

UNIVERSIDAD
DE MURCIA

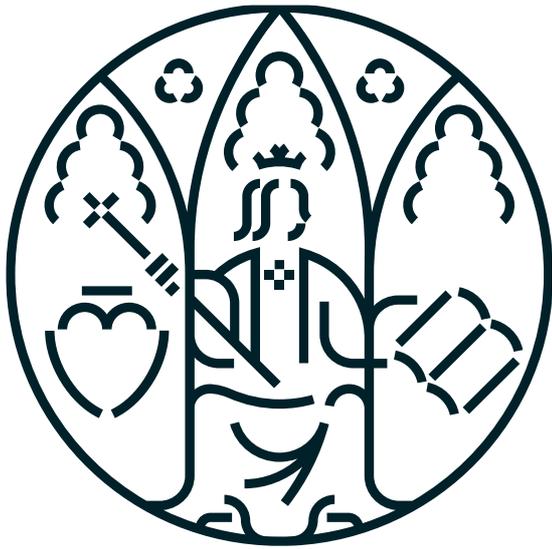
Escuela
de Doctorado

TESIS DOCTORAL

*Protocolo de ecografía para diagnóstico precoz del
desprendimiento de retina.*

AUTOR/A Jose Manuel Felices Fariás
DIRECTOR/ES Florentina Guzmán Aroca
 Alejandro Puerta Sales
 Manuel Santa-Olalla González

2025



UNIVERSIDAD
DE MURCIA

Escuela
de Doctorado

TESIS DOCTORAL

*Protocolo de ecografía para diagnóstico precoz del
desprendimiento de retina.*

AUTOR/A Jose Manuel Felices Farias
DIRECTOR/ES Florentina Guzmán Aroca
 Alejandro Puerta Sales
 Manuel Santa-Olalla González

2025



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD DE LA TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE DOCTOR/A

Aprobado por la Comisión General de Doctorado el 19 de octubre de 2022.

Yo, D. Jose Manuel Felices Farias, habiendo cursado el Programa de Doctorado de Ciencias de la Salud de la Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad de Murcia (EIDUM), como autor/a de la tesis presentada para la obtención del título de Doctor/a titulada:

Protocolo de ecografía para diagnóstico precoz del desprendimiento de retina

y dirigida por:

D^{ra}.: Florentina Guzmán Aroca
D.: Alejandro Puerta Sales
D.: Manuel Santa-Olalla González

DECLARO QUE:

La tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la Ley de Propiedad Intelectual (R.D. legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, modificado por la Ley 2/2019, de 1 de marzo, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

Del mismo modo, asumo ante la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad del contenido de la tesis presentada, en caso de plagio, de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente.

Murcia, a 15 de marzo de 2025

(firma) **FELICES FARIAS
JOSE MANUEL** Firmado digitalmente por
FELICES FARIAS JOSE
MANUEL - [REDACTED]
Fecha: 2025.03.14
10:12:57 +01'00'

Información básica sobre protección de sus datos personales aportados:	
Responsable	Universidad de Murcia. Avenida teniente Flomesta, 5. Edificio de la Convalecencia. 30003; Murcia. Delegado de Protección de Datos: dpd@um.es
Legitimación	La Universidad de Murcia se encuentra legitimada para el tratamiento de sus datos por ser necesario para el cumplimiento de una obligación legal aplicable al responsable del tratamiento. art. 6.1.c) del Reglamento General de Protección de Datos
Finalidad	Gestionar su declaración de autoría y originalidad
Destinatarios	No se prevén comunicaciones de datos
Derechos	Los interesados pueden ejercer sus derechos de acceso, rectificación, cancelación, oposición, limitación del tratamiento, olvido y portabilidad a través del procedimiento establecido a tal efecto en el Registro Electrónico o mediante la presentación de la correspondiente solicitud en las Oficinas de Asistencia en Materia de Registro de la Universidad de Murcia

Esta DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD debe ser insertada en la quinta hoja, después de la portada de la tesis presentada para la obtención del título de Doctor/a.

AGRADECIMIENTOS

A todos los que habéis confiado en mí y me habéis acompañado en este viaje:

A los pacientes, por su colaboración y paciencia, trabajo con ilusión para corresponder con acierto y cercanía a vuestra confianza.

A mi servicio de Radiología: adjuntos, residentes, celadores, técnicos, administrativos, auxiliares, enfermeros, gracias por enseñarme cada día, por hacerme sentir en casa.

A la Arrixaca, por enseñarme a agradecer la vida.

A mis directores y tutor por entender mi particular manera de trabajar y entender esta Tesis.

A Manu por ser el primer motor de esta Tesis, por entender a un recién R1 que quería enseñar, divulgar, compartir...

A Tina, por ser mi inspiración en el Hospital, por motivarme desde el primer día y por enseñarme que el trabajo diligente y la conciliación familiar son una realidad.

A Fernando, el Doctor Bernal, por tu compañía desde mi primerísimo día.

A Fran, Jorge, Alonso, Carlos, Fran Lucas, Lax, Samu, Antonio, David, Manolo, Borja, Rubén, Javi... y a todas las personas maravillosas que he conocido entre hierros y son brisa renovadora en los días más duros.

A David, mi amigo y compañero de guardias, por aconsejarme siempre con cariño y saber que iría bien, incluso antes de saberlo yo.

A Alberto y Fabián, por estar en todo, sois los mejores amigos que podría tener.

A Franito, las aventuras que empiezan contigo, como ésta, son las que más me han hecho crecer.

A mis suegros, Ana y Alfonso, porque su cariño y su tiempo se traducen en que todo lo que hacemos sea posible.

A los leones sin rabo, los que están cerca y los que están dentro.

A Woody, porque yo escribía mientras tú soñabas, porque hay un amigo en esta Tesis.

A papá, porque tu confianza y tu amor son una fuente inagotable de motivación, por el orgullo que supone ser el Doctor Felices.

A mamá, por llenar todos los rincones de mi alma, por hacerme un hombre feliz.

A Ana, por hacerme feliz, por ayudarme a ser una persona mejor, por darme la mano y darle la vuelta al mundo, por disfrutar de cada línea del camino de la vida.

RESUMEN

Introducción: El desprendimiento de retina (DR) constituye una urgencia oftalmológica de alta relevancia clínica, ya que su detección precoz es esencial para evitar la pérdida irreversible de visión. En pacientes con opacidad de medios, la evaluación del fondo de ojo se ve limitada y, en consecuencia, la ecografía oftálmica desempeña un papel fundamental como método diagnóstico alternativo para la identificación temprana de esta patología. **Objetivos:** Determinar el rendimiento del protocolo Arrixaca en la evaluación ecográfica del DR y su diferenciación frente a otras entidades con apariencia ecográfica similar, como el desprendimiento de vítreo posterior y el hemovítreo. **Metodología:** Se realizó un estudio observacional prospectivo con 127 pacientes con sospecha clínica de DR y con indicación de ecografía oftálmica. Se aplicó el protocolo Arrixaca, centrado en la identificación de los hallazgos ecográficos determinantes para el diagnóstico diferencial de DR. La valoración fue realizada por tres radiólogos con distinto nivel de experiencia y se comparó con el gold estándar (fondo de ojo o hallazgos quirúrgicos, según la indicación clínica). Se comparó la precisión diagnóstica del protocolo Arrixaca frente al Gold standard y la concordancia interobservador entre los tres radiólogos. **Resultados:** Precisión diagnóstica: El protocolo Arrixaca alcanzó un rendimiento muy alto, superior tanto al protocolo UM como a los resultados publicados en la literatura, incluso en casos con opacidad de medios. Se destacó especialmente su capacidad para minimizar los falsos negativos, un factor esencial para la preservación de la visión. Concordancia interobservador: La concordancia entre los tres radiólogos fue muy elevada, lo que sugiere que el protocolo Arrixaca es reproducible y sencillo de aplicar. **Conclusiones:** El protocolo Arrixaca demostró ser una alternativa ecográfica eficaz y accesible para el diagnóstico temprano del desprendimiento de retina, particularmente en pacientes con opacidad de medios. Su elevado grado de reproducibilidad y su bajo índice de falsos negativos respaldan su implementación en los servicios de Radiología, con el potencial de optimizar la detección precoz del DR y, por ende, mejorar el pronóstico visual de los pacientes.

PALABRAS CLAVE: Desprendimiento de Retina, Ultrasonografía, Ultrasonografía Doppler, Técnicas y Procedimientos Diagnósticos, Radiología

ABSTRACT:

Background: Retinal detachment (RD) is a highly significant ophthalmologic emergency, as early detection is essential to prevent irreversible vision loss. In patients with media opacity, fundoscopic evaluation is limited, making ophthalmic ultrasound a key alternative diagnostic method for the early identification of this condition. **Objectives:** To determine the performance of the Arrixaca protocol in the ultrasound evaluation of RD and its ability to differentiate it from other entities with similar ultrasound appearance, such as posterior vitreous detachment (PVD) and vitreous haemorrhage (VH). **Methodology:** A prospective observational study was conducted in 127 patients with clinical suspicion of RD who were referred for ophthalmic ultrasound. The Arrixaca protocol was applied, focusing on the identification of key ultrasound findings for the differential diagnosis of RD. Examinations were performed by three radiologists with different levels of experience and compared to the gold standard (fundoscopy or surgical findings, depending on clinical indication). Diagnostic accuracy of the Arrixaca protocol was compared with the gold standard, as well as interobserver agreement among the three radiologists. **Results:** Diagnostic accuracy: The Arrixaca protocol demonstrated very high performance, exceeding that of the UM protocol and the results previously published in the literature, even in cases with media opacity. Its ability to minimize false negatives was particularly notable—an essential factor in preserving vision. Interobserver agreement: Agreement among the three radiologists was very high, suggesting that the Arrixaca protocol is both reproducible and easy to apply. **Conclusions:** The Arrixaca protocol proved to be an effective and accessible ultrasound alternative for the early diagnosis of retinal detachment, particularly in patients with media opacity. Its high reproducibility and low rate of false negatives support its implementation in Radiology departments, with the potential to optimize early RD detection and ultimately improve the visual prognosis of patients.

KEYWORDS: Retinal Detachment, Ultrasonography, Doppler, Diagnostic Techniques and Procedures, Radiology

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

DR: Desprendimiento de retina
DVP: Desprendimiento de vítreo posterior
E: Especificidad
FN: Falso negativo
FP: Falso positivo
HV: Hemovítreo
RM: Resonancia magnética
S: Sensibilidad
SV: Sinéresis vítrea
TC: Tomografía computarizada
UM: Universidad de Murcia
VPN: Valor predictivo negativo
VPP: Valor predictivo positivo
VN: Verdadero negativo
VP: Verdadero positivo

Índice de contenidos

CAPITULO I.....	15
I. INTRODUCCIÓN	17
1.1. Desprendimiento de retina (DR)	17
1.1.1. Manifestaciones clínicas y diagnóstico diferencial	19
1.1.2. Manejo diagnóstico	20
1.1.3. Pronóstico y manejo terapéutico	20
1.2. Anatomía del globo ocular	21
1.3. Ecografía oftálmica	24
1.3.1. Bases físicas de la ecografía	24
1.3.2. Anatomía ecográfica del globo ocular	28
1.3.3. Técnica ecográfica para explorar el globo ocular	30
1.3.4. Indicaciones y contraindicaciones	30
1.4. Ecografía oftálmica en el desprendimiento de retina	31
1.4.1. Importancia de la ecografía en el desprendimiento de retina	31
1.4.2. Diagnóstico diferencial ecográfico del desprendimiento de retina.....	32
1.4.3. Protocolos de estudio ecográfico para el diagnóstico del DR.....	35
II. HIPÓTESIS DEL ESTUDIO	41
III. OBJETIVOS DE TRABAJO	43
CAPITULO II.....	45
IV. MATERIAL Y MÉTODO	47
4.1. Pacientes	47
4.1.1. Selección de la muestra	47
4.1.2. Criterios de exclusión:	49
4.1.3. Aspectos éticos y consentimiento informado.....	49
4.2. Recogida de datos	49
4.2.1. Protocolo de estudio y variables	49
4.2.2. Diagnóstico según <i>gold standard</i>	58
4.2.3. Comparación de diagnóstico ecográfico con <i>gold standard</i>	58
4.3. Análisis estadístico.....	58
CAPITULO III.....	59
V. RESULTADOS.....	61
5.1. Resultados generales	61
5.1.1. Algoritmo de inclusión de los pacientes.....	61
5.1.2. Características de la muestra	62
5.1.3. Diagnósticos ecográficos y del método diagnóstico de referencia	63
5.1.4. Resultados descriptivos de los ítems ecográficos incluidos en el protocolo Arrixaca 68	
5.2. Análisis de la precisión diagnóstica del protocolo Arrixaca	71
5.2.1. Porcentaje de acierto y concordancia con el <i>gold standard</i>	71
5.2.2. Sensibilidad, especificidad y valores predictivos	72
5.3. Análisis de la asociación de los ítems incluidos en el protocolo Arrixaca con el desprendimiento de retina	74
5.3.1. Concordancia de los ítems incluidos en el protocolo Arrixaca con el <i>gold standard</i> 74	

5.3.2.	Sensibilidad, especificidad y valores predictivos de los ítems incluidos en el protocolo Arrixaca	76
5.4.	Análisis de la concordancia interradiólogo	82
5.4.1.	Concordancia interradiólogo del diagnóstico ecográfico	82
5.4.2.	Concordancia interradiólogo de los ítems incluidos en el protocolo Arrixaca	83
5.5.	Comparativa con protocolo UM	87
5.5.1.	Concordancia protocolo UM con el gold standard	87
5.5.2.	Sensibilidad, especificidad y valores predictivos protocolo UM	88
5.6.	Evaluación del protocolo Arrixaca en pacientes con y sin opacidad de medios	88
CAPITULO IV		91
VI.	DISCUSIÓN.....	93
6.1.	Condiciones previas a la ecografía	93
6.2.	Utilidad diagnóstica del protocolo Arrixaca	94
6.2.1.	El protocolo Arrixaca como herramienta de alta precisión	94
6.2.2.	El protocolo Arrixaca como herramienta de alto valor por sus escasos falsos negativos 94	
6.2.3.	Protocolo Arrixaca como prueba de <i>screening</i> del desprendimiento de retina en urgencias	95
6.2.4.	Disparidad entre el porcentaje de acierto y la concordancia de Kappa del protocolo Arrixaca respecto al <i>gold standard</i>	95
6.2.5.	El protocolo Arrixaca en pacientes con opacidad de medios	96
6.2.6.	El protocolo Arrixaca en pacientes con cataratas	97
6.2.7.	Protocolo Arrixaca como herramienta diagnóstica reproducible, fiable y sencilla de aplicar en la práctica clínica	98
6.3.	El protocolo Arrixaca frente a otros protocolos ecográficos	99
6.3.1.	El protocolo Arrixaca frente al protocolo UM	99
6.3.2.	El protocolo Arrixaca frente a otros disponibles en la bibliografía	100
6.4.	Hallazgos ecográficos a estudio	102
6.4.1.	Anclaje a papila del nervio óptico	102
6.4.2.	Cruce de línea media	103
6.4.3.	Visualización de membranas a ganancia baja.....	104
6.4.4.	Movilidad de membranas	105
6.4.5.	Presencia de Doppler-color en las membranas	107
6.5.	Vías de investigación para el futuro	107
6.5.1.	Validación multicéntrica del protocolo Arrixaca.....	108
6.5.2.	Tiempo medio de exploración protocolo Arrixaca.....	108
6.5.3.	Curva de aprendizaje del protocolo Arrixaca:	108
6.5.4.	Evaluación longitudinal del pronóstico de la visión de los pacientes:	108
6.5.5.	Evaluación costo-beneficio en la práctica clínica:	109
VII.	LIMITACIONES Y PROPUESTAS DE MEJORA	111
7.1.	Limitaciones en condiciones previas a la ecografía:	111
7.2.	Limitación por la concienciación hacia el falso negativo:.....	111
7.3.	Error sistemático de interpretación hacia el falso positivo y su repercusión clínica:	112
7.4.	Limitación por la escasa evidencia previa.....	112
7.5.	Propuestas de mejora para el protocolo Arrixaca:	113

VIII. CONCLUSIONES	115
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	117
ANEXOS.....	127

CAPITULO I

I. INTRODUCCIÓN

II. PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

III. OBJETIVOS DE TRABAJO

I. INTRODUCCIÓN

Las patologías oftálmicas constituyen entre el 3 y el 5% de las consultas en Urgencias, presentándose principalmente con síntomas como la aparición súbita de destellos, miodesopsias o disminución de la agudeza visual [1–3]. Aunque el diagnóstico más común asociado a estos síntomas es el desprendimiento de vítreo posterior (DVP), estas manifestaciones también pueden indicar la presencia de hemovítreo (HV) o desprendimiento de retina (DR). Debido a la similitud en los síntomas, es necesario realizar pruebas adicionales para distinguir entre estas condiciones [4–8]. Diferenciar entre estas tres entidades es crucial, ya que el HV y el DVP generalmente tienen una evolución benigna sin requerir tratamiento, mientras que el DR es una urgencia oftalmológica que necesita diagnóstico y tratamiento inmediatos para prevenir una pérdida irreversible de visión [6,9,10].

1.1. Desprendimiento de retina (DR)

La retina tiene la función de captar los impulsos luminosos y convertirlos en señales eléctricas que se transmiten al cerebro a través del nervio óptico y la vía visual. Esta vía incluye el nervio óptico, el quiasma, el tracto óptico, el cuerpo geniculado lateral contralateral a la retina que recibe la luz y la corteza visual, ubicada en la parte posterior del lóbulo occipital [11].

Para realizar esta función, la retina está compuesta por una estructura compleja de seis tipos celulares organizados en diez capas superpuestas e interconectadas mediante sinapsis. Las capas esenciales para entender el funcionamiento de la retina son (figura 1):

- Epitelio pigmentario (capa 1): Encargado de eliminar el material de desecho producido por los fotorreceptores cuando captan luz y de mantener la barrera hematorretiniana, crucial para asegurar una adecuada vascularización retiniana y el equilibrio del líquido en el espacio subretiniano.
- Células fotorreceptoras (capas 2 a 5): Conos y bastones, responsables de convertir los impulsos luminosos en señales eléctricas.

- Las capas restantes (6 a 10): Desempeñan funciones de soporte y conexiones sinápticas.

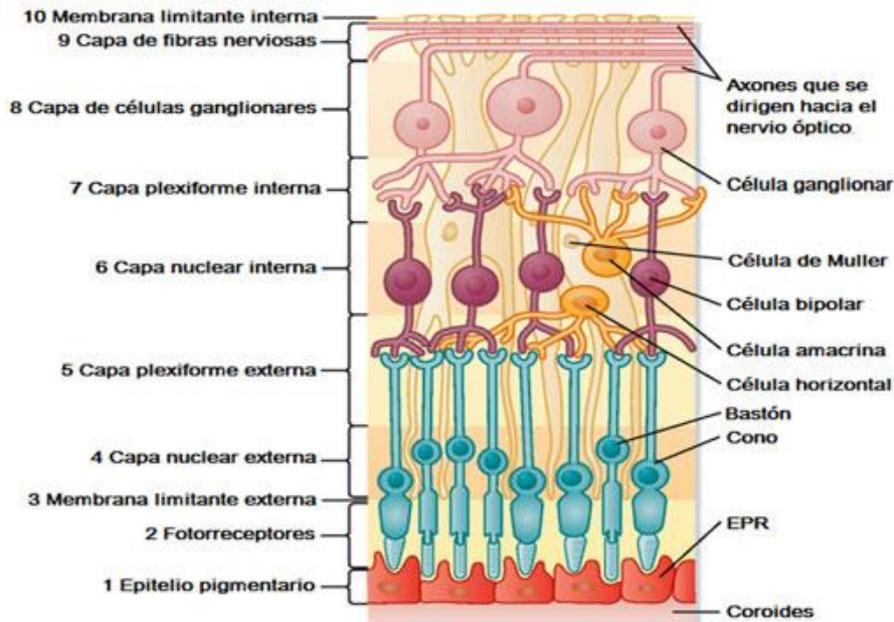


Figura 1. Capas de la retina. [12]

En el DR, los fotorreceptores y todas las capas internas de la retina se separan del epitelio pigmentario. Esta separación impide que el epitelio pigmentario regule la barrera hematorretiniana, lo que lleva a un desequilibrio en las demás capas retinianas, resultando en la degeneración de los fotorreceptores y alteraciones en la visión.

El DR se clasifica según su causa en tres tipos principales:

- Regmatógeno: es el tipo más común. Se produce por una rotura en la retina que, al ser traccionada por el vítreo, genera el desprendimiento. El desprendimiento de vítreo posterior (DVP) es una causa típica del DR regmatógeno (figura 2) [8,13,14].
- Traccional: el segundo más frecuente. Ocurre cuando el vítreo tira de la retina sana, causando su separación, a diferencia del regmatógeno que implica una rotura previa [15,16].
- Exudativo: se debe a un exceso de líquido en el espacio subretiniano. Este exceso puede deberse a un aumento en la producción de líquido por enfermedades inflamatorias o a un fallo en la reabsorción de líquido por el epitelio pigmentario en enfermedades neoplásicas [17].

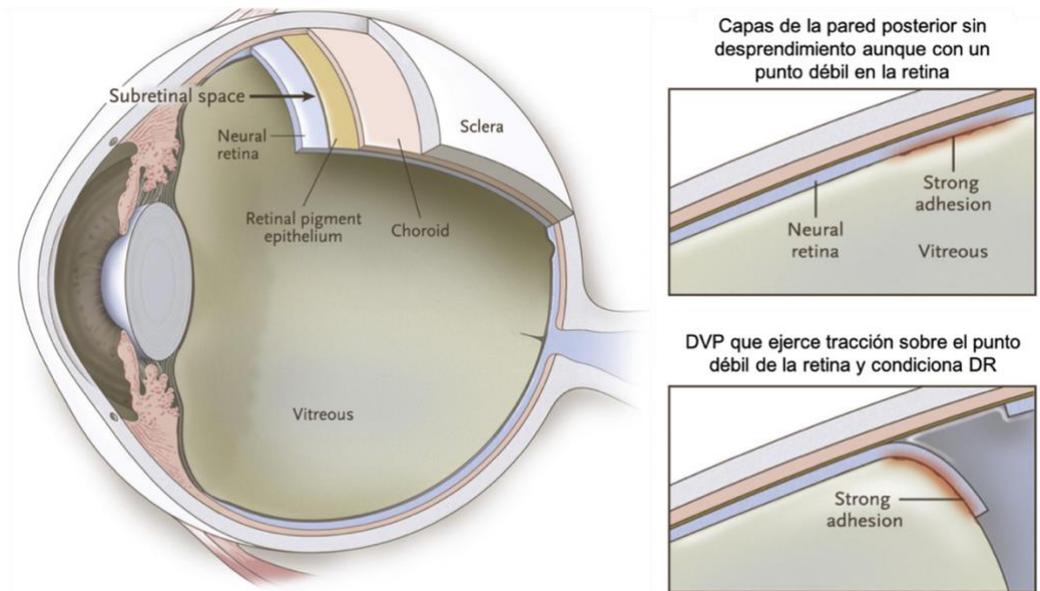


Figura 2. Fisiopatología del DR más común: regmatógeno secundario a DVP [18].

1.1.1. Manifestaciones clínicas y diagnóstico diferencial

Los primeros síntomas suelen ser destellos de luz, llamados fotopsias, y/o la aparición de puntos flotantes, conocidos como entopsias. La pérdida de visión se manifiesta como una reducción gradual del campo visual, que progresa desde la periferia hacia el centro, y una disminución de la agudeza visual que puede llegar a limitarse a la percepción de sombras. Estos síntomas pueden ser similares a los de la sinéresis vítreo (SV), el desprendimiento de vítreo posterior (DVP) y el hemovítreo (HV), por lo que es esencial realizar pruebas adicionales para un diagnóstico preciso [19,20].

- Sinéresis vítreo: el vítreo se degenera con el tiempo y se forman condensados, que se perciben como partículas flotantes o lentes intraoculares. Este proceso es gradual y no suele provocar cambios repentinos en la visión.
- Desprendimiento de vítreo posterior: ocurre cuando el humor vítreo se desprende de su punto de fijación en la retina. Los pacientes refieren una pérdida repentina de la visión acompañada de numerosas manchas y destellos de luz.
- Hemovítreo: se refiere a la presencia de sangre en la cavidad vítreo. El motivo más habitual es que sea secundario a un traumatismo, aunque

también puede ocurrir de forma espontánea en pacientes diabéticos. Se manifiesta como visión borrosa o una pérdida repentina de la visión.

1.1.2. Manejo diagnóstico

El *gold standard* o método de referencia para diagnosticar el desprendimiento de retina (DR) es la oftalmoscopia, que permite al oftalmólogo diferenciarlo de la sinéresis vítrea (SV), el desprendimiento de vítreo posterior (DVP) y el hemovítreo (HV), así como localizar y evaluar la extensión del desprendimiento [20]. Sin embargo, la oftalmoscopia requiere la dilatación pupilar y que los medios ópticos del ojo estén claros. En casos de cataratas, presencia de sangre o cuerpos extraños en el vítreo o en la cámara anterior, la evaluación de la retina mediante oftalmoscopia se vuelve difícil, siendo necesario recurrir a otras técnicas.

La ecografía oftálmica es especialmente útil en estas situaciones, ya que los ultrasonidos pueden atravesar las opacidades de los medios ópticos del ojo, proporcionando una imagen clara de la retina para su evaluación diagnóstica. Por esta razón, la ecografía es una herramienta diagnóstica crucial cuando la oftalmoscopia no es viable [21–28].

Los estudios más recientes, respaldados por tecnología ecográfica de última generación, sugieren que, aunque la oftalmoscopia siga siendo el *gold standard* para el estudio del desprendimiento de retina, la ecografía oftálmica, gracias a su alta sensibilidad y excelente correlación con el diagnóstico de la oftalmoscopia, podría utilizarse como primera prueba de cribado y, en caso de no tener dudas diagnósticas, podría ahorrar al paciente la dilatación ocular y un examen más invasivo que la ecografía como es el fondo de ojo [29].

1.1.3. Pronóstico y manejo terapéutico

El DR, sin tratamiento, progresa rápidamente hacia una pérdida severa de visión, que puede culminar en ceguera y atrofia del globo ocular [20,30]. Por esta razón, es crucial un tratamiento temprano que implique la reparación anatómica mediante cirugía de reapiación de la retina. Este procedimiento

permite la recuperación de la visión y la desaparición de los síntomas en el 95% de los casos [31]. Además, los resultados postoperatorios son mejores cuanto menos tiempo permanezca desprendida la retina, por lo que el DR es considerado una emergencia oftalmológica que debe tratarse con la mayor prontitud posible [6].

En cambio, las patologías vítreas como la sinéresis vítrea (SV), el desprendimiento de vítreo posterior (DVP) y el hemovítreo (HV) suelen tener una evolución benigna incluso sin intervención, y suelen manejarse de manera conservadora con seguimiento periódico en consultas de oftalmología.

1.2. Anatomía del globo ocular

El conocimiento de la anatomía ocular es esencial para que los radiólogos interpreten correctamente las imágenes de ultrasonido y comprendan la fisiopatología subyacente de las anomalías detectadas.

El globo ocular es el órgano primario de la visión, está situado en la parte anterior de la órbita y es esférico con un diámetro anteroposterior de aproximadamente 25 mm y diámetros craneocaudal y lateral de 23 mm. La parte frontal del globo ocular está protegida por los párpados, delgadas estructuras cutáneas que funcionan como protectores y distribuidores de lágrimas.

El ojo se compone de varias capas y contenidos internos. Las paredes del globo ocular se dividen en tres membranas concéntricas, desde la más externa a la más interna [32–34]:

- Membrana externa o de soporte:
 - Córnea: Esta es la lente situada en la parte frontal del ojo, detrás del párpado. La córnea cubre el iris y la pupila, y es la principal responsable de la refracción de la luz en el ojo.
 - Esclerótica: Esta es la capa más extensa, cubriendo aproximadamente cuatro quintas partes del ojo. Se extiende desde la córnea en la parte frontal hasta más allá de la ora serrata en la parte posterior, formando la parte blanca del ojo y proporcionando soporte y protección.

- Membrana media o vascular (úvea):
 - Úvea: subyacente a la membrana externa, es la membrana de vascularización del ojo y se compone de tres capas dispuestas de anterior a posterior:
 - Iris: Esta estructura circular pigmentada regula la cantidad de luz que entra en el ojo mediante la pupila. Los músculos del iris son controlados por los sistemas nerviosos simpático y parasimpático.
 - Cuerpo ciliar: Situado entre el iris y la coroides, el cuerpo ciliar contiene el músculo ciliar, que ajusta la forma del cristalino para enfocar la luz, y los procesos ciliares, que producen el humor acuoso.
 - Coroides: Esta capa rica en vasos sanguíneos se encuentra entre la esclerótica y la retina, proporcionando nutrientes y oxígeno a estas capas.
- Membrana interna o neuronal, es la retina: esta es la capa sensorial que se extiende desde la papila del nervio óptico hasta la ora serrata. Es altamente vascularizada y crucial para la captación de imágenes visuales.

