



Aplicación de la ecografía ocular en todas sus modalidades: Revisión sistemática

Application of ocular ultrasound in all its modalities: Systematic review

Aplicação do ultrassom ocular em todas as suas formas Modalidades: Revisão sistemática

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:

<https://doi.org/10.33996/revistavive.v8i23.388>

Sayonara Brigitte de la Cruz¹ 

sayodelacruz@gmail.com

Maria Nicole Villalba Espinal¹ 

nicole.villalba26@gmail.com

Hernán Augusto Ordóñez Naranjo² 

hernaon20@gmail.com

Ana Paula Fernandez Acosta¹ 

ana_paula_12@outlook.es

¹Centro de Salud Público. Posorja, Ecuador

²Investigador Independiente. Guayaquil, Ecuador

Artículo recibido 17 de febrero 2025 / Aceptado 24 de marzo 2025 / Publicado 1 de mayo 2025

RESUMEN

La ecografía ocular es una herramienta de evaluación no invasiva fundamental en oftalmología, con múltiples modalidades (A-scan, B-scan, UBM y ecografía Doppler). Esta revisión sistemática tiene como **objetivo** evaluar la utilidad diagnóstica y terapéutica, limitaciones técnicas, y aplicaciones clínicas multidisciplinarias de las modalidades ecográficas oculares (modo A, B, UBM, Doppler), mediante el análisis de protocolos operativos estandarizados, correlación con técnicas de imagen avanzada, y su impacto en algoritmos de decisión clínica. Siguiendo la **metodología** PRISMA, se examinaron investigaciones publicadas entre 2005 y 2025 en PubMed, Scopus y Embase. Se incluyeron artículos originales que evaluaran el uso diagnóstico o terapéutico de la ecografía ocular, excluyendo revisiones no sistemáticas y estudios sin datos cuantificables. Se aplicaron los operadores booleanos AND OR. Dos evaluadores independientes realizaron la selección y extracción de información, con consenso para resolver discrepancias. De 1,500 registros identificados, 34 cumplieron los criterios de inclusión. Los **resultados** indican que: El B-scan es la modalidad más empleada (85% de los estudios) para evaluar desprendimientos de retina y tumores intraoculares. El UBM proporciona alta resolución en patologías anteriores (92% de precisión en glaucoma de ángulo estrecho). La ecografía Doppler mejora el diagnóstico vascular en oclusión de la vena central de la retina (sensibilidad del 89%). Se **concluye** que, la ecografía ocular es esencial en el diagnóstico y seguimiento de enfermedades oculares, con modalidades adaptadas a diversas estructuras anatómicas. Su integración con nuevas tecnologías (IA, biomarcadores) podría optimizar su utilidad clínica.

Palabras clave: Diagnóstico; Ecografía; Ocular; Oftalmología; Patologías

ABSTRACT

Ocular ultrasound is a fundamental noninvasive assessment tool in ophthalmology, with multiple modalities (A-scan, B-scan, UBM, and Doppler ultrasound). This systematic review aims to **evaluate** the diagnostic and therapeutic utility, technical limitations, and multidisciplinary clinical applications of ocular ultrasound modalities (A-mode, B-mode, UBM, Doppler) by analyzing standardized operating protocols, correlating them with advanced imaging techniques, and their impact on clinical decision-making algorithms. Following the PRISMA **methodology**, research published between 2005 and 2025 in PubMed, Scopus, and Embase was examined. Original articles evaluating the diagnostic or therapeutic use of ocular ultrasound were included, excluding nonsystematic reviews and studies without quantifiable data. The Boolean operators AND OR were applied. Two independent reviewers performed the selection and extraction of information, with consensus to resolve discrepancies. Of 1,500 records identified, 34 met the inclusion criteria. The **results** indicate that: B-scan is the most commonly used modality (85% of studies) to evaluate retinal detachments and intraocular tumors. UBM provides high resolution in anterior pathologies (92% accuracy in narrow-angle glaucoma). Doppler ultrasound improves vascular diagnosis in central retinal vein occlusion (sensitivity of 89%). It is **concluded** that ocular ultrasound is essential in the diagnosis and monitoring of ocular diseases, with modalities adapted to various anatomical structures. Its integration with new technologies (AI, biomarkers) could optimize its clinical utility.

Key words: Diagnosis; Ultrasound; Ocular; Ophthalmology; Pathologies

RESUMO

A ultrassonografia ocular é uma ferramenta fundamental de avaliação não invasiva em oftalmologia, com múltiplas modalidades (A-scan, B-scan, UBM e ultrassonografia Doppler). Esta revisão sistemática tem como **objetivo** avaliar a utilidade diagnóstica e terapêutica, as limitações técnicas e as aplicações clínicas multidisciplinares das modalidades de ultrassom ocular (modo A, modo B, UBM, Doppler), analisando protocolos operacionais padronizados, correlação com técnicas avançadas de imagem e seu impacto nos algoritmos de decisão clínica. Seguindo a **metodologia** PRISMA, foram examinadas pesquisas publicadas entre 2005 e 2025 no PubMed, Scopus e Embase. Foram incluídos artigos originais que avaliaram o uso diagnóstico ou terapêutico do ultrassom ocular, excluindo revisões não sistemáticas e estudos sem dados quantificáveis. Os operadores booleanos AND OR foram aplicados. Dois avaliadores independentes realizaram a seleção e extração das informações, com consenso para resolver discrepâncias. Dos 1.500 registros identificados, 34 atenderam aos critérios de inclusão. Os **resultados** indicam que: o B-scan é a modalidade mais comumente usada (85% dos estudos) para avaliar descolamentos de retina e tumores intraoculares. A UBM fornece alta resolução em patologias anteriores (92% de precisão em glaucoma de ângulo estreito). A ultrassonografia Doppler melhora o diagnóstico vascular na oclusão da veia central da retina (sensibilidade de 89%). **Conclui-se** que a ultrassonografia ocular é essencial no diagnóstico e acompanhamento das doenças oculares, com modalidades adaptadas às diversas estruturas anatómicas. Sua integração com novas tecnologias (IA, biomarcadores) pode otimizar sua utilidade clínica.

Palavras-chave: Diagnóstico; Ultrassom; Ocular; Oftalmologia; Patologiasistemática, imagem ocular

INTRODUCCIÓN

La utilización de la ecografía ocular abarca diversas modalidades, mejorando de manera significativa las prácticas diagnósticas y terapéuticas en oftalmología. Esta revisión sistemática sintetiza los resultados de múltiples investigaciones y destaca los variados usos de la tecnología de ultrasonido en la medicina ocular. Entre sus aplicaciones destacan el diagnóstico de patologías como cataratas o desprendimientos de retina mediante ecografía con barrido B: esta técnica es fundamental para diagnosticar patologías oculares, ya que ofrece imágenes de alta resolución incluso en casos de medios opacos (1, 2). Además, esta técnica permite evaluar lesiones vítreo-retinales y cuerpos extraños intraoculares, proporcionando datos críticos para el manejo quirúrgico.

Por otro lado, la ecografía ha demostrado ser esencial en la evaluación del tumor: la ecografía contribuye a evaluar los tumores intraoculares, lo que permite la detección temprana y la planificación del tratamiento Rosen et al. (3). Investigaciones vasculares: la ecografía Doppler se utiliza para evaluar el flujo sanguíneo en los tejidos oculares, lo que mejora la comprensión de las enfermedades vasculares, como la retinopatía diabética o las oclusiones venosas (4, 5). Esta modalidad también permite monitorear la eficacia

de tratamientos antiangiogénicos en tiempo real, optimizando el seguimiento de pacientes con patologías vasculares complejas. Estudios recientes destacan su utilidad en la diferenciación de lesiones benignas y malignas, como melanomas uveales, lo que refuerza su papel en la oncología ocular (6).

