ONCOLOGÍA

ISSN: 2661-6653

DOI: https://doi.org/10.33821/838
Artículo / Article

# Avances en imagenología para optimizar el diagnóstico y la caracterización del retinoblastoma: una revisión sistemática

## Advances in imaging to optimize the diagnosis and characterization of retinoblastoma: A systematic review

Sara Walsh Navas[1,2], Ariana Velóz Baez[1], Bruno García Guerrero[1] y Christian Josue Chaucala Bajaña[1]

1 Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador
2 Universidad ECOTEC, Guayaquil, Ecuador

**Recibido:** 12/12/2025
**Aceptado:** 09/02/2026
**Publicado:** 01/04/2026

**RESUMEN**

**Introducción:** El retinoblastoma es el tumor maligno intraocular más frecuente en la infancia y puede diseminarse al nervio óptico. El diagnóstico y tratamiento oportuno son cruciales para evitar enucleación y secuelas visuales. El objetivo del estudio fue evaluar la evidencia científica sobre las técnicas imagenológicas nuevas y convencionales, que son utilizadas para evaluar la extensión del tumor. **Materiales y métodos:** Se realizó una revisión sistemática de estudios publicados entre 2020-2025 en inglés y español sobre técnicas imagenológicas para el diagnóstico del retinoblastoma. La búsqueda se realizó en PubMed, ScienceDirect, SciElo y Google Scholar. Se incluyeron estudios observacionales, clínicos y revisiones sistemáticas, y se excluyeron investigaciones genéticas o moleculares sin aplicación diagnóstica clínica, estudios en adultos, animales o modelos *in vitro*, así como artículos centrados únicamente en tratamiento o pronóstico. **Resultados:** Se incluyeron 17 estudios. La resonancia magnética, especialmente la de alta resolución, mostró la mejor sensibilidad y especificidad para detectar invasión poslaminar del nervio óptico y otros factores de alto riesgo. La ecografía y la tomografía computarizada fueron útiles para identificar masas y calcificaciones, pero presentaron menor capacidad para evaluar invasión del nervio óptico.

**Palabras clave:** retinoblastoma, diagnóstico por imagen, resonancia magnética, tomografía computarizada, ultrasonografía, niño.

**ABSTRACT**

**Introduction:** Retinoblastoma is the most common intraocular malignant tumor in childhood and may spread to the optic nerve. Early diagnosis and timely treatment are crucial to prevent enucleation and visual sequelae. The aim of this study was to analyze and evaluate the scientific evidence on both new and conventional imaging techniques used to assess tumor extent. **Materials and Methods:** A systematic review of studies published between 2020 and 2025 in English and Spanish on imaging techniques for the diagnosis of retinoblastoma was conducted. The search was performed in PubMed, ScienceDirect, Scielo, and Google Scholar. Observational studies, clinical studies, and systematic reviews were included, while genetic or molecular research without clinical diagnostic application, studies in adults, animals, or *in vitro* models, as well as articles focused solely on treatment or prognosis, were excluded. Results: Seventeen studies were included. Magnetic resonance imaging, particularly high-resolution MRI, demonstrated the highest sensitivity and specificity for detecting postlaminar optic nerve invasion and other high-risk features. Ultrasound and computed tomography were useful for identifying masses and calcifications but had a lower capacity to assess optic nerve invasion and extraocular extension. Advanced retinal imaging techniques and microvascular flow imaging provided improved accuracy for characterization and follow-up, although the available evidence remains limited. **Conclusions:** High-resolution magnetic resonance imaging is

*** Autor de correspondencia:** Sara Walsh Navas, sarawalshnavas@gmail.com

**Cómo citar:** Walsh Navas, S, Velóz Báez, A, García Guerrero, B y Chaucala Bajaña, C.J. Avances en imagenología para optimizar el diagnóstico y la caracterización del retinoblastoma: una revisión sistemática. Oncología (Ecuador). 2026;36(1): 5-21. https://doi.org/10.33821/838

© 2026 Sociedad de Lucha Contra el Cáncer. Publicado por la Sociedad de Lucha Contra el Cáncer, Ecuador. Este es un artículo de acceso abierto publicado bajo una licencia CC BY-NC-SA (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

established as the key technique for evaluating retinoblastoma, while emerging modalities are complementary and promising; however, their clinical utility requires confirmation through prospective studies with stronger scientific evidence.

**Keywords:** Retinoblastoma, diagnostic imaging, magnetic resonance imaging, computed tomography, ultrasonography, child.

## 1. Introducción

El retinoblastoma es el tumor intraocular maligno más frecuente en la infancia. Su incidencia es de aproximadamente 1 caso por cada 17 000 nacidos vivos, con unos 8000 casos nuevos diagnosticados cada año en todo el mundo [1]. Los países de ingresos medios representan aproximadamente el 69 % de los casos; los países de bajos ingresos, el 20 %; y los países de altos ingresos, el 11 % [2]. En Ecuador no hay datos acerca de este tipo de cáncer; no obstante, la Organización Mundial de la Salud estima que cada año alrededor de mil niños, niñas y adolescentes son diagnosticados con cáncer en el país. En el 2023 se atendieron 88 casos de retinoblastoma en el Hospital Francisco Icaza Bustamante [3].

Actualmente, la única causa conocida se debe a mutaciones en el gen del retinoblastoma RB1, ubicado en el cromosoma 13q14.2 [4]. La herencia autosómica dominante se observa en el 30-40 % de los casos, mientras que el tipo esporádico no hereditario representa el 60-70 % restante [1]. Entre el 70 y el 75 % de los retinoblastomas son unilaterales y esporádicos, y se presentan dentro del segundo a tercer año de vida; mientras que el 25 % restante son casos bilaterales y hereditarios, y suelen manifestarse dentro del primer año [2].

La manifestación más frecuente del retinoblastoma es la leucocoria (60-80 %), que es el reflejo blanco pupilar del ojo afectado, a menudo visible en fotografías con flash [5]. Otras características clínicas son el estrabismo, enrojecimiento o congestión vascular escleral. Los síntomas menos frecuentes incluyen deterioro visual, hifema, proptosis y fotofobia [4]. Una vez establecida la lesión tumoral, puede invadir estructuras adyacentes como el nervio óptico, la úvea, la esclerótica y la conjuntiva [6]. La enfermedad metastásica ocurre en aproximadamente el 10-15 % de los individuos y puede diseminarse a través del espacio subaracnoideo hacia el cerebro y la médula espinal [4,7].

El diagnóstico y la caracterización del retinoblastoma dependen sobre todo de la presentación clínica en conjunto con estudios como el de la oftalmoscopia indirecta, la ecografía ocular (modo B) y la resonancia magnética (RM). Se suelen evitar las tomografías computarizadas (TC) y las biopsias, ya que aumentan el riesgo de metástasis o de neoplasias malignas secundarias [8]. La RM ofrece orientación para evaluar la probabilidad de resección total del tumor y estimar la extensión [9]. Entre las nuevas técnicas de imagen se incluyen la tomografía de coherencia óptica (OCT), la angiografía por tomografía de coherencia óptica (OCTA), entre otras [10]. En la Tabla 1 se describen las principales técnicas por imágenes, su utilidad y limitaciones, lo que proporciona un marco de referencia para esta revisión [11,12].