Por otra parte, además de las membranas, el contenido del ojo incluye los medios transparentes que permiten la entrada de luz hasta la retina. Se enumeran en sentido anteroposterior:

- Humor acuoso: Líquido transparente producido por los procesos ciliares, llenando el espacio entre la córnea y el cristalino.
- Cristalino: Una lente biconvexa y elástica que cambia de forma para enfocar la luz, regulada por las fibras del cuerpo ciliar.
- Cuerpo vítreo: Una sustancia gelatinosa que llena la cavidad ocular posterior al cristalino, formada principalmente por agua, ácido hialurónico y colágeno. Está rodeado por la membrana vítrea y se adhiere a la retina en la parte posterior.

Para finalizar, se describen las estructuras vasculares detectables por ecografía oftálmica entre las que se incluyen ramas de la arteria

oftálmica, que deriva de la carótida interna. Esta arteria irriga el ojo a través de la arteria central de la retina y las arterias ciliares posteriores, proporcionando sangre a la retina y la coroides [35].

Además de la anatomía descriptiva del globo ocular que se ha descrito anteriormente, en el ámbito clínico y para la evaluación ecográfica de la anatomía ocular, es fundamental comprender el ojo según su anatomía topográfica. En este trabajo se ha categorizado desde la región anterior a la posterior y de la superficie a la profundidad [33]:

- Segmento anterior: situado entre el párpado y la cámara vítrea, contiene el humor acuoso. El iris divide este segmento en dos cámaras conectadas por la pupila:
 - Cámara anterior: Ubicada entre la córnea y el iris.
 - Cámara posterior: Localizada entre el iris y la cápsula posterior del cristalino. Es importante mencionar que la ecografía oftálmica no permite visualizar adecuadamente esta cámara.
- Segmento posterior: incluye el cuerpo vítreo y está atravesado por el conducto hialoideo. La pared posterior se compone de tres capas:
 - Esclerótica, coroides y retina

Es muy importante que los radiólogos y oftalmólogos comprendan esta distribución anatómica resaltando las diferencias entre las cámaras anterior y posterior, pues la nomenclatura similar puede inducir confusiones diagnósticas y quirúrgicas, con un impacto negativo en los resultados del paciente. Por ello, se recomienda prestar especial atención a esta diferencia topográfica. En la figura 3 se ilustran los detalles anatómicos.

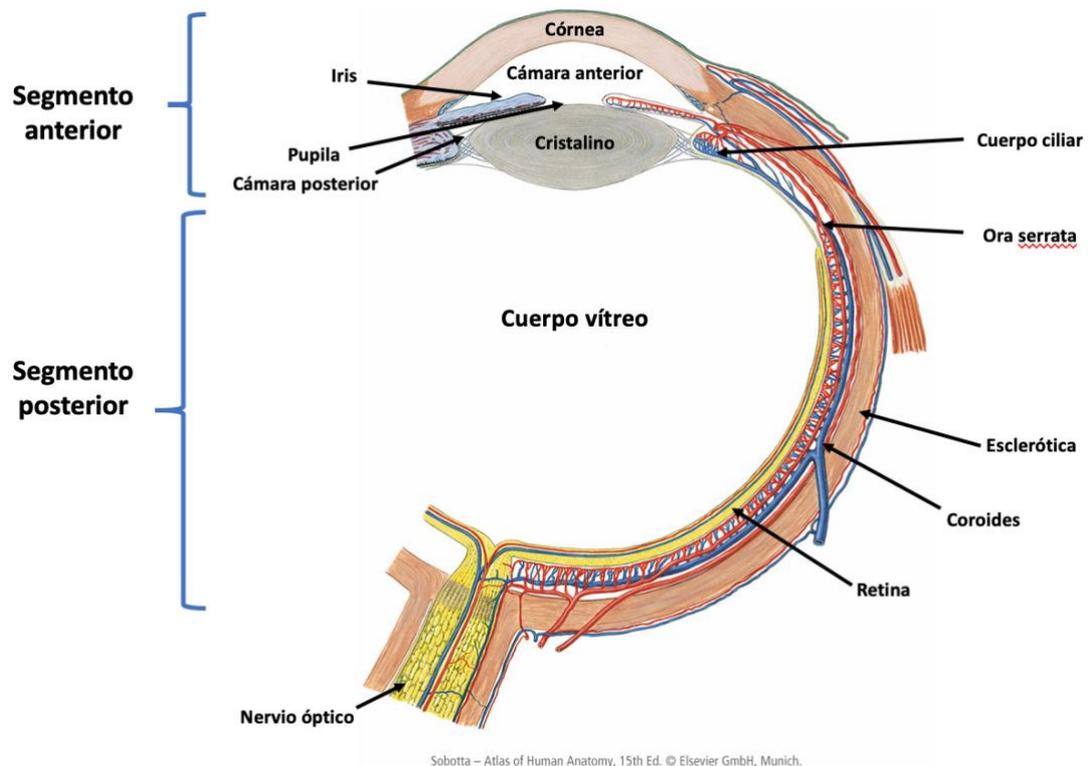


Figura 3. Representación en corte transversal de la anatomía del globo ocular [34].

1.3. Ecografía oftálmica

1.3.1. Bases físicas de la ecografía

Se considera necesario para comprender la imagen ecográfica una breve introducción a los fundamentos físicos del ultrasonido y su aplicación a la clínica para ser convertido en imagen apropiada para el diagnóstico médico.

La ecografía es una técnica diagnóstica que produce imágenes utilizando ultrasonidos y capturando los ecos generados tras su interacción con los tejidos [35]. Este método emplea transductores con propiedades piezoeléctricas, lo que significa que los cristales dentro de los transductores convierten la energía eléctrica en energía mecánica, generando así los ultrasonidos. La frecuencia de estos ultrasonidos puede ajustarse: los transductores de alta frecuencia ofrecen mayor resolución pero menor penetración, mientras que los de baja frecuencia proporcionan mayor penetración a costa de una menor resolución [36].

El proceso de formación de la imagen ecográfica comienza con la emisión de ultrasonido por parte del transductor a una determinada frecuencia, el cual

posteriormente recibe y procesa para crear una representación comprensible para el cerebro humano e ilustrativa de la anatomía interna del cuerpo ecografiado. Para ello, la formación de la imagen ecográfica implica los siguientes pasos [35]:

- Primer paso: emisión del ultrasonido: Una corriente eléctrica alterna aplicada a los cristales del transductor produce ultrasonidos, que se emiten y atraviesan los tejidos hasta encontrar una interfase (una zona donde dos tejidos tienen diferentes impedancias acústicas). En la interfase pueden ocurrir varias cosas:
 - Conducción: el ultrasonido atraviesa un medio completamente homogéneo sin encontrar una interfase que lo refleje, generando una imagen anecoica.
 - Reflexión: el ultrasonido encuentra dos medios de diferente densidad en la interfase. La cantidad de sonido reflejado dependerá de la diferencia de densidades entre los materiales de la interfase.
 - Refracción: el ultrasonido cambia de dirección al reflejarse, pero en una dirección distinta a la del transductor, por lo que no regresa a este y no genera imagen.
 - Dispersión: el ultrasonido se refleja en múltiples direcciones al chocar con una superficie pequeña e irregular.
 - Absorción: los tejidos absorben el ultrasonido y lo convierten en calor, lo que reduce la intensidad del sonido.

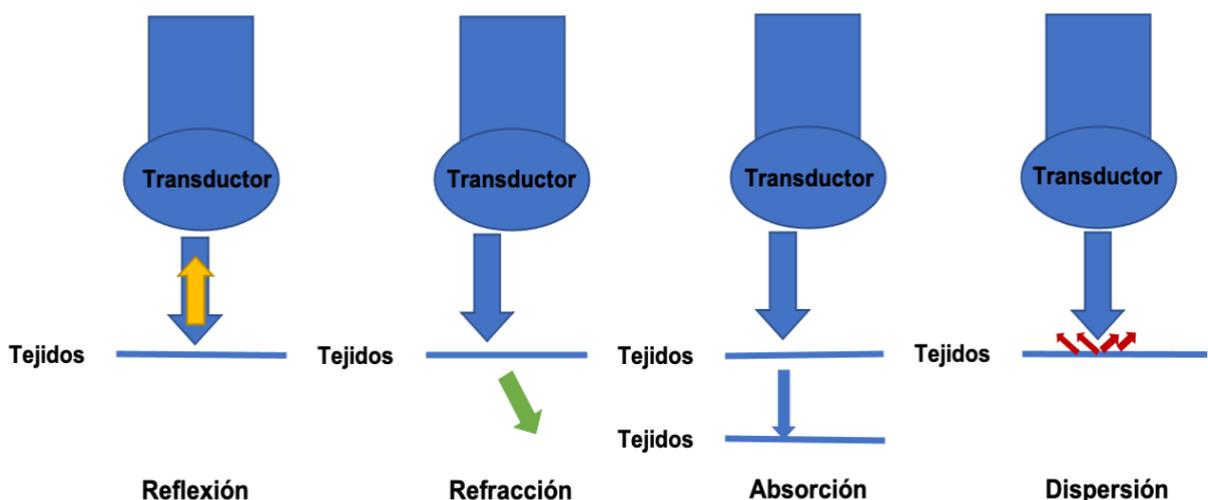


Figura 4. Interacciones del ultrasonido con una interfase.

- Segundo paso: recepción del ultrasonido: Cuando los ultrasonidos interactúan con los tejidos, aquellos que son reflejados y regresan al transductor cambian de dirección. El transductor analiza estos ultrasonidos reflejados, convirtiéndolos de sonido a señales eléctricas, las cuales se representan como puntos de luz en la pantalla del ecógrafo.

La comprensión de cómo se genera la imagen ecográfica puede resultar compleja. Por ello, se ha diseñado una ilustración que ofrece un modelo básico para simplificar la asimilación de cómo se forma la imagen ecográfica. En dicha ilustración (figura 5), se exponen diferentes elementos cuyo significado se explica a continuación para facilitar su comprensión visual:

- Las flechas negras representan la corriente eléctrica que se convierte en ultrasonidos gracias a las propiedades piezoeléctricas del transductor.
- Las flechas azules muestran los ultrasonidos emitidos por el transductor, que se vuelven más delgadas después de la primera interfase debido a la atenuación causada por la absorción de los tejidos.
- Las flechas amarillas indican los ultrasonidos reflejados, o ecos, tras interactuar con una interfase.
- La flecha verde ilustra el fenómeno de refracción, mostrando cómo las ondas refractadas pueden interactuar con interfases más profundas y generar ecos que regresan al transductor.
- El corazón simboliza la imagen anatómica que es generada por el transductor ecográfico mediante sus propiedades piezoeléctricas después de interpretar los ultrasonidos recibidos después de haber rebotado en los tejidos y llegar al transductor como ecos.

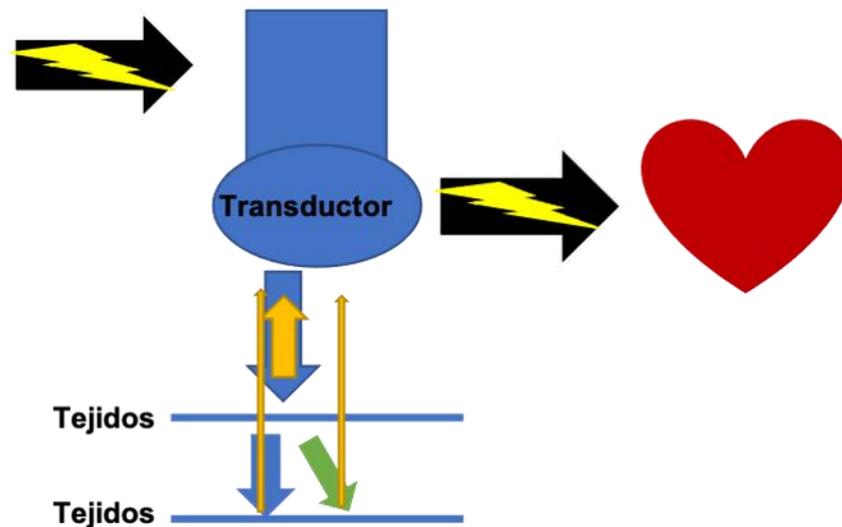


Figura 5. Modelo básico de formación de la imagen ecográfica.

La imagen se mostrará en función de los ecos detectados, utilizando alguno de los siguientes modos descritos [35,37]:

- Modo A (Amplitud): presenta un gráfico donde el eje vertical indica la distancia y el eje horizontal muestra la amplitud o intensidad de los ecos.
- Modo M (Movimiento): en este modo, la pantalla muestra el brillo correspondiente a la intensidad y posición del eco. A diferencia del Modo A, registra los cambios en los parámetros medidos a lo largo del tiempo.
- Modo B (Brillo): es el modo más conocido y utilizado. Proporciona una escala de grises en tiempo real que ilustra las variaciones de brillo para representar diferentes amplitudes de los ecos recibidos. Para generar una imagen bidimensional, este modo emite múltiples pulsos de ultrasonido en una serie de barridos consecutivos (ver figura 6).
- Ecografía Doppler: no es un modo independiente, sino una variante técnica de la ecografía convencional que se basa en el Modo B, añadiendo información obtenida a través del efecto Doppler. El efecto Doppler se refiere al cambio en la frecuencia de una onda causado por el movimiento [38]. En ecografía, se genera una señal Doppler cuando el ultrasonido se refleja en tejidos en movimiento, como la sangre, mostrando un aumento de frecuencia de la onda al acercarse al transductor y una disminución al alejarse. El Doppler-color es el más

común y utiliza colores para representar estos cambios de frecuencia: rojo para un aumento y azul para una disminución (ver figura 6) [36].

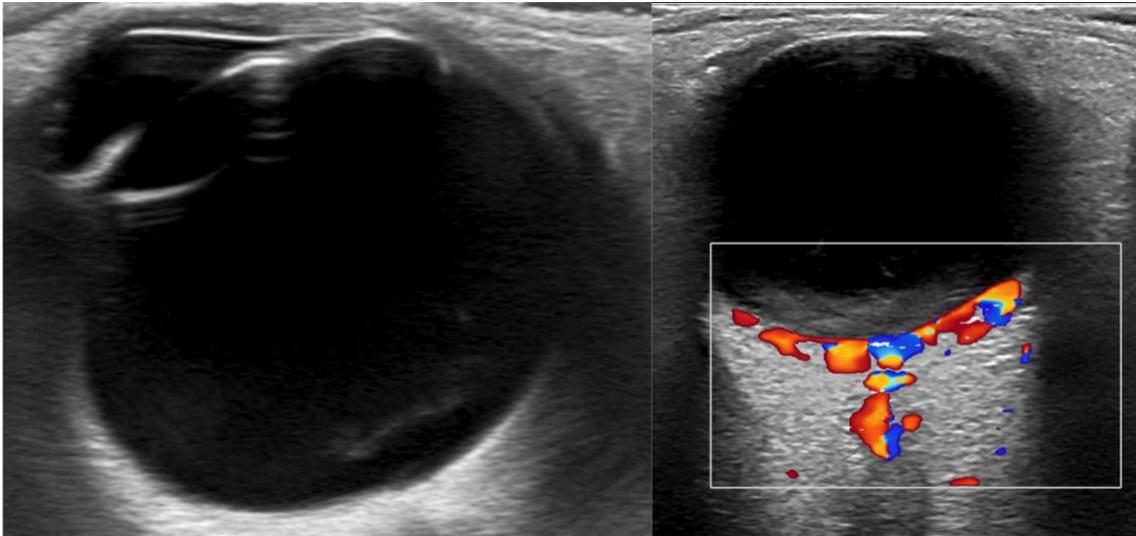


Figura 6. Ecografía en modo B (izquierda) y ecografía Doppler-color (derecha).

1.3.2. Anatomía ecográfica del globo ocular

Dado que no todas las estructuras del globo ocular son visibles en el modo B de la ecografía, intentar extrapolar la anatomía ocular estándar a la imagen ecográfica de un paciente sano puede resultar engañoso [39]. Para simplificar la interpretación de la anatomía ecográfica del ojo, se divide en segmento anterior y posterior, ya que la mayoría de las patologías detectadas mediante ecografía se encuentran en el segmento posterior (figura 7).

- Segmento anterior:
 - Primera línea ecogénica: corresponde a las partes blandas del párpado.
 - Segunda línea ecogénica: inmediatamente posterior, curva y delgada, representa la córnea.
 - Espacio anecoico: situado tras la córnea, es el humor acuoso de la cámara anterior, limitado por la tercera línea ecogénica que comprende el iris, los cuerpos ciliares y la cápsula anterior del cristalino, que no se distinguen separadamente en la ecografía.
 - Segundo espacio anecoico: corresponde al cuerpo del cristalino.

- Cuarta línea ecogénica: fina y curva, es la cápsula posterior del cristalino, que marca la división entre el segmento anterior y posterior.

Es importante señalar que el espacio anecoico entre la cámara anterior y la cámara vítrea es el cristalino, no la cámara posterior, que no se visualiza en la ecografía.

- Segmento posterior:
 - Cuerpo vítreo: posterior al cristalino, aparece como una cavidad grande, redondeada y anecoica.
 - Pared posterior: delimitada por una línea ecogénica curva que representa las tres capas que la componen: esclerótica, coroides y retina.
- Pared posterior: en una ecografía, no es posible diferenciar las tres capas de la pared posterior cuando son sanas, pero este método es adecuado para valorar la patología a este nivel, especialmente para detectar desprendimientos. Además, con la ecografía se pueden identificar el nervio óptico y los vasos que irrigan la pared posterior, lo que resultará muy útil para el diagnóstico diferencial ecográfico, como se explicará más adelante en esta tesis.
 - Nervio óptico: aparece como una estructura tubular hipoecogénica de aproximadamente 3-5 mm de diámetro, situada detrás de la pared posterior.
 - Vascularización: mediante Doppler-color, se pueden visualizar la arteria y vena central de la retina, que acompañan al nervio óptico hasta la pared posterior.
 - Grasa retroorbitaria: una estructura ecogénica extensa ubicada detrás de la pared posterior.

Se correlaciona la anatomía topográfica del globo ocular con su anatomía ecográfica en la figura 7 para visualizar de manera sencilla la correspondencia entre las estructuras que son susceptibles de estudio cuando se realiza una ecografía.

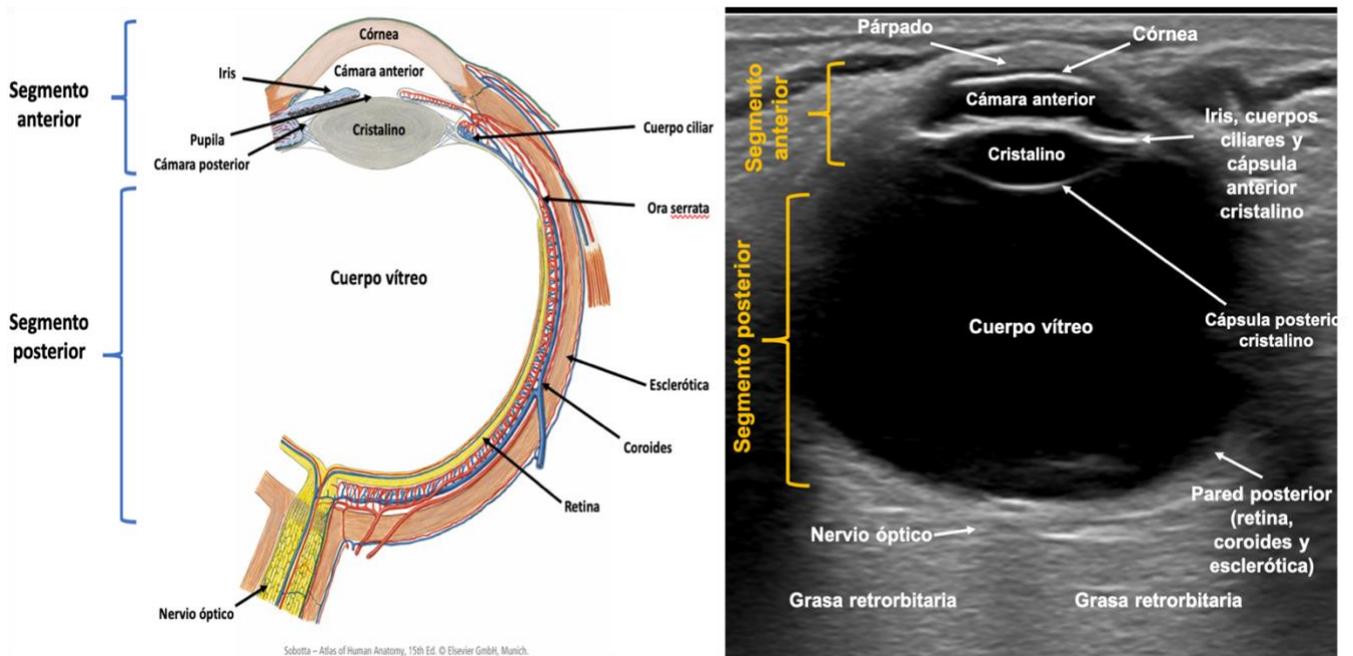


Figura 7. Correlación anatomía normal y ecográfica [34].

1.3.3. Técnica ecográfica para explorar el globo ocular

El paciente debe estar en posición reclinada durante la exploración. Se le solicitará que cierre ambos ojos, los cuales se cubrirán con gel ecográfico [37].

La selección del transductor debe considerar la mejor adaptación a la anatomía ocular y la mayor frecuencia de ultrasonidos posible para alcanzar la profundidad deseada. Por lo tanto, los transductores lineales de alta frecuencia son los indicados para evaluar el globo ocular [35].

El transductor debe aplicarse en direcciones transversal y longitudinal, realizando movimientos suaves en forma de abanico para obtener imágenes completas de todo el globo ocular [40].

1.3.4. Indicaciones y contraindicaciones

Las principales indicaciones para la valoración ecográfica en patologías oftálmicas son las siguientes [21,37,40,41]:

- Evaluación de la pared posterior del globo ocular: es especialmente útil cuando no se puede examinar adecuadamente el ojo completo mediante

fondo de ojo, como en casos de traumatismos o cataratas densas. Es de especial utilidad para diagnosticar el desprendimiento de retina.

- Obtención de datos relevantes para el pronóstico y tratamiento: Importante en patologías donde el diagnóstico no se basa en ecografía, como en tumores de la pared posterior o para medir el engrosamiento del nervio óptico en pacientes con hipertensión intracraneal.
- Medición previa a la cirugía de cataratas: Permite determinar los diámetros necesarios de las lentes intraoculares para el paciente.

La ecografía oftálmica está contraindicada en casos de perforación ocular o inflamación severa, ya que la presión aplicada durante el procedimiento podría causar la extrusión de las estructuras oculares. Es esencial confirmar con el oftalmólogo la ausencia de estas condiciones. Si se presentan contraindicaciones, las alternativas recomendadas son la tomografía computarizada (TC) o la resonancia magnética (RM) [41].

1.4. Ecografía oftálmica en el desprendimiento de retina

1.4.1. Importancia de la ecografía en el desprendimiento de retina

La evolución del DR es fatal para la visión que puede provocar pérdidas irreversibles en aquellos pacientes que no obtienen un diagnóstico precoz para instaurar tratamiento lo antes posible [6,20,30]. Una vez diagnosticado de DR, el paciente debe recibir tratamiento quirúrgico, y cuanto antes se instaure, mejor será el pronóstico [31].

La valoración efectiva de la patología en la retina mediante el fondo de ojo exige ciertas condiciones específicas del globo ocular para poder examinar adecuadamente la retina [20]. Sin embargo, patologías como edema corneal, cataratas o hemorragias ocasionan opacidades en los medios transparentes del ojo (figura 8), lo que impide una correcta valoración con el fondo de ojo. En pacientes que sufran alguna de las condiciones citadas anteriormente y que dificulten la visualización de la pared posterior mediante la oftalmoscopia, se deben utilizar pruebas que no dependan de la claridad de los medios transparentes del globo ocular y que sean capaces de representar la pared

posterior incluso cuando exista opacidad de los medios transparentes del globo ocular [10,21,22,24–26,41–44].

La importancia y propiedades de la ecografía destacan en estos escenarios debido a su excelente desempeño en medios líquidos y su capacidad para penetrar las opacidades que limitan el fondo de ojo. Esto erige a la ecografía como una herramienta básica para el diagnóstico temprano del DR, permitiendo iniciar el tratamiento adecuado lo más pronto posible [45,46]. Tal es su utilidad y su óptimo funcionamiento que los estudios más recientes plantean que la ecografía sea el método diagnóstico de inicio ante la sospecha clínica de desprendimiento de retina, a pesar de no ser el método diagnóstico de referencia que sigue siendo el fondo de ojo [28].

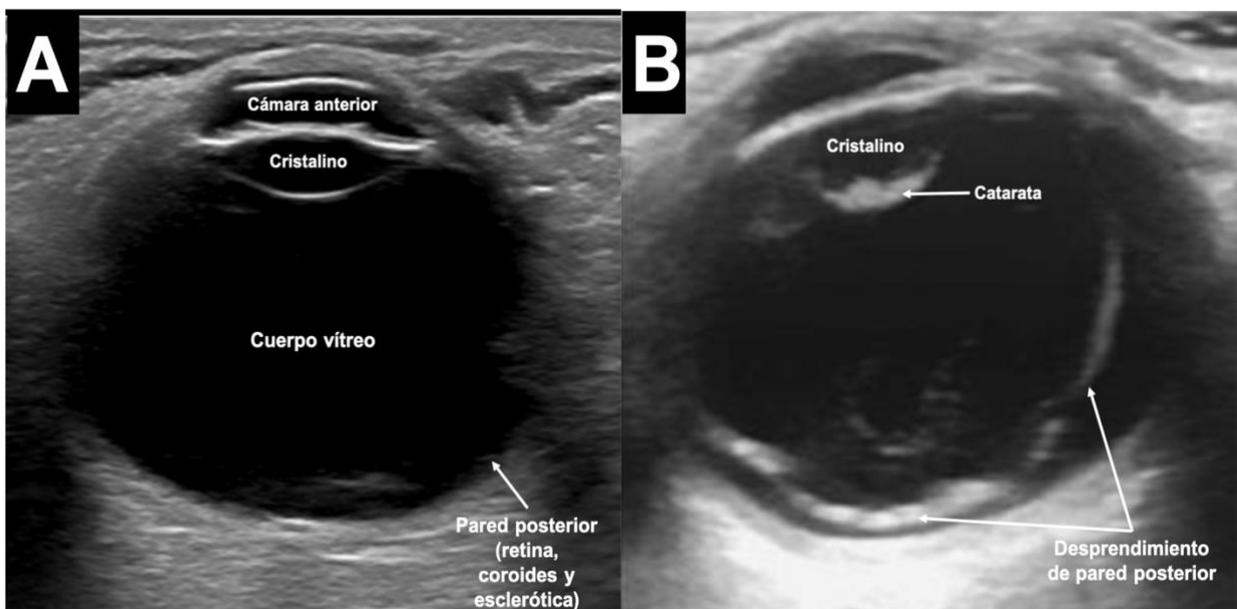


Figura 8. A: Medios transparentes del globo ocular normales. B: Catarata en el cristalino que impide la valoración del desprendimiento por oftalmoscopia.

1.4.2. Diagnóstico diferencial ecográfico del desprendimiento de retina

La imagen ecográfica del globo ocular normal representa el vítreo como una estructura enteramente anecoica, como se muestra en la figura 8.A del apartado anterior. La aparición de membranas o focos ecogénicos en el interior de lo anecoico del vítreo, o incluso su opacificación hacia una ecogenicidad mayor, supone patología en cualquier circunstancia. La patología más frecuentemente relacionada con la aparición de membranas en el espacio anecoico del vítreo son los desprendimientos de la pared posterior, lo que

supone un reto para el diagnóstico diferencial. La dificultad añadida es que las patologías a discernir en el diagnóstico diferencial, el DVP, el HV y las SV no sólo presentan unos hallazgos ecográficos similares, sino que las manifestaciones clínicas también pueden ser indistinguibles.