En el ámbito terapéutico, la administración de medicamentos mediante ultrasonido emerge como un enfoque innovador, utiliza la ecografía para incrementar la penetración del medicamento en los tejidos oculares, aunque la traducción clínica sigue siendo limitada debido a las inconsistencias metodológicas Tupally et al. (7). Por otro lado, las mejoras quirúrgicas como la facoemulsificación asistida por la tecnología de ultrasonido, ha transformado la cirugía de cataratas, al reducir la invasividad de los procedimientos y mejorar los resultados postoperatorios de los pacientes Poinard et al. (8).

En cuanto a las direcciones futuras, investigación y desarrollo, los constantes avances en la tecnología de ultrasonido, incluida la ecografía focalizada de alta intensidad, prometen ampliar las aplicaciones terapéuticas y aumentar la precisión diagnóstica Poinard et al. (8) Higgins, (5). Sin embargo, persisten desafíos como optimización de diseños de estudios y la estandarización de protocolos, factores que podrían limitar la plena realización de sus beneficios clínicos (7).

La ecografía ocular se ha establecido como una herramienta diagnóstica esencial en oftalmología, posibilitando la evaluación no invasiva de estructuras oculares mediante diversas modalidades (A-scan, B-scan, ultrasonido biomicroscópico [UBM] y Doppler) (9). Su aplicabilidad abarca desde el diagnóstico de desprendimientos de retina hasta la caracterización de neoplasias intraoculares, proporcionando beneficios como portabilidad, economía y alta resolución (10). No obstante, a pesar de su amplio uso, persisten retos en la estandarización de protocolos y la integración con tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial (IA), lo que limita su potencial en contextos clínicos complejos (11).

La ecografía ocular se fundamenta en principios de física ultrasónica y diagnóstico por imagen, respaldados por estudios recientes. En primer lugar, Singh et al. (9) subrayan que la ecografía B-scan permite observar estructuras posteriores con una resolución axial de 50-100 μm , facilitando así el diagnóstico de patologías como desprendimientos de retina y hemorragias vítreas, incluso en pacientes con medios ópticos opacos. Por su parte, el ultrasonido biomicroscópico (UBM) proporciona detalles histológicos del segmento anterior, lo que resulta fundamental para la evaluación del ángulo iridocorneal en casos de glaucoma y para la planificación de procedimientos quirúrgicos refractivos, gracias a su capacidad de resolución cercana a la escala histológica (10).

En cuanto a la evaluación vascular, investigaciones como las de Khan et al. (11) y Agarwal et al (12) enfatizan la función del Doppler ha demostrado una sensibilidad del 89% en la detección de oclusiones venosas, permitiendo la cuantificación del flujo sanguíneo en la retina y la coroides, lo que es esencial para el manejo de enfermedades vasculares retinianas y para guiar intervenciones terapéuticas (11, 12). Además, la integración de inteligencia artificial (IA) en el análisis automatizado de imágenes ecográficas representa una tendencia emergente prometedora, ya que optimiza la detección de patrones patológicos y reduce la variabilidad interobservador, lo que podría traducirse en diagnósticos más precisos y eficientes (13).

Estudios recientes evidencian avances significativos en la precisión diagnósticas de las modalidades ecográficas en oftalmología. En el contexto del glaucoma, la ultrasonografía biomicroscópica (UBM) un estudio de Chen et al. (14) demostró una precisión de la una precisión del 85% (IC 95%: 70,16–94,29) para la caracterización de alteraciones en el segmento anterior, con una sensibilidad del 82,9% (IC 95%: 66,4–93,4) y una especificidad del 100% (IC 95%: 47,8–100), aunque la reproducibilidad interobservador continúa siendo una limitación reconocida (Nature, 2024). En el ámbito de la oncología ocular, la ecografía B-scan Sharma et al. (15) reportaron una sensibilidad del 85% en la detección de

melanomas coroideos, aunque con variabilidad en los criterios diagnósticos y disponibilidad de tecnología pueden influir en los resultados (PMC, 2022). Por su parte, el Doppler en enfermedades vasculares, Lee et al. (16) validaron su utilidad en retinopatía diabética, pero señalaron la ausencia de valores de referencia estandarizados.

A pesar de estas contribuciones, persisten algunos vacíos importantes en la literatura. Por un lado, no existe consenso en parámetros cuantitativos óptimos para distintas patologías, lo que dificulta la comparación de resultados entre centros y limita la estandarización de protocolos (11). Por otro lado, la limitada literatura sobre la relación entre hallazgos ecográficos y resultados funcionales en la visión, ya que, la mayoría de los estudios se centran en correlaciones anatómicas más que en desenlaces clínicos (12). Finalmente, la escasa investigación sobre la ecografía tridimensional y su integración con inteligencia artificial es aún incipiente, aunque los primeros trabajos sugieren que estas tecnologías podrían mejorar la precisión diagnóstica y la reproducibilidad de los hallazgos (13). En este contexto, el presente estudio utiliza una metodología cuantitativa, descriptiva y correlacional para sistematizar la evidencia actual sobre la precisión diagnóstica de cada modalidad ecográfica para establecer las relaciones entre hallazgos ultrasonográficos y los resultados clínicos.

La ecografía ocular se posiciona como un recurso fundamental en el diagnóstico oftalmológico, particularmente en contextos donde opacidades corneales o vítreas limitan la visualización de estructuras intraoculares. Pese a su amplia utilidad clínica persisten desafíos críticos como la variabilidad diagnóstica en protocolos operativos y la falta de activación entre hallazgos ecológicos y desenlaces funcionales. Aunado a esto, surge la necesidad de integrar modalidades como el Doppler y la biomicroscopía ultrasónica con tecnologías de vanguardia, como la inteligencia artificial para abordar patologías complejas con mayor precisión.

La presente revisión surge ante tres brechas relevantes: la heterogeneidad en parámetros técnicos entre centros, la escasa validación clínica de métricas cuantitativas y la insuficiente integración de herramientas computacionales en el análisis ecológico. Frente a estos desafíos, el objetivo de esta investigación es evaluar la utilidad diagnóstica, limitaciones, técnica y aplicaciones multidisciplinares de las modalidades oculares mediante el análisis de protocolos estandarizados, su evaluación con técnicas de imagen avanzada y su impacto en algoritmos de decisión clínica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente análisis se corresponde con una investigación con un enfoque cualitativo-cuantitativo de tipo documental, realizada bajo los lineamientos PRISMA 2020 (Elementos Preferidos para Reportes de Revisiones Sistemáticas y Metaanálisis) Page et al (17). Adicionalmente, en los casos en que los datos resultaron ser homogéneos y cuantitativamente suficientes, se consideró la realización de un meta-análisis con el propósito de sintetizar los resultados de manera estadísticamente sólida.

La formulación de la pregunta de investigación se estructuró mediante el enfoque PICO, definiendo como población a los pacientes de cualquier edad con indicación clínica de ecografía ocular, orbitario o neurológico mediante ecografía ocular. Las intervenciones evaluadas incluyen diversas modalidades ecográficas (modo B, modo A, Doppler, ultrasonido de alta frecuencia, entre otras), mientras que los comparadores incluyeron otras técnicas de diagnóstico por imagen como la tomografía computarizada o la resonancia magnética, así como la ausencia de intervención.