En esta revisión sistemática se compararon las técnicas de imagen convencionales con las modalidades emergentes en términos de precisión diagnóstica, con el objetivo de analizar la evidencia científica disponible sobre nuevas estrategias aplicadas al diagnóstico del retinoblastoma. Al sistematizar la información de estos artículos, se busca identificar cuáles son los mejores métodos disponibles para la evaluación y caracterización del tumor tanto en el ámbito nacional como internacional. La evidencia en América Latina es limitada y en algunos países, como en Ecuador, los estudios son inexistentes, por esta razón se realizó esta revisión con artículos a nivel mundial en inglés y español de los últimos cinco años (2020-2025). Con ello, se pretende fortalecer el diagnóstico del retinoblastoma basado en evidencia científica, y ayudar a una mejor caracterización tumoral mediante las nuevas técnicas imagenológicas.

**Tabla 1.** Principales técnicas por imágenes utilizadas para el diagnóstico de retinoblastoma

| Técnica | Utilidad diagnóstica | Limitaciones |
|---|---|---|
| Ecografía ocular | Masa intraocular, calcificaciones, invasión del segmento anterior, el iris, el cuerpo ciliar y el ángulo de la cámara anterior. | Operador dependiente, limitada capacidad para detección de tumores pequeños o invasión extraocular. |
| Angiografía con fluoresceína | Neovascularización del iris, dilatación de los vasos retinianos, vasculatura tumoral intrínseca, fuga venosa, alteraciones de la microvasculatura. | Requiere contraste intravenoso, posibilidad de alergias. |
| TC | Calcificaciones intraoculares, estadificación del tumor. | Riesgo de neoplasias secundarias por radiación ionizante, baja sensibilidad para detección de invasión del NO. |
| OCT | Tumores submilimétricos (< 10um), capas retinianas, vasculatura retiniana sin contraste intravenoso. | Limitada capacidad para diferenciar tumores activos o inactivos, dependencia de la transparencia del medio, campo limitado. |
| RM | Invasión tumoral de las coroides, esclerótica y el nervio óptico, extensión tumoral extraocular, afectación intracraneal. | Costoso, tiempo prolongado. |

TC = tomografía computarizada; OCT = tomografía de coherencia óptica; RM = resonancia magnética.

## 2. Material y métodos

### 2.1 Objetivos

El objetivo general de esta investigación fue analizar y evaluar la evidencia científica sobre técnicas imagenológicas emergentes en la evaluación de extensión tumoral, factores de alto riesgo y caracterización tumoral en niños con retinoblastoma. En cuanto a los objetivos específicos, se pretende comparar las diferentes técnicas diagnósticas convencionales en relación con las técnicas imagenológicas actuales, su validez como método de referencia (*gold standard*) y determinar en qué circunstancias las técnicas emergentes pueden ofrecer información complementaria o superior a los demás métodos de diagnóstico disponibles.

### 2.2 Criterios de inclusión

Se incluyeron estudios publicados entre enero del 2020 y mayo del 2025, disponibles en texto completo en inglés o español, los cuales evaluaron métodos imagenológicos utilizados para el diagnóstico del retinoblastoma en población pediátrica entre 0-10 años. Se incluyeron estudios observacionales (retrospectivos y prospectivos), estudios clínicos y revisiones sistemáticas con datos primarios. Todos los artículos debían describir la técnica imagenológica para su diagnóstico o seguimiento, sus parámetros y resultados.

### 2.3 Criterios de exclusión

Se excluyeron los artículos que evaluaban aspectos puramente genéticos o moleculares sin aplicación diagnóstica clínica, también los estudios que abordaban otros tumores oculares, estudios en pacientes adultos, estudios en animales o modelos *in vitro*. Se descartaron artículos que solo contenían información de tratamiento o pronóstico y que no abordaban el diagnóstico del retinoblastoma.

### 2.4 Diseño del estudio

Se realizó una revisión sistemática a partir de investigaciones en acceso abierto en bases de datos, como PubMed, Science Direct, SciElo, y con el buscador gratuito Google Scholar. Esto permitió recopilar información de artículos científicos, revisiones sistemáticas y ensayos clínicos en inglés y español publicados en los últimos cinco años.

La estrategia de búsqueda incluyó términos en español e inglés relacionados con «retinoblastoma», «diagnóstico», «detección temprana», «diagnóstico temprano», «tamizaje», «ultrasonografía», «ultrasonido», «resonancia magnética», «RM», «fondo de ojo», «angiografía con fluoresceína», «tomografía computarizada», «TC», «tomografía de coherencia óptica», «OCT», "angiografía por tomografía de coherencia óptica", "OCTA", se integraron descriptores MeSH/DeCS, términos libres y combinados mediante operadores AND y OR.

Los resultados se exportaron al software Mendeley Reference Manager para la gestión de referencias y eliminación de duplicados, facilitando la revisión sistemática y permitiendo la selección de los estudios. El registro de cada búsqueda se documentó en una hoja de cálculo de acceso compartido para la recolección ordenada de los datos dada por los integrantes para mantener el orden de la información en tiempo real.

### *2.4.1 Selección de estudios*

A través de la búsqueda sistemática se identificó un total de 308 registros. Tras la eliminación de los duplicados y la aplicación de los filtros iniciales, 43 artículos pasaron a la fase de lectura de texto completo. Mediante cuatro revisores independientes, se aplicaron los criterios previamente establecidos y se excluyeron 26. Finalmente, se incluyeron 17 estudios en esta revisión sistemática, los cuales fueron posteriormente clasificados según su temática de la siguiente manera:

- 9 estudios centrados en técnicas avanzadas de resonancia magnética;
- 4 estudios que abordan el papel de la tomografía de coherencia óptica, angiografía con fluoresceína y la angiografía por tomografía de coherencia óptica;
- 2 estudios comparativos de tomografía computarizada vs. resonancia magnética;
- 2 estudios que combinan ecografía ocular, tomografía computarizada y resonancia magnética.

### *2.4.2 Recolección de datos*

Se realizó una búsqueda detallada para extraer de los 17 estudios las características de publicación: autor/año, diseño del estudio, población o muestra, técnicas imagenológicas, principales hallazgos y conclusiones. Asimismo, se incluyeron resultados cuantitativos para el rendimiento diagnóstico de cada técnica (sensibilidad, especificidad, precisión diagnóstica, etc.). Cada variable se codificó en una hoja de cálculo de acceso compartido, para validación y resolución por consenso. Se comprobó la calidad de la información antes de realizar las tablas de resultados establecidas en las Guías de PRISMA 2020. La última búsqueda electrónica se realizó el 2 de diciembre del 2025.

### *2.4.3 Variables analizadas*

Las variables clínicas para evaluar la efectividad de las diferentes técnicas imagenológicas de cada estudio fueron la invasión del nervio óptico (en especial la invasión poslaminar), otros factores histopatológicos de alto riesgo (invasión coroidea, cámara anterior y esclera), parámetros de actividad tumoral y hallazgos de estadiaje y extensión local. Además, cuando estuvieron disponibles, se extrajeron variables cuantitativas de rendimiento diagnóstico como sensibilidad, especificidad y precisión diagnóstica, también parámetros adicionales como valores de coeficiente de difusión aparente (ADC), características de modelos radiómicos y estimadores de asociación. Finalmente, para cada estudio se consignó el riesgo global de sesgo según QUADAS-2, con el fin de interpretar los resultados a la luz de su calidad metodológica.

### *2.4.4 Métodos de síntesis*

Se realizó una síntesis narrativa estructurada, con base en las variables cuantitativas y cualitativas previamente extraídas. Para ello, los estudios se organizaron primero según la técnica imagenológica predominante y dentro de cada grupo, de acuerdo con el desenlace diagnóstico principal.