La suma de estas dificultades supone un problema para el radiólogo y para el oftalmólogo, que deben elegir con precisión el diagnóstico para poder acometer el manejo terapéutico adecuado para que la visión del paciente no se vea perjudicada de manera permanente. Se describe a continuación la apariencia ecográfica típica del desprendimiento de retina y las patologías con las que se debe plantear el diagnóstico diferencial ecográfico:

- El DR se observa ecográficamente como una membrana hiperecogénica, continua y lisa, que flota dentro del cuerpo vítreo y se mueve de manera limitada, acorde a su anclaje a la papila del nervio óptico en la pared posterior.
- El DVP se visualiza ecográficamente como membranas ecogénicas dentro del vítreo que pueden resultar muy difíciles de diferenciar de las membranas del DR debido a que las diferencias entre ellas son muy sutiles y difíciles de detectar en una exploración no sistemática y para el ecografista inexperto.
- El HV tiene una apariencia ecográfica de focos ecogénicos que se pueden organizar formando estructuras anfractuosas y gruesas que simulen membranas de morfología análoga, que podrían confundirse con facilidad con las del DR o DVP.
- Las SV, por su parte, suelen ser más fáciles de distinguir ecográficamente del DR debido a su menor tamaño y su menor tendencia a la formación de membranas. Por ello, aunque las manifestaciones clínicas sean similares, sería muy poco frecuente confundir las sinéresis vítreas con el DR en ecografía.

Dada la importancia del diagnóstico temprano en pacientes con sospecha de DR, se han realizado numerosos estudios para conseguir mejorar la precisión de la diferenciación del DR respecto de las patologías vítreas anteriormente citadas que presentan una apariencia ecográfica similar. Los primeros estudios

se centraron en determinar los hallazgos ecográficos que se encuentran en un paciente que sufre un DR, dando una descripción de los hallazgos en el interior del cuerpo vítreo y detallando la ecogenicidad, grosor, disposición y localización de las membranas [47–49]. Se estableció una apariencia ecográfica típica de estas membranas que cumplen con alta probabilidad con las siguientes características: alta ecogenicidad, grosor irregular, disposición desde central posterior hacia periférico anterior y localización sin cruzar la línea media, ancladas a la papila del nervio óptico y hacia la ora serrata del lado afectado. En caso de estar afectados ambos lados de la pared posterior, podría conferir una morfología en V que, durante años, se ha considerado un criterio diagnóstico [24,46,50,51].

Posteriormente, se estudió la apariencia en ecografía Doppler-color del DR para evaluar la vascularización como un posible factor diferencial. Se profundizó aún más en el aspecto de la vascularización de las membranas del DR al introducirse la utilización de contraste ecográfico, que permite una mayor sensibilidad para esta caracterización y se determinó que las membranas del DR se encuentran profusamente vascularizadas, de manera acorde a la abundante celularidad de la retina [27,52].

Las numerosas investigaciones al respecto permitieron la caracterización detallada de los hallazgos ecográficos del DR, lo cual probó que la ecografía resulta una técnica de imagen de alta utilidad para el diagnóstico de esta patología. Así, se comenzó a proponer como complemento al fondo de ojo en situaciones donde éste no puede evaluar la retina [10,25,26,44–46,50,51,53,54]. Es más, actualmente ya se plantea como la prueba complementaria de inicio ante la sospecha clínica de DR, gracias a su elevada sensibilidad [28].

El siguiente paso en la investigación acerca del diagnóstico ecográfico del DR se enfocó en superar la dificultad que entraña lo similar de los hallazgos entre el DR, el DVP y la HV. Para ello, las investigaciones se enfocaron en identificar hallazgos ecográficos de utilidad para el diagnóstico diferencial entre el DR y las patologías que lo imitan clínica y ecográficamente. A lo largo de los años se han recogido en la literatura los siguientes ocho hallazgos diferenciales: la

ecogenicidad de las membranas, el grosor de las membranas, el anclaje de las membranas a la papila del nervio óptico, el cruce de la línea media por las membranas, la forma en V de las membranas, la visualización de las membranas a baja ganancia, la presencia de Doppler-color en las membranas y la cinética de las membranas [18,22,24,52,55–57]. Sin embargo, no hay ningún trabajo que se haya centrado en analizar la rentabilidad diagnóstica, la sensibilidad, especificidad y valores predictivos de los citados hallazgos diferenciales. Tampoco se ha estudiado la relación que puedan tener entre ellos ni se ha planteado la creación de un *score*, por lo que se encuentra abierta una puerta a numerosas investigaciones al respecto para conseguir afinar al máximo el diagnóstico ecográfico del DR [58].

1.4.3. Protocolos de estudio ecográfico para el diagnóstico del DR

La relevancia de lograr un diagnóstico ecográfico preciso y precoz ante la sospecha de DR impulsa el diseño de sistemáticas de exploración ecográfica que evalúen todos los hallazgos diferenciales de manera ordenada. Así, un protocolo de ecografía oftálmica se convierte en una herramienta esencial en el no solo para oftalmólogos y radiólogos sino también para profesionales de Medicina Familiar, Comunitaria y Urgencias.

A) Protocolos publicados previamente:

La mayoría de los protocolos descritos en la literatura se enfocan en aspectos técnicos (colocación de la zona, planos a obtener, estructuras a evaluar) pero carecen de un estudio detallado para el diagnóstico diferencial del DR. El metaanálisis más amplio al respecto destaca la necesidad de un protocolo que cubra esta área [51]. Hasta la fecha, solo existe el protocolo VIGMO de la Universidad de California-San Francisco [18], el cual analiza solamente 3 de los 8 hallazgos descritos en la bibliografía:

1. Visualización de membranas a ganancia baja (sí/no)
2. Movilidad de las membranas (fluida/limitada)
3. Anclaje a la papila del nervio óptico (sí/no).

Las siglas VIGMO hacen referencia a VI (Vítreo con membranas), G (Ganancia), M (Movilidad) y O (Óptico). Este protocolo considera el anclaje a la papila como un hallazgo obligatorio en el DR y la baja movilidad como indicio de retina desprendida (figura 9).

	Anclaje de las membranas a papila del nervio óptico	Visualización de las membranas en ganancia baja	Movilidad de las membranas
DR	Sí (hallazgo obligatorio)	Sí	Limitada
DR no	No	Sí/No	Fluida

Figura 9. Hallazgos ecográficos para el diagnóstico diferencial del DR según protocolo VIGMO.

B) Protocolo UM

En 2021, el grupo de trabajo de esta tesis (formado principalmente por radiólogos) diseñó el “protocolo UM” [59] para abarcar los 8 hallazgos diferenciales del DR mencionados en la literatura [10,18,22–24,51,52,55,60].

En un estudio preliminar con 42 pacientes remitidos por sospecha de DR, el protocolo UM mostró alta sensibilidad, especificidad y valores predictivos (alrededor del 90%), así como una concordancia del 87% con el gold standard (fondo de ojo o hallazgos posquirúrgicos). Además, dicha precisión se mantuvo incluso en situaciones de opacidad de medios.

Se comparó también, de forma simulada, el desempeño del protocolo VIGMO en estos 42 pacientes, resultando menos en sensibilidad, especificidad y valores predictivos que el protocolo UM. La principal ventaja del protocolo UM fue considerar 8 hallazgos en lugar de 3, incluyendo la presencia de flujo en Doppler-color y no requerir ningún criterio “imprescindible”, a diferencia de VIGMO, que exige el anclaje a la papila del nervio óptico.

En la misma investigación, se examinó la sensibilidad y especificidad de cada hallazgo individual, destacando 5 de ellos como especialmente relevantes: visibilidad de membranas a baja ganancia, cinética de membranas, Doppler-color, cruce de línea media y anclaje a la papila. Por el contrario, ecogenicidad, grosor y forma en V resultaron menos fiables. Se analizó el rendimiento ecográfico de cada una de ellas en busca de potenciales puntos débiles y aspectos a mejorar al evaluarlas para mejorar la precisión del diagnóstico ecográfico:

- Cinética de las membranas: uno de los hallazgos más estudiados en la evidencia previa [18,22,24,25,48,54,61,62] pues es muy visual y fácil de interpretar. El fundamento de esta variable radica en la anatomía de la retina, anclada a la papila del nervio óptico y a la ora serrata, lo que limita su movimiento como si estuviese “cogida con pinzas” frente al movimiento fluido y libre que tienen la sangre o las membranas vítreas en caso de DVP o HV.
- Visualización de membranas a ganancia baja: fruto de la importancia de la interfase acústica entre tejidos en la formación de la imagen ecográfica. En este caso, la interfase depende de la composición celular de las membranas dentro del humor vítreo. En un paciente con DR, las membranas provienen de la retina, que está formada por hasta seis tipos de células organizadas en diez capas. En contraste, en un paciente con DVP, las membranas derivan del vítreo, compuesto principalmente de colágeno y agua. Debido a esta diferencia en la composición celular, las membranas del DR tienen una impedancia acústica mucho mayor en comparación con el humor vítreo, creando una interfase muy pronunciada que puede ser detectada incluso con bajos niveles de ganancia. En contraposición, las membranas del DVP tienen una composición celular similar a la del humor vítreo, resultando en una interfase débil que requiere elevados niveles de ganancia para ser representada en la imagen ecográfica [34-36]. Se probó así la gran utilidad de la modificación de ganancia durante la ecografía de valoración del DR gracias al protocolo UM. No obstante, sólo dos de las publicaciones disponibles en la bibliografía la tenían en cuenta [24,62].
- El estudio con Doppler-color: mostró ser fácil de realizar y de interpretar con una alta especificidad, por lo que es uno de los parámetros más estudiados previamente [23,27,52,55,56]. Esto se justifica por la profusa vascularización que presenta la retina, fácilmente detectable con el Doppler-color, frente al vítreo que es avascular con la consiguiente ausencia de Doppler-color. A pesar de su alta especificidad, se registraron bajos valores de sensibilidad, probablemente por el pequeño tamaño de estos vasos y el colapso que puedan sufrir al despegarse de la retina. Se ha conseguido aumentar la sensibilidad en investigaciones que han

empleado el contraste sonográfico de manera conjunta al Doppler-color [27,56].

- Cruce de la línea media por parte de las membranas: es uno de los hallazgos menos valorados en la literatura y con mejor rendimiento diagnóstico en nuestro estudio preliminar [22,58]. La utilidad de este hallazgo se demostró especialmente para descartar el DR, con un altísimo VPN: las membranas en el DVP y el HV se extienden libremente por el vítreo frente a las membranas en el DR que están ancladas a ora serrata y papila del nervio óptico, impidiendo su cruce de línea media. Además, al encontrarse dudas en el estudio estático, se disiparon al pedirle al paciente la movilidad del ojo, pues las membranas del DVP y HV cruzaron ampliamente por la línea media, quedando restringidas las del DR.
- Anclaje a la papila del nervio óptico: el conocimiento anatómico y su aplicación a la clínica justifican que éste sea de los hallazgos más contrastados, con un alto valor diagnóstico mostrado una y otra vez e incluso considerado patognomónico por algunos autores [18,22,24,25,37,48,60–62]. Este alto valor ofrecido previamente quedó enfrentado a los resultados de nuestro estudio preliminar
- Ecogenicidad de las membranas: es el hallazgo más contrastado desde las primeras investigaciones [22,25,37,45,48,60–62] pero la evolución del conocimiento al respecto hace que quede relegado debido a que es un criterio comparativo y presenta la limitación de conseguir colocar en el mismo plano las membranas a estudio con la estructura anatómica elegida para su comparación [18,24,50,55]. A pesar de todo lo dicho, este hallazgo mostró unos firmes valores de sensibilidad, especificidad y valores predictivos.
- Forma en V de las membranas: la principal sorpresa del estudio preliminar fue encontrar un bajo valor diagnóstico en esta variable a estudio, que ha sido utilizada una y otra vez como un criterio diagnóstico del DR [10,21,23,26,37,60–62]. Se interpretó el menor rendimiento encontrado en el estudio preliminar como secundario al falso negativo que supone un DR unilateral y al falso positivo que supone un DVP que adopte una morfología similar a una V debido a la esperable distribución de las membranas hacia declive.

- Grosor de las membranas: fue el hallazgo que registró peor rendimiento diagnóstico, debido a la alta frecuencia de que se adhiriera un coágulo a una membrana de DVP, especialmente en pacientes que han sufrido traumatismos, lo que hace que la membrana adopte una falsa irregularidad que conduce al ecografista a incurrir en un falso positivo.

Finalmente, se evaluó la posibilidad de aumentar el punto de corte de 4 a 5 hallazgos a favor de “DR sí”, alcanzando una concordancia aún mayor (93,7 %) con el gold standard.

Protocolo UM	Ecogenicidad de las membranas	Grosor de las membranas	Anclaje de membranas a papila	Membranas cruzan línea media	Forma en V de las membranas	Visualización membranas ganancia baja	Doppler-color en las membranas	Cinética de membranas
DR no	Baja-media	Irregular	Presente o ausente	Puede	No	Desaparece	Ausente	Fluida
DR sí	Alta	Regular	Siempre	Nunca	Sí	Visible	Presente	Anclada

Figura 10. Hallazgos ecográficos clave en el diagnóstico diferencial del DR descritos en la bibliografía (2021) y medidos en el protocolo UM.

Los resultados del estudio preliminar fueron prometedores, pero surgieron algunas limitaciones y dificultades:

- El protocolo UM tenía un número alto de hallazgos ecográficos que tenían que ser considerados y aumenta el tiempo de realización de las ecografías lo que dificulta al radiólogo su aprendizaje y puesta en práctica en entornos clínicos con alta presión asistencial.
- El protocolo UM no fue evaluado en cuanto a su reproducibilidad en radiólogos no familiarizados con la ecografía oftálmica.
- El protocolo UM no fue sometido a un análisis de correlación interobservador, para corroborar que su eficacia se mantuviera entre diferentes radiólogos.

II. HIPÓTESIS DEL ESTUDIO

Basado en los estudios previos de la literatura y en el protocolo UM anteriormente expuesto, se plantea un protocolo de ecografía mejorado (Protocolo Arrixaca) que permita un diagnóstico ecográfico del desprendimiento de retina (DR) más sencillo y, al mismo tiempo, más preciso.

El protocolo Arrixaca propone reducir los ocho hallazgos diferenciales del protocolo UM a los cinco con mejor rendimiento diagnóstico: visibilidad de membranas a ganancia baja, Doppler-color en las membranas, cinética de las membranas, cruce de las membranas sobre la línea media y anclaje de las membranas a la papila del nervio óptico.

Para evaluar esta hipótesis, se analizarán dos aspectos clave:

1. **Precisión diagnóstica**, comparando su rendimiento con el método de referencia y con el protocolo UM.
2. **Reproducibilidad**, midiendo la concordancia entre distintos radiólogos para verificar su facilidad de aplicación en la práctica clínica.

Si se confirma su eficacia y facilidad de uso, el protocolo Arrixaca se convertirá en una herramienta útil tanto para radiólogos como para oftalmólogos en la evaluación de pacientes con sospecha de DR.

III. OBJETIVOS DE TRABAJO

1. Determinar la precisión diagnóstica de un nuevo protocolo de ecografía oftálmica (protocolo Arrixaca) para el diagnóstico precoz del desprendimiento de retina.
2. Evaluar la reproducibilidad y la facilidad de uso del protocolo Arrixaca mediante la concordancia entre tres radiólogos con distintos años de experiencia.
3. Comparar el rendimiento del protocolo Arrixaca respecto al protocolo UM y otros protocolos publicados previamente.
4. Analizar si el protocolo Arrixaca resulta igualmente útil en situaciones en las que el oftalmólogo no consigue visualizar el polo posterior del globo ocular examinando el fondo de ojo o en las que el oftalmólogo no logre emitir un diagnóstico antes de la ecografía.
5. Examinar de manera individualizada la precisión y reproducibilidad de los cinco hallazgos ecográficos incluidos en el protocolo Arrixaca.

CAPITULO II

IV. MATERIAL Y MÉTODO

IV. MATERIAL Y MÉTODO

4.1. Pacientes

4.1.1. Selección de la muestra

Se realizó un estudio observacional, prospectivo, secuencial, con cegamiento, no aleatorizado y de no inferioridad entre enero de 2021 y diciembre de 2023, ambos inclusive, que incluyó 124 pacientes del Área 1 de Salud de la Región de Murcia.

El tamaño muestral se calculó para una sensibilidad y especificidad esperadas del 80%, una precisión estimada del 90% y un nivel de confianza del 95%, lo que arrojó un mínimo de 124 pacientes a reclutar en el estudio.

La fase de inclusión de pacientes recogió de manera secuencial y no aleatorizada a un total de 148 pacientes con sospecha clínica de desprendimiento de retina que fueron remitidos por el servicio de Oftalmología al servicio de Radiodiagnóstico sin revelar al ecografista el diagnóstico oftalmológico, para respetar el cegamiento.

A todos estos pacientes se les realizó fondo de ojo o cirugía como método de referencia o gold standard y también ecografía oftálmica:

Fondo de ojo o cirugía oftálmica

El fondo de ojo con el que se evaluó a los pacientes incluidos en este trabajo utilizó un oftalmoscopio indirecto Heine Omega 100. Fue realizado por un oftalmólogo residente con supervisión de un facultativo adjunto con más de 5 años de experiencia en cámara posterior. Los pacientes que requirieron cirugía, esta fue realizada por un oftalmólogo adjunto con más de 5 años de experiencia quirúrgica.

Ecografía oftálmica

Todas las ecografías fueron realizadas de manera consecutiva por tres radiólogos:

Radiólogo 1 (JMFF): Radiólogo con 5 años de experiencia en ecografía general y 1 año de especialización en ecografía oftálmica (JMFF, doctorando).

Radiólogo 2 (MSG): Radiólogo con 12 años de experiencia en ecografía general y 6 años de experiencia en ecografía oftálmica.

Radiólogo 3 (JMFA): Radiólogo con más de 30 años de experiencia en ecografía general.

En todos los casos inició la prueba el Radiólogo 1 y a continuación y en función de la disponibilidad realizaron la ecografía el Radiólogo 2 y 3.

El equipo que se empleó para los estudios ecográficos fue un Philips EPIQ7 con una sonda lineal de frecuencia 18-5L MHz (Philips Healthcare, Bothell, WA, USA).

Antes de realizar la ecografía, los pacientes permanecieron en posición reclinada. Se dedicaron unos minutos para explicarles la necesidad de mover el ojo durante la prueba y cómo moverlo de izquierda a derecha durante el procedimiento para que el estudio sea óptimo. Además, se les solicitó que mantuvieran los ojos cerrados durante toda la prueba, incluso en los momentos que debían realizar movimiento de los mismos.

Se aplicó una cantidad generosa de gel estéril sobre los párpados cerrados y se colocó el transductor en el eje transversal, con la marca de la sonda orientada hacia la derecha, y luego en el eje longitudinal, con la marca apuntando hacia arriba. Se hizo un esfuerzo por ejercer la mínima presión posible con el transductor sobre el ojo para evitar molestias o complicaciones, asegurando al mismo tiempo una buena visualización del ojo. El radiólogo apoyó su quinto dedo en la frente o en el arco zigomático del paciente para obtener estabilidad durante la toma de imágenes.

Se empleó el programa de ecografía oftálmica predeterminado de Philips, ajustando la profundidad para visualizar completamente el globo ocular, el nervio óptico y parte de la grasa retro ocular adyacente al nervio. La ganancia se calibró inicialmente a un valor bajo, alrededor del 30% en el equipo Philips EPIQ7.

4.1.2. Criterios de exclusión:

- Pacientes que presentaran alguna contraindicación para ser valorados mediante ecografía oftálmica.
- Pacientes en cuya ecografía no se mostrasen hallazgos sugestivos dentro del diagnóstico diferencial ecográfico de DR.
- Pacientes que no obtuvieron una confirmación diagnóstica mediante el método de referencia.

4.1.3. Aspectos éticos y consentimiento informado

El estudio fue valorado y autorizado por la comisión para la evaluación de trabajos de investigación del área I de salud (anexo I) y por el comité de ética de investigación de la Universidad de Murcia (anexo II). Se comunicó a los pacientes la información recogida en la hoja para pacientes mayores de edad (anexo III).

4.2. Recogida de datos

4.2.1. Protocolo de estudio y variables

4.2.1.1. Variables epidemiológicas

Antes de iniciar la ecografía, se registró el sexo, la edad y se indicó el ojo evaluado (izquierdo o derecho). También se indagó si el paciente tenía diabetes y si la consulta se debía a un traumatismo ocular. Estos datos clínicos y epidemiológicos son de interés debido a su impacto en la fisiopatología del desprendimiento de retina (DR).

Se registró en la base de datos si la ecografía fue solicitada por la opacidad de los medios oculares transparentes

4.2.1.2. Variables ecográficas

En respuesta a los resultados del estudio preliminar en el que se siguió el protocolo UM, se diseñó el protocolo Arrixaca con las siguientes variables dicotómicas (figura 11):

- Visualización membranas ganancia baja (sí/no)
- Doppler-color en las membranas (sí/no),
- Cinética de membranas (fluida/limitada),
- Membranas cruzan línea media (sí/no)

- Anclaje de membranas a papila (sí/no)

Además, se recogieron tres variables ecográficas más que se incluyeron en el protocolo UM con el objetivo de comparar ambos protocolos. Estas variables fueron: “Ecogenicidad de las membranas”, “El grosor de las membranas” y “La forma en V de las membranas”, tal y como se muestra en la figura 12. La finalidad de recogerlas fue comprobar si esa supuesta pérdida de información repercutía en el rendimiento diagnóstico.

Los motivos para descartarlas en el protocolo Arrixaca fueron: los datos redundantes ofrecidos por la ecogenicidad de membranas y la visualización de membranas a ganancia baja. Mientras que el grosor de las membranas y la forma de V de las membranas se descartaron por los valores de sensibilidad y especificidad pobres y por el alto porcentaje de falsos positivos y falsos negativos, obtenidos en el estudio previo, respectivamente.

Protocolo Arrixaca	Visualización membranas ganancia baja	Doppler-color en las membranas	Cinética de membranas	Membranas cruzan línea media	Anclaje de membranas a papila
DR no	Desaparecen	Ausente	Fluida	Sí	No
DR sí	Visibles	Presente	Anclada	No	Sí

Figura 11. Hallazgos ecográficos clave en el diagnóstico diferencial del DR descritos en la literatura (2023) y medidos en el protocolo Arrixaca.

Protocolo UM	Ecogenicidad de las membranas	Grosor de las membranas	Forma en V de las membranas
DR no	Baja-media	Irregular	No
DR sí	Alta	Regular	Sí

Figura 12. Hallazgos del protocolo UM que no se registran en el Arrixaca.

Se propuso una **alta probabilidad** para diagnóstico ecográfico de DR cuando se alcanzaron más de tres de los hallazgos sugestivos de este diagnóstico, una **probabilidad media** para diagnóstico ecográfico de DR cuando se encontraron tres hallazgos sugestivos de este diagnóstico y se estableció una **baja probabilidad** para diagnóstico ecográfico de DR cuando se vieron dos o menos criterios a favor de dicho diagnóstico.

Para el protocolo UM, se propuso una **alta probabilidad** para diagnóstico ecográfico de DR cuando se alcanzaran cinco o más de los hallazgos sugestivos de este diagnóstico, se determinó una **probabilidad media** para diagnóstico ecográfico de DR cuando se encontraran tres o cuatro hallazgos sugestivos de este diagnóstico y se estableció una **baja probabilidad** para diagnóstico ecográfico de DR si se presentaran dos o menos criterios a favor.

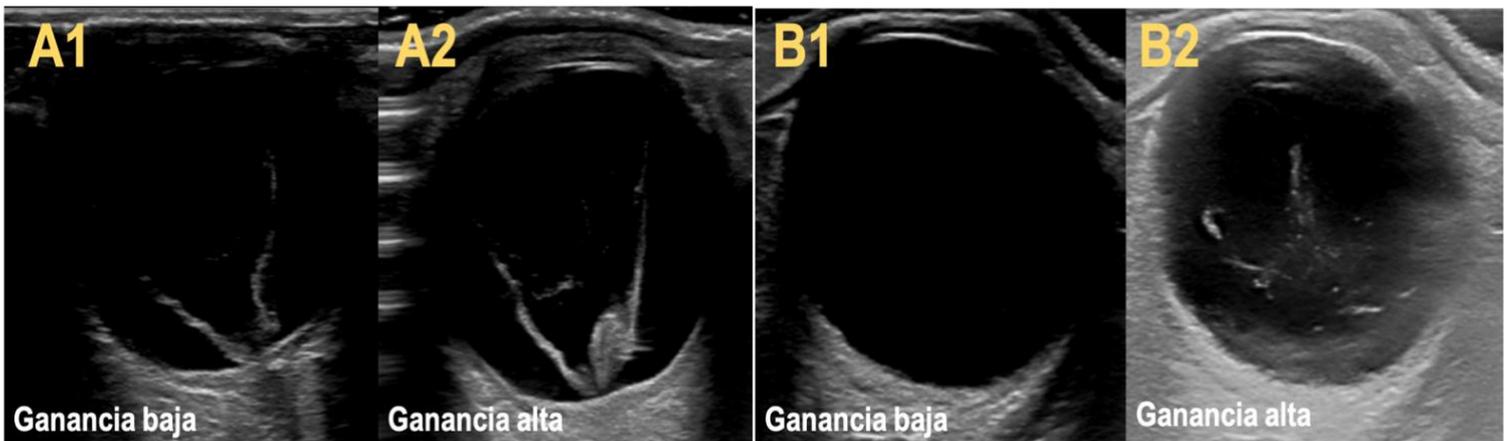
De esta manera se consideró “**DR SI**” en protocolo **Arrixaca** cuando existían **3 o más ítems a favor de DR** y “**DR SI**” en protocolo **UM** cuando existían **5 o más ítems a favor de DR**. Para cualquier otro resultado se consideró “**DR NO**” para ambos protocolos.

El Radiólogo 1 (JMFF) recogió la totalidad de las variables ecográficas y los Radiólogos 2 (MSG) y 3 (JMFA) se ciñeron a la recogida de las 5 variables contempladas en el Protocolo Arrixaca.

En cualquier caso, al ser este estudio llevado a cabo de manera tangencial a la práctica clínica (estudio de no inferioridad), no influyó directamente en ninguno de los casos para orientar el manejo terapéutico.

Método de recogida de las variables:

1. **Visualización de las membranas a ganancia baja:** Sí o NO. Se llevó a cabo un rastreo del globo ocular completo y, una vez localizadas las membranas más grandes, se efectuó inicialmente un ajuste de ganancia bajo (30% ecógrafo Philips EPIQ7 con programa de ecografía oftálmica determinado por el fabricante) y se fue aumentando progresivamente hasta el máximo. Se consideró no visualización de membranas en ganancia baja si en algún momento al aumentar la ganancia aparecían estructuras nuevas que no se detectaban en los valores bajos de ganancia (30-40%). Se procuró mantener el transductor lo más estable posible sobre el ojo del paciente para descartar que la aparición de membranas se debiera a cambios de ángulo. La ganancia baja se situó en torno al 30% en ambos pacientes, y la ganancia alta, en torno al 65% en el paciente A y al 70% en el paciente B. En el paciente A, además de las membranas ya visualizadas en ganancia baja, se observó un hallazgo de morfología nodular que se interpretó como componente hemático acompañante al desprendimiento de retina.



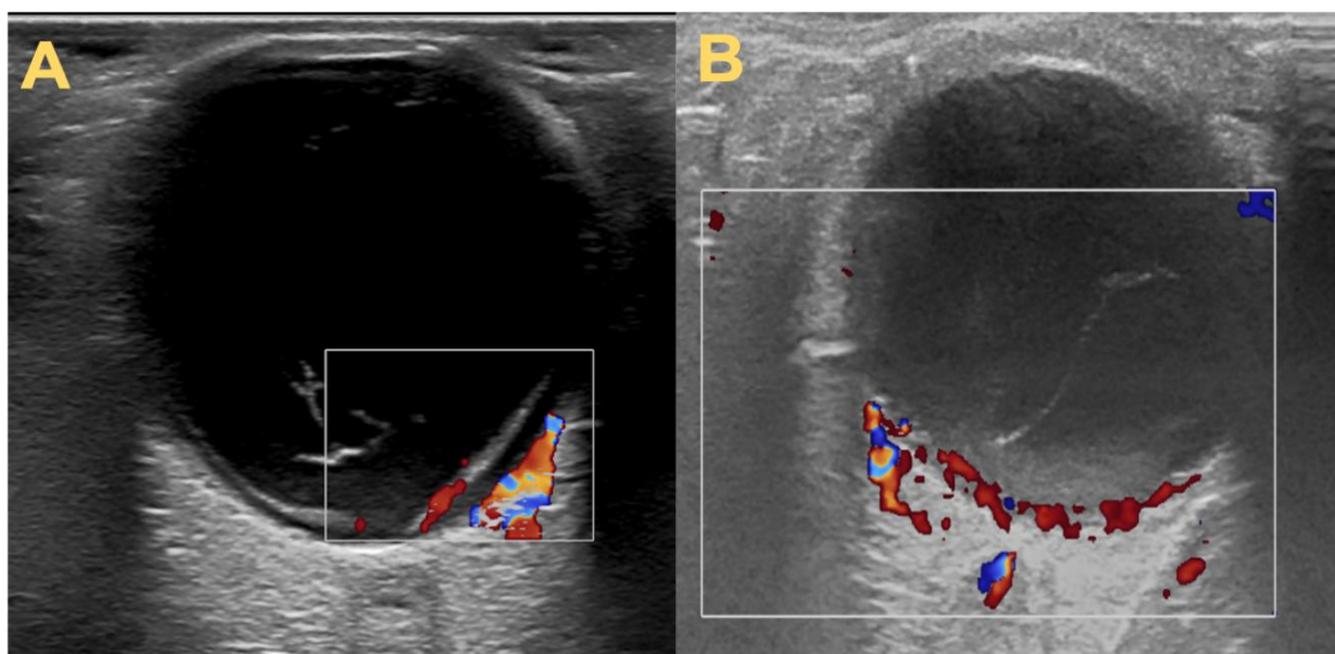
Membranas visualizadas a ganancia baja: Sí

Membranas visualizadas a ganancia baja: NO

Figura 13. Visualización de membranas en ganancia alta vs baja (sí/no).