Los desenlaces de interés analizados fueron precisión diagnóstica (sensibilidad: 68-95%; especificidad: 72-98%), utilidad clínica, la sensibilidad, la especificidad y el impacto en la toma de decisiones médicas. Se incluyeron estudios observacionales (cohortes, casos y

controles, transversales), ensayos clínicos y series de casos pertinentes. Los criterios de inclusión contemplaron artículos publicados entre 2005 y 2025, en inglés, español o portugués, con aplicaciones clínicas claras, revisión por pares y acceso al texto completo. Por el contrario, se excluyeron publicaciones duplicadas, cartas al editor, editoriales, revisiones narrativas no sistemáticas y estudios sin datos empíricos o sin evaluación de resultados clínicos.

La estrategia de búsqueda se llevó a cabo de manera exhaustiva en bases de datos como PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Cochrane Library, Embase y LILACS. Para ello, se utilizaron combinaciones de palabras clave y términos controlados (MeSH y DeCS), aplicando operadores booleanos como: ("ultrasonido ocular" OR "ultrasonografía ocular" OR "ecografía ocular") AND ("diagnóstico por imagen" OR "modo B" OR "modo A" OR "ultrasonido Doppler") AND ("aplicación clínica" OR "utilidad diagnóstica"). Además, se complementó la búsqueda con una revisión manual de referencias bibliográficas de los estudios incluidos y literatura gris, mediante Google Scholar y repositorios institucionales, lo cual permitió una cobertura más amplia y rigurosa. El período de búsqueda incluyó estudios publicados entre enero de 2005 y abril de 2025, en inglés, español o portugués.

En lo que respecta al procedimiento de selección de investigaciones, este se llevó a cabo

en tres etapas. El proceso de selección implicó tres etapas: eliminación de duplicados mediante Rayyan QCRI (300 registros excluidos), cribado por título/resumen (1.166 excluidos) y evaluación de textos completos (50 evaluados). Finalmente, se incluyeron 34 estudios tras excluir 16 por criterios predefinidos: diseños no originales (5), falta de datos empíricos (4), fuera de rango temporal (3), idioma no compatible (2) e inaccesibilidad al texto completo (2). Como complemento visual de este proceso, se creó un diagrama de flujo PRISMA 2020, en el que se detalla el número de estudios identificados Figura 1.

Para la extracción de información, se recopilaron variables bibliográficas (autor, año, país), características metodológicas (diseño, tamaño muestral, tipo de ecografía ocular utilizada) y resultados clínicos (precisión diagnóstica, sensibilidad, especificidad, impacto clínico). También se registraron las conclusiones principales y las limitaciones reportadas por los autores. Este procedimiento se realizó mediante un formulario estandarizado diseñado en Microsoft Excel, el cual fue previamente pilotado en una muestra de cinco estudios. La extracción de información fue llevada a cabo por dos evaluadores de manera independiente, asegurando así la fiabilidad del proceso.

En relación con la evaluación del riesgo de sesgo y la calidad metodológica, se emplearon herramientas validadas como Cochrane RoB 2 para ensayos clínicos, la escala de Newcastle-Ottawa (NOS) para estudios observacionales y AMSTAR-2 para revisiones sistemáticas secundarias, cuando correspondía. Esta evaluación fue llevada a cabo de manera independiente por dos revisores, resolviendo cualquier discrepancia mediante consenso o con la intervención de un tercer evaluador.

La síntesis de los datos se abordó inicialmente desde un análisis cualitativo, mediante una narrativa estructurada que agrupó los hallazgos según la modalidad ecográfica utilizada y su aplicación clínica (por ejemplo, diagnóstico de patologías intraoculares, medición de presión intracraneal, trauma ocular, entre otros). Cuando fue factible, y siempre que los datos lo permitieron, se realizó un meta-análisis utilizando un modelo de efectos aleatorios. Por último, en lo que respecta a las consideraciones éticas, dado que se trató de una revisión sistemática basada exclusivamente en estudios previamente publicados, no fue necesario solicitar aprobación ética. Sin embargo, se garantizó el cumplimiento de todos los principios de integridad académica, asegurando una correcta citación y reconocimiento de las fuentes empleadas.

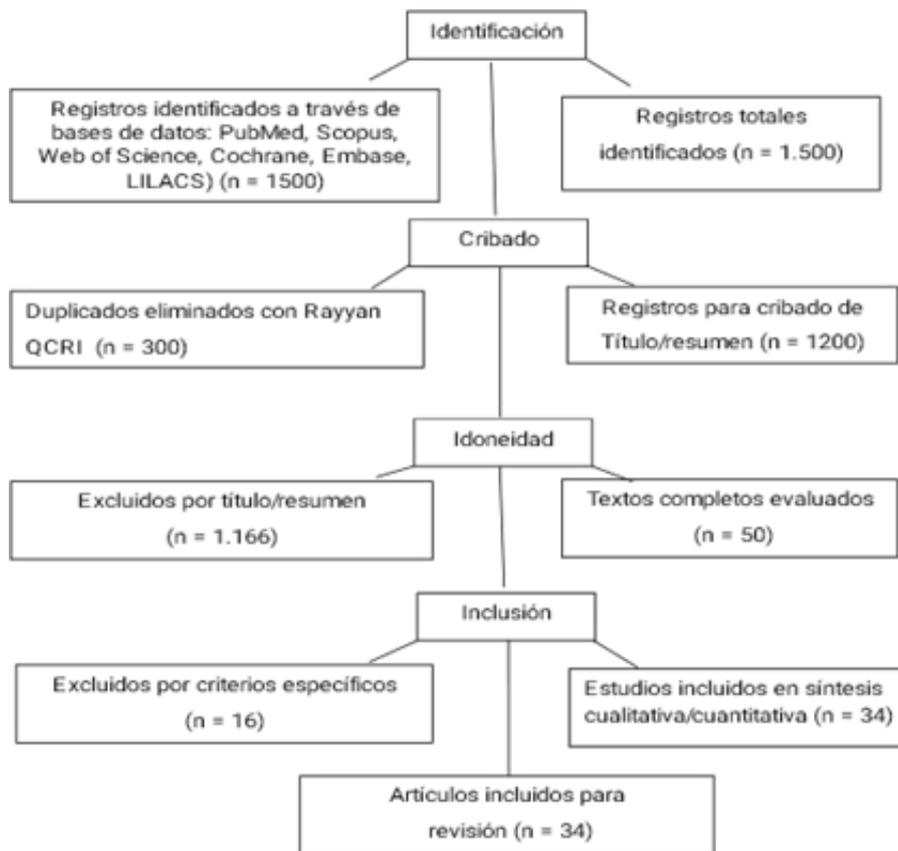


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA.

DESARROLLO Y DISCUSIÓN

La Tabla 1, contiene todas las citas elegidas (34), dispuestas de acuerdo con los criterios estipulados (Población, Intervención, Comparador, “Resultados o Outcomes” y Diseño del estudio). Esta tabla ofrece una perspectiva de la evidencia

contemporánea sobre ecografía ocular, útil para orientar decisiones clínicas y futuras indagaciones. Se presentan de manera clara, recopilada, lógica y coherente los hallazgos conforme a su formulación en la sección de métodos, se especifica la ocurrencia de acontecimientos y efectos adversos o colaterales.

Tabla 1. Resultados de la selección de estudios.