En los estudios que aportaron medidas de exactitud diagnóstica, se describieron de forma comparativa los rangos de sensibilidad, especificidad y precisión diagnóstica para cada desenlace y modalidad de imagen. En los trabajos de carácter más descriptivo, los resultados se integraron resaltando el rol clínico potencial de estas técnicas en la caracterización tumoral, la detección de recurrencias y la monitorización de la respuesta terapéutica, así como sus principales limitaciones. La interpretación global de la evidencia se realizó siempre a la luz del riesgo de sesgo evaluado mediante QUADAS-2; se otorgó mayor peso a los estudios con bajo riesgo global y los hallazgos procedentes de técnicas emergentes o de estudios con mayor riesgo de sesgo se consideraron evidencia exploratoria.

## 3. Resultados

### 3.1 Sesgos en la publicación

La revisión identificó un riesgo moderado de sesgo de publicación, principalmente debido a que la mayoría de los estudios incluidos reportaron resultados positivos respecto a la utilidad de las técnicas imagenológicas, mientras que fueron escasos los reportes con hallazgos negativos o no concluyentes.

Además, una proporción importante de la literatura disponible consistió en series de casos, estudios retrospectivos y reportes provenientes de centros especializados de oncología ocular, lo que limita la representatividad y favorecer la publicación de estudios con sistemas diagnósticos avanzados.

La heterogeneidad metodológica entre estudios —especialmente en la definición del estándar de referencia, el tamaño muestral reducido y la falta de protocolos diagnósticos uniformes— también incrementa el riesgo de sesgo. Otro factor relevante es la sobrerrepresentación de estudios de países con mayor disponibilidad de RM, lo que podría infraestimar técnicas utilizadas en entornos de menor recurso.

Aunque se empleó una estrategia de búsqueda amplia en cuatro bases de datos, es posible que la revisión no haya identificado estudios incluidos en literatura gris o publicados en revistas no indexadas. Se recomienda interpretar los resultados con cautela, sobre todo en lo referente a la magnitud reportada del beneficio diagnóstico de algunas técnicas imagenológicas.

### 3.2 Valoración metodológica de la certeza

La valoración metodológica de la certeza partió de la matriz técnica-utilidad, la cual se encuentra expresada en la Tabla 2, en la que se describen la utilidad diagnóstica y las limitaciones de las técnicas imagenológicas emergentes empleadas en el retinoblastoma según la síntesis de los estudios incluidos. La RM de alta resolución y sus secuencias avanzadas (mapa ADC, modelo radiómico), la OCT portátil, la OCTA y las imágenes de flujo microvascular (MFI) exploran componentes anatómicos y fisiopatológicos diferentes del tumor, lo que condiciona el tipo de desenlace que pueden evaluar con mayor precisión.

**Tabla 2.** Técnicas imagenológicas emergentes para el diagnóstico del retinoblastoma

| Técnicas imagenológicas emergentes | Utilidad | Limitaciones |
|---|---|---|
| RM de alta resolución [13,14] | Detección de PLONI, invasión coroidea e invasión extraescleral. | Falsos negativos para invasiones coroideas focales (< 3 mm). Limitación en invasión del nervio óptico prelaminar, cuerpo ciliar y esclerótica. |
| RM con mapa ADC [15] | Graduación tumoral, estadificación local, recurrencia y evaluación de la enfermedad metastásica. | Propenso a artefactos y distorsión de la imagen. Escasez de estudios. |
| RM con modelo radiómico [16] | Predicción de PLONI con mayor certeza que RM convencional. | Escasez de estudios. |
| OCT portátil [17] | Visualización directa de la retina. Seguimiento más estrecho. Diagnóstico temprano de recaídas. | Dificultad para escanear lesiones periféricas y evaluar lesiones avanzadas. Mayor tiempo bajo anestesia. |
| OCTA [18] | Evaluación de la vascularidad intrínseca residual y dilatación vascular en respuesta al tratamiento. Monitorización de recaídas tumorales. | Campo de visión limitado. Imposibilidad de obtener imágenes de lesiones periféricas. Dificultad de capturar el área completa de lesiones grandes. |
| MFI [19] | Visualización vasos de pequeño calibre y microcirculación tumoral. Evaluación de respuesta al tratamiento. | Falta de cálculos cuantitativos estandarizados del índice vascular. |

PLONI = invasión del nervio óptico poslaminar; ADC = coeficiente de difusión aparente; MFI = imágenes de flujo microvascular; OCT = tomografía por coherencia óptica; OCTA = angiografía por tomografía de coherencia óptica.

### 3.3 Descripción de los resultados

Esta revisión sistemática presenta el resumen de los 17 artículos incluidos (Tabla 3).

**Tabla 3.** Descripción de los resultados

| N | Autor / año | Título | Objetivo | Resultados |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Kheir et al. 2025 [20] | "High-risk features in retinoblastoma: the association between histopathology and MRI" | Evaluar las características del retinoblastoma mediante los resultados de la RM. | La RM permite identificar con alta especificidad PLONI, que se asocia con factores histológicos de alto riesgo. |
| 2. | Onishi et al., 2024 [21] | "Outcomes of five cases of retinoblastoma with optic nerve invasion on imaging" | Evaluar qué técnicas de imagen detectan mejor la invasión del nervio óptico en el retinoblastoma. | La ecografía modo B es más útil para diagnóstico precoz; la RM muestra mayor eficacia para detectar invasión del nervio óptico en comparación con la TC. |
| 3. | Woldeyohannes et al., 2024 [22] | "Retinoblastoma in Ethiopian Children: Imaging Findings and Staging" | Evaluar los patrones de imagen y la estadificación del retinoblastoma | La RM es más sensible para tejidos blandos y resolución espacial, mientras que la TC es más específica para calcificaciones. |
| 4. | Zhao et al., 2024 [23] | "Multimodal imaging for the differential diagnosis and efficacy evaluation of intraocular retinoblastoma in children with selective ophthalmic artery infusion" | Evaluar la eficacia clínica de las técnicas de imagen en el diagnóstico de retinoblastoma. | La RM por sí sola permite una evaluación completa de los pacientes con retinoblastoma y, por lo tanto, reduce la dosis de radiación en niños cuando se utiliza la TC. |
| 5. | Spadoni et al., 2024 [15] | "Role of apparent diffusion map in the evaluation of retinoblastoma" | Analizar la asociación de la RM y la diferenciación histopatológica. | Los valores de ADC en la RM podrían usarse como biomarcador de diferenciación tumoral y riesgo de invasión del nervio óptico |
| 6. | de Bloeme et al., 2024 [24] | "Optic nerve thickening on high-spatial-resolution MRI predicts early-stage post laminar optic nerve invasion in retinoblastoma" | Evaluar la precisión diagnóstica del engrosamiento del nervio óptico en la RM. | Un modelo de predicción que combina características de RM tiene una alta sensibilidad y especificidad para detectar PLONI. |
| 7. | Ramasubramanianet al., 2024 [19] | "Microvascular flow ultrasound imaging for retinoblastoma" | Presentar los resultados de MFI para caracterizar la vasculatura tumoral del retinoblastoma. | La MFI permite obtener imágenes fiables de la microvascularización tumoral y un patrón vascular más extenso que en el Doppler color o la angiografía con fluoresceína. Sin embargo, sigue siendo una prueba subjetiva ya que carece de datos cuantitativos. |