2. **Presencia de Doppler-color en el interior de las membranas:** Sí o NO. Sin cambiar de transductor, manteniendo el 18-5L MHz, se empleó la herramienta Doppler-color para posicionar la caja de color sobre las

membranas más grandes visualizadas. Se insistió al paciente en la importancia de la máxima quietud para evitar artefactos, e incluso se incluyó alguna estructura vascular cercana (pared posterior con arterias retinianas y ciliares posteriores) dentro de la caja de color para confirmar que el Doppler-color captara flujos verdaderos. Solo se consideró “Doppler-color sí” si existía presencia de señal en la membrana y, simultáneamente, en las estructuras vasculares cercanas de manera constante, como se muestra en la figura 14A.



Doppler-color en membranas: SÍ

Doppler-color en membranas: NO

Figura 14. Presencia de Doppler-color en las membranas.

Nota: Se muestra el Doppler-color en la pared posterior en ambas imágenes, que no se debe confundir con el Doppler-color en la membrana que está en el interior del cuerpo vítreo, hallazgo sólo visualizado en A.

- Movilidad de las membranas:** FLUIDA o LIMITADA con puntos de fijación. Se pidió al paciente que realizara movimientos rápidos de los ojos de izquierda a derecha para estudiar si las membranas se desplazan de manera continua y amplia o si, por el contrario, están restringidas, con puntos de fijación o anclaje a la papila del nervio óptico y a la ora serrata, según la anatomía de la retina que se ha citado en la introducción.

4. **Anclaje de las membranas a la papila del nervio óptico:** Sí o NO. Se valoró una sección transversal del ojo en la que se pueda observar claramente la estructura tubular hipocogénica, fácilmente localizable entre la hiperecogenicidad de la grasa retroorbitaria, que corresponde al nervio óptico. Si surgían dificultades para identificar el nervio óptico, se usaba el Doppler color para localizar la arteria oftálmica, que corre paralela al nervio óptico.

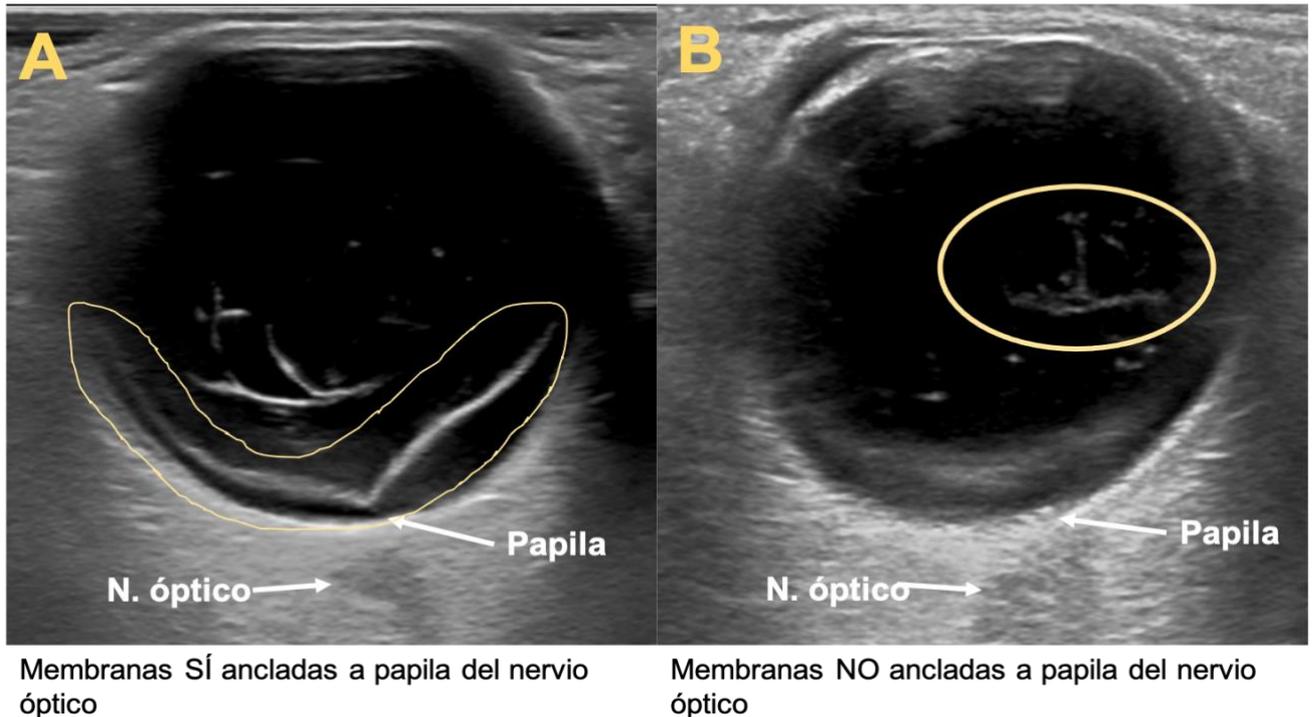
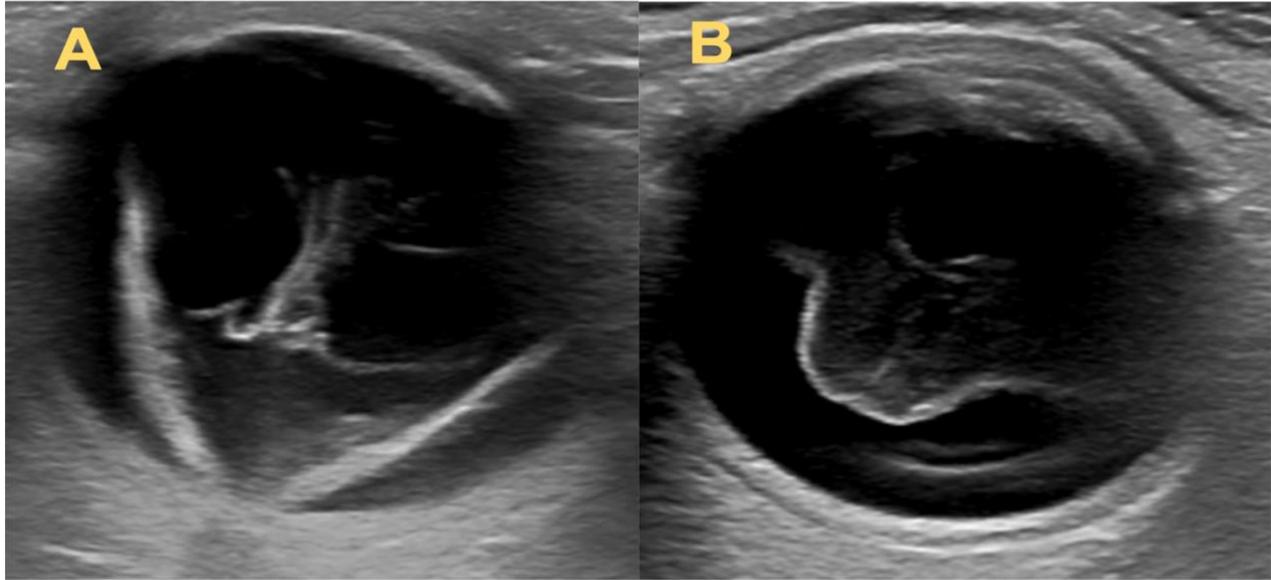


Figura 15. Anclaje de las membranas a la papila del nervio óptico. Las membranas se encuentran rodeadas en amarillo.

5. **Cruce de las membranas por la línea media del globo ocular:** Sí o NO. Se examinó en la misma sección transversal en la que se observó el nervio óptico, tomándolo como referencia. Se consideró que la membrana cruzaba la línea media si se localizaron cada uno de sus extremos a un lado diferente del nervio óptico en un sentido horizontal (figura 16B) y se consideró “no cruza la línea media” si ambos extremos de la membrana permanecían en el mismo lado. Cada membrana se valoró de manera individual (figura 16A).

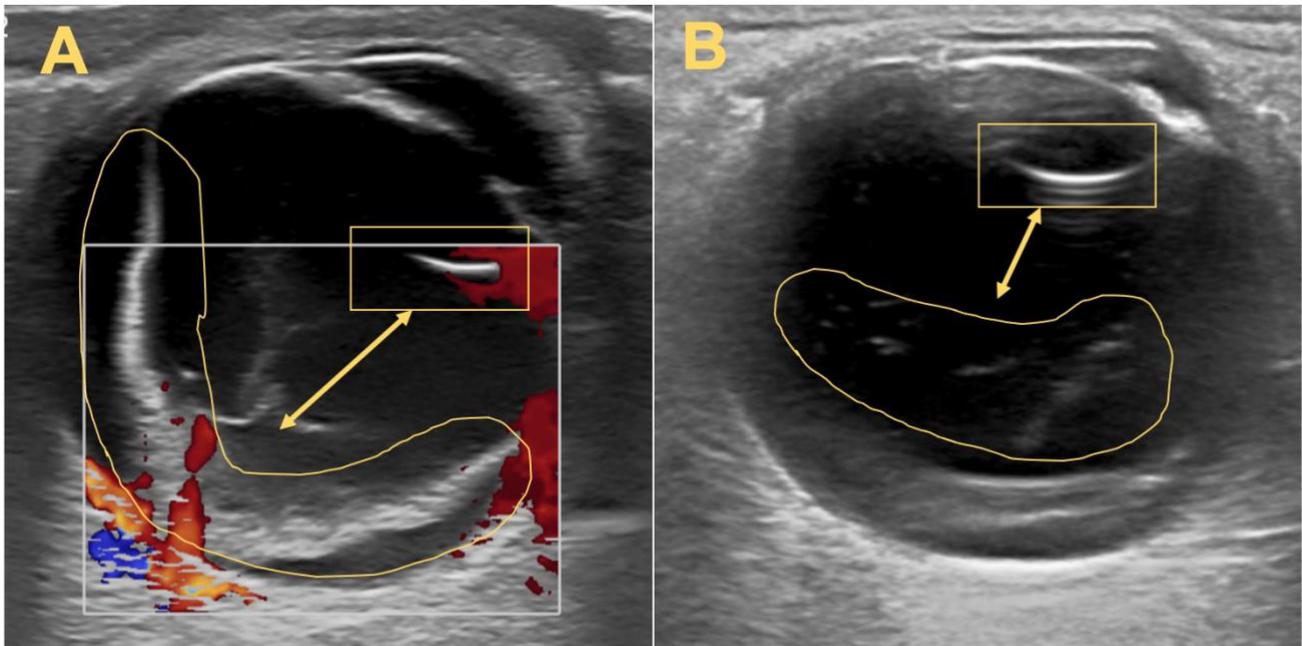


Membranas cruzan línea media: NO

Membranas cruzan línea media: SÍ

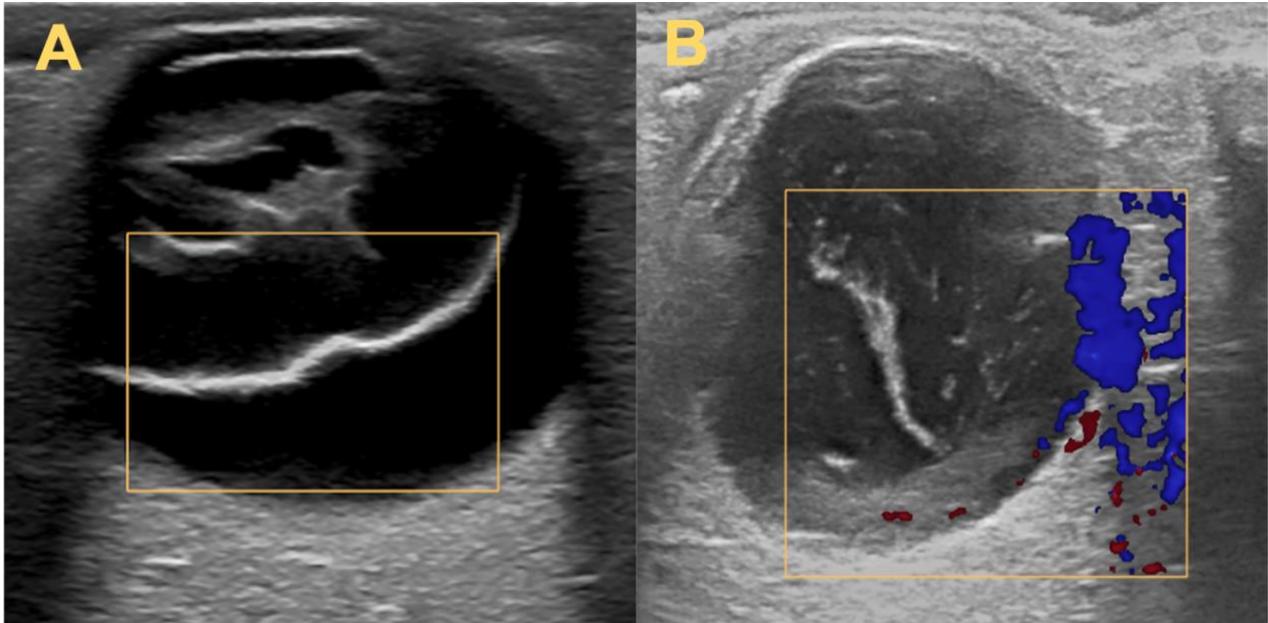
Figura 16. Cruce de las membranas sobre la línea media. *En la figura 16A se visualizan dos membranas en forma de V que no cruzan la línea media y dependen de la pared posterior pero también unas membranas de morfología irregular en el centro del cuerpo vítreo que sí cruzan la línea media. En este caso fue un DR que asoció HV y por eso se aprecian ambos hallazgos, pero se debe estudiar cada membrana por separado y, en caso de tener alguna que NO cruce la línea media, debe estudiarse de manera independiente y tener en cuenta esta posible asociación de DR con HV, especialmente en pacientes en contexto de traumatismo.*

6. **Ecogenicidad de las membranas:** ALTA o MEDIA-BAJA. Se comparó con la ecogenicidad del cristalino, que se utiliza como referencia debido a que su ecogenicidad no se ve alterada por desprendimientos. En pacientes sin cristalino (afáquicos) o con cataratas, se tomó como referencia el iris.



Ecogenicidad de membranas respecto a cristalino: ALTA Ecogenicidad de membranas respecto a cristalino: BAJA
Figura 17. Ecogenicidad de las membranas respecto al cristalino (protocolo UM).

7. **Grosor de las membranas:** REGULAR o IRREGULAR. Se registró como grosor regular cuando las membranas se visualizaron lineales y lisas e irregular cuando presentaron cambios bruscos a lo largo de su longitud.

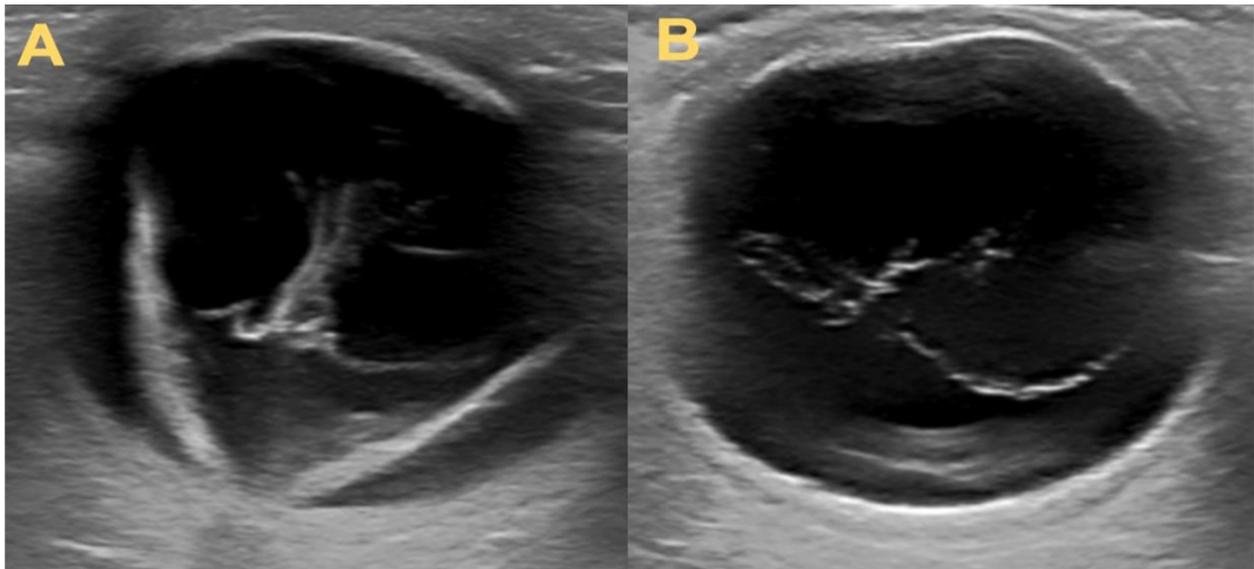


Grosor de las membranas: REGULAR

Grosor de las membranas: IRREGULAR

Figura 18. Grosor de las membranas (protocolo UM).

8. **Forma en V de las membranas:** SÍ o NO. Se localizó ecográficamente la membrana a estudio en su mayor longitud y se analizó su forma, prestando especial atención a la morfología en V.



Forma en V de las membranas: SÍ

Forma en V de las membranas: NO

Figura 19. Forma en V de las membranas (protocolo UM).

4.2.2. Diagnóstico según *gold standard*

La confirmación diagnóstica se obtuvo mediante el *gold standard* o método diagnóstico de referencia que, en caso del DR, es considerado el fondo de ojo en caso de la consulta o el diagnóstico propuesto por el oftalmólogo en el protocolo quirúrgico en caso de no poder valorar al paciente mediante fondo de ojo y presentar una alta sospecha de DR, concluyendo el diagnóstico definitivo al finalizar la intervención.

4.2.3. Comparación de diagnóstico ecográfico con *gold standard*

La comparación del diagnóstico ecográfico con el diagnóstico del *gold standard* se llevó a cabo una vez terminada la recogida de datos ecográficos, que los radiólogos participantes emitieron de manera cegada, sin conocer el diagnóstico del *gold standard*. Se realizó en una sola revisión de las historias clínicas de todos los pacientes incluidos en el análisis, atendiendo únicamente al diagnóstico oftalmológico. No se revisó ningún otro dato en las historias clínicas, tal como acordaron la Gerencia del Área I de Salud de la Región de Murcia (anexo I) y el comité de Ética de la Investigación de la Universidad de Murcia (anexo II).

Se clasificaron como verdaderos positivos (VP), falsos positivos (FP), verdaderos negativos (VN) y falsos negativos (FN) los resultados del protocolo Arrixaca y del protocolo UM frente al *gold standard*.

4.3. Análisis estadístico

Los datos ecográficos se registraron de manera anonimizada en una hoja de cálculo de Microsoft Excel. Estos datos incluyeron todas las variables a estudio anteriormente descritas.

El análisis estadístico se realizó con el programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 22.0 (IBM Corp. Released 2013. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp.).

Se realizó análisis de concordancia (coeficiente Kappa de Cohen) y test de chi-cuadrado.

Se consideró significativo un valor de $p < 0,05$.

CAPITULO III

V. RESULTADOS

V. RESULTADOS

5.1. Resultados generales

5.1.1. Algoritmo de inclusión de los pacientes

Se incluyó a un total de 148 pacientes remitidos para valoración con ecografía oftálmica por sospecha clínica, tras valoración por Oftalmología, de desprendimiento de retina (DR). De ellos se excluyeron 21 casos porque no presentaron hallazgos ecográficos sugestivos de diagnóstico diferencial de DR (n=1) o porque no contaron con confirmación posterior con estándar de referencia (n=20) dado que no se realizó una consulta posterior o, debido a mejoría del paciente, el oftalmólogo decidió no realizar una dilatación y fondo de ojo para corroborar el diagnóstico, ni fue necesaria la cirugía. Aunque esto sugirió que, en tales casos, el DR fuese negativo (DR no), no se pudo garantizar sin la confirmación del gold standard.

Finalmente se seleccionaron 127 pacientes para el estudio, analizados por los tres radiólogos participantes, sin clasificación en diferentes grupos.

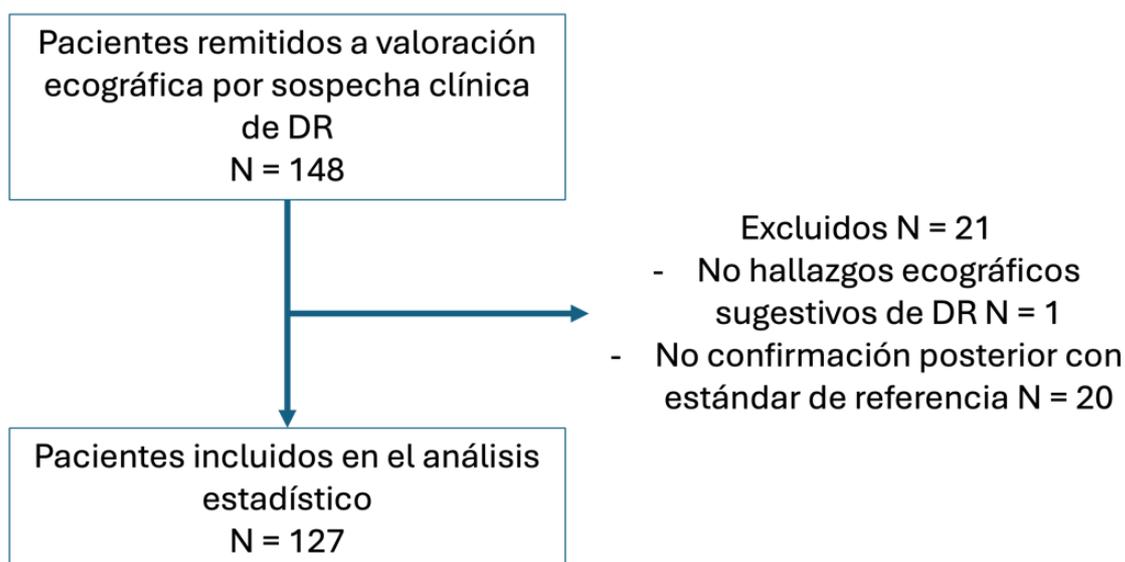


Figura 20: Diagrama de flujo de pacientes a estudio.

5.1.2. Características de la muestra

En la **Tabla 1** se presentan los datos epidemiológicos más relevantes de los 127 pacientes incluidos en el análisis.

Edad media (años)	58,6±14,5
Mujeres / hombres	47 (37%) / 80 (63%)
Ojo izquierdo / ojo derecho	66 (51,9%) / 61 (48,1%)
Diabetes mellitus	48 (37,8%)
Traumatismo	41 (32,3%)
Opacidad de medios	86 (67,7%)

Tabla 1. Datos epidemiológicos más relevantes de los pacientes a estudio.

El análisis de estos datos epidemiológicos permite destacar cuatro condiciones de interés para la interpretación y comprensión del análisis estadístico posterior:

- Se observó una predominancia del sexo masculino (63%, 80/127).
- En relación con la lateralidad, un 8,7% (11/127) de los pacientes presentaron afectación de ambos ojos y sólo uno de ellos (1/11 9%) fue finalmente diagnosticado de DR sí en alguno de los ojos, el derecho en este caso, tras un traumatismo craneoencefálico tras un accidente de tráfico sin otra repercusión significativa.
- Se registró una ligera predominancia de pacientes con traumatismo o diabetes, que supusieron un 64,6% del total (82/127).
- Un 4,7% de los pacientes (6/127) presentaron simultáneamente diabetes y traumatismo, de los cuales un 50% (3/6) se diagnosticaron de DR sí.

Respecto a la opacidad de medios:

- El motivo de la opacidad de medios mostrada por los pacientes se expone en el gráfico 1. En el 63,9% (55/86) fue por hemovítreo (HV), que podía ser el diagnóstico final o ser un hallazgo asociado a DR como diagnóstico final, y el 36,1% (31/86) presentaron cataratas que pudieron enmascarar un HV o un DR de diagnóstico final, pero no se tuvieron en cuenta los que concomitaron pues la catarata ya impide al oftalmólogo la visualización del hemovítreo al situarse anterior en el globo ocular.

- De los 86 pacientes con opacidad de medios, el 70,93% (61/86) presentaron diabetes o traumatismo.

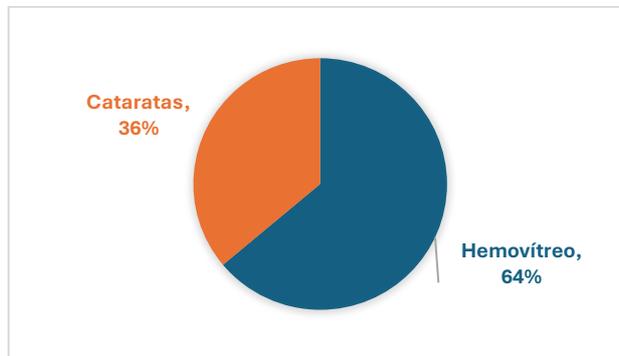


Gráfico 1. Motivo de opacidad de medios.

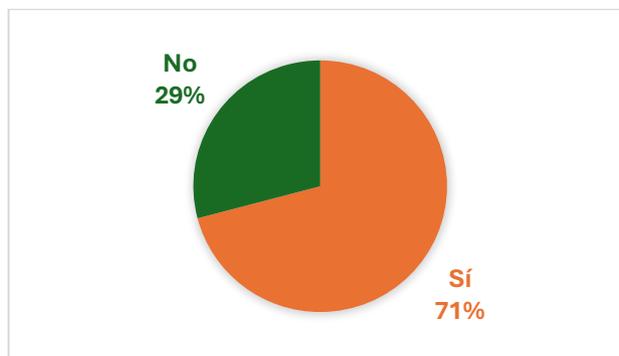


Gráfico 2. Diabetes o traumatismo en paciente con opacidad de medios.

5.1.3. Diagnósticos ecográficos y del método diagnóstico de referencia

Cada uno de los tres radiólogos obtuvo los siguientes resultados al hacer la evaluación ecográfica siguiendo el **protocolo Arrixaca**:

- Diagnóstico ecográfico protocolo Arrixaca radiólogo 1:
 - DR no: 76,4% (97/127)
 - 52% (66/127) fue con 0 ítems a favor de DR.
 - 19,7% (25/127) con 1 ítem a favor de DR.
 - 3,9% (5/127) con 2 ítems a favor de DR.
 - DR sí: 24,4% (31/127)
 - 11,8% (15/127) con 3 ítems a favor de DR.
 - 8,7% (11/127) con 4 ítems a favor de DR.
 - 3,9% (5/127) con 5 ítems a favor de DR.

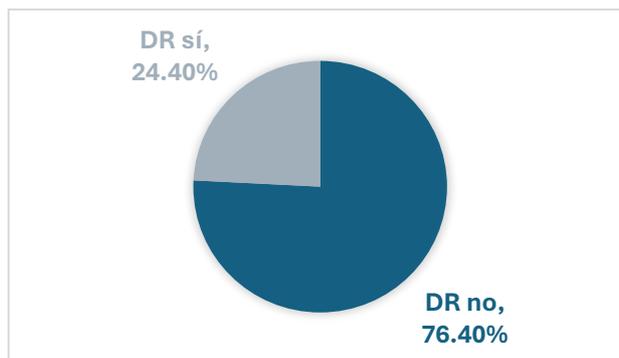


Gráfico 3. Diagnóstico protocolo Arrixaca radiólogo 1.