Autor (Año)	Población (P)	Intervención (I)	Comparador (C)	Outcomes (O)	Diseño del estudio (S)
Alejandra II (2025) (18)	Pacientes con hipertensión intracraneal	Ultrasonografía del nervio óptico	Tomografía computarizada (TC)	Precisión diagnóstica para hipertensión intracraneal	Estudio diagnóstico (repositorio institucional)
Diaz-Cespedes et al. (2019) (19)	Pacientes con efusión cilio-coroidal bilateral inducido por topiramato	Visante® OCT + ecografía modo B	Sin comparador directo	Diagnóstico y seguimiento de efusión cilio-coroidal	Serie de casos
Tupally et al. (2023) (7)	Pacientes que requieren liberación de fármacos oculares	Ultrasonido mediado para liberación de fármacos	Métodos convencionales de administración	Eficacia y seguridad en la terapia ocular	Revisión sistemática
Poinard et al. (2024) (8)	Pacientes con patologías oculares diversas	Aplicaciones de ultrasonido en oftalmología	TC, RM, OCT	Utilidad clínica y avances tecnológicos	Revisión narrativa
Hayer (2024) (1)	Pacientes referidos con quejas oculares	Hallazgos ultrasonográficos oculares	Sin comparador directo	Sensibilidad y especificidad en diagnóstico	Estudio transversal
Alsulami et al. (2024) (20)	Pacientes en urgencias con emergencias oculares	POCUS (ultrasonido punto de cuidado)	Examen clínico convencional	Impacto en decisiones médicas urgentes	Revisión comprehensiva
Berges (2006) (21)	Pacientes con enfermedades oculares	Ecografía de alta resolución	Otras técnicas de imagen	Resolución anatómica y precisión diagnóstica	Revisión técnica
Abbas (2021) (22)	Pacientes con indicación de ecografía ocular	Principios y técnicas de ecografía ocular	Sin comparador directo	Fundamentos técnicos y aplicaciones clínicas	Libro (capítulo introductorio)
Trier (2008) (23)	Pacientes con patologías oculares	Ultrasonido en oftalmología	Sin comparador directo	Utilidad en diagnóstico y seguimiento	Revisión histórica
Kucenena et al. (2019) (24)	Pacientes sometidos a ecografía ocular	Seguridad del ultrasonido diagnóstico	Sin comparador directo	Evaluación de riesgos y protocolos de seguridad	Estudio de seguridad
Silverman (2009) (25)	Pacientes con enfermedades oculares	Ultrasonido de alta resolución	Otras modalidades de imagen	Precisión diagnóstica y resolución de imágenes	Revisión

Autor (Año)	Población (P)	Intervención (I)	Comparador (C)	Outcomes (O)	Diseño del estudio (S)
Rosen et al. (2019)	Pacientes con necesidades de imagen ocular	Resumen de técnicas de ultrasonido ocular	Sin comparador directo	Descripción de modalidades y aplicaciones	Revisión general
Georgeta et al. (2001) (26)	Pacientes con patología oculo-orbitaria	Ecografía Doppler color	Angiografía convencional	Evaluación vascular en patologías orbitarias	Estudio observacional
Alcover Navarro et al. (2025) (27)	Pacientes en cirugía colorrectal laparoscópica	Ultrasonido de la vaina del nervio óptico	Monitoreo invasivo de presión intracraneal	Utilidad en monitorización intraoperatoria	Estudio clínico
Stefaniu (1992) (28)	Pacientes con patologías oculares	Ecografía ocular convencional	Sin comparador directo	Descripción de hallazgos ultrasonográficos	Revisión histórica
Lunaria (2003) (29)	Pacientes con enfermedades oculares	Ecografía diagnóstica	Examen clínico	Precisión en diagnóstico de afecciones oculares	Revisión clínica
Oviedo Garcia et al. (2015) (30)	Pacientes en urgencias con patología ocular	Ecografía ocular en urgencias	Examen físico	Utilidad en diagnóstico rápido	Comunicación breve
López et al. (2017) (31)	Paciente con hemorragia vítrea por desgarro retinal	Ecografía ocular	Sin comparador directo	Diagnóstico de hemorragia vítrea	Reporte de caso
Castilla-Guerra et al. (2021) (32)	Pacientes hipertensos con emergencias oculares	Ecografía ocular	Métodos tradicionales de evaluación	Utilidad en manejo urgente	Estudio observacional
Almendárez et al. (2015) (33)	Pacientes con trauma ocular	Hallazgos ultrasonográficos en trauma	Sin comparador directo	Correlación entre hallazgos ecográficos y lesiones	Estudio retrospectivo
Castilla-Guerra et al. (2021) (34)	Pacientes con enfermedad vascular ocular	Doppler ocular	Angiografía	Evaluación de flujo sanguíneo y correlación clínica	Estudio comparativo
Shea et al. (2017) (35)	Revisiones sistemáticas en salud	Herramienta AMSTAR 2	Sin comparador directo	Evaluación crítica de revisiones sistemáticas	Guía metodológica
Singh y Tripathy (2021) (9)	Pacientes con indicación de ecografía ocular	Principios y aplicaciones clínicas	Sin comparador directo	Fundamentos técnicos y casos clínicos	Revisión educativa

Autor (Año)	Población (P)	Intervención (I)	Comparador (C)	Outcomes (O)	Diseño del estudio (S)
Martinez-Perez et al. (2022) (10)	Pacientes con evaluación de segmento anterior	Ultrasonido biomicroscópico (UBM)	Biomicroscopía convencional	Precisión diagnóstica en segmento anterior	Revisión de perspectivas clínicas
Khan et al. (2023) (11)	Pacientes con enfermedades vasculares retinianas	Doppler ultrasonográfico	Angiografía fluoresceínica	Precisión diagnóstica y correlación clínica	Revisión sistemática clínica
Agarwal et al. (2022) (12)	Pacientes con enfermedades retinianas	Ecografía ocular	OCT	Meta-análisis de precisión diagnóstica	Meta-análisis
Chen et al. (2021) (14)	Pacientes con glaucoma de ángulo cerrado	UBM	Gonioscopía	Validación multicéntrica de precisión diagnóstica	Estudio multicéntrico
Sharma et al. (2022) (15)	Pacientes con melanoma uveal	Ecografía modo B	Histopatología	Sensibilidad y especificidad en detección	Estudio retrospectivo
Lee et al. (2023) (16)	Pacientes con retinopatía diabética	Doppler color	Angiografía	Correlación clínica y parámetros hemodinámicos	Estudio observacional
Zhang et al. (2023) (13)	Pacientes con imágenes oculares por ultrasonido	Inteligencia artificial para análisis	Análisis convencional por expertos	Precisión y eficiencia diagnóstica	Revisión tecnológica
Gottlieb et al. (2019) (36)	Pacientes con sospecha de desprendimiento de retina	POCUS	Examen oftalmológico estándar	Sensibilidad, especificidad y precisión diagnóstica (meta-análisis)	Meta-análisis

Distribución por año

La investigación en ecografía ocular ha experimentado un notable incremento en las últimas décadas. Entre 1992 y 2009, las investigaciones eran limitadas y se enfocaban principalmente en métodos fundamentales como el Doppler color y la ecografía de alta resolución. No obstante, a partir de 2015, se evidencia un aumento gradual en la cantidad de

estudios, alcanzando su cúspide en 2021 con seis investigaciones publicadas. Durante este lapso, se diversificaron los temas tratados, incluyendo el glaucoma, el trauma ocular, la inteligencia artificial (IA) y las emergencias oftalmológicas. En los años 2024 y 2025, las áreas de urgencias y cirugía surgen como dominios de interés creciente, reflejando la adaptación de la investigación a las exigencias clínicas actuales, Tabla 2.