| N | Autor / año | Título | Objetivo | Resultados |
|---|---|---|---|---|
| 8. | Chiranthan et al., 2023 [25] | "Can Enhancement Pattern in Normal-Sized Optic Nerves on Magnetic Resonance Imaging Better Predict Tumor Invasion in Retinoblastoma Eyes?" | Evaluar con mayor profundidad los hallazgos de imágenes por RM de la invasión del nervio óptico. | Los patrones de realce de la RM pueden predecir la invasión del nervio óptico en la histopatología y podría considerarse para guiar decisiones terapéuticas. |
| 9. | Dias et al., 2023 [17] | "Optical Coherence Tomography (OCT) in Retinoblastoma Management: Experience of the Portuguese National Reference Center" | Revisar el papel de la OCT en el retinoblastoma. | El OCT de mano permite la visualización directa de la retina, tiene la capacidad de anticipar el diagnóstico de recaídas, y permite un tratamiento local precoz y menos agresivo, que podría preservar más visión. |
| 10. | Deike-Hofmann. et al., 2022 [26] | "Anterior chamber enhancement predicts optic nerve infiltration in retinoblastoma" | Revisar el supuesto biomarcador de imagen para la infiltración del nervio óptico. | La infiltración del nervio óptico puede predecirse mediante el realce de la cámara anterior después de la administración intravenosa de contraste con gadolinio en la RM. |
| 11. | Orman y Huisman, 2022 [27] | "A descriptive neuroimaging study of retinoblastoma in children: magnetic resonance imaging features" | Evaluar y proporcionar una lista detallada de las características de neuroimagen del retinoblastoma. | La RM permite diferenciar algunas características entre lesiones unilaterales y bilaterales. |
| 12. | Surukrattanaskul et al., 2022 [28] | "Correlation between clinical presentations, radiological findings and high-risk histopathological features of primary enucleated eyes with advanced retinoblastoma at Queen Sirikit National Institute of Child Health: 5 years result" | Evaluar la correlación entre las presentaciones clínicas, los hallazgos radiológicos y las características histopatológicas de alto riesgo de ojos enucleados de forma primaria. | La evaluación radiológica debe incluir ecografía oftalmológica y RM cerebral y orbitaria. La RM es la mejor técnica de imagen para detectar PLONI. |
| 13. | Fernández et al., 2021 [18] | "Optical Coherence Tomography Angiography Microvascular Variations in Pre- and Posttreatment of Retinoblastoma Tumors" | Describir las variaciones en la microvasculatura utilizando un sistema de OCTA portátil. | La angiografía con fluoresceína puede evaluar cambios vasculares, pero la OCTA puede ofrecer una técnica no invasiva y sensible para evaluar el tumor intrínseco y la vasculatura retiniana circundante. |

| N | Autor / año | Título | Objetivo | Resultados |
|---|---|---|---|---|
| 14 | Li et al., 2022 [16] | "MRI-based radiomics model can improve the predictive performance of poslaminar optic nerve invasion in retinoblastoma" | Desarrollar un modelo radiómico basado en RM para predecir la invasión del nervio óptico en el Retinoblastoma. | El modelo radiómico basado en RM supera la evaluación visual convencional para predecir PLONI. |
| 15 | Abusayf et al., 2020 [13] | "Histopathological assessment of optic nerve invasion guided by radiological findings in enucleated globes with retinoblastoma" | Correlacionar la invasión del nervio óptico detectada mediante RM con el nivel de invasión histopatológico confirmado. | La RM es una herramienta útil para detectar PLONI, muestra alta sensibilidad, especificidad y precisión diagnóstica, pero es menos sensible para evaluar la invasión del nervio óptico prelaminar y laminar. |
| 16 | Nadiarnykh et al., 2020 [29] | "Optical coherence tomography (OCT) to image active and inactive retinoblastomas as well as retinomas" | Mostrar una visión general de las imágenes de OCT de tumores de retinoblastoma activos e inactivos. | La OCT no distingue de forma confiable entre retinoblastomas activos e inactivos, pero complementa otras técnicas de imagen; es útil para evaluar patrones de regresión y seguimiento tumoral. |
| 17 | Habib et al., 2020 [14] | "High Resolution MR Imaging guidelines in retinoblastoma: prospective study correlated with histopathological results" | Evaluar la utilidad diagnóstica y los índices de la RM. | La RM de alta resolución muestra alta concordancia con los hallazgos histopatológicos, especialmente para detectar PLONI y afectación coroidea. |

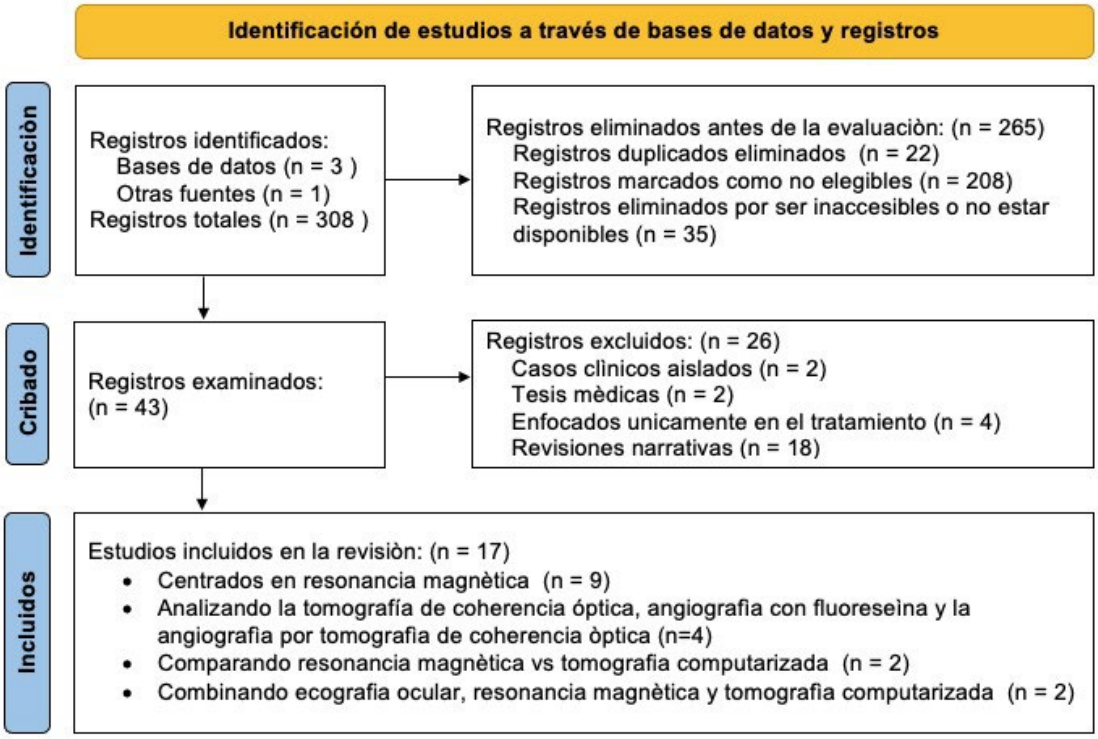
RM = resonancia magnética; TC = tomografía computarizada; OCT = tomografía de coherencia óptica; OCTA = angiografía por tomografía de coherencia óptica; MFI = imágenes de flujo microvascular; PLONI = invasión del nervio óptico poslaminar.

### 3.4 Selección de los estudios

Conforme a PRISMA 2020, se realizó la búsqueda sistemática en tres bases de datos (PubMed, Science Direct, SciElo); adicionalmente, se empleó Google Scholar como buscador complementario para identificar estudios no indexados en las bases principales. Se encontraron 308 registros en total. Tras la depuración inicial, se eliminaron 22 duplicados, 208 se marcaron como no elegibles y se excluyeron 35 por ser inaccesibles o no estar disponibles. Quedaron 43 artículos para lectura de texto completo y de estos, a su vez, se excluyeron 26: 2 casos clínicos aislados, 2 tesis médicas, 4 estudios con enfoque solo en el tratamiento y 18 revisiones narrativas (Figura 1).