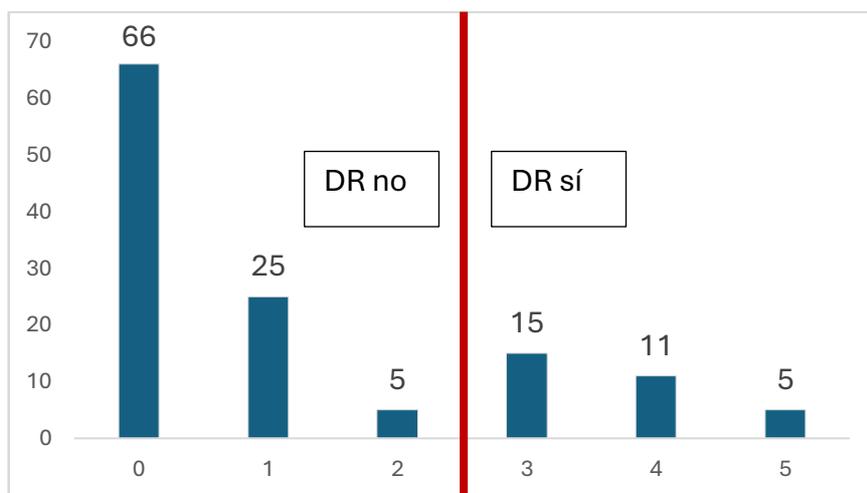


Gráfico 4. Hallazgos a favor "DR sí" radiólogo 1.

- Diagnóstico ecográfico protocolo Arrixaca radiólogo 2:
 - DR no: 81,1% (103/127)
 - 69,3% (88/127) fue con 0 ítems a favor de DR.
 - 10,2% (13/127) con 1 ítem a favor de DR.
 - 1,6% (2/127) con 2 ítems a favor de DR.
 - DR sí: 18,9% (24/127)
 - 4,7% (6/127) con 3 ítems a favor de DR.
 - 9,4% (12/127) con 4 ítems a favor de DR.
 - 4,7% (6/127) con 5 ítems a favor de DR.

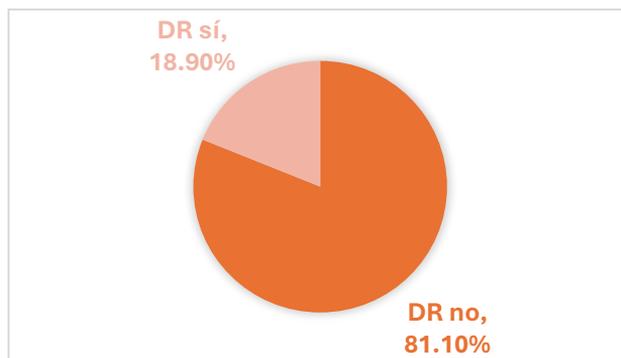


Gráfico 5. Diagnóstico protocolo Arrixaca radiólogo 2.

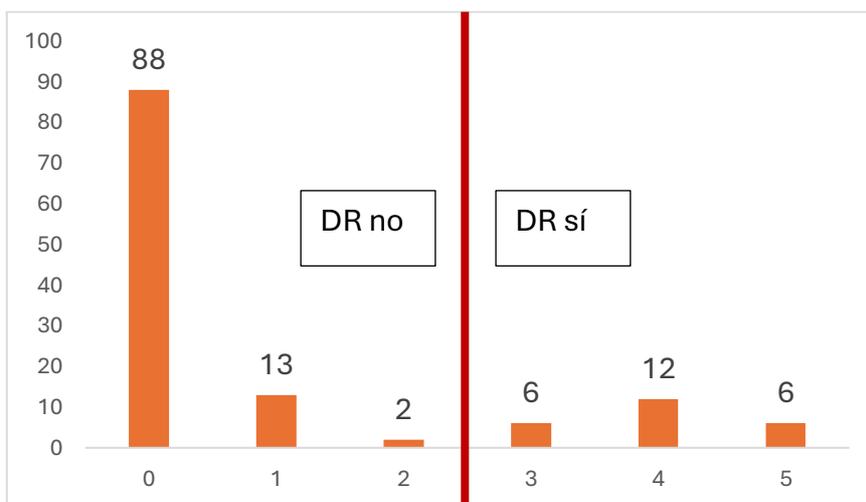


Gráfico 6. Hallazgos a favor "DR sí" radiólogo 2.

- Diagnóstico ecográfico protocolo Arrixaca radiólogo 3:
 - DR no: 79,5% (101/127)
 - 68,5% (87/127) fue con 0 ítems a favor de DR.
 - 8,7% (11/127) con 1 ítem a favor de DR.
 - 0,8% (1/127) con 2 ítems a favor de DR.
 - DR sí: 20,5% (26/127)
 - 9,4% (12/127) con 3 ítems a favor de DR.
 - 4,7% (6/127) con 4 ítems a favor de DR.
 - 7,9% (10/127) con 5 ítems a favor de DR.

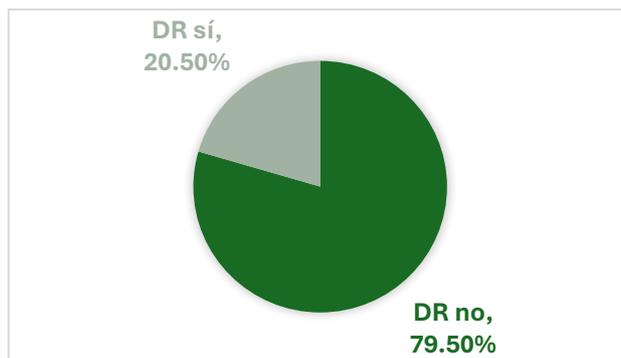


Gráfico 7. Diagnóstico protocolo Arrixaca radiólogo 3.

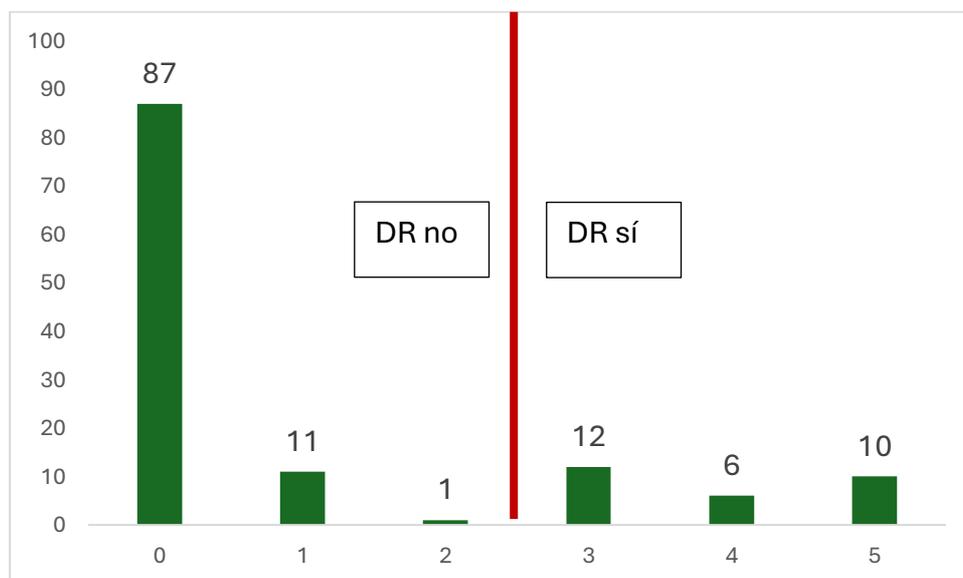


Gráfico 8. Hallazgos a favor "DR sí" radiólogo 3.

Además, uno de los radiólogos evaluó a todos los pacientes incluidos en el estudio con la valoración ecográfica siguiendo el **protocolo UM** (además del protocolo Arrixaca) y se identificaron los siguientes resultados:

- Diagnóstico ecográfico según protocolo UM:
 - DR no: 75,6% (96/127)
 - 52% (66/127) fue con 0 ítems a favor de DR.
 - 12,6% (16/127) con 1 ítem a favor de DR.
 - 5,5% (7/127) con 2 ítems a favor de DR.
 - 4,7% (6/127) con 3 ítems a favor de DR.
 - 3,9% (5/127) con 4 ítems a favor de DR.
 - DR sí: 24,4% (31/127)
 - 7,9% (10/127) con 5 ítems a favor de DR.

- 3,9% (5/127) con 6 ítems a favor de DR.
- 6,3% (8/127) con 7 ítems a favor de DR.
- 3,1% (4/127) con 8 ítems a favor de DR.

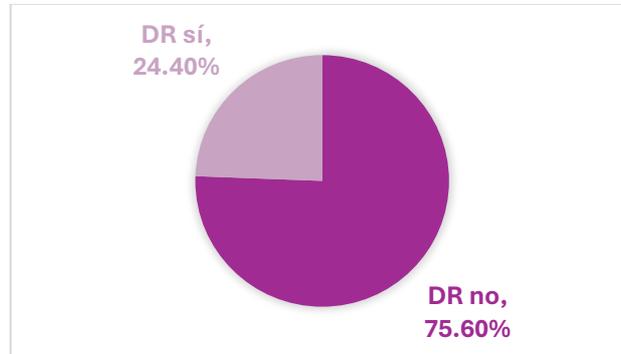


Gráfico 9. Diagnóstico protocolo UM.

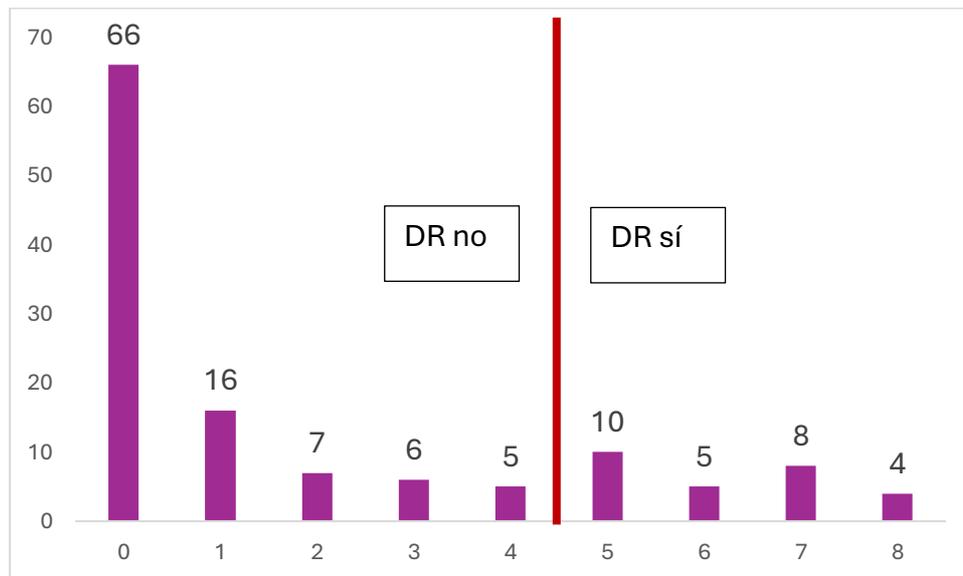


Gráfico 10. Hallazgos a favor DR sí protocolo UM.

Por último, se registraron los diagnósticos emitidos por el oftalmólogo mediante el **gold standard**, lo que mostró estos datos:

- Diagnóstico según el *gold standard*:
 - DR no: 85% (108/127)
 - DR sí: 15% (19/127)

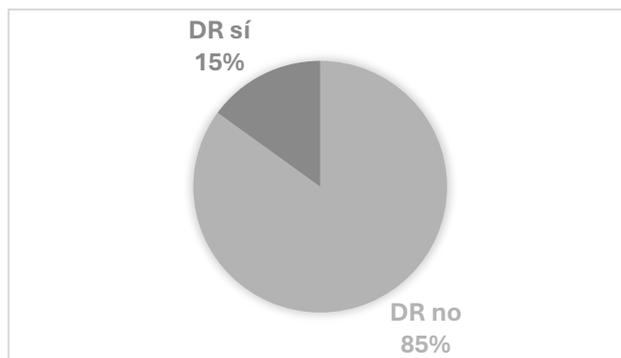


Gráfico 11. Diagnóstico definitivo según *gold standard*.

De estos 27 pacientes, el 72,4% (92/127) fue evaluado por el oftalmólogo mediante fondo de ojo frente al 27,6% (35/127) que obtuvo su diagnóstico tras ser intervenidos y se comprobó el diagnóstico quirúrgicamente y corroborarse el resultado en el protocolo quirúrgico.

- Gold standard usado:
 - Fondo de ojo 72,4% (92/127)
 - Posquirúrgico 27,6% (35/127)

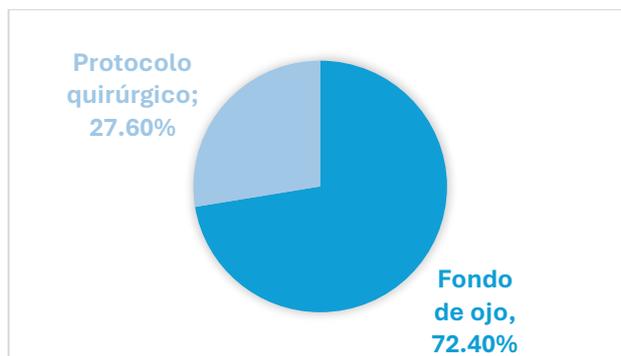


Gráfico 12. Método *gold standard* utilizado.

5.1.4. Resultados descriptivos de los ítems ecográficos incluidos en el protocolo Arrixaca

- **Anclaje de las membranas a la papila del nervio óptico**
 - Radiólogo 1:
 - DR no: 75,6%
 - DR sí: 24,4%
 - Radiólogo 2:
 - DR no: 81,9%
 - DR sí: 18,1%

- Radiólogo 3:
 - DR no: 78%
 - DR sí: 22%

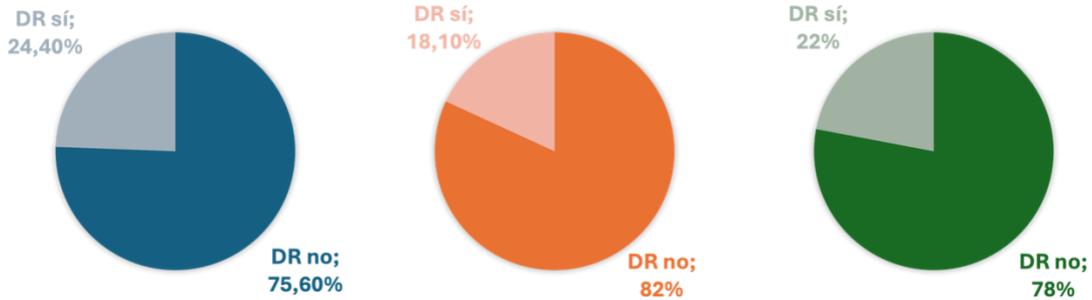


Gráfico 13. Resultados anclaje a papila radiólogos 1, 2 y 3.

- **Cruce de membranas por la línea media**

- Radiólogo 1:
 - DR no: 74,8%
 - DR sí: 25,2%
- Radiólogo 2:
 - DR no: 86,6%
 - DR sí: 13,4%
- Radiólogo 3:
 - DR no: 87,4%
 - DR sí: 12,6%

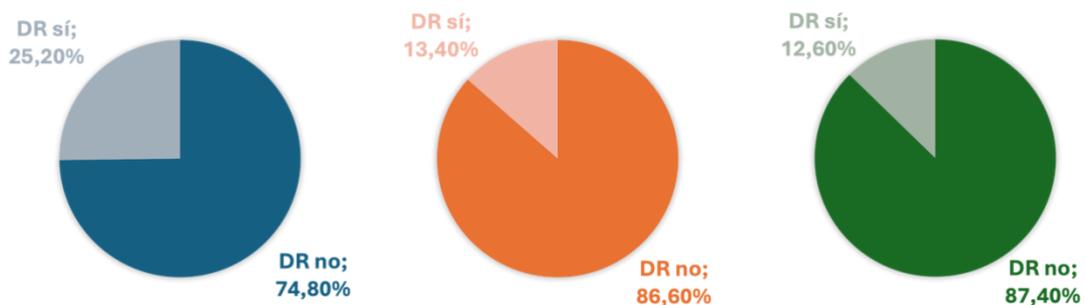


Gráfico 14. Resultados cruce de línea media radiólogos 1, 2 y 3.

- **Visualización de membranas a ganancia baja**

- Radiólogo 1:
 - DR no: 75,6%

- DR sí: 24,4%
- Radiólogo 2:
 - DR no: 80,3%
 - DR sí: 19,7%
- Radiólogo 3:
 - DR no: 79,5%
 - DR sí: 20,5%

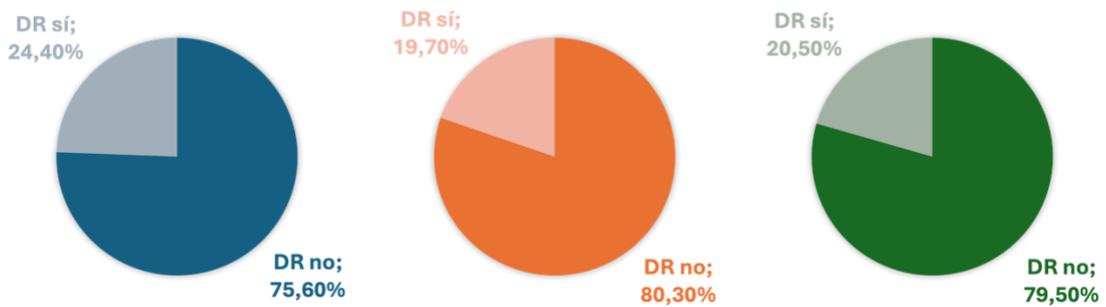


Gráfico 15. Resultados visualización a ganancia baja radiólogos 1, 2 y 3.

• **Movilidad de membranas**

- Radiólogo 1:
 - DR no: 67,7%
 - DR sí: 32,3%
- Radiólogo 2:
 - DR no: 72,4%
 - DR sí: 27,6%
- Radiólogo 3:
 - DR no: 71,7%
 - DR sí: 28,3%

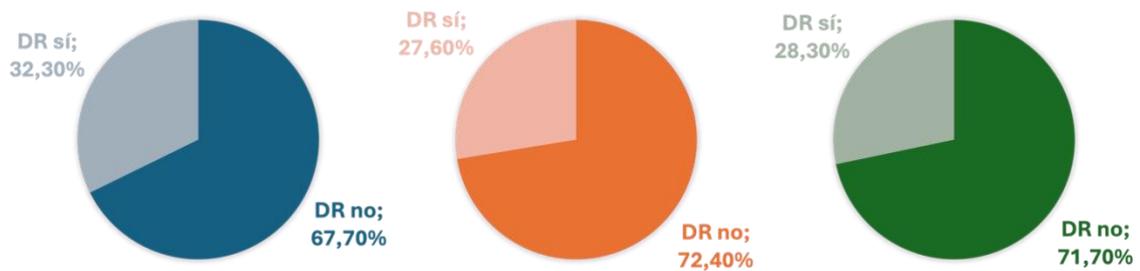


Gráfico 16. Resultados movilidad de membranas radiólogos 1, 2 y 3.

- **Visualización de Doppler-color en membranas**

- Radiólogo 1:
 - DR no: 88,2%
 - DR sí: 11,8%
- Radiólogo 2:
 - DR no: 89,8%
 - DR sí: 10,2%
- Radiólogo 3:
 - DR no: 85,8%
 - DR sí: 14,2%

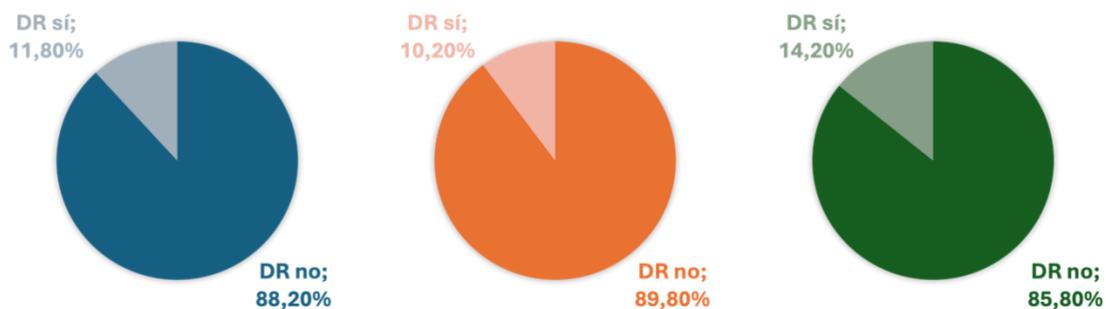


Gráfico 17. Resultados Doppler-color en membranas radiólogos 1, 2 y 3.

5.2. Análisis de la precisión diagnóstica del protocolo Arrixaca

5.2.1. Porcentaje de acierto y concordancia con el *gold standard*

Se midió la frecuencia de concordancia entre el diagnóstico ecográfico (protocolo Arrixaca) de cada radiólogo y el método diagnóstico de referencia, utilizando el coeficiente Kappa-Cohen. Se obtuvieron:

- Radiólogo 1: 114 aciertos y 13 fallos → 90% de acierto. Valor Kappa-Cohen: 67,5%.
- Radiólogo 2: 120 aciertos y 7 fallos → 94,5% de acierto. Valor Kappa-Cohen: 71,7%.
- Radiólogo 3: 114 aciertos y 13 fallos → 90% de acierto. Valor Kappa-Cohen: 65,1%.

Todos estos resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas con $p < 0,001$.

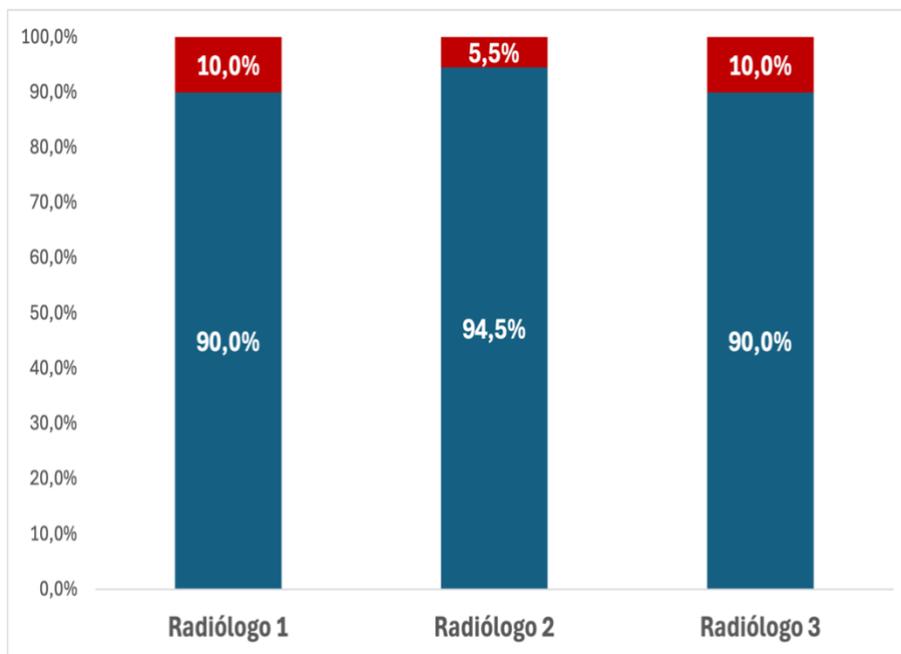


Gráfico 18. Concordancia protocolo Arrixaca con *gold standard*.

5.2.2. Sensibilidad, especificidad y valores predictivos

Se compararon mediante la prueba de chi-cuadrado los diagnósticos propuestos por cada uno de los tres radiólogos mediante el protocolo Arrixaca con los diagnósticos establecidos por el método diagnóstico de referencia.

Radiólogo 1:

- VP = 18, FP = 12, FN = 1, VN = 96.
- Sensibilidad = 95%, Especificidad = 89%, VPP = 60%, VPN = 99%.
- $p < 0,003$.

Radiólogo 2:

- VP = 15, FP = 4, FN = 3, VN = 105.
- Sensibilidad = 83,3%, Especificidad = 96,3%, VPP = 79%, VPN = 97,2%.
- $p < 0,03$.

Radiólogo 3:

- VP = 16, FP = 10, FN = 3, VN = 98.
- Sensibilidad = 84,3%, Especificidad = 90,8%, VPP = 61,6%, VPN = 97,1%.
- $p < 0,01$.

Total (suma de los tres radiólogos):

- VP = 49, FP = 26, FN = 7, VN = 299.
- Sensibilidad = 87,5%, Especificidad = 92,1%, VPP = 65,4%, VPN = 97,7%.
- $p < 0,01$.

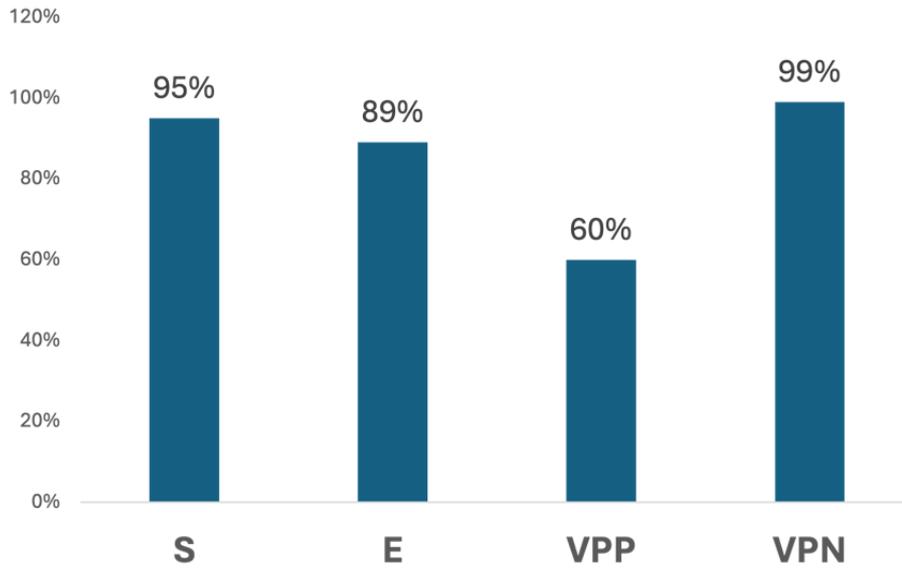


Gráfico 19. Valores diagnósticos radiólogo 1.

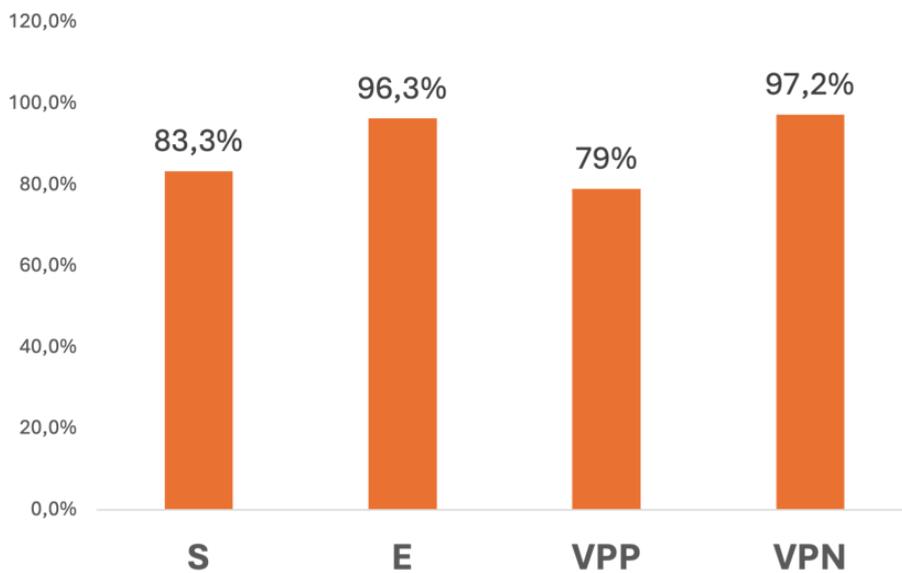


Gráfico 20. Valores diagnósticos radiólogo 2.