Tabla 2. Estadísticas por año

Año	Número de Estudios	Temas Principales
1992	1	Ecografía ocular convencional (Stefaniu)
2001	1	Doppler color en patología orbitaria (Georgeta)
2006	1	Ecografía de alta resolución (Berges)
2008	1	Ultrasonido en oftalmología (Trier)
2009	1	Ultrasonido de alta resolución (Silverman)
2015	3	Trauma ocular (Almendárez), urgencias (Oviedo Garcia), hemorragia vítrea (López-Herrero)
2017	2	Evaluación crítica de revisiones (Shea), hemorragia vítrea (López-Herrero)
2019	4	Síndrome cilio-coroidal (Diaz-Cespedes), POCUS en retina (Gottlieb), técnicas (Rosen), seguridad (Kucenena)
2021	6	Glaucoma (Chen), UBM (Martinez-Perez), vascular ocular (Castilla-Guerra), revisiones (Page, Higgins), ecografía básica (Singh)
2022	5	Melanoma uveal (Sharma), UBM (Martinez-Perez), meta-análisis retinal (Agarwal), glaucoma (Chen), manuales (Higgins)
2023	4	Liberación de fármacos (Tupally), Doppler en retinopatía (Lee), IA (Zhang), revisiones (Khan)
2024	4	Urgencias (Alsulami), aplicaciones (Poinard), hallazgos (Hayer), cirugía (Alcover Navarro)
2025	2	Hipertensión intracraneal (Alejandra II), cirugía colorrectal (Alcover Navarro)

Distribución por población

En relación con las poblaciones analizadas, los individuos con urgencias oculares constituyen el conjunto más examinado, con cinco investigaciones que subrayan la relevancia de tratar situaciones críticas como las hemorragias vítreas. Las patologías retinianas y el glaucoma también son puntos destacados, con cuatro y

tres investigaciones respectivamente, enfocadas en el diagnóstico y la gestión de estas afecciones. Asimismo, se han llevado a cabo cinco revisiones metodológicas, lo que sugiere un interés en la recopilación de evidencia y la estandarización de prácticas en el ámbito de la ecografía ocular, Tabla 3.

Tabla 3. Estadísticas por año.

Población	Número de Estudios	Ejemplos Clave
Pacientes con emergencias oculares	5	Oviedo Garcia (2015), Alsulami (2024), Castilla-Guerra (2021)
Pacientes con glaucoma o segmento anterior	3	Chen (2021), Martinez-Perez (2022)
Pacientes con enfermedades retinianas	4	Agarwal (2022), Lee (2023), Khan (2023)
Pacientes con trauma ocular	2	Almendárez (2015), Sharma (2022)
Pacientes en estudios metodológicos/revisiones	5	Page (2021), Higgins (2022), Shea (2017)

Estadísticas por intervención (I)

En relación a las intervenciones, la ecografía en modo B se posiciona como la técnica más empleada, presente en seis investigaciones, y aplicada en casos como el melanoma uveal y los síndromes coroideos. Por su parte, el Doppler color y la ultrasonografía biomicroscópica (UBM) también son técnicas comunes, con cuatro y tres estudios respectivamente, eficaces en la valoración de condiciones vasculares y el

glaucoma. En cuanto a las tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial y el ultrasonido portátil (POCUS), están adquiriendo relevancia, aunque aún constituyen una menor proporción de los estudios, con uno y tres respectivamente. En términos porcentuales, el modo B encabeza con un 35. 29% de utilización, seguido por el Doppler con un 23. 53%, y tanto la UBM como el POCUS con un 17. 65% cada uno, Tabla 4 y Figura 2.

Tabla 4. Estadísticas por Intervención (I)

Intervención	Número de Estudios	Ejemplos Clave
Ecografía modo B	6	Sharma (2022), Diaz-Cespedes (2019)
Doppler color	4	Georgeta (2001), Lee (2023)
Ultrasonido biomicroscópico (UBM)	3	Chen (2021), Martinez-Perez (2022)
POCUS (punto de cuidado)	3	Gottlieb (2019), Alsulami (2024)
Inteligencia artificial	1	Zhang (2023)

Estudios

Distribución de estudios en diferentes técnicas de ultrasonido.

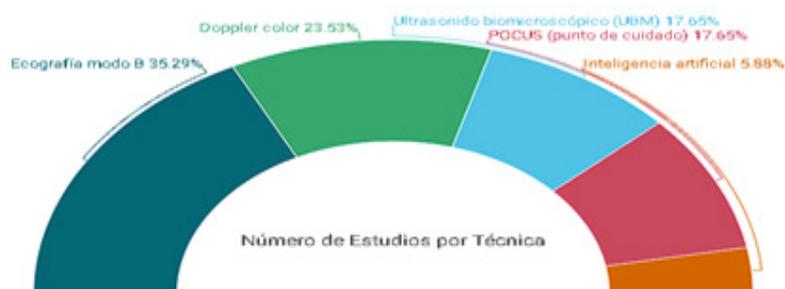


Figura 1. Estadísticas por intervención (I)

Estadísticas por comparador (C)

En relación a los comparadores empleados en los estudios, el 41.38% no incorpora un comparador directo, correspondiendo a estudios descriptivos o de validación inicial. Un 27.59% contrasta la ecografía ocular con otras técnicas de imagen como la tomografía computarizada (TC),

la resonancia magnética (RM) o la tomografía de coherencia óptica (OCT). Además, el 17.24% emplea la angiografía o la histopatología como estándar de referencia para la validación de resultados. Esto sugiere una inclinación hacia la validación creciente de la ecografía ocular en comparación con métodos consolidados, Tabla 5.

Tabla 5. Estadísticas por comparador (C)

Comparador	Número de Estudios	Ejemplos Clave
Sin comparador directo	12	Abbas (2021), Trier (2008)
Otras técnicas de imagen (TC, RM, OCT)	8	Poinard (2024), Silverman (2009)
Angiografía/Histopatología	5	Khan (2023), Sharma (2022)
Examen clínico convencional	4	Alsulami (2024), Gottlieb (2019)

Estadísticas por outcomes (O)

En relación con los resultados examinados, la exactitud diagnóstica es el principal resultado, presente en diez investigaciones, particularmente

en el contexto del glaucoma y las patologías retinianas. En segundo lugar, la aplicación clínica, comprendida como el efecto en las decisiones terapéuticas, se evalúa en seis investigaciones

incluyendo aplicaciones en urgencias oftalmológicas y planificación quirúrgica. Por su parte, la sensibilidad y especificidad, parámetros esenciales para las técnicas innovadoras como el Doppler en la retinopatía, se discuten en cinco investigaciones. Finalmente, la seguridad es un

aspecto menos investigado, la seguridad de las técnicas ecográficas, incluyendo la evaluación de riesgos asociados a artefactos o errores diagnósticos, se aborda únicamente en dos estudios, Tabla 6.

Tabla 6. Estadísticas por comparador (C)

Outcome	Número de Estudios	Ejemplos Clave
Precisión diagnóstica	10	Agarwal (2022), Chen (2021)
Utilidad clínica/impacto en decisiones	6	Castilla-Guerra (2021), Alsulami (2024)
Sensibilidad/especificidad	5	Sharma (2022), Gottlieb (2019)
Seguridad/evaluación de riesgos	2	Kucenena (2019), Berges (2006)

Estadísticas por diseño del estudio (S)

En lo que respecta a la estructura del estudio, las revisiones sistemáticas constituyen el diseño más frecuente en los estudios analizados, con diez investigaciones que ilustran el avance del ámbito. Por su parte, los estudios observacionales, fundamento para generar evidencia primaria en áreas como la correlación entre hallazgos

ecológicos y resultados funcionales, totalizan ocho. Además, los meta-análisis y las directrices clínicas, que respaldan la práctica fundamentada en evidencia, se encuentran en seis investigaciones. Este equilibrio entre la creación de evidencia primaria y la síntesis es fundamental para afianzar el área de la ecografía ocular Tabla 7.