Finalmente, se incluyeron 17 estudios en la revisión sistemática, cuya selección fue realizada por 4 revisores de manera independiente. Con base los criterios previamente establecidos, las discrepancias se resolvieron por consenso. Los estudios incluidos se clasificaron en cuatro grupos temáticos: 1) resonancia magnética (n = 9); 2) análisis de tomografía de coherencia óptica, angiografía con fluoresceína y angiografía por tomografía de coherencia óptica (n = 4); 3) comparación de resonancia magnética vs. tomografía computarizada (n = 2); y 4) combinación de ecografía ocular, tomografía computarizada y resonancia magnética (n = 2). Con respecto a la procedencia de los estudios, se observó un sesgo de localización con predominio de publicaciones en Europa y Asia, y escasa o nula presentación en América Latina, lo que dificulta evaluar la variabilidad de los resultados.

**Figura 1.** Diagrama de flujo. Identificación de estudios a través de bases de datos y registros.




**Fuente:** elaboración propia con base en el flujograma PRISMA 2020.

### 3.5 Características de los estudios

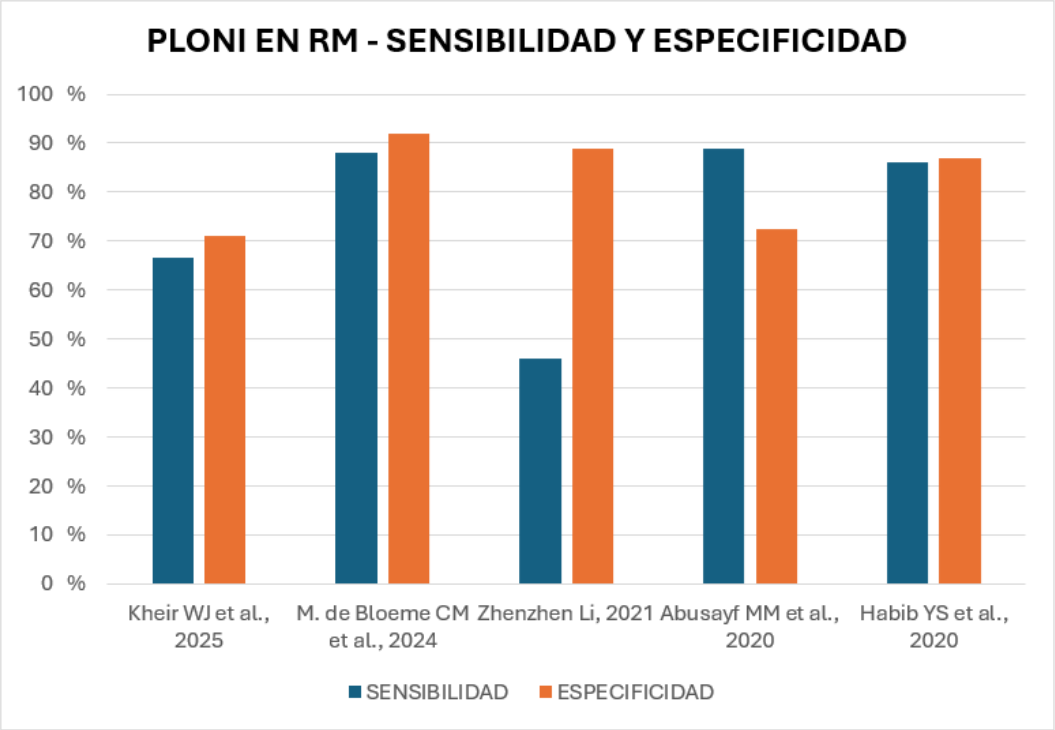
Las características principales de los 17 estudios se incluyeron de forma sistemática en la Tabla 3. Los estudios más grandes se centraron en la evaluación de la RM de alta resolución y en su correlación con factores histopatológicos de alto riesgo como invasión del nervio óptico poslaminar (PLONI), invasión coroidea masiva y extensión extraocular; mientras que las series más pequeñas se orientaron a técnicas emergentes como OCT, OCTA y MFI.

La RM (de alta resolución o con secuencias avanzadas) fue la modalidad predominante y se utilizó en la mayoría de los estudios, ya fuera como técnica principal o en combinación con otras. La figura comparativa (Figura 2) presenta los porcentajes de especificidad y sensibilidad sobre PLONI en los estudios analizados.

La TC y la ecografía modo B se emplearon principalmente en estudios multimodales orientados al diagnóstico inicial y al estadiaje. En estos trabajos, la TC y la ecografía se compararon con la RM o se utilizaron de manera complementaria. Los estudios sobre la OCT portátil y la OCTA se evaluaron en series de menor tamaño, centradas en la caracterización retiniana, la valoración de actividad tumoral, la regresión después de tratamiento y los cambios microvasculares. Sin embargo, no se dispuso en la mayoría de los casos de medidas formales de sensibilidad y especificidad frente a un estándar histopatológico. El MFI se exploró en un estudio descriptivo como herramienta para visualizar la microvasculatura tumoral.

Para presentar un panorama más amplio, ocho estudios fueron incluidos en la Tabla 4; estos presentan resultados cuantitativos de desempeño diagnóstico como sensibilidad, especificidad, precisión diagnóstica y otros indicadores relacionados con la invasión del nervio óptico y extensión extraocular. Es relevante destacar que la mayor parte de los estudios provienen de investigaciones que evaluaron la RM, lo cual refleja un mayor reporte de medidas cuantitativas en esta modalidad en comparación con el resto de las técnicas estudiadas.

**Figura 2.** Sensibilidad y especificidad para la detección de PLONI en la resonancia magnética.




Aunque se evidenció heterogeneidad entre los protocolos de imagen, la mayoría de los estudios utilizaron resonancia magnética realizada en equipos de 1,5 a 3,0 Tesla, incluidas de forma consistente secuencias T1 y T2, habitualmente con supresión grasa, realce con contraste intravenoso y, en varios casos, difusión (DWI) con mapas ADC. Estos elementos permiten definir un conjunto mínimo de parámetros técnicos reproducibles en la práctica clínica.

### 3.6 Certeza de evidencia

La certeza global de la evidencia fue valorada por un revisor considerando el riesgo de sesgo (QUADAS-2) como lo vemos en la Tabla 5, la consistencia de los resultados y la precisión de las estimaciones. Para la invasión del nervio óptico evaluada por RM, la certeza se clasificó como moderada: varios estudios prospectivos y retrospectivos, con correlación histopatológica, muestran sensibilidades y especificidades relativamente consistentes.

Para otros factores histopatológicos de alto riesgo (invasión coroidea masiva, cámara anterior, extensión escleral o extraocular), la certeza es baja a moderada. Hay pocos estudios, con tamaños muestrales limitados y heterogeneidad en la definición de desenlaces y en los protocolos de imagen, lo que reduce la precisión y la aplicabilidad de los resultados.

En el caso de las técnicas emergentes orientadas a actividad tumoral y respuesta al tratamiento (OCT, OCTA, MFI, mapa de difusión y modelos radiómicos), la certeza de la evidencia es baja. Se trata de series pequeñas, observacionales y, en general, sin un *gold standard* histopatológico ni métricas formales de exactitud, por lo que sus hallazgos deben considerarse exploratorios. La evidencia para TC y ecografía también es de baja certeza: aunque confirman su utilidad para calcificaciones y masas intraoculares, la mayoría de los trabajos son descriptivos y sin análisis sistemático de sensibilidad y especificidad.