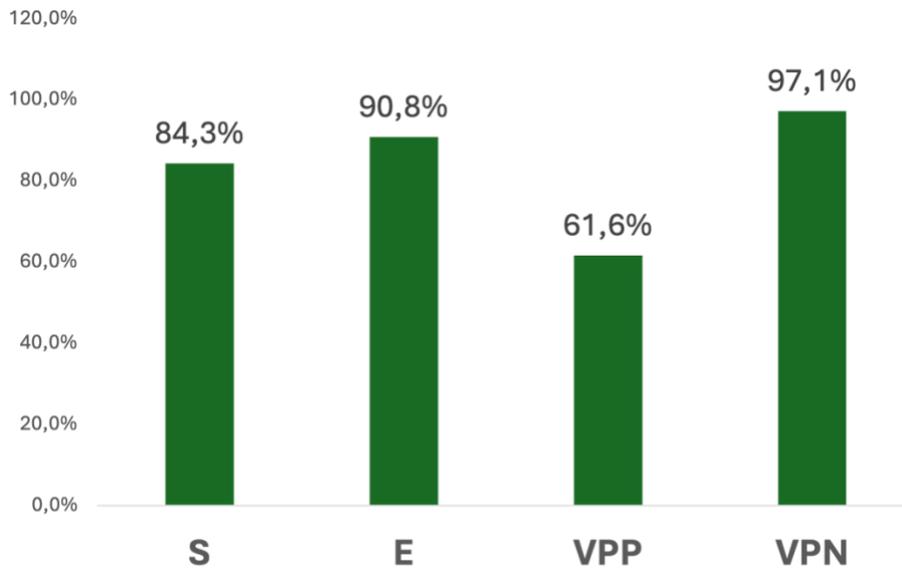


Gráfico 21. Valores diagnósticos radiólogo 3.

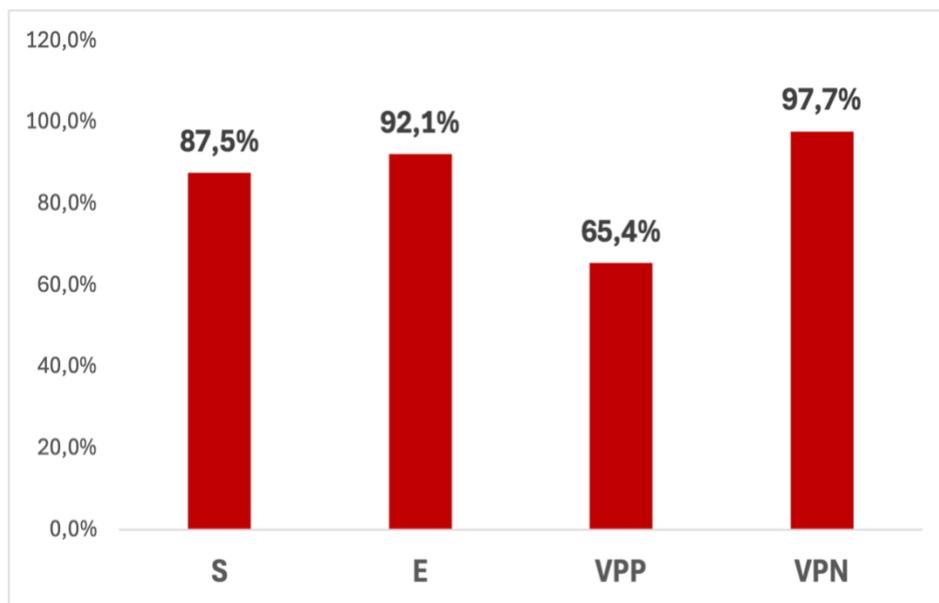


Gráfico 21. Valores diagnósticos protocolo Arrixaca.

5.3. Análisis de la asociación de los ítems incluidos en el protocolo Arrixaca con el desprendimiento de retina

5.3.1. Concordancia de los ítems incluidos en el protocolo Arrixaca con el *gold standard*

Se midió la concordancia (coeficiente Kappa-Cohen) entre la valoración ecográfica de cada ítem (para cada radiólogo) y el gold standard.

- **Anclaje de las membranas a la papila del nervio óptico:**

- Radiólogo 1: 105 aciertos y 22 fallos → 82,7% de acierto.
- Radiólogo 2: 113 aciertos y 14 fallos → 89% de acierto.
- Radiólogo 3: 112 aciertos y 15 fallos → 88,2% de acierto.
- Total: 330 aciertos y 51 fallos → 86,6% de acierto.

Todos estos resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas con $p < 0,001$.

- **Cruce de las membranas por la línea media:**

- Radiólogo 1: 102 aciertos y 25 fallos → 80,3% de acierto.
- Radiólogo 2: 117 aciertos y 10 fallos → 92,1% de acierto.
- Radiólogo 3: 118 aciertos y 9 fallos → 92,9% de acierto.
- Total: 337 aciertos y 44 fallos → 88,4% de acierto.

Todos estos resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas con $p < 0,001$.

- **Visualización de las membranas a ganancia baja:**

- Radiólogo 1: 117 aciertos y 10 fallos → 92,1% de acierto.
- Radiólogo 2: 113 aciertos y 14 fallos → 89% de acierto.
- Radiólogo 3: 109 aciertos y 18 fallos → 85,8% de acierto.
- Total: 339 aciertos y 42 fallos → 90% de acierto.

Todos estos resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas con $p < 0,001$.

- **Movilidad de las membranas:**

- Radiólogo 1: 103 aciertos y 24 fallos → 81,1% de acierto.
- Radiólogo 2: 105 aciertos y 22 fallos → 82,7% de acierto.
- Radiólogo 3: 106 aciertos y 21 fallos → 83,5% de acierto.
- Total: 314 aciertos y 67 fallos → 82,4 % de acierto.

Todos estos resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas con $p < 0,001$.

- **Visualización de Doppler-color en las membranas:**

- Radiólogo 1: 105 aciertos y 22 fallos → 82,67% de acierto.
- Radiólogo 2: 113 aciertos y 14 fallos → 88,8% de acierto.
- Radiólogo 3: 112 aciertos y 15 fallos → 88,2% de acierto.
- Total: 330 aciertos y 51 fallos → 86,6% de acierto.

Todos estos resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas con $p < 0,001$.

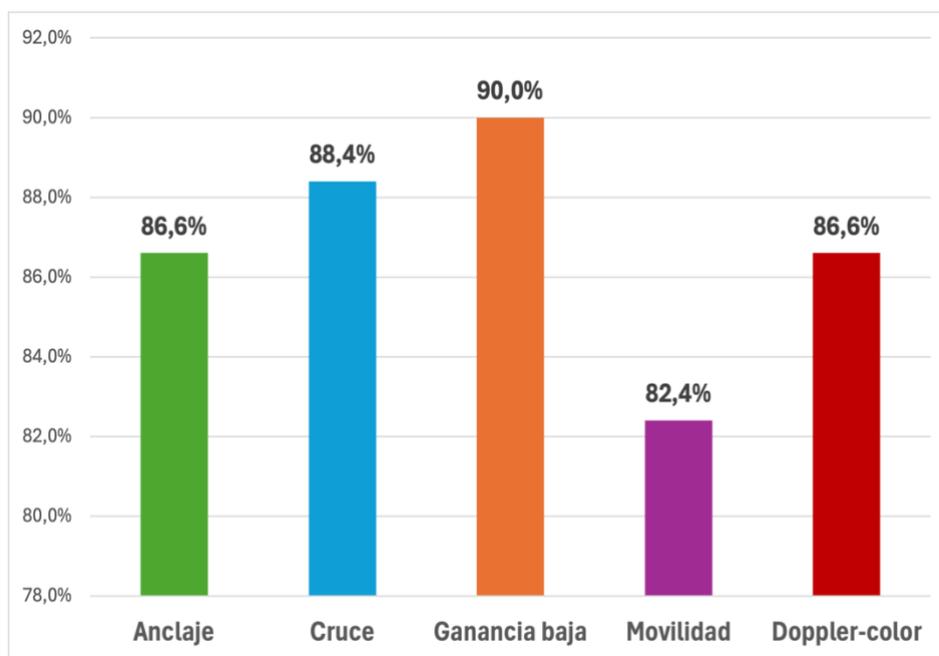


Gráfico 23. Comparativa del porcentaje total de acierto con los hallazgos ecográficos.

5.3.2. Sensibilidad, especificidad y valores predictivos de los ítems incluidos en el protocolo Arrixaca

Se compararon mediante chi-cuadrado las valoraciones de cada uno de los cinco hallazgos ecográficos (protocolo Arrixaca) propuestas por cada radiólogo con el *gold standard*.

- Anclaje de las membranas a la papila del nervio óptico:
 - Radiólogo 1: sensibilidad 74%, especificidad 84,3%, VPP 45,2% y VPN 94,8%.
 - Radiólogo 2: sensibilidad 74%, especificidad 91,7%, VPP 60,9%, VPN 95,2%.
 - Radiólogo 3: sensibilidad 84,2%, especificidad 88,9%, VPP 57,2% y VPN 97%.
 - Total: sensibilidad 77,2%, especificidad 88,3%, VPP 53,7% y VPN 95,7%.

Todos estos resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas con una $p < 0,001$.

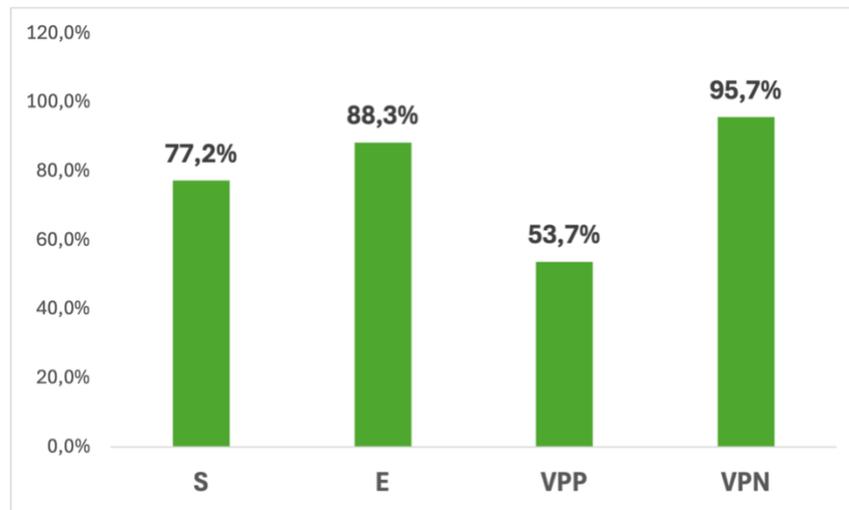


Gráfico 24. Valores diagnósticos anclaje a la papila.

- Cruce de las membranas por la línea media:
 - Radiólogo 1: sensibilidad 68,4%, especificidad 82,4%, VPP 40,6% y VPN 93,7%.
 - Radiólogo 2: sensibilidad 68,4%, especificidad 96,3%, VPP 76,5%, VPN 94,5%.
 - Radiólogo 3: sensibilidad 68,4%, especificidad 97,2%, VPP 81,3% y VPN 94,6%.
 - Total: sensibilidad 68,4%, especificidad 91,3%, VPP 60% y VPN 94,3%.

Todos estos resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas con una $p < 0,001$.

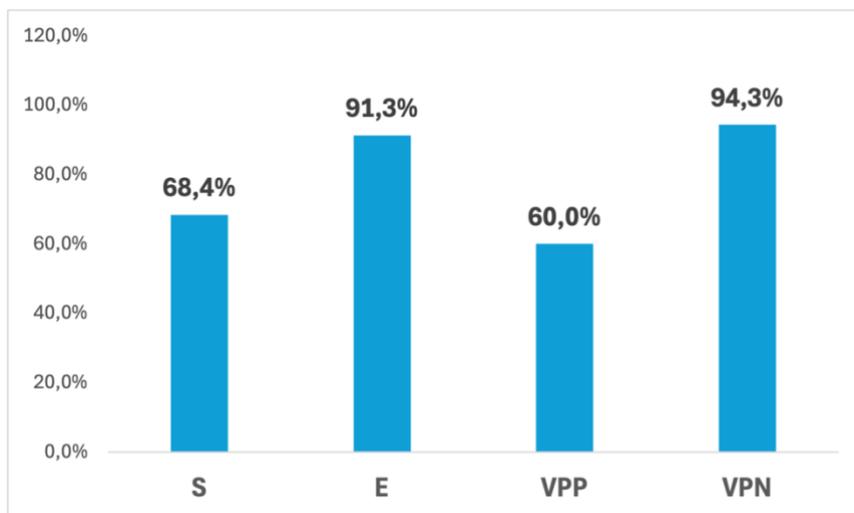


Gráfico 25. Valores diagnósticos cruce línea media.

- Visibilidad de las membranas a ganancia baja:
 - Radiólogo 1: sensibilidad 87,5%, especificidad 90,3%, VPP 67,8% y VPN 96,9%.
 - Radiólogo 2: sensibilidad 80%, especificidad 91,6%, VPP 64%, VPN 96,1%.
 - Radiólogo 3: sensibilidad 93,1%, especificidad 90,8%, VPP 75% y VPN 97,8%.
 - Total: sensibilidad 87,7%, especificidad 91%, VPP 70% y VPN 96,9%.

Todos estos resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas con una $p < 0,001$.

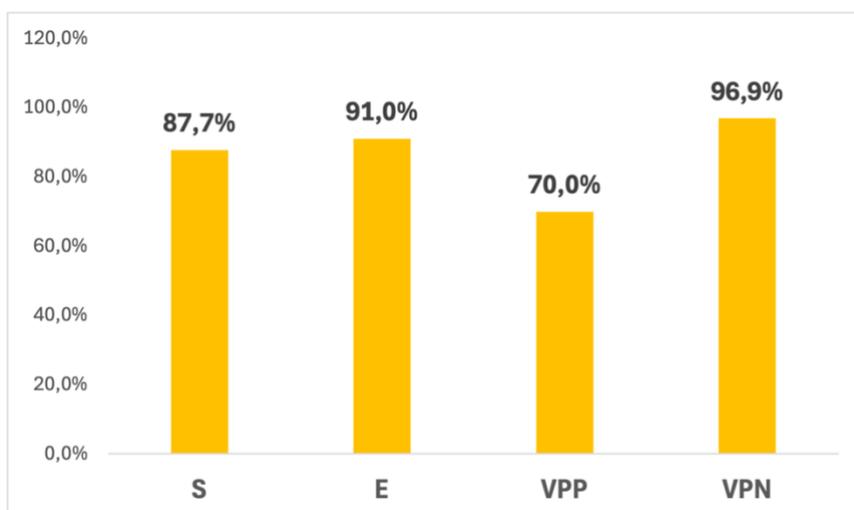


Gráfico 26. Valores diagnósticos visibilidad a ganancia baja.

- Movilidad de las membranas:
 - Radiólogo 1: sensibilidad 95,2%, especificidad 81%, VPP 48,8% y VPN 98,8%.
 - Radiólogo 2: sensibilidad 85%, especificidad 83,2%, VPP 48,6%, VPN 96,7%.
 - Radiólogo 3: sensibilidad 52,6%, especificidad 95,4%, VPP 66,7% y VPN 91,7%.
 - Total: sensibilidad 78,3%, especificidad 86,3%, VPP 51,7% y VPN 95,5%.

Todos estos resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas con una $p < 0,001$.

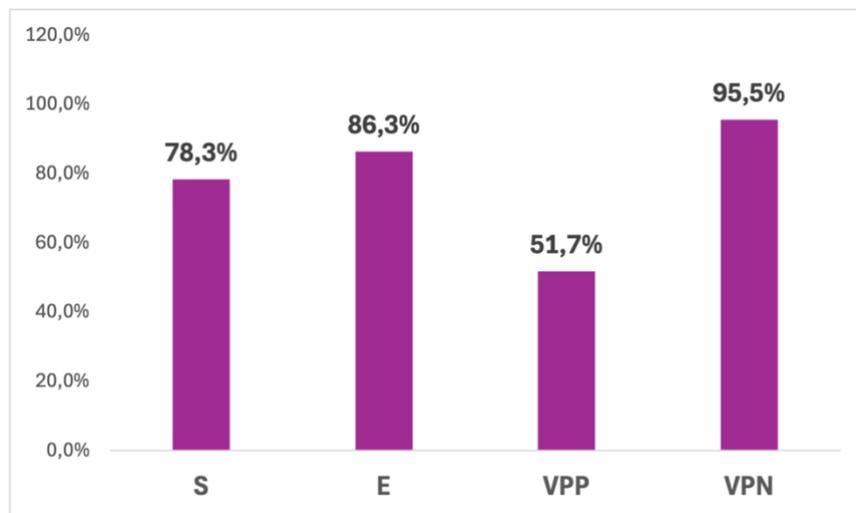


Gráfico 27. Valores diagnósticos movilidad de membranas.

- Presencia de Doppler-color en las membranas:
 - Radiólogo 1: sensibilidad 52,7%, especificidad 95,4%, VPP 66,7% y VPN 91,8%.
 - Radiólogo 2: sensibilidad 68,5%, especificidad 95,4%, VPP 72,2%, VPN 94,5%.
 - Radiólogo 3: sensibilidad 47,4%, especificidad 96,3%, VPP 69,2%, VPN 91,2%.
 - Total: sensibilidad 56,1%, especificidad 95,7%, VPP 69,6% y VPN 92,5%.

Todos estos resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas con una $p < 0,001$.

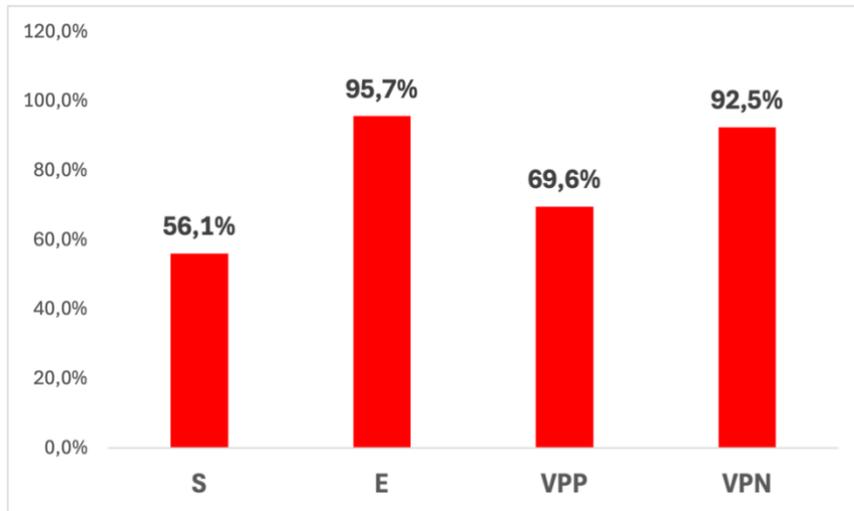


Gráfico 28. Valores diagnósticos Doppler-color en membranas.

Comparativa de los valores diagnósticos: las gráficas comparativas de los valores diagnósticos de cada hallazgo se muestran para facilitar la importancia que dar a cada uno según la situación y la elaboración de propuestas de mejora.

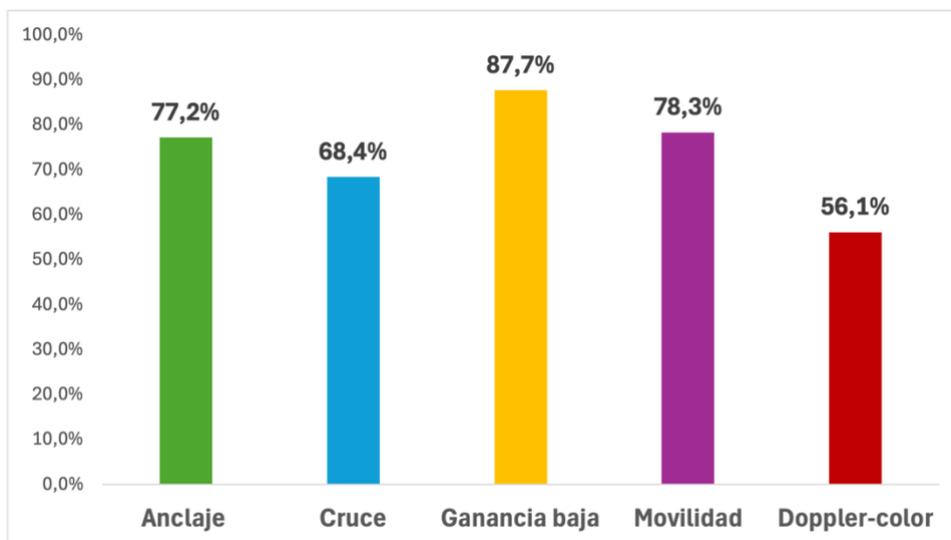


Gráfico 29. Comparativa sensibilidad.

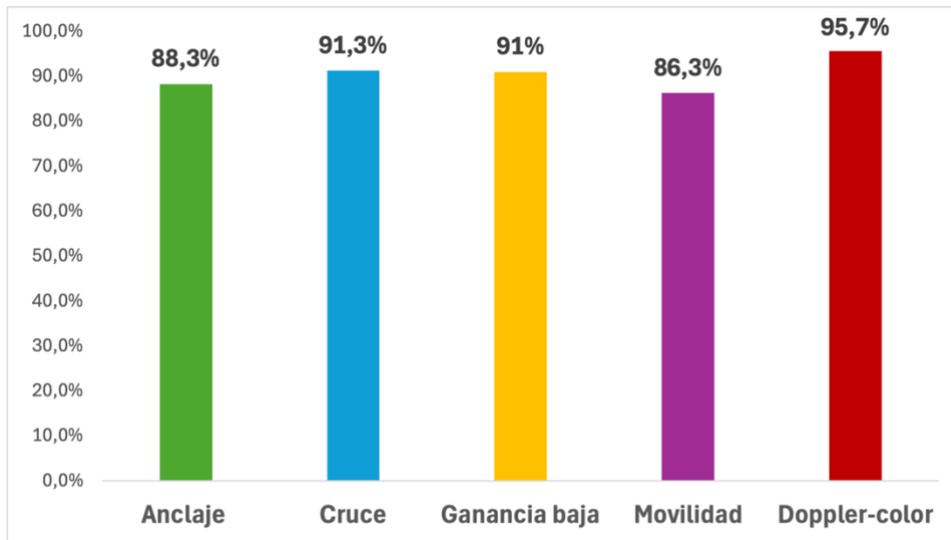


Gráfico 30. Comparativa especificidad.

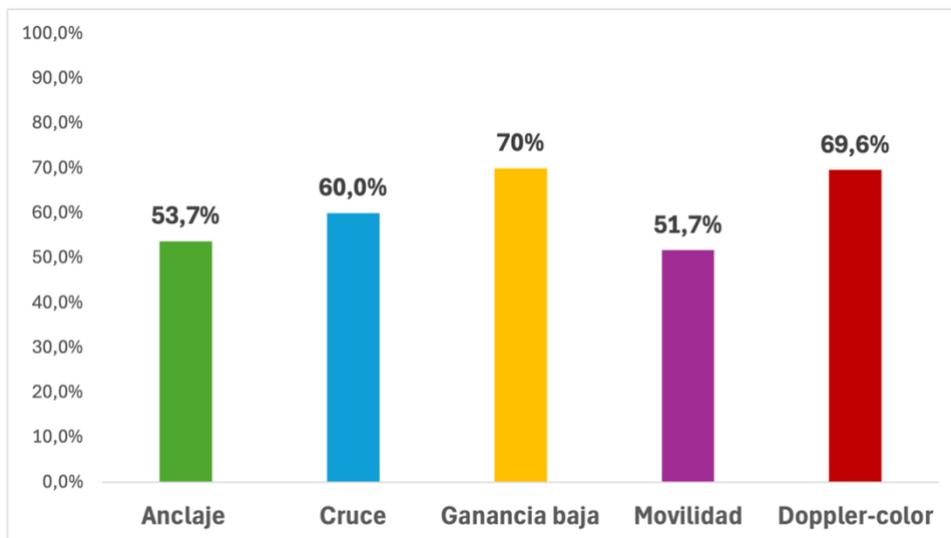


Gráfico 31. Comparativa VPP.

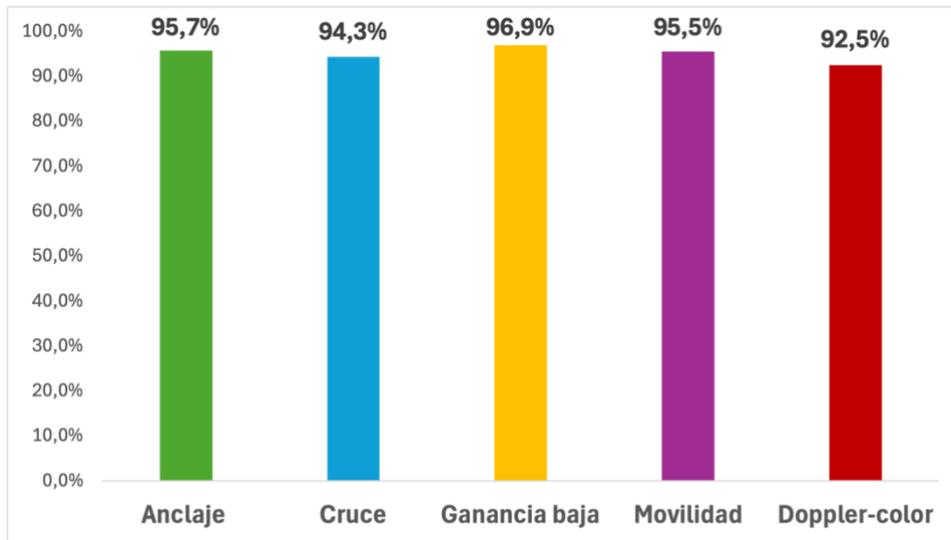


Gráfico 32. Comparativa VPN.

5.4. Análisis de la concordancia interradiólogo

5.4.1. Concordancia interradiólogo del diagnóstico ecográfico

Se calculó la concordancia ajustada al azar para los diagnósticos ecográficos (protocolo Arrixaca) entre los tres radiólogos mediante el coeficiente Kappa de Cohen y se objetivaron los siguientes resultados:

- Radiólogo 1 vs Radiólogo 2: 86,2%
- Radiólogo 1 vs Radiólogo 3: 91,3%
- Radiólogo 2 vs Radiólogo 3: 85,1%
- Todos con una $p < 0,001$.

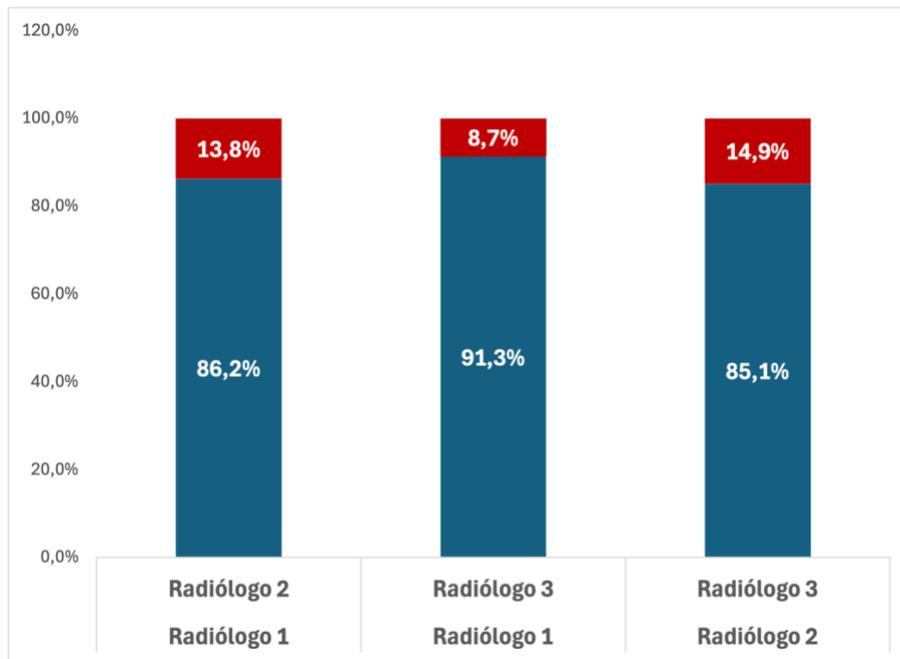


Gráfico 33. Concordancia interobservador protocolo Arrixaca.

Además, se elaboró una tabla 2x2 para los ítems a favor de “DR sí”. **En el 57,15% de los casos con discrepancias, la diferencia fue de 1 ítem a favor de DR;** es decir, justo en el límite para el cambio de diagnóstico.

El hallazgo que más veces generó esta discordancia (10 casos) fue el **cruce de la línea media.**

5.4.2. Concordancia interradiólogo de los Ítems incluidos en el protocolo Arrixaca

Se valoró la concordancia ajustada al azar entre las valoraciones de los 5 ítems ecográficos del protocolo Arrixaca de los tres radiólogos entre ellos mediante el coeficiente Kappa de Cohen con los siguientes resultados:

- Anclaje de las membranas a la papila del nervio óptico:
 - Radiólogo 1 con radiólogo 2: 82,6%
 - Radiólogo 1 con radiólogo 3: 80,1%
 - Radiólogo 2 con radiólogo 3: 85,1%

Todos estos resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas con una $p < 0,001$.