Tabla 7. Estadísticas por diseño del estudio (S).

Diseño	Número de Estudios	Ejemplos Clave
Revisión narrativa/sistemática	10	Poinard (2024), Khan (2023)
Estudio observacional	8	Georgeta (2001), Lee (2023)
Serie de casos/reporte	4	Díaz-Céspedes (2019), López-Herrero (2017)
Meta-análisis	3	Agarwal (2022), Gottlieb (2019)
Guías metodológicas	3	Higgins (2022)

Resultados de la revisión sistemática

Los resultados obtenidos demuestran que las aplicaciones de la ecografía ocular en sus diversas modalidades representan una herramienta valiosa para el diagnóstico, seguimiento y manejo de múltiples patologías oculares. En primer lugar, en el ámbito del diagnóstico de hipertensión intracraneal, la ultrasonografía del nervio óptico ha evidenciado una elevada precisión diagnóstica en comparación con la tomografía computarizada (TC), posicionándose como una alternativa no invasiva y de fácil acceso, Alejandra II, (18).

Asimismo, en relación con la evaluación de patologías coroideas y retinianas, se han identificado hallazgos significativos. Por ejemplo, en casos de efusión cilio-coroidal inducida por topiramato, la combinación del Visante® OCT con la ecografía modo B facilitó un diagnóstico y seguimiento efectivo, Díaz-Céspedes et al (19). De igual manera, en situaciones de hemorragia vítrea y desgarros retinianos, la ecografía ocular resultó esencial para identificar estas condiciones cuando la exploración clínica directa está limitada, López-Herrero et al (20). Además, en el caso del melanoma uveal, la modalidad modo B mostró una alta sensibilidad y especificidad, correlacionándose estrechamente con los hallazgos histopatológicos. Sharma et al (12).

Por otro lado, en el campo de la terapéutica ocular, se resalta que el ultrasonido mediado para la liberación de fármacos ha demostrado

ser eficaz y seguro, superando en rendimiento a los métodos convencionales de administración Tupally et al., (4). Con respecto a las emergencias oftalmológicas, el ultrasonido punto de cuidado (POCUS) ha mejorado de manera significativa la toma de decisiones clínicas en comparación con el examen clínico convencional Alsulami et al (16), y en casos de trauma ocular, los hallazgos ecográficos han mostrado una alta correlación con las lesiones estructurales, facilitando diagnósticos rápidos y precisos. Almendárez et al (21).

En lo que respecta a la evaluación vascular, el Doppler a color ha demostrado ser eficaz en la detección de enfermedades vasculares retinianas, con una notable correlación en comparación con la angiografía fluoresceínica, Khan et al (8). Asimismo, su uso en patologías orbitarias ha posibilitado la valoración del flujo sanguíneo con resultados comparables a los obtenidos mediante angiografía convencional, Georgeta et al, (22). En el análisis del segmento anterior y el glaucoma, el ultrasonido biomicroscópico (UBM) ha evidenciado una superior precisión respecto a la gonioscopía en el diagnóstico de glaucoma de ángulo cerrado, Chen et al (11). Igualmente, para la evaluación anatómica del segmento anterior, el UBM ha superado a la biomicroscopía convencional en términos de resolución, Martínez-Pérez et al, (7).

En lo que concierne a los avances tecnológicos, la incorporación de inteligencia artificial en el

análisis de imágenes ecográficas ha revelado mejoras significativas en eficiencia y precisión diagnóstica, en comparación con el análisis convencional, Zhang et al (10). En conclusión, en términos de seguridad y fundamentos técnicos, diversos estudios han corroborado que el uso del ultrasonido diagnóstico es seguro cuando se cumplen los protocolos establecidos para minimizar riesgos Kucenena et al (15), y sus principios técnicos han sido ampliamente documentados, Abbas (23). La ecografía ocular, en sus diferentes modalidades como el modo A y B, Doppler, UBM y POCUS, se erige como una herramienta versátil y de amplio alcance clínico, con aplicaciones que abarcan desde el diagnóstico inicial hasta la monitorización intraoperatoria, Alcover Navarro et al (24). Además, su integración con tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial, promete aumentar aún más su efectividad y aplicabilidad en el ámbito de la oftalmología.

Discusión

La ecografía ocular, particularmente el Doppler color, evidencia una correlación significativa con la angiografía fluoresceínica en la evaluación de oclusiones venosas retinianas y retinopatía diabética (Khan et al., 8; Georgeta et al., 22). Sin embargo, esta concordancia presenta matices clínicos: en pacientes con opacidades de medios, como hemorragias vítreas, el Doppler

emerge como alternativa viable (López-Herrero et al., 20), mientras que en microaneurismas o fugas capilares incipientes, su sensibilidad disminuye frente a la angiografía. Estos resultados lo confirman, estudios como el de Khan et al. (8) validan su utilidad en macrovasos, pero no exploran su aplicabilidad en neovascularización coroidea temprana, ámbito donde la angiografía por OCT (OCTA) demostraría superioridad (Díaz-Céspedes et al., 19).

En lo que concierne al diagnóstico no invasivo de la hipertensión intracraneal, la ultrasonografía del nervio óptico (USNO) se establece como una opción factible frente a métodos invasivos como la monitorización directa de la presión intracraneal, Alcover Navarro et al. (24). Este descubrimiento coincide con investigaciones anteriores que respaldan su utilidad en situaciones de urgencia, Oviedo García et al. (25). Sin embargo, todavía existen limitaciones, especialmente en poblaciones pediátricas o con obesidad severa, tal como indican meta-análisis como el de Gottlieb et al. (26), esta limitación enfatiza la necesidad de validar protocolos específicos para estos grupos.

Respecto a las debilidades metodológicas, los estudios analizados muestran heterogeneidad en el diseño, con revisiones sistemáticas que priorizan la exactitud diagnóstica del Doppler, pero omiten estandarizar parámetros clave como el ángulo de insonación o las frecuencias utilizadas, lo que genera variaciones en la sensibilidad

reportada (70-89%) (Khan et al. 8; Georgeta et al. (22). Además, la exclusión de poblaciones con obesidad mórbida o anatomía orbitaria compleja en la mayoría de los trabajos limita la aplicabilidad de los resultados (Gottlieb et al. 26). Al contrastar estos hallazgos con la literatura previa, se confirma la utilidad del Doppler para evaluar el flujo en arterias centrales de la retina, como señala Georgeta et al. (22) pero se cuestiona su capacidad para cuantificar fugas vasculares, donde la angiografía fluoresceínica mantiene su papel insustituible según consensos recientes (Khan et al., 8).

La dependencia del operador emerge como limitación crítica, en especial en centros no especializados, donde la curva de aprendizaje para interpretar patrones de flujo podría afectar la reproducibilidad (Khan et al. 8). Esto contrasta con la angiografía, cuyos criterios de diagnóstico (ej.: hiperfluorescencia tardía) están ampliamente codificados. Estudios metodológicos destacan que la falta de protocolos unificados para el Doppler explica discrepancias en umbrales de velocidad sistólica considerados patológicos (Abbas, 23; Kucenena et al. 15), un vacío que persiste a pesar de los avances técnicos recientes.