**Tabla 4.** Resultados cuantitativos del estudio

| N.º | Autor/año | Diseño del estudio | Muestra | Técnicas evaluadas | Resultados cuantitativos |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Kheir et al., 2025 [20] | Estudio prospectivo | 44 pacientes (48 ojos) | RM de alta resolución (3 T secuencias: T1-3D y T2). | **Invasión poslaminar del nervio óptico:** sensibilidad (66,7 %) y especificidad (71,1 %).<br><br>**Invasión coroidea masiva:** sensibilidad (45,5 %) y especificidad (75,7 %).<br><br>**Invasión de la cámara anterior:** precisión (79,2 %).<br><br>**Invasión de la esclera:** precisión (62,5 %). |
| 2. | Zhao et al., 2024 [23] | Estudio retrospectivo | 256 pacientes | TC y RM (3,0 T secuencias: T1, T2, DWI y T1 con contraste: Dixon modificado). TC comparativa en una subpoblación. | **TC:** precisión diagnóstica del 96,96 %.<br><br>**RM:** precisión diagnóstica del 84,84 %. |
| 3. | Spadoni et al., 2024 [15] | Estudio retrospectivo | 8 pacientes | RM con mapa de difusión (ADC). (1,5 T, secuencias: T1 pre y post contrastada, T2 alta resolución). | **Invasión del nervio óptico:** precisión diagnóstica 100 %. Sensibilidad 66,6 % y especificidad 80 %<br><br>**ADC:** 0,520 × $10^3$ $mm^2/s$ (tumores poco diferenciados), 0,774 × $10^3$ $mm^2/s$ (tumores bien diferenciados). |
| 4. | de Bloeme et al., 2024 [24] | Estudio retrospectivo | 124 pacientes | RM de alta resolución (secuencias: 3D T2 de alta resolución, y T1 con contraste). | **Invasión poslaminar del nervio óptico:** sensibilidad del 88 % y especificidad del 92 % |
| 5. | Surukrattanaskul S et al., 2022 [28] | Estudio retrospectivo | 33 ojos | Ecografía, RM (1,5 T) y TC. | **RM:**<br>**Invasión del nervio óptico:** sensibilidad (75 %) y especificidad (54 %) |

| N.º | Autor/año | Diseño del estudio | Muestra | Técnicas evaluadas | Resultados cuantitativos |
|---|---|---|---|---|---|
| 6. | Li et al., 2021 [16] | Estudio prospectivo | 124 pacientes | RM (1,5-3,0 T con secuencias T1, T2 y T1 con contraste con supresión grasa). | **Invasión poslaminar del nervio óptico:**<br><br>**Radiomics:** sensibilidad del 81,1 % (entrenamiento); 82,4 % (validación)<br><br>**Radiólogos:** sensibilidad del 43,2 % (entrenamiento) y 52,9 % (validación) |
| 7. | Abusayf et al., 2020 [13] | Estudio prospectivo | 38 pacientes | RM (3,0 T orbitaria y cerebral con secuencias T1, T2 con supresión grasa, T1 con contraste, DWI y secuencia 3D de alta resolución). | **Invasión poslaminar del nervio óptico:** precisión (63,3 %), sensibilidad (88,9 %), especificidad (72,4 %).<br><br>**Invasión del nervio óptico prelaminar:** sensibilidad (0,0 %).<br><br>**Invasión del nervio óptico laminar:** sensibilidad (42,9 %). |
| 8. | Habib et al., 2020 [14] | Estudio prospectivo | 57 pacientes (58 ojos) | RM 3.0 T de alta resolución con secuencias T1, T2 con supresión grasa, DWI y mapas ADC. | **Invasión coroidea:** precisión (86,2 %), sensibilidad (95,2 %), especificidad (60 %).<br><br>**Invasión del nervio óptico prelaminar:** precisión (75,8 %), sensibilidad (58,8 %), especificidad (82,9 %).<br><br>**Invasión del nervio óptico poslaminar:** precisión (86,2 %), sensibilidad (85,2 %), especificidad (87 %). |

**Tabla 5.** Riesgo de sesgo según QUADAS-2

| Estudio (autor, año) | Pacientes consecutivos/ representativos | Sin sesgo de selección | Prueba índice claramente descrita | Estándar de referencia adecuado | Mismo estándar para todos | Intervalo adecuado prueba-estándar | Todos los pacientes incluidos | Riesgo global |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kheir et al., 2025 [20] | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| Onishi et al., 2024 [21] | Alto | Alto | Bajo | Moderado | Moderado | Bajo | Bajo | Alto |
| Woldeyohannes et al., 2024 [22] | Bajo | Bajo | Bajo | Moderado | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| Zhao et al., 2024 [23] | Moderado | Moderado | Bajo | Bajo | Bajo | Moderado | Bajo | Moderado |
| Spadoni et al., 2024 [15] | Moderado | Moderado | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Moderado |
| de Bloeme et al., 2024 [24] | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| Ramasubramanian et al., 2024 [19] | Bajo | Bajo | Bajo | Moderado | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| Chiranthan et al., 2023 [25] | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| Dias et al., 2023 [17] | Bajo | Moderado | Bajo | Moderado | Moderado | Bajo | Bajo | Moderado |
| Deike-Hofmann et al., 2022 [26] | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| Orman y Huisman, 2022 [27] | Bajo | Moderado | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| Surukrattanaskul et al., 2022 [28] | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| Fernández et al., 2021 [18] | Moderado | Moderado | Bajo | Moderado | Bajo | Bajo | Bajo | Moderado |
| Abusayf et al., 2020 [13] | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| Nadiarnykh et al., 2020 [29] | Bajo | Moderado | Bajo | Moderado | Bajo | Bajo | Bajo | Moderado |
| Habib et al., 2020 [14] | Bajo | Moderado | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| Li et al., 2022 [16] | Bajo | Moderado | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |

## 4. Discusión

Los hallazgos de esta revisión revelan que la RM, sobre todo de alta resolución, continúa siendo la técnica de imagen más utilizada para la evaluación de la invasión tumoral en retinoblastoma, aunque su rendimiento diagnóstico varía de manera significativa entre estudios. La sensibilidad para detectar PLONI oscila entre el 66 y el 88 %, mientras que la especificidad se sitúa entre el 71 y el 92 %, lo que coincide con reportes históricos que describen a la RM como una herramienta confiable, pero no infalible. Los trabajos que incorporan RM de alta resolución, difusión (ADC) y modelos radiómicos sugieren un posible aumento de la capacidad predictiva para PLONI y otros factores de alto riesgo, aunque sus resultados proceden de series pequeñas y requieren validación externa.

Actualmente, algunos estudios han intentado incorporar en la RM secuencias avanzadas, como mapas de difusión ADC y modelos radiómicos, como el análisis de Li et al. [16], en el que el modelo radiómico mostró un mejor desempeño que la evaluación visual radiológica, lo que podría sugerir un potencial importante para mejorar la detección temprana de PLONI [16]. Por otro lado, el mapa de ADC también ha mostrado buenos resultados; sin embargo, la guía de imágenes por RM de alta resolución de Habib et al. [14] sugiere implementar más estudios con mejores secuencias para mejorar la calidad de las imágenes, debido a que estas son susceptibles a artefactos y distorsiones, lo cual puede afectar su capacidad diagnóstica.

En contraste, técnicas más tradicionales como la TC mostraron buena precisión diagnóstica, pero con limitaciones claras para identificar invasión del nervio óptico, como lo evidenció el estudio de Onishi et al.[21]. En este estudio, la TC no detectó invasión en 2 de 5 casos; además, resaltó como factor negativo el uso de radiación. El mismo estudio demostró la utilidad inicial de la ecografía modo B para identificar masas (5/5), pero con menor capacidad para evaluar estructuras profundas o compromiso extraocular, por lo que continúa siendo un buen método de diagnóstico precoz, pero poco útil para caracterización y seguimiento tumoral.