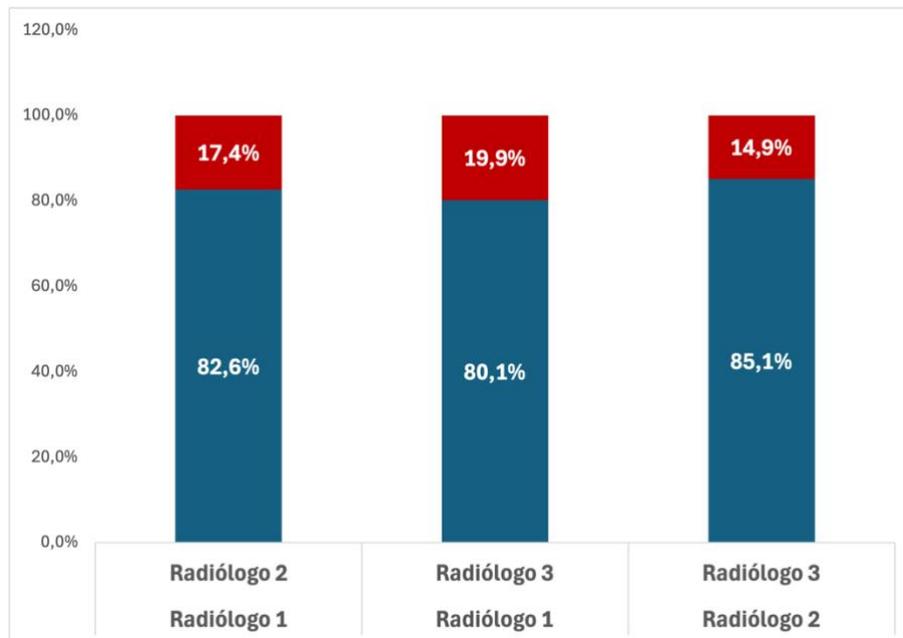


Gráfico 34. Concordancia interobservador anclaje a papila.

- Cruce de las membranas por la línea media
 - Radiólogo 1 con radiólogo 2: 43,1%
 - Radiólogo 1 con radiólogo 3: 55%
 - Radiólogo 2 con radiólogo 3: 82,6%

Todos estos resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas con una $p < 0,001$.

Se destacó que el cruce de membranas fue el ítem que más provocó discordancias en diagnósticos al límite: 2 ítem “DR sí” de un radiólogo vs 3 ítem “DR sí” de otro, lo que incrementó los FP.

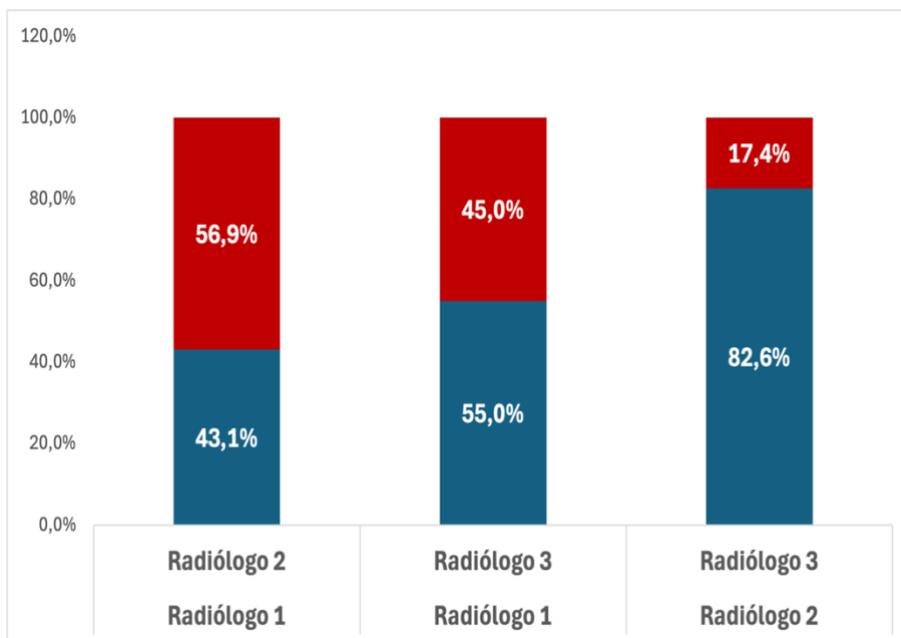


Gráfico 35. Concordancia interobservador cruce línea media.

- Visualización de las membranas a ganancia baja
 - Radiólogo 1 con radiólogo 2: 82,6%
 - Radiólogo 1 con radiólogo 3: 88,7%
 - Radiólogo 2 con radiólogo 3: 87,7%

Todos estos resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas con una $p < 0,001$.

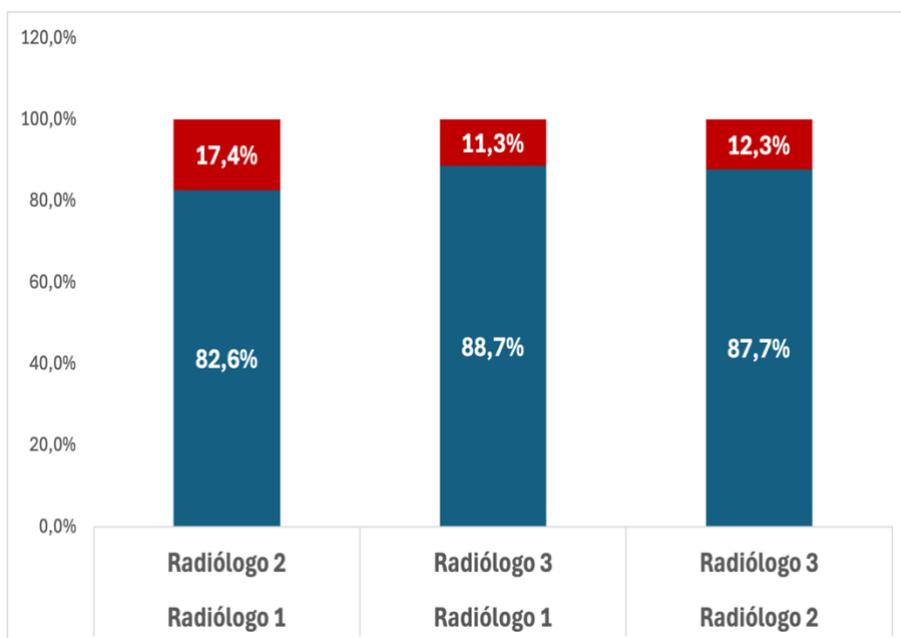


Gráfico 36. Concordancia interobservador visualización a ganancia baja.

- Movilidad de las membranas
 - Radiólogo 1 con radiólogo 2: 77,5%
 - Radiólogo 1 con radiólogo 3: 83,3%
 - Radiólogo 2 con radiólogo 3: 78,5%

Todos estos resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas con una $p < 0,001$.

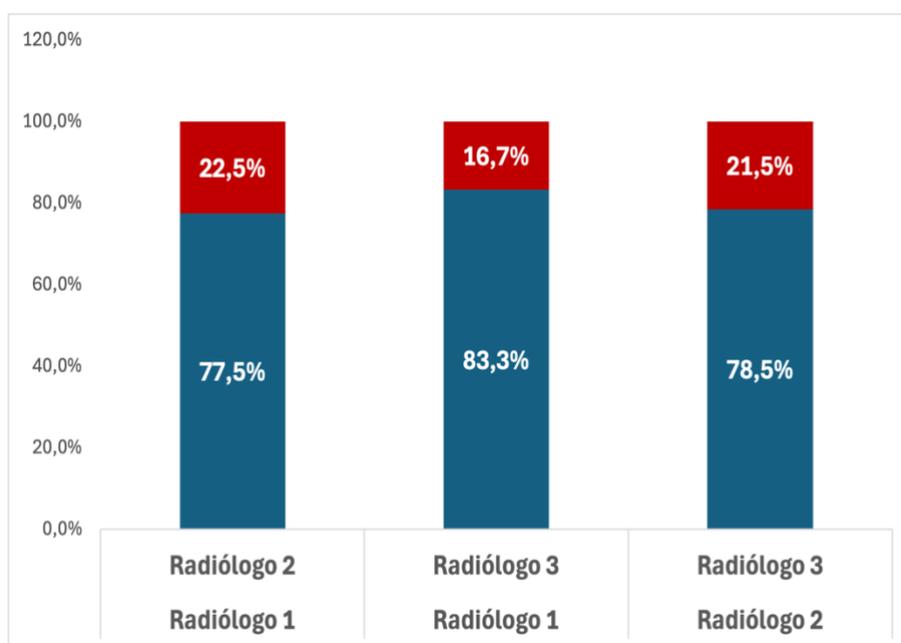


Gráfico 37. Concordancia interobservador movilidad de las membranas.

- Presencia de Doppler-color en las membranas
 - Radiólogo 1 con radiólogo 2: 67,9%
 - Radiólogo 1 con radiólogo 3: 89,6%
 - Radiólogo 2 con radiólogo 3: 67,1%

Todos estos resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas con una $p < 0,001$.

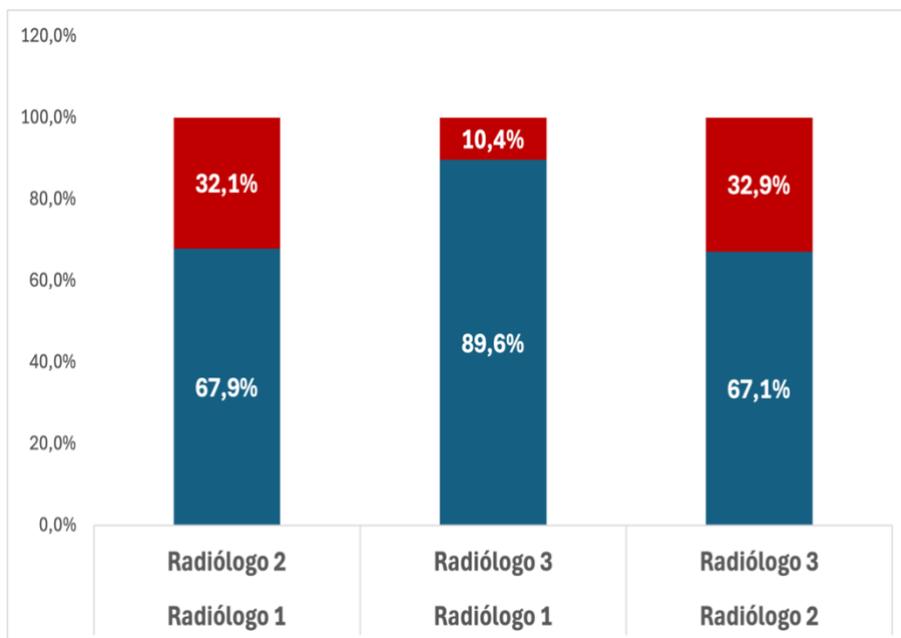


Gráfico 38. Concordancia interobservador Doppler-color en membranas.

5.5. Comparativa con protocolo UM

5.5.1. Concordancia protocolo UM con el gold standard

Se midió la concordancia (Kappa-Cohen) entre el diagnóstico ecográfico (protocolo UM) y el gold standard, obteniendo 109 aciertos y 18 fallos → 85,8% de acierto, con $p < 0,001$.

En el Gráfico 39, se compara con los resultados del Radiólogo 1 usando el protocolo Arrixaca (quien también realizó el diagnóstico con el protocolo UM):

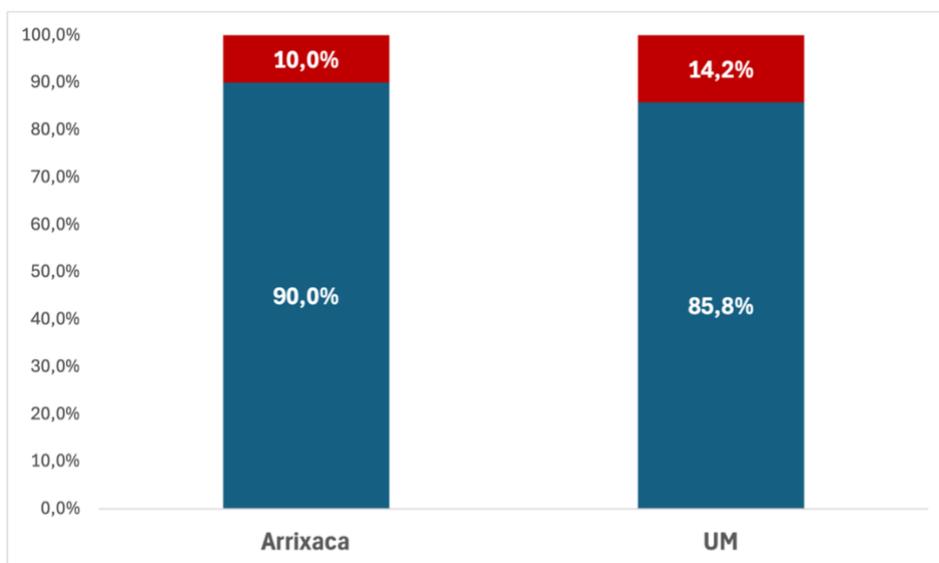


Gráfico 39. Comparativa aciertos y fallos protocolo Arrixaca vs protocolo UM.

5.5.2. Sensibilidad, especificidad y valores predictivos protocolo UM

Con la prueba de chi-cuadrado, se compararon los diagnósticos del protocolo UM con el estándar de referencia:

- VP = 16, FP = 15, FN = 3, VN = 93
- Sensibilidad = 84,2%, Especificidad = 86,1%, VPP = 51,6%, VPN = 96,9%.
- $p < 0,001$.

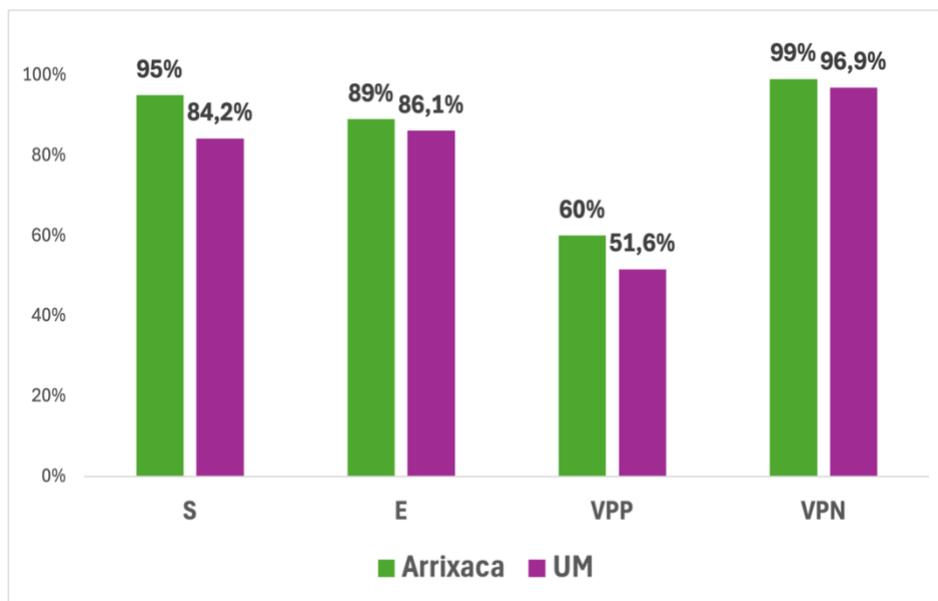


Gráfico 40. Comparativa S, E, VPP y VPN protocolo Arrixaca vs protocolo UM.

5.6. Evaluación del protocolo Arrixaca en pacientes con y sin opacidad de medios

Se comparó la precisión del protocolo Arrixaca en pacientes con opacidad de medios vs. pacientes sin opacidad de medios mediante el coeficiente Kappa-Cohen para cada uno de los tres radiólogos. Las diferencias fueron:

- Radiólogo 1: **4,4%** más de acierto en pacientes con opacidad.
- Radiólogo 2: **4,2%** más de acierto en pacientes con opacidad.
- Radiólogo 3: **9,8%** más de acierto en pacientes sin opacidad.
- $p < 0,001$.

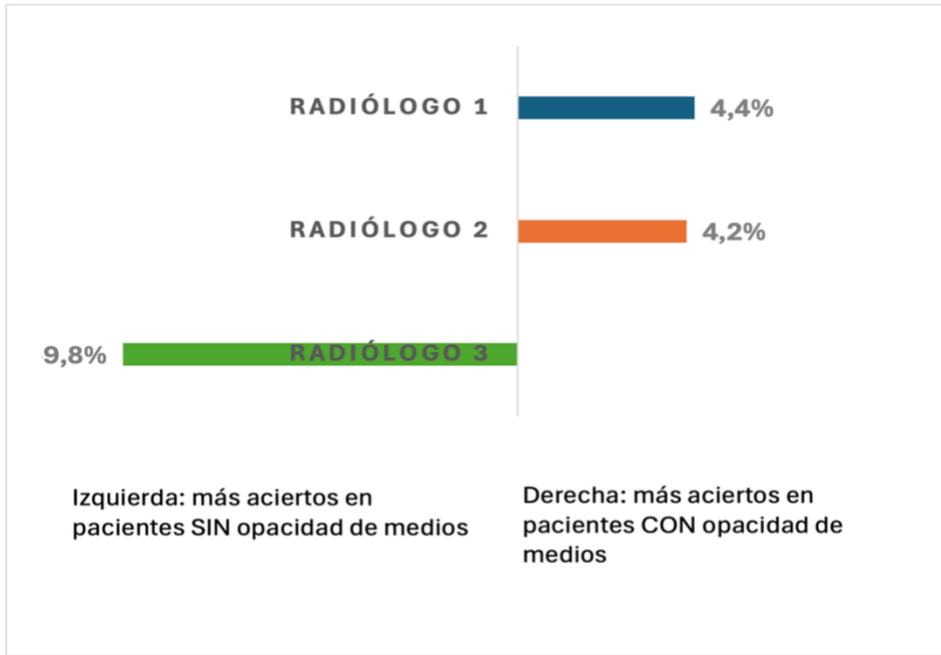


Gráfico 41. Comparativa aciertos en pacientes con vs sin opacidad de medios.

CAPITULO IV

VI. DISCUSIÓN

VII. LIMITACIONES

VIII. CONCLUSIONES

VI. DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio se enfocaron en evaluar la precisión diagnóstica del protocolo Arrixaca y sus criterios para la detección temprana del desprendimiento de retina. Además, se comparó su desempeño con el protocolo UM, se analizó su aplicabilidad clínica en casos de opacidad de medios y se registró el grado de acuerdo entre los tres radiólogos participantes.

Los resultados obtenidos respaldan nuestra hipótesis inicial: este protocolo simplificado, centrado en los hallazgos ecográficos más relevantes, mejora la simplicidad y la reproducibilidad sin comprometer la precisión diagnóstica. A continuación, se presentan en detalle las principales consideraciones sobre los resultados en relación con los objetivos del estudio y con los hallazgos previos descritos en la literatura.

6.1. Condiciones previas a la ecografía

La importancia de valorar previamente a la ecografía si el paciente es diabético o ha recibido un traumatismo

La condición previa clave antes de realizar la ecografía es si el paciente es diabético o ha presentado un traumatismo, puesto que esto incrementa la prevalencia de DR en estos pacientes y urge disminuir al máximo la probabilidad de cometer un FN.

En nuestra muestra, un 4,7% de los pacientes presentaron diabetes y traumatismo de forma concomitante. De ellos, el 50% fueron diagnosticados de DR sí. La muestra es muy pequeña, pues sólo incluye a 6 pacientes, pero, en comparación con la prevalencia del DR sí en el resto de la muestra 14,96 % (19/127), por lo que se destaca la necesidad de estar especialmente alerta en pacientes diabéticos con sospecha de DR tras un traumatismo.

En los pacientes diabéticos hay mayor probabilidad de un DR debido a la retinopatía proliferativa asociada [63,64].

En pacientes que han recibido un traumatismo y que tienen alteraciones visuales, es necesario descartar el DR pues se considera una asociación relativamente frecuente [65,66]. Para ello, la ecografía resulta de gran ayuda en cuando hay opacidad de medios secundaria a restos hemáticos en la cámara anterior [67].

Aunque la asociación de diabetes y traumatismo no ha sido ampliamente estudiada, es razonable suponer que ambos factores, combinados, aumenten la probabilidad de DR. La retinopatía proliferativa puede facilitar el DR tras un traumatismo.

Por ello, se sugiere reforzar el criterio de incluir “DR sí” en casos dudosos de pacientes que presenten ambas condiciones, minimizando la posibilidad de FN y protegiendo así la visión del paciente.

6.2. Utilidad diagnóstica del protocolo Arrixaca

6.2.1. El protocolo Arrixaca como herramienta de alta precisión

El protocolo Arrixaca demostró una muy alta capacidad de acierto comparada con el diagnóstico del *gold standard*, con unos valores iguales o superiores al 90% de acierto en los tres radiólogos y unos valores de S, E, VPP y VPN también excelentes (S 87,5%, E 92,1%, VPP 65,4% y VPN 97,7%) y superiores a los encontrados en estudios previos que usaron protocolos ecográficos o simplemente valoración ecográfica de los pacientes con sospecha de desprendimiento de retina [10,18,22,24,28,51,55,68,69], en especial a destacar nuestro valor de VPN, notablemente más alto que el registrado en cualquiera de los estudios similares.

6.2.2. El protocolo Arrixaca como herramienta de alto valor por sus escasos falsos negativos

En concordancia con el párrafo anterior, el protocolo Arrixaca destacó por su capacidad para descartar el DR: se registró un número muy reducido de FN cometidos por los radiólogos (un 5,5% 7/127), lo que supone un muy alto VPN (97,7%) se pone de manifiesto que presenta un rendimiento excelente, con unos valores muy elevados y cercanos al 100% en los tres radiólogos (VPN 99%, 97,3% y 97,2%), por lo que podemos afirmar que el protocolo Arrixaca tiene un desempeño de excelsa utilidad para descartar el DR, muy por encima de otros trabajos similares [10,18,22,51,58,68] e incluso del trabajo preliminar con el protocolo UM.

Este análisis sugiere que los radiólogos, al utilizar el protocolo Arrixaca, pueden informar con precisión equiparable al *gold standard* la ausencia de DR.

Esto respalda la evidencia más reciente, que propone la ecografía como posible sustituto del *gold standard* en ciertas situaciones, especialmente para descartar la enfermedad [29].

En suma, la probabilidad de cometer un FN con el protocolo Arrixaca y, por ende, perjudicar la visión del paciente resulta muy baja, haciendo de este protocolo una herramienta de gran valor clínico.

6.2.3. Protocolo Arrixaca como prueba de *screening* del desprendimiento de retina en urgencias

El fondo de ojo es la técnica clásica para diagnosticar DR en Urgencias, pero, como se ha destacado, presenta la limitación de la opacidad de medios. La evidencia más actualizada ha otorgado gran relevancia a la ecografía para valorar a pacientes con sospecha de DR, mostrando resultados excelentes y similares a los nuestros [70].

Algunos autores plantean que la ecografía sea el método inicial de *screening* ante sospecha de DR [29]. Nuestros hallazgos, con precisión y fiabilidad comparables al fondo de ojo, apoyan esta propuesta, más aún en aquellos casos donde se busque evitar la dilatación si la ecografía ofrece una valoración fiable. El protocolo Arrixaca resulta muy interesante, sobre todo para descartar DR en contextos de Urgencias.

6.2.4. Disparidad entre el porcentaje de acierto y la concordancia de Kappa del protocolo Arrixaca respecto al *gold standard*

Aunque el protocolo Arrixaca alcanzó un porcentaje de acierto muy alto ($\geq 90\%$), sus valores de concordancia Kappa con el *gold standard* (67,5%, 71,7% y 65,1% para los radiólogos 1, 2 y 3 respectivamente) no fueron tan elevados como cabría esperar. Tras analizar detenidamente las debilidades del coeficiente Kappa de Cohen, se identificaron las siguientes posibles causas:

- **Distribución desigual de categorías:** la prevalencia de una categoría "DR no" es mucho mayor que la de la otra categoría "DR sí", lo que, aun habiendo un alto porcentaje de diagnósticos correctos puede dar como resultado un Kappa bajo. Esto se debe a que Kappa-cohen penaliza este tipo de situaciones en las que es más probable que los desequilibrios se deban al azar.

- **Tamaño de muestra insuficiente:** aunque el tamaño muestral calculado se cumplió, el número total de casos analizados sigue siendo limitado. Este hecho provoca que Kappa sea más sensible a pequeñas variaciones, especialmente al realizar el análisis por separado para cada radiólogo.
- **Errores sistemáticos de interpretación:** al ser el FN muy perjudicial para el paciente, pudo existir cierta inclinación a evitarlo, generando sesgos de interpretación no completamente aleatorios. En este contexto:
 - Radiólogos 1 y 3: Kappa fue moderado-alto, pero cometieron más falsos positivos que el radiólogo 2, posiblemente debido a la reticencia a incurrir en FN.
 - Radiólogo 2: presentó un Kappa alto y una menor tasa de error, lo que indica una buena concordancia.

6.2.5. El protocolo Arrixaca en pacientes con opacidad de medios

La opacidad de medios es la limitación principal para el oftalmólogo a la hora de explorar la pared posterior mediante el fondo de ojo y ser capaz de realizar adecuadamente el diagnóstico del desprendimiento de retina [50,51,54,62,66]. En los datos de nuestro estudio se objetiva que el 70,93% de los pacientes que mostraron opacidad de medios fueron pacientes que habían sufrido un traumatismo o que eran diabéticos, probablemente por el hemovítreo asociado a los traumatismos y a los diabéticos de larga evolución. Otro motivo que podría explicarlo es que los pacientes con cataratas tienden a ser de mayor edad, así como los que tienen diabetes de larga evolución o sufren traumatismos accidentales desde su propia altura. Es de gran utilidad para el oftalmólogo conocer esta predominancia de la opacidad de medios, ya que si el paciente es diabético o es valorado tras un traumatismo, la probabilidad de que requiera una ecografía es mayor [22,28,46,50,53,62]. Por ello, se considera este dato de interés para que los oftalmólogos estén concienciados del excelente complemento que resulta la ecografía especialmente en pacientes diabéticos o tras traumatismos. Incluso cuando se consiga visualizar la pared posterior mediante el fondo de ojo, podría haber información de interés a aportar mediante la ecografía en estos pacientes.

El principal problema que se encuentra en la valoración oftalmológica en urgencias para la realización del fondo de ojo es la opacidad de medios y se propone la ecografía como la alternativa diagnóstica para superar esta limitación y valorar la sospecha clínica de DR en estos casos [28,50,53,54,62,71]. El protocolo Arrixaca no sólo ha demostrado ser útil en la valoración de estos pacientes con unos resultados superiores a estudios recientes similares [22,24,50,68,69] sino que ha revelado que no hay diferencias clínicamente relevantes entre el diagnóstico ecográfico que se emite en pacientes sin opacidad de medios respecto a aquellos que sí la presentan, puesto que se han registrado leves variaciones en estos diagnósticos pero hacia los dos sentidos. Es decir, hemos podido encontrar un leve porcentaje de acierto mayor en pacientes CON opacidad de medios en dos de los radiólogos del estudio y un leve porcentaje de acierto mayor en pacientes SIN opacidad de medios en el otro radiólogo.

Este hallazgo sugiere que la opacidad de medios no afecta negativamente la precisión diagnóstica e, incluso, puede mejorarla en algunos casos. De hecho, se observaron mejores resultados en determinados escenarios con opacidad de medios.

En conclusión, la ecografía sigue siendo un método robusto para valorar a pacientes en quienes el oftalmólogo no puede descartar DR mediante fondo de ojo. El protocolo Arrixaca refuerza su utilidad, pues la opacidad de medios no interfiere en su precisión diagnóstica.

6.2.6. El protocolo Arrixaca en pacientes con cataratas

La aparente discordancia que se puede encontrar en los resultados acerca de la cantidad de pacientes con diagnóstico definitivo de DR sí (15%; 19/127) respecto a la cantidad de pacientes que obtuvo un diagnóstico posquirúrgico (27,6%; 35/127) reside en la suma de dos condiciones:

- Pacientes con opacidad de medios en quienes se basó la decisión de manejo clínico en el diagnóstico ecográfico. De estos, 7/86 (8,14%) mostraron un DR sí ecográfico y, posteriormente, se reveló FP en la cirugía.

- Pacientes con cataratas muy densas en quienes se decidió la intervención quirúrgica por la gran limitación visual, confirmándose el diagnóstico de “DR no” durante el acto quirúrgico. Esto ocurrió en 9 casos diagnosticados ecográficamente de DR no, pero operados igualmente por cataratas.

