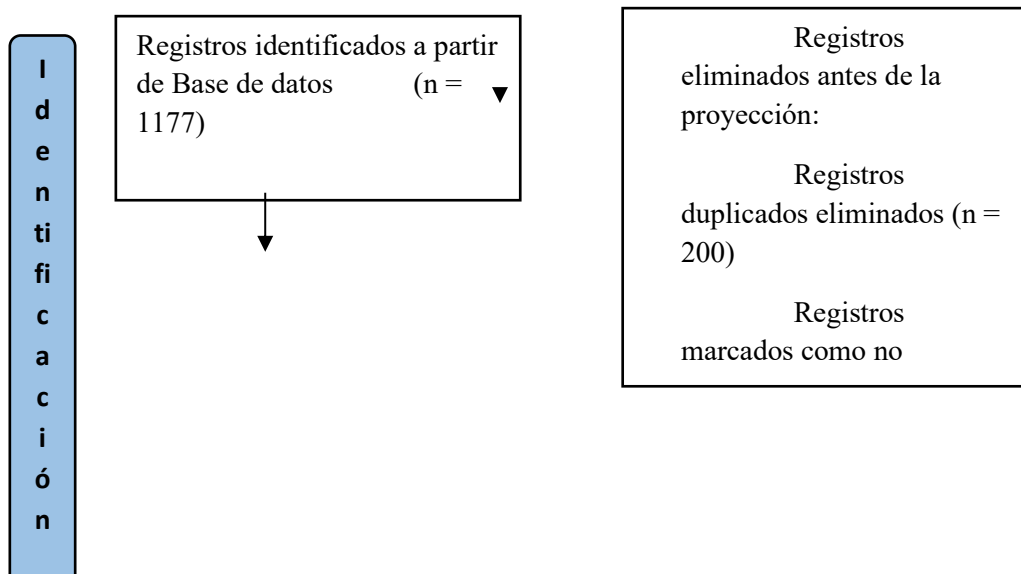
**- Impacto en la planificación terapéutica:**

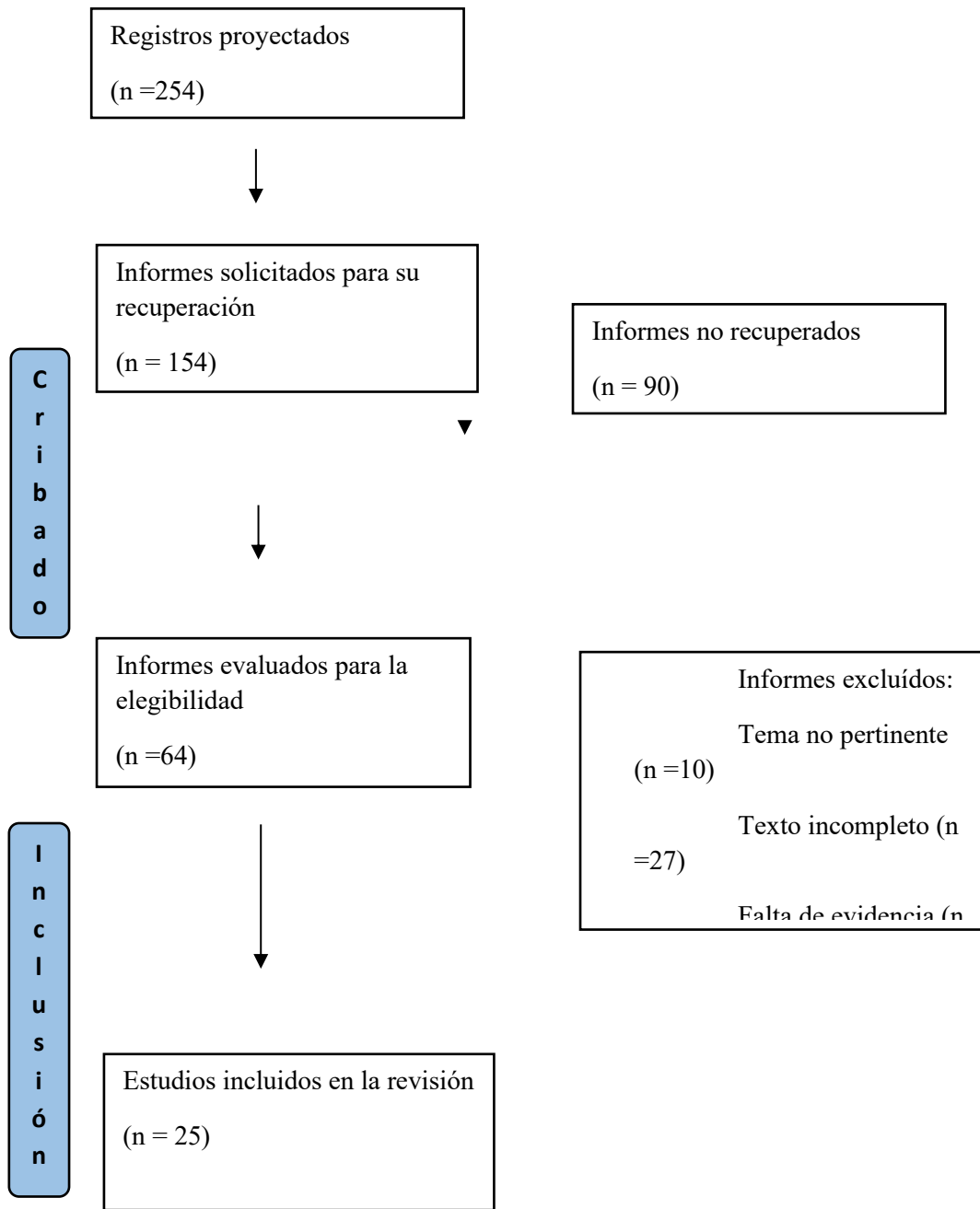
Porcentaje de ajustes en el tratamiento basados en imágenes de TC o RM.

---

## ANEXOS.

### Anexo 1: Modelo del gráfico PRISMA





Nota. El número total de estudios a analizar es la frecuencia total de los artículos incluidos (n=25)