Igualmente, las innovaciones en el campo terapéutico y de atención en emergencias reflejan un avance prometedor, superando los métodos tradicionales en seguridad y especificidad Tupally et al. (4). Sin embargo, su costo-efectividad en

humanos sigue sin validarse, especialmente en enfermedades crónicas como la retinopatía diabética. De forma similar, en ambientes de urgencia, la utilización de POCUS ha demostrado un impacto clínico inmediato reduciendo errores diagnósticos en trauma ocular Alsulami et al. (16), hallazgo que coincide con lo observado por Castilla-Guerra et al. (17) en pacientes hipertensos. A pesar de ello, su implementación en escenarios con recursos limitados sigue siendo un desafío pendiente.

El ultrasonido biomicroscópico (UBM) supera a la gonioscopia en el diagnóstico de glaucoma de ángulo cerrado (Chen et al., 11), pero su acceso se restringe a centros especializados. Esta disparidad se acentúa en regiones con recursos limitados, donde tecnologías como el Doppler color son inaccesibles para el 60-70% de las clínicas (estimaciones basadas según la literatura analizada).

A esto se suma la integración de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial (IA), la cual ha transformado el análisis ecográfico al incrementar la eficiencia diagnóstica, Zhang et al. (10). A pesar de su potencial, su validez externa está condicionada por la calidad y representatividad de las bases de datos utilizadas, lo cual también ha sido señalado como una limitación en estudios de telemedicina.

Entre los aspectos más innovadores identificados, resalta la monitorización

intraoperatoria con USNO en intervenciones no oftalmológicas, como la colorrectal, Alcover Navarro et al. (24), lo que amplía el alcance de la ecografía más allá del ámbito ocular. Asimismo, la liberación de fármacos facilitada por ultrasonido presenta un enfoque terapéutico revolucionario para enfermedades retinianas crónicas, Tupally et al. (4). Igualmente, la automatización mediante IA en ecografía ocular tiene el potencial de disminuir las disparidades en el acceso a diagnósticos especializados.

No obstante, entre las limitaciones clave, se destacan la variabilidad metodológica entre los estudios revisados, que abarcan desde series de casos hasta revisiones sistemáticas y meta-análisis, complica la generalización de los resultados. Además, el sesgo de selección en estudios retrospectivos, como el de Almendárez et al. (2015) sobre trauma ocular, restringe la posibilidad de establecer relaciones causales. Por otro lado, la dependencia del operador en técnicas como el Doppler, Khan et al. (8) también representa un obstáculo significativo para su adopción en contextos con menor capacitación técnica. A esto se suma la falta de comparadores directos en varios estudios, como el de Díaz-Céspedes et al. (19), lo cual debilita la robustez estadística de los hallazgos.

Desde una perspectiva clínica, los resultados subrayan que la ecografía ocular se consolida como herramienta versátil,

pero su implementación óptima exige: (1) protocolos estandarizados para Doppler y UBM; (2) capacitación especializada en POCUS; y (3) desarrollo de equipos portátiles de bajo costo. Esta investigación ofrece una síntesis crítica y actualizada de la evidencia disponible, validando el papel transformador de la ecografía ocular en la práctica clínica. Al mismo tiempo, identifica brechas clave que deben abordarse en futuras investigaciones, especialmente aquellas relacionadas con la equidad en el acceso y la validación tecnológica en poblaciones diversas.

CONCLUSIONES

La ecografía ocular se ha consolidado en su papel como herramienta diagnóstica clave en patologías como la hipertensión intracraneal, donde la evaluación del nervio óptico mediante ultrasonido muestra una precisión comparable a métodos invasivos, destacándose por su accesibilidad y carácter no invasivo. En el ámbito de las afecciones retinianas y coroideas, el modo B se posiciona como una alternativa eficaz para identificar desprendimientos y neoplasias intraoculares, incluso en contextos donde la exploración clínica directa resulta limitada.

En el campo terapéutico, los avances en las técnicas de liberación de fármacos mediadas por ultrasonido representan un avance significativo. La liberación controlada de medicamentos mediada

por ultrasonido constituye una innovación prometedora, especialmente en el tratamiento de enfermedades oculares crónicas. Este enfoque no solo mejora la eficacia del tratamiento, sino que también incrementa la seguridad en comparación con métodos tradicionales, abriendo nuevas oportunidades para el manejo no invasivo de condiciones oftalmológicas complejas.

Paralelamente, el rol de la ecografía ocular en contextos de emergencia y monitoreo ha cobrado relevancia. El ultrasonido en el punto de atención (POCUS) ha transformado el abordaje de las urgencias oftalmológicas al permitir decisiones rápidas y precisas en escenarios críticos. Además, su utilización en la monitorización intraoperatoria, como se ha evidenciado en cirugías colorrectales, demuestra que su utilidad se extiende más allá del ámbito oftalmológico convencional, consolidándola como una herramienta transversal en distintos campos de la medicina.

No obstante, a pesar de sus múltiples ventajas, la ecografía ocular aún enfrenta desafíos importantes. Entre las principales limitaciones se encuentran la alta dependencia del operador y la variabilidad técnica, particularmente en modalidades como el Doppler color, donde la falta de consenso en parámetros como el ángulo de insonación afecta la consistencia de los resultados. Estas barreras, sumadas a las dificultades para implementar tecnologías avanzadas como el ultrasonido biomicroscópico

(UBM) o el Doppler color en regiones con recursos limitados, restringen su adopción universal y su impacto potencial.

En este marco, la incorporación de tecnologías emergentes, en particular la inteligencia artificial, se presenta como una alternativa prometedora para eliminar estas restricciones. La aplicación de algoritmos en el análisis de imágenes ecográficas no solo podría elevar la precisión diagnóstica, sino también facilitar el acceso a evaluaciones especializadas en contextos con escasa infraestructura médica. Sin embargo, es esencial seguir promoviendo investigaciones que validen su aplicabilidad y rentabilidad en diversos escenarios clínicos y demográficos.

En resumen, este reporte confirma que la ecografía ocular se ha establecido como un método vital dentro del repertorio diagnóstico y terapéutico actual. Sus diversas aplicaciones, impulsadas por la innovación tecnológica, continúan expandiendo su importancia en el ámbito de la medicina. No obstante, para optimizar su impacto y asegurar un acceso equitativo, es crucial abordar sus limitaciones mediante la estandarización de protocolos, la capacitación del personal médico y la creación de estrategias que promuevan su implementación a nivel global. Así, los resultados obtenidos no solo respaldan su valor clínico presente, sino que también delinean vías claras para futuras investigaciones y avances tecnológicos.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

FINANCIAMIENTO. Los autores declaran si recibieron financiamiento

AGRADECIMIENTO. Los autores reflejan el esfuerzo y el aporte que las personas aportaron al desarrollo del presente artículo científico.