Se continúan estudiando nuevas técnicas para mejorar el estadiaje y la evaluación completa del retinoblastoma, como la OCT portátil y la OCTA, las cuales, según los estudios encontrados, podrían ofrecer una alternativa no invasiva y más sensible para analizar tanto el tumor como su vasculatura y facilitar la monitorización de recaídas tumorales [18]. Un estudio sobre la MFI resalta que los vasos nutricios se visualizan mejor que en la AF, lo cual resultaría útil para evaluar la respuesta terapéutica [19]. Estas herramientas representan un enfoque prometedor; sin embargo, la escasez de estudios que evalúen su efectividad reduce la solidez de la evidencia disponible en este análisis. En conjunto, estas técnicas emergentes parecen especialmente útiles para la caracterización fina del tumor y el seguimiento de la respuesta terapéutica más que para sustituir a la RM en la evaluación de extensión y factores de alto riesgo.

El uso de técnicas imagenológicas en niños con retinoblastoma requiere una valoración bioética diligente debido a la mayor radiosensibilidad pediátrica y al riesgo acumulativo de efectos tardíos. Bajo el principio de radioprotección ALARA (*as low as reasonably achievable*), la tomografía computarizada debe guardarse para situaciones clínicamente justificadas, como la detección de calcificaciones intraoculares cuando otras modalidades no están disponibles o son incompletas, la evaluación de compromiso óseo orbitario, o en contextos de urgencia y recursos limitados donde la resonancia magnética no puede realizarse de forma oportuna. En condiciones generales, se deben priorizar modalidades no ionizantes como la resonancia magnética y la ecografía ocular. La mejora de protocolos pediátricos de baja dosis, evitar estudios innecesarios y el consentimiento informado de padres o tutores son fundamentales para una práctica diagnóstica ética y responsable, considerando además las limitaciones de acceso tecnológico en distintos entornos.

Una de nuestras limitaciones más relevantes es la gran heterogeneidad entre estudios, incluidos en cuanto a diseño, tamaño muestral, definición de desenlaces y protocolos de imagen, lo que impidió realizar un metaanálisis formal y requirió una síntesis cualitativa estructurada dentro del marco de una revisión sistemática. La heterogeneidad entre estudios también repercute en la certeza de la evidencia. La RM alcanza un nivel moderado, con resultados relativamente consistentes pero basados en muestras seleccionadas. La mayoría de los trabajos proceden de centros de referencia y se basan en ojos enucleados, por lo que la evidencia está más orientada a enfermedad avanzada que a etapas precoces, y puede no ser plenamente generalizable a otros escenarios. En cuanto a las técnicas emergentes, la certeza es baja debido a tamaños muestrales pequeños y ausencia de un *gold standard* uniforme, así mismo, la base de estudios disponibles dentro de los últimos 5 años con acceso abierto a la información fue limitada y puede dejar fuera estudios importantes, siendo más evidente la ausencia de estos en América latina, lo que refuerza la necesidad de generar evidencia local sobre el rendimiento de estas técnicas en distintos contextos. Por ello, los hallazgos deben interpretarse con prudencia y siempre junto con la valoración clínica.

## 5. Conclusión

En niños con retinoblastoma, la RM de alta resolución es la técnica de imagen que ofrece la mejor precisión, sensibilidad y especificidad para evaluar la invasión del nervio óptico y otros factores histopatológicos de alto riesgo. La incorporación de secuencias avanzadas en la RM como mapas de difusión y modelos radiómicos muestra hallazgos significativos, aunque siguen siendo estudiados. La ecografía ocular continúa siendo útil para la detección inicial de masas y calcificaciones, pero tiene un papel limitado en la valoración detallada de la extensión tumoral, mientras que la TC ha disminuido su uso debido al riesgo de radiación.

Técnicas como la OCT, OCTA y el MFI muestran resultados prometedores para la caracterización y el seguimiento del tumor, y podrían ser útiles en la valoración de la respuesta terapéutica, no obstante, la evidencia actual es aún insuficiente para formular recomendaciones firmes. Se requieren estudios prospectivos, multicéntricos y con protocolos de imagen estandarizados que confirmen estos hallazgos y definan con mayor precisión el rol de cada modalidad en el algoritmo diagnóstico del retinoblastoma.

### 5.1 Limitaciones de responsabilidad

Una de nuestras limitaciones más relevantes es la gran heterogeneidad entre estudios, incluidos en cuanto a diseño, tamaño muestral, definición de desenlaces y protocolos de imagen, lo que impidió realizar un metaanálisis formal y requirió una síntesis cualitativa estructurada dentro del marco de una revisión sistemática. La heterogeneidad entre estudios también repercute en la certeza de la evidencia. La base de estudios disponibles dentro de los últimos cinco años con acceso abierto a la información fue limitada y puede dejar fuera estudios importantes; es más evidente la ausencia de estos en América Latina, lo que refuerza la necesidad de generar evidencia local sobre el rendimiento de estas técnicas en distintos contextos. Por esta razón, es necesario que los hallazgos se interpreten con cautela y junto con la valoración clínica.

## 6. Abreviaturas

RB: retinoblastoma

RM: resonancia magnética

TC: tomografía computarizada

OCT: tomografía de coherencia óptica

OCTA: tomografía de coherencia óptica con angiografía

MFI: imagen de flujo microvascular

PLONI: invasión del nervio óptico poslaminar

ADC: coeficiente de difusión aparente

## 7. Información administrativa

### 7.1 Contribución de los autores

**Sara Walsh**: conceptualización, metodología, investigación, administración del proyecto, escritura-borrador/ original, redacción-revisión y edición.

**Ariana Veloz:** conceptualización, metodología, investigación, creación de tablas y figuras, redacción-revisión y edición.

**Bruno García:** conceptualización, investigación, gestión de software y análisis formal, corrección intelectual de la redacción, revisión y edición.

**Christian Chaucalá:** conceptualización, investigación, validación, visualización, metodología, redacción- revisión.

### 7.2 Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

### 7.3 Financiamiento

Ninguno.