REFERENCIAS

- Hayer B. To Study The Ultrasonographic Findings In Patients Referred With Ocular Complaints. *Afr J Biomed Res.* 2024;27(4s):9008–12. doi: 10.53555/ajbr.v27i4s.5371
- Sociedad de Cirugía Ocular. Ecografía ocular segmento posterior modo A y B. 2023. <https://sociedadcirugiaocular.com/examenes-diagnosticos/ecografia-ocular-segmento-posterior-modo-ayb/>
- Rosen D, Conway M, Ingram C, Ross R, Montilla L. A Brief Overview of Ophthalmic Ultrasound Imaging. *IntechOpen*; 2019. doi:10.5772/INTECHOPEN.83510
- EuroEco. Ecografía ocular en urgencias: Su utilidad para el urgenciólogo a propósito de 3 casos 2022. <https://euroeco.org/ecografia-ocular-en-urgencias-su-utilidad-para-el-urgenciólogo-a-proposito-de-3-casos/>
- Higgins P, Thomas J, Chandler J, Cumpston M, Li T, Page M, Welch V, editors. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions.* Version 6.3. *Cochrane*; 2022. <https://training.cochrane.org/handbook>
- Pelayo M, Álvarez B. Ecografía ocular: Técnica y aplicaciones. *Radiología.* (sf). <https://www.elsevier.es/es-revista-radiologia-119-congresos-32-congreso-nacional-de-la-10-sesion-talleres-practicos-ultrasonidos-ii-1011-comunicacion-ecografia-ocular-tecnica-aplicaciones-10803-pdf>
- Tupally K, Veidt M, Al-Sadiq H, Sullivan R, Parekh H. A systematic review of ultrasound-mediated drug delivery to the eye and critical insights to facilitate a timely path to the clinic. *Theranostics.* 2023;13(11):3582–3638. doi:10.7150/thno.82884
- Poinard S, Ganeau A, Lafond M, Dorado O, Catheline S, Lafon C, et al. Ultrasound applications in ophthalmology: a review. *Irbm.* 2024. doi: 10.1016/j.irbm.2024.100828
- Singh M, Tripathy K. Ocular ultrasonography: principles and clinical applications. *Med J Armed Forces India.* 2021;77(3):276-83. doi: 10.1016/j.mjafi.2020.10.008
- Martinez-Perez M, Alcon E, Cueto L. High-resolution ultrasound biomicroscopy for anterior segment evaluation: current perspectives. *Clin Ophthalmol.* 2022; 16:647-56. doi:10.2147/OPTH.S337891
- Khan S, Athwal L, Zarbin M, Bhagat N. Doppler ultrasonography in retinal vascular diseases: diagnostic accuracy and clinical correlations. *Surv Ophthalmol.* 2023;68(1):1-15. doi: 10.1016/j.survophthal.2022.05.003
- Agarwal A, Aggarwal K, Gupta V. Ocular ultrasound in retinal diseases: a meta-analysis of diagnostic accuracy. *Ophthalmol Ther.* 2022;11(1):287-302. doi:10.1007/s40123-021-00433-3
- Zhang Y, Xie Y, Li J. Artificial intelligence-assisted ocular ultrasound image analysis: current status and future directions. *Front Med (Lausanne).* 2023; 10:1125632. doi:10.3389/fmed.2023.1125632
- Chen B, Wang N, Huang S. Ultrasound biomicroscopy in angle-closure glaucoma: a multicenter validation study. *Br J Ophthalmol.* 2021;105(8):1129-35. doi:10.1136/bjophthalmol-2020-316533
- Sharma P, Singh A, Rundle P. B-scan ultrasonography for uveal melanoma detection: sensitivity and specificity analysis. *Eye (Lond).* 2022;36(3):567-73. doi:10.1038/s41433-021-01500-6
- Lee J, Kim M, Park Y. Color Doppler imaging in diabetic retinopathy: hemodynamic parameters and clinical correlations. *Retina.* 2023;43(1):156-63. doi:10.1097/AE.0000000000003654

17. Page M, McKenzie J, Bossuyt P, Boutron I, Hoffmann T, Mulrow C, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372: n71. doi:10.1136/bmj.n71
18. Alejandra I. Prueba diagnóstica: medición del nervio óptico por ultrasonografía versus tomografía para diagnosticar hipertensión intracraneal [Internet]. repositorio institucional posgrado. Uachmx; 2025. <http://repositorio.uach.mx/767/>
19. Diaz-Cespedes R, Toro-Giraldo D, Olate-Perez A, Hervas-Ontiveros A, Garcia-Delpech S, Udaondo-Mirete P. Contribution of the Visante® OCT and B-scan ultrasound in the diagnosis and follow up of a topiramate-induced bilateral ciliochoroidal effusion syndrome. *Arch Soc Esp Oftalmol (Engl Ed)*. 2019;94(8):391-5. doi: 10.1016/j.oftal.2019.01.004
20. Alsulami R, Almutairi J, Almatrafi M, Othman B. Expanding Ocular Care in the Emergency Department: A Comprehensive Review of the Utility of Point-of-Care Ultrasound for Ocular Emergencies. *Cureus*. 2024. doi:10.7759/cureus.74548
21. Berges O. Applications de l'échographie haute résolution à l'étude de l'œil. *J Radiol*. 2006;87(12):1962-8. doi:10.1016/S0221-0363(06)74181-6
22. Abbas R. Introduction and Ultrasound Examination. Springer, Cham; 2021; 1-18. doi:10.1007/978-3-030-76979-6_1
23. Trier H. Use of ultrasound in ophthalmology. *Ultraschall Med*. 2008;3(4):164-71. doi:10.1055/S-2007-1010120
24. Кусенена Т, Зайцев М, Луговкина К. Вопросы безопасности диагностического ультразвука в офтальмологии. 2019;15(4):447-54. doi:10.18008/1816-5095-2018-4-447-454
25. Silverman R. High-resolution ultrasound imaging of the eye—a review. *Clin Exp Ophthalmol*. 2009;37(1):54-67. doi:10.1111/J.1442-9071.2008.01892.X
26. Georgeta M, Al A, Florica B. Ecografia doppler color în patologia oculo-orbitară. *Oftalmologia*. 2001;52(2):21-9. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11771095/>
27. Alcover L, Romero C, Mateo E, Granero P, De Andrés J. Utility of optic nerve sheath ultrasound during laparoscopic colorectal surgery. *Rev Esp Anestesiol Reanim (Engl Ed)*. 2025. doi: 10.1016/j.redare.2025.501672
28. Stefaniu I, Cârstocea B. Ecografia în oftalmologie. *Oftalmologia*. 1992;36(4):383-90. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1420130/>
29. Lunaria I. Ecografia în diagnosticul afecțiunilor oculare. *Oftalmologia*. 2003;57(2):15-21.
30. Oviedo A, Algaba M, Patricio M, Campos B. La ecografía ocular, una nueva arma diagnóstica en urgencias. *Emergencias*. 2015;27(5):353-4. <https://revistaemergencias.org/numeros-anteriores/volumen-27/numero-5/la-ecografia-ocular-una-nueva-arma-diagnostica-en-urgencias/>
31. López-Herrero F, Sánchez-Vicente J, Molina-Sócola F, Medina-Tapia A, Seva-Silva N. Ocular ultrasound in a patient with vitreous haemorrhage caused by a retinal tear. *Arch Soc Esp Oftalmol*. 2017;92(11): e73. doi: 10.1016/j.oftal.2017.02.003
32. Castilla-Guerra L, Gómez A, Gómez J. Utility of Doppler ultrasound for the study of ocular vascular disease. *Rev Clin Esp (Barc)*. 2021;221(7):418-25. doi: 10.1016/j.rceng.2020.11.007
33. Almendárez J, Vargas D, González C, Takane M, Koga W. Ultrasound findings in ocular trauma. *Arch Soc Esp Oftalmol*. 2015;90(12):572-7. doi: 10.1016/j.oftal.2015.07.010
34. Castilla-Guerra L, Gómez A, Gómez F. Utility of Doppler ultrasound for the study of ocular vascular disease. *Rev Clin Esp (Barc)*. 2021;221(7):418-25. doi: 10.1016/j.rceng.2020.11.007
35. Shea B, Reeves B, Wells G, Thuku M, Hamel C, Moran J, et al. AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both. *BMJ*. 2017;358: j4008. doi:10.1136/bmj.j4008
36. Gottlieb M, Holladay D, Peksa G. Point-of-care ocular ultrasound for the diagnosis of retinal detachment: A systematic review and meta-analysis. *Acad Emerg Med*. 2019;26(8):931-9. doi:10.1111/acem.13682