## 8. Referencias

1. Cruz-Gálvez CC, Ordaz-Favila JC, Villar-Calvo VM, Cancino-Marentes ME, Bosch-Canto V. Retinoblastoma: Review and new insights. Front Oncol. 2022 Nov 2;12. https://doi.org/10.3389/fonc.2022.963780
2. Zhou M, Tang J, Fan J, Wen X, Shen J, Jia R, et al. Recent progress in retinoblastoma: Pathogenesis, presentation, diagnosis and management. Asia-Pacific Journal of Ophthalmology. 2024 Mar;13(2):100058. https://doi.org/10.1016/j.apjo.2024.100058
3. Organización Panamericana de la Salud. Ecuador, único país de las Américas elegido para integrar plataforma global contra el cáncer [Internet]. Washington (DC): Organización Panamericana de la Salud; 2024 [citado 2025 Nov 12]. Disponible en: https://www.paho.org/es/noticias/9-4-2024-ecuador-unico-pais-americas-elegido-para-integrar-plataforma-global-contra-cancer
4. Kumari A, Singh SP, Kumar P, Kondaveeti SB, Garg VK, Kaur R, et al. A Comprehensive Review of the Epidemiology, Pathophysiology, Risk Factors, and Treatment Strategies for Retinoblastoma. Diseases. 2025 Sep 19;13(9):307. https://doi.org/10.3390/diseases13090307
5. Nag A, Khetan V. Retinoblastoma – A comprehensive review, update and recent advances. Indian J Ophthalmol. 2024 Jun;72(6):778–88. https://doi.org/10.4103/IJO.IJO_2414_23
6. Castro González M, Recinos Coreas TR, Sanabria Quesada MF. Actualización sobre retinoblastoma: tumor ocular en edad pediátrica. Revista Medica Sinergia. 2023 Mar 1;8(3):e989. https://doi.org/10.31434/rms.v8i3.989
7. Ibrahim MW, Hassanein DH, Salah SH, Swaify IY. Retinoblastoma and Its Masquerades. Egyptian Retina Journal. 2023 Jan;10(1):14–20. https://doi.org/10.4103/erj.erj_3_24
8. Rumboldt Z, Dodig D, Galluzzi P, Brumini I, Clarke R, Singh S, et al. Retinoblastoma and beyond: pediatric orbital mass lesions. Neuroradiology. 2025 Feb 27;67(2):469–92. https://doi.org/10.1007/s00234-024-03517-6
9. Cho SJ, Kim JH, Baik SH, Sunwoo L, Bae YJ, Choi BS. Diagnostic performance of MRI of post-laminar optic nerve invasion detection in retinoblastoma: A systematic review and meta-analysis. Neuroradiology. 2021 Apr 31;63(4):499–509. https://doi.org/10.1007/s00234-020-02538-1
10. Meira JG, Da Silveira LG. Retinoblastoma. Características clínicas de la enfermedad y la importancia de su diagnóstico precoz: Una revisión narrativa. Universidad de la Integración de las Américas [Internet]. 2024 Dec 2 [cited 2025 Dec 1]. Disponible en: https://www.unida.edu.py/v4/wp-content/uploads/2025/07/23-Retinoblastoma.-Caracteristicas-clinicas-de-la-enfermedad-y-la-importanci
11. Silvera VM, Guerin JB, Brinjikji W, Dalvin LA. Retinoblastoma: What the Neuroradiologist Needs to Know. American Journal of Neuroradiology. 2021 Apr;42(4):618–26. https://doi.org/10.3174/ajnr.A6949
12. Cardoen L, Sirin S, Galluzzi P, de Jong MC, Koob M, Göricke S, et al. Practical guidelines on imaging of retinoblastoma: a 2025 update on behalf of the European Retinoblastoma Imaging Collaboration and the European Retinoblastoma Group. Eur Radiol. 2025 Aug 6. https://doi.org/10.1007/s00330-025-11853-1
13. Abusayf MM, Alkatan HM, Elkhamary S, Almesfer SA, Maktabi AMY. Histopathological assessment of optic nerve invasion guided by radiological findings in enucleated globes with retinoblastoma. BMC Ophthalmol. 2020 Dec 29;20(1):386. https://doi.org/10.1186/s12886-020-01654-z
14. Habib YS, Youssef AA, AlKiki HA, Ghareeb HT, ElZomor HEDA. High Resolution MR Imaging guidelines in retinoblastoma: prospective study correlated with histopathological results. Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine. 2020 Dec 6;51(1):28. https://doi.org/10.1186/s43055-020-0143-3
15. Spadoni VS, Conceição TMB da, Schaefer F da C, Ercolani DS, Maestri MK, Klaes A, et al. Role of apparent diffusion map in the evaluation of retinoblastoma. Arq Bras Oftalmol. 2024;87(2). https://doi.org/10.5935/0004-2749.2021-0435

16. Li Z, Guo J, Xu X, Wei W, Xian J. MRI-based radiomics model can improve the predictive performance of postlaminar optic nerve invasion in retinoblastoma. Br J Radiol. 2022 Feb 1;95(1130). https://doi.org/10.1259/bjr.20211027

17. Dias MQ, Providência J, Monteiro M, Castela G. Tomografia de Coerência Óptica (OCT) no Seguimento de Retinoblastoma: Experiência do Centro de Referência Português. Revista Sociedade Portuguesa de Oftalmologia [Internet]. 2023 [cited 2025 Nov 25];47(2):125–31. Available from: https://revistas.rcaap.pt/oftalmologia/article/view/28264

18. Fernandez JP, Haider AA, Vajzovic L, Ponugoti A, Kelly MP, Materin MA. Optical Coherence Tomography Angiography Microvascular Variations in Pre- and Posttreatment of Retinoblastoma Tumors. Ocul Oncol Pathol. 2021;7(5):330–9. https://doi.org/10.1159/000515142

19. Ramasubramanian A, Riemann M, Brown A, Abruzzo T, Goncalves LF. Microvascular flow ultrasound imaging for retinoblastoma. Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus. 2024 Feb;28(1):103801. https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2023.10.003

20. Kheir WJ, Hourani R, Zougheib Y, Slim A, Tamer C, Al-Haddad C. High-risk features in retinoblastoma: the association between histopathology and MRI. BMJ Open Ophthalmol. 2025 Oct 2;10(1):e002170. https://doi.org/10.1136/bmjophth-2025-002170

21. Onishi T, Nishina S, Yokoi T, Yoshida T, Hayashi S, Morikawa-Anzai H, et al. Outcomes of five cases of retinoblastoma with optic nerve invasion on imaging. Jpn J Ophthalmol. 2024 Nov 28;68(6):741–50. https://doi.org/10.1007/s10384-024-01112-z

22. Abebe Mekonnen Woldeyohannes, Biruk Abebe Wondimu, Daniel Hailu Kefenie, Tesfaye Kebede Legesse, Semira Abrar Issa. Retinoblastoma in Ethiopian Children: Imaging Findings and Staging. Ethiop J Health Sci. 2024 Oct 25;34. https://doi.org/10.4314/ejhs.v34i1.7s

23. Zhao J, Cui R, Li L, Zhao B, Chen L. Multimodal imaging for the differential diagnosis and efficacy evaluation of intraocular retinoblastoma in children with selective ophthalmic artery infusion. Transl Pediatr. 2024 Jul;13(7):1022–32. https://doi.org/10.21037/tp-24-2

24. de Bloeme CM, Jansen RW, Göricke S, Grauwels STL, van Elst S, Ketteler P, et al. Optic nerve thickening on high-spatial-resolution MRI predicts early-stage postlaminar optic nerve invasion in retinoblastoma. Eur Radiol. 2024 Dec 13;34(7):4638–48. https://doi.org/10.1007/s00330-023-10471-z

25. Chiranthan M, Meel R, Sharma S, Lomi N, Kashyap S, Singh Bajaj M. Can Enhancement Pattern in Normal-Sized Optic Nerves on Magnetic Resonance Imaging Better Predict Tumor Invasion in Retinoblastoma Eyes? Ocul Oncol Pathol. 2023;9(3–4):107–14. https://doi.org/10.1159/000531354

26. Deike-Hofmann K, von Lampe P, Eerikaeinen M, Ting S, Schlüter S, Schlemmer HP, et al. Anterior chamber enhancement predicts optic nerve infiltration in retinoblastoma. Eur Radiol. 2022 May 7;32(11):7354–64. https://doi.org/10.1007/s00330-022-08778-4

27. Orman G, Huisman TAGM. A descriptive neuroimaging study of retinoblastoma in children: magnetic resonance imaging features. Pol J Radiol. 2022 Jul 4;87:363–8. https://doi.org/10.5114/pjr.2022.118107

28. Surukrattanaskul S, Keyurapan B, Wangtiraumnuay N. Correlation between clinical presentations, radiological findings and high risk histopathological features of primary enucleated eyes with advanced retinoblastoma at Queen Sirikit National Institute of Child Health: 5 years result. PLoS One. 2022 Jul 20;17(7):e0270362. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0270362

29. Nadiarnykh O, McNeill-Badalova NA, Gaillard M, Bosscha MI, Fabius AWM, Verbraak FD, et al. Optical coherence tomography ( <scp>OCT</scp> ) to image active and inactive retinoblastomas as well as retinomas. Acta Ophthalmol. 2020 Mar 26;98(2):158–65. https://doi.org/10.1111/aos.14214