La pregunta razonable es: “¿Por qué requerimos la ecografía si se intervendrá al paciente de cataratas igualmente?” La literatura afirma la necesidad de evaluar la retina antes de la cirugía de cataratas para ponderar el balance riesgo/beneficio y que el oftalmólogo informe al paciente de las posibles complicaciones. De este modo, la ecografía con “DR no” y valoración de la pared posterior previa a la cirugía refuerza la seguridad del procedimiento y optimiza el pronóstico visual [72–81].

6.2.7. Protocolo Arrixaca como herramienta diagnóstica reproducible, fiable y sencilla de aplicar en la práctica clínica

La concordancia ajustada al azar según el coeficiente Kappa de Cohen evidenció unos valores de concordancia interradiólogo en el diagnóstico final con unos valores por encima del 85% en todos los casos (radiólogo 1 y 3 y radiólogo 2 y 3) y del 90% entre dos de los radiólogos (radiólogo 1 y 2) que participaron en la recogida de datos y diagnósticos, lo que es muy superior a lo recogido en otros estudios similares que miden la precisión de la ecografía oftálmica para el diagnóstico diferencial del desprendimiento de retina y cuyos valores de concordancia se establecieron en torno al 68% [68]. El estudio de Theophanous, publicado en 2024, es el único que se encuentra disponible en la literatura que haya realizado un análisis de la concordancia interradiólogo para el diagnóstico ecográfico de la patología oftálmica. Sin embargo, no se realizó con un protocolo ecográfico estandarizado, lo que probablemente sea justificación suficiente para explicar la mayor concordancia obtenida en los resultados del presente estudio gracias a la valoración protocolizada que se ha llevado a cabo. En otros que sí siguieron protocolos, no midió la concordancia interobservador [10,18,22,24,51,55,60,69].

Aun con un porcentaje de acuerdo muy alto entre los radiólogos participantes en nuestro estudio, se exploraron las razones por las que no fue todavía mayor. El diagnóstico final requiere la obtención de ≥ 3 hallazgos a favor

de “DR sí” en el protocolo Arrixaca. Se observó que, en el 57,15% de los casos donde hubo discordancia, la diferencia fue de un solo ítem: un radiólogo determinó “DR no” (2 ítems) y el otro “DR sí” (3 ítems).

El análisis detallado de los ítems ecográficos sugiere que el protocolo Arrixaca es reproducible, fiable y sencillo de aplicar, demostrando (un porcentaje de acuerdo superior a la bibliografía previa).

6.3. El protocolo Arrixaca frente a otros protocolos ecográficos

6.3.1. El protocolo Arrixaca frente al protocolo UM

La comparación entre ambos protocolos (Arrixaca y UM) diseñados por nuestro grupo de trabajo es uno de los objetivos principales de este estudio. Los resultados obtenidos por el protocolo Arrixaca son ligeramente superiores en precisión diagnóstica y concordancia con el *gold standard* respecto al protocolo UM:

- Porcentaje de acierto: 90% Arrixaca vs 85,8% UM
- Concordancia Kappa-cohen: 67,5% Arrixaca vs 55,8% UM
- Sensibilidad: 95% Arrixaca vs 84,2% UM
- Especificidad: 89% Arrixaca vs 86,1% UM
- VPP: 60% Arrixaca vs 51,6% UM
- VPN: 99% Arrixaca vs 96,9% UM

Este mejor rendimiento del protocolo Arrixaca se atribuye al análisis del protocolo UM en el estudio preliminar, donde se detectaron hallazgos redundantes, particularmente ecogenicidad de las membranas y visualización de las membranas a ganancia baja o cruce de línea media y forma en V de las membranas. La citada similitud entre dichos hallazgos, al ser valorados en el mismo protocolo, condicionan una tendencia a duplicar errores de manera innecesaria [57,58]. Estos errores en los hallazgos ecogenicidad de membranas y forma en V de las membranas se acumularían hacia falsos positivos que, como se ha demostrado, es el “punto débil” del protocolo Arrixaca, por lo que en el protocolo UM se cometerían incluso más.

La forma en V de las membranas, uno de los más conocidos por los radiólogos y, sin embargo, más propensos a condicionar errores [58], provoca

más posibilidades de error que el FP por redundancia con el cruce de línea media. Los errores atribuibles a este hallazgo se deben a: un posible FN ya que la forma de V no puede detectarse en caso de que sea un DR unilateral, ya que solo tendrá una “pata” de la V; o un posible FP, pues el DVP a menudo también adopta, de manera caprichosa, una forma de V, condicionando un error de juicio. En el presente estudio, se reporta 2 veces este error del protocolo UM respecto al protocolo Arrixaca, concretamente 2 FN que se evitan gracias al protocolo Arrixaca.

La exclusión de estos 3 ítems (ecogenicidad de las membranas, forma en V de las membranas y grosor de las membranas), combinada con la reducción del tiempo de exploración y mayor facilidad de aprendizaje, confiere al protocolo Arrixaca una ventaja frente al protocolo UM.

6.3.2. El protocolo Arrixaca frente a otros disponibles en la bibliografía

Los resultados obtenidos del protocolo Arrixaca fueron excelentes con un alto porcentaje de acierto y acuerdo entre los radiólogos y con el *gold standard*. Sin embargo, existen diferencias respecto a la bibliografía previa donde se reportan sensibilidades que varían de 48% [61] a un 100% [26,45,70,82,83] especificidad 78% de [27] a un 100% [45,82,83], VPP de aproximadamente 50% [69,84] a 100% [70] y VPN de 77% [69] a 96,7% [70]. Otros estudios oscilan en todos estos valores alrededor de 75-85% [22,24,46,51,54], por lo general inferiores a los obtenidos con el protocolo Arrixaca (especialmente en el VPN). Se han identificado dos principales causas para este rango amplio:

- Estudios con rendimiento muy alto (valores del 100% en sus parámetros diagnósticos) [45,82,83] se basan en que incluyen a pacientes que presentan cualquier tipo de clínica oftalmológica y se estudian con ecografía sin importar que la sospecha sea de DR, por lo que acumulan una gran cantidad de verdaderos negativos que no deberían ser contemplados en este diagnóstico diferencial.
- Por el contrario, el pobre rendimiento de la ecografía en otras publicaciones se considera secundario a la inherente operador-dependencia en metodologías en las que participan estudiantes o residentes sin experiencia previa en el uso de la ecografía oftálmica

[54,61,68], algunos de ellos lo referencian en las limitaciones de su estudio [24].

En cuanto a los artículos que muestran resultados dentro del rango y más similares a los del protocolo Arrixaca, nuestro rendimiento es mejor que en la mayoría de ellos, probablemente por su metodología protocolizada, con una valoración sistemática de todos los hallazgos ecográficos que han demostrado ser útiles en nuestro estudio preliminar con el protocolo UM. Esto contrasta con investigaciones que confían en la impresión inicial del ecografista para dar un diagnóstico [25,26] o que no evalúan hallazgos de manera específica [54]. [54]. El metaanálisis La explicación la concede el metaanálisis más reciente más reciente sobre ecografía y DR (Gottlieb et al en 2019 [51]) ya resaltaba la necesidad de un enfoque protocolizado.

El protocolo Arrixaca también logra resultados mejores que estudios que sí incluyen una valoración completa y protocolizada de la retina y se exponen uno a uno:

- Lahham [24] basado en el protocolo VIGMO [18] que, aunque obtiene unos buenos resultados, no son tan altos como los del presente trabajo. La explicación de su buen rendimiento se encuentra en que miden la visibilidad de las membranas a ganancia baja y la movilidad de las mismas, hallazgos dinámicos que dan profundidad al estudio. Sin embargo, no son tan altos como en el protocolo Arrixaca porque dan un valor imprescindible al anclaje a la papila del nervio óptico, lo que puede llevar a FN con facilidad y condicionar perjuicio al paciente. El diseño del protocolo Arrixaca ha tenido en cuenta este factor y por eso su mejor rendimiento, particularmente en el VPN y para evitar los FN.
- Chang [69] evalúa la ecogenicidad en estático, sin el valor añadido que el protocolo Arrixaca introduce con la visibilidad de membranas a ganancia baja, que se ha demostrado como el hallazgo de mayor utilidad. La especificidad y el VPN son los parámetros que más mejoran en el protocolo Arrixaca (92,1 y 97,7% respectivamente) frente al estudio de Chang (67% y 77% respectivamente).

- Theophanous [84], con una metodología similar al nuestro, identifica los valores diagnósticos (S 81%, E 73%, VPP 54% y VPN 91%) y, además, miden la concordancia interradiólogo (68%). Los resultados son similares pues hacen una valoración similar, pero el protocolo Arrixaca mejora sus resultados (S 87,5%, E 92,1%, VPP 64,5% y VPN 97,7% y concordancia 86,2%) porque en el estudio de Theophanous participan residentes para la valoración de la concordancia entre sujetos con menor y mayor experiencia.

En resumen, el protocolo Arrixaca logró un rendimiento superior o, al menos, muy similar a lo referido en otras publicaciones y ofrece la solidez de un estudio protocolizado, fácilmente reproducible que atenúa la variabilidad de resultados descrita previamente.

6.4. Hallazgos ecográficos a estudio

La principal dificultad diagnóstica del DR radica en su gran semejanza con el aspecto ecográfico del DVP y el HV, condiciones menos graves, pero con una presentación clínica y ecográfica similar al DR. Por este motivo, a lo largo del tiempo se han propuesto numerosos hallazgos ecográficos que buscan facilitar la distinción entre el DR y estas patologías menos severas. Tras los resultados del estudio preliminar de nuestro grupo de investigación, en el que se estudiaron, mediante el protocolo UM, los ocho hallazgos ecográficos disponibles en la evidencia previa [18,22,27,37,42,48,52], en este trabajo se ha elaborado el protocolo Arrixaca seleccionando los cinco que mostraron ser los hallazgos con una mayor fortaleza de asociación con el diagnóstico de DR. Se evaluó cada uno en cuanto a concordancia con el gold standard, sensibilidad, especificidad, valores predictivos y facilidad de interpretación, con los siguientes resultados:

6.4.1. Anclaje a papila del nervio óptico

Desempeño global del hallazgo:

El anclaje a la papila del nervio óptico ha resultado ser el segundo hallazgo ecográfico de 5 más sencillo de valorar, si nos guiamos por la concordancia interradiólogo (concordancia media de 82,6%) y el tercero más fiable según sus

resultados de aciertos respecto al *gold standard* con un porcentaje del 86,6% de acierto total. S 77,2%, E 88,3%, VPP 53,7% y VPN 95,7%.

Comparación del desempeño:

La concordancia media de 82,6% con rango entre 80,1% y 85,1%, indica facilidad de valoración. En este contexto, se destaca un bajo valor de VPP en los tres radiólogos, sin superar el 60%. Es un hallazgo incluido en prácticamente todos los protocolos de ecografía oftálmica y en la gran mayoría de estudios se cita, llegando incluso a plantearse como un hallazgo imprescindible para el diagnóstico [18,22,24], dado su sólido fundamento anatómico. Sin embargo, sólo disponemos de resultados sobre su desempeño en nuestro estudio preliminar, en el que también se mostró que su punto débil fue el VPP, con un 63,3%, similar al presente estudio.

Interpretación de las diferencias:

El principal problema radica en la posición “caprichosa” de la membrana en el DVP, pudiendo parecer anclada a la papila sin estarlo realmente, o debido a hemorragia subhialoidea que simule continuidad con la papila. En cambio, el alto VPN se explica por las membranas que flotan libremente sin contacto aparente con la papila.

Implicaciones clínicas:

Se recomienda valorar cuidadosamente este anclaje y, si se aprecia, corroborarlo con otros hallazgos.

Asimismo, se recomienda realizar la maniobra de movilidad ocular para descartar hemorragia subhialoidea que confunda la valoración. Por otro lado, es un hallazgo de alto valor para descartar el DR.

6.4.2. Cruce de línea media

Desempeño global del hallazgo:

El hallazgo ecográfico menos sencillo de valorar y por tanto el más dispar si nos guiamos por la concordancia interradiólogo (concordancia media de 60,2%) y el segundo ítem más fiable según sus resultados de aciertos respecto

al *gold standard* con un porcentaje de acierto del 88,4% y unos valores diagnósticos de S 68,4%, E 91,3%, VPP 60% y VPN 94,3%.

Comparación del desempeño:

El cruce de línea media es el hallazgo con mayor variabilidad entre los radiólogos en porcentaje de aciertos, desde un 80,3% en el radiólogo 1 a un 92,9% del radiólogo 3 y, a su vez, es el que menor concordancia presenta entre los tres radiólogos (concordancia media 60,2%). Además, el VPP del radiólogo 1 fue notablemente menor (40,6%) que el de los otros dos radiólogos (en torno al 80%). El motivo que explique este hecho puede tener que ver con que el radiólogo 1 era en casi todos los pacientes el primero en realizar la valoración ecográfica.

Interpretación de las diferencias:

Se sugiere que, en la primera exploración ecográfica, las membranas permanecen en quietud (sedimentadas), lo que dificulta la correcta interpretación. Al pedir al paciente que mueva los globos oculares, las membranas cambian su posición, generando discrepancias entre radiólogos sucesivos.

Con todo, el radiólogo 3 alcanzó 92,9% de acierto, indicando que, en condiciones óptimas, es un hallazgo de gran valor.

Implicaciones clínicas:

El “cruce de línea media” supera la forma en V de las membranas y evita FN en DR unilaterales. Recomendamos valorar este ítem al final de la exploración, tras la movilización ocular, evitando interpretaciones erróneas debidas a la sedimentación de las membranas.

6.4.3. Visualización de membranas a ganancia baja

Desempeño global del hallazgo:

El ítem más sencillo de valorar, según la concordancia interradiólogo (concordancia media de 86,3%) y el 1er ítem más fiable según sus resultados de

aciertos respecto al *gold standard* con un porcentaje de acierto del 90% y unos valores diagnósticos de S 87,7%, E 91%, VPP 70% y VPN 96,9%.

Comparación del desempeño:

Nuestra precisión diagnóstica supera a la que encontramos en un estudio reciente que mide el valor de ganancia óptimo para realizar la evaluación del diagnóstico diferencial del DR [69]. En dicho estudio, se determina la ganancia alta (>75) como el método ideal y obtienen unos buenos resultados (S 81%, E 82%, VPP 86% y VPN 77%). No obstante, los resultados demostrados con el protocolo Arrixaca son mejores (S 87,7%, E 91%, VPP 70% y VPN 96,9%). Al igual que son mejores a los obtenidos en los estudios que incluyen una valoración dinámica de la ecogenicidad de las membranas [18,24].

Además, al ser el ítem con mejor correlación (86,3%) se erige como el ítem más útil, sencillo de obtener e interpretar frente a la discordancia que se registra en estudios que miden exclusivamente la ecogenicidad [69].

Interpretación de las diferencias:

Ajustar la ganancia ilustra la composición de las membranas. En el DR, la retina presenta múltiples capas celulares, lo que genera una interfase muy marcada a baja ganancia con respecto al vítreo, con una muy baja celularidad. En el DVP, la composición (colágeno y agua) difiere poco del humor vítreo, requiriendo alta ganancia para visualizarse [35–37].

Implicaciones clínicas:

Se recomienda explorar de forma dinámica, primero en ganancia alta y luego baja para comparar y analizar el comportamiento en imagen de las membranas que nos orienta acerca de su etiología. Esto proporciona una alta precisión y buen acuerdo entre radiólogos.

6.4.4. Movilidad de membranas

Desempeño global del hallazgo:

El tercer hallazgo más sencillo según la concordancia interradiólogo (media de 79,8%) y el ítem menos fiable según sus resultados de aciertos

respecto al *gold standard* con un porcentaje de acierto del 82,4% y unos valores diagnósticos de S 78,3%, E 86,3%, VPP 51,7% y VPN 95,5%.

Comparación del desempeño:

Aunque sea el ítem con el que menos se acierta de los estudiados (82,4%), el porcentaje de aciertos sigue siendo alto y que hay coincidencia entre los radiólogos en incurrir en dicho fallo (80% de concordancia media), y los resultados de precisión están en la media de los obtenidos en estudios similares que también evaluaron la movilidad de las membranas en el globo ocular [18,24,61,62], sin disponer de datos de la concordancia interobservador que hubo en estos estudios que permitan comparar con los obtenidos.

Los tres radiólogos coinciden en un bajo VPP (media de 51,7%), que en la bibliografía no se encuentra ningún valor de referencia a este respecto, sino que simplemente se ciñen a explicar el motivo del hallazgo, aunque no se ha realizado ningún estudio previo que registre sus valores diagnósticos.

Interpretación de las diferencias:

Los tres radiólogos coinciden en que el bajo VPP de basa en que es un ítem de difícil valoración cuya fuente de error principal no es la valoración de la movilidad de las membranas, sino que el paciente consiga realizar la maniobra adecuadamente para su valoración. La dificultad para el paciente surge en caso de dolor ocular o que el paciente no sea capaz de colaborar adecuadamente, pues puede resultar complejo para algunos pacientes conseguir mover el ojo sin mover la cabeza.

Así, la movilidad de membranas ha sido uno de los hallazgos que más ha perjudicado el diagnóstico hacia los falsos positivos pues esa supuesta limitación del movimiento no es real por las características de la membrana sino por la dificultad para colaborar de los pacientes.

Implicaciones clínicas:

Es aconsejable dedicar tiempo a explicar la maniobra al paciente. Muchos estudios [18,22,26,53,61,62] destacan la importancia de una preparación previa. Si este ítem determina un cambio de diagnóstico (3 ítems a favor), se aconseja un mayor control y correlación clínica para evitar FP.

6.4.5. Presencia de Doppler-color en las membranas

Desempeño global del hallazgo:

El cuarto ítem más sencillo según concordancia interradiólogo (media de 74,9%) y el cuarto en fiabilidad según sus resultados de concordancia con el *gold standard* con un porcentaje de acierto del 86,6% y sensibilidad 56,1%, especificidad 95,7%, VPP 69,6% y VPN 92,5%.

Comparación del desempeño:

El Doppler-color resultó de alta utilidad, aunque con la sensibilidad más baja de todos los ítems. Se observó que el radiólogo 2 tenía una sensibilidad superior frente a los radiólogos 1 y 3, generando menor concordancia entre ellos. Los valores diagnósticos coinciden con la literatura previa [52,55], e incluso superan la especificidad descrita por otros autores.

Interpretación de las diferencias:

El mejor rendimiento del radiólogo 2 procedió del uso del “MicroFlow Imaging” (Philips), un software que realiza el flujo en vasos pequeños. Esto explica su mayor sensibilidad y menor concordancia con los otros radiólogos.

Implicaciones clínicas:

La escasa sensibilidad (56,1%) del Doppler-color constituye (un reto. El uso de softwares más sensibles como el “MicroFlow Imaging” o contraste ecográfico podría elevarla hasta el 93%, según estudios [27,56].

Por lo tanto, recomendamos a los radiólogos que apliquen el protocolo Arrixaca con tecnología de microvascularización o contrastes ecográficos para mejorar la sensibilidad.

6.5. Vías de investigación para el futuro

Las líneas de investigación propuestas para el futuro pueden confirmar la utilidad del protocolo en otros entornos clínicos y explorar propuestas de otros radiólogos y oftalmólogos para minimizar las diferencias encontradas entre radiólogos, optimizar su aplicación en diferentes contextos clínicos y mejorar aún más el rendimiento y la reproducibilidad.

6.5.1. Validación multicéntrica del protocolo Arrixaca

Dado su utilidad potencial para radiólogos en urgencias, sería relevante validarlo en otros hospitales, poblaciones mayores, radiólogos con distinta formación y equipos diferentes.

6.5.2. Tiempo medio de exploración protocolo Arrixaca

El principal motivo para buscar la manera de mejorar el protocolo UM es la gran cantidad de ítems que hay que valorar. A pesar de su alto rendimiento diagnóstico demostrado en el estudio preliminar y en el actual, 8 hallazgos son muchos en una práctica clínica cada vez más demandante. De hecho, existen protocolos que valoran únicamente 3 [18], aunque ya quedó demostrado en el estudio preliminar que con el protocolo UM se obtiene un mejor resultado [58]. Por ello, se considera que, ya probado que el protocolo Arrixaca tiene una precisión igual o incluso superior a la del protocolo UM, sería de interés plantear un estudio en el que se midiese el tiempo medio de exploración del protocolo Arrixaca. Así, se podría reforzar el argumento acerca de la simplicidad del nuevo protocolo.

6.5.3. Curva de aprendizaje del protocolo Arrixaca:

Aunque los resultados sugieren una curva de aprendizaje sencilla, no existen datos concluyentes. Un estudio con radiólogos con distintos niveles de experiencia, no dedicados a la ecografía, podría proveer más evidencias sobre la facilidad de adopción de la técnica en la práctica clínica.

6.5.4. Evaluación longitudinal del pronóstico de la visión de los pacientes:

La colaboración con el servicio de Oftalmología ha sido clave para la realización de este estudio y una de las respuestas más importantes que podrían facilitarse a los oftalmólogos es el impacto de usar el protocolo Arrixaca en aquellos pacientes que ellos no puedan ver la retina. Para ello, registrar los datos del tiempo transcurrido entre el diagnóstico y la cirugía en pacientes con DR diagnosticado con el protocolo Arrixaca, daría pie a comparar si el diagnóstico ecográfico precoz contribuye a un tratamiento más temprano respecto a si se tuviese que esperar al diagnóstico con fondo de ojo o si, por el contrario, evita

cirugías en pacientes dudosos con el fondo de ojo que no tuvieran que operarse. De igual forma, sería fundamental analizar el impacto del protocolo en los resultados a largo plazo de los pacientes, para saber si se mejoran los resultados visuales posquirúrgicos o si los pacientes que no se operan se recuperan como cabría esperar.

6.5.5. Evaluación costo-beneficio en la práctica clínica:

Los últimos artículos sobre ecografía oftálmica en el diagnóstico de desprendimiento de retina proponen que la ecografía sea un método equiparable al fondo de ojo, el *gold standard* actual [29,68,70]. El protocolo Arrixaca muestra un porcentaje de acierto muy alto y en miras de continuar su mejora. Por ello, una evaluación del costo-beneficio que compare la ecografía con la oftalmoscopia en estos pacientes, podría dar más información para tomar la decisión acerca de qué método diagnóstico es el ideal para esta primera valoración en Urgencias.

VII. LIMITACIONES Y PROPUESTAS DE MEJORA

7.1. Limitaciones en condiciones previas a la ecografía:

Pacientes con cataratas, pero sin complejidad en pared posterior:

El “protocolo Arrixaca” demostró un excelente rendimiento y concordancia con el standard de referencia, por encima de estudios sin protocolo ecográfico [22,24,28,55,61,68] e incluso de algunos que sí emplearon un protocolo similar [18,51,54]. Sin embargo, esta elevada precisión se vio favorecida por la inclusión de numerosos casos en los que el oftalmólogo no pudo evaluar el fondo de ojo debido a la opacidad del cristalino. En futuros trabajos se sugiere centrar el análisis en casos con hallazgos ecográficos dudosos, a fin de perfeccionar la capacidad diagnóstica del protocolo en situaciones verdaderamente complejas.

Opacidad de medios como factor distractor:

El estudio confirma la utilidad de la ecografía en pacientes con opacidad de medios, aunque no existen investigaciones previas que comparen explícitamente la precisión diagnóstica entre quienes presentan dicha opacidad y quienes no. De los resultados se desprende que los radiólogos con dedicación diaria a la ecografía alcanzan mayor precisión en casos con medios opacos, mientras que un radiólogo menos experimentado obtiene mejores resultados en pacientes sin opacidad. Se ha identificado como factor distractor principal el componente hemático dentro del vítreo, que puede confundirse con verdaderas membranas y conducir a un diagnóstico erróneo, sobre todo al evaluar el cruce de membranas por la línea media y la movilidad de estas.

7.2. Limitación por la concienciación hacia el falso negativo:

Falsos positivos en el límite de 3 ítems a favor de DR sí:

La mayoría de los falsos positivos (FP) registrados se situaron en el umbral de 3 hallazgos que sugieren desprendimiento de retina (DR). En estos casos, la valoración de la movilidad de las membranas pareció jugar un papel determinante, pues su interpretación como “DR sí” contribuyó al incremento de FP. Se propone, ante la detección de 3 criterios ecográficos a favor de DR, correlacionar con la sospecha clínica o considerar pruebas complementarias para minimizar el riesgo de sobrediagnóstico.

7.3. Error sistemático de interpretación hacia el falso positivo y su repercusión clínica:

Se evidencian diferencias en la sensibilidad y la tasa de FP entre los radiólogos. Aquellos con mayor preocupación por evitar falsos negativos (FN), dada la urgencia terapéutica del DR, pueden sobreestimar hallazgos y generar más FP. Por tanto, se recomienda valorar con mayor detenimiento los hallazgos de mejor valor predictivo positivo (por ejemplo, visibilidad con ganancia baja y Doppler-color) y mantener una comunicación fluida con el oftalmólogo en casos dudosos.

7.4. Limitación por la escasa evidencia previa Escasez de estudios previos que sean similares y completos:

La mayoría de la bibliografía existente analiza la utilidad ecográfica para detectar DR en presencia de opacidad de medios, sin profundizar en el diagnóstico diferencial frente a otras patologías vítreas. El “protocolo VIGMO” [18] constituye la referencia más similar; sin embargo, no contempla de forma exhaustiva todos los hallazgos recogidos en la literatura [22,24,55,68,69]. En este contexto, el protocolo Arrixaca se postula como una alternativa sólida para mejorar la experiencia diagnóstica de los radiólogos en ecografía oftálmica.

Falta de experiencia con protocolos ecográficos para el diagnóstico de DR:

El análisis de los resultados indica que la mayoría de los errores se concentran en la fase inicial del estudio, disminuyendo con la práctica. Se compararon los porcentajes de acierto obtenidos mediante el protocolo UM en un estudio preliminar (80,9%) con los logrados posteriormente (85,8%), constatando que la diferenciación entre el componente hemático y las membranas del DR fue un factor determinante para reducir la tasa de FN. Esto reafirma el valor de la curva de aprendizaje y motiva a los radiólogos a adoptar el protocolo Arrixaca, confiando en su alta precisión incluso para profesionales con menor experiencia en ecografía.

7.5. Propuestas de mejora para el protocolo Arrixaca:

Aumento del valor predictivo positivo (VPP):

El VPP (65,3%) constituye el parámetro con peor rendimiento, en consonancia con otros trabajos previos [24,51,68,70].

Para incrementarlo, se sugiere revisar los ítems más propensos a generar FP (movilidad de las membranas, anclaje a la papila y cruce de línea media) y perfeccionar la técnica ecográfica y la colaboración del paciente durante la maniobra de movilización ocular.

Adecuada maniobra de movilización del ojo:

La movilidad de las membranas, su cruce por la línea media y el anclaje papilar dependen de la correcta participación del paciente. El dolor, la incomprensión de las instrucciones o la quietud de las membranas pueden simular falsos hallazgos de DR. Se recomienda instruir al paciente y realizar la exploración tras el movimiento ocular para evitar confusiones.

Evitar que el componente hemático sea fuente de error:

En presencia de hemorragia vítrea, distinguir entre focos hemáticos y membranas de DR resulta esencial para no incurrir en diagnósticos erróneos de cruce de línea media o movilidad.

Aumento de la sensibilidad de la valoración del Doppler.

La sensibilidad de Doppler-color (56,1%) fue el aspecto menos destacado. En la literatura se sugiere el uso de contraste o tecnologías como el "MicroFlow Imaging" [27,56] como vías para mejorar esta sensibilidad, tal como se evidenció en el desempeño del radiólogo 2, quien incrementó en un 20% su sensibilidad en este parámetro.

Identificación de un hallazgo ecográfico clave:

Aunque la visibilidad de las membranas a ganancia baja se perfila como el hallazgo más prometedor (alta sensibilidad, especificidad y valores predictivos), no existe todavía un criterio completamente excluyente o patognomónico. Se plantea la posibilidad de afinar su cuantificación, adoptar escalas ordinales y emplear nuevas herramientas (como el Doppler de

microvascularización o el contraste ecográfico) para desarrollar un marcador ecográfico definitivo en el diagnóstico de DR.

En síntesis, el protocolo Arrixaca aporta un avance significativo en la detección ecográfica del desprendimiento de retina. No obstante, persisten áreas de mejora, especialmente enfocadas en el aumento del valor predictivo positivo y la sensibilidad de ciertos hallazgos, así como en la optimización de las maniobras de movilización ocular y la diferenciación de componentes hemáticos. Con la formación adecuada y la refinación de técnicas de cuantificación y uso de contraste, es factible consolidar un criterio ecográfico de alta robustez para el diagnóstico del DR.

VIII. CONCLUSIONES

1. La precisión diagnóstica del protocolo Arrixaca resultó excelente para el diagnóstico precoz del desprendimiento de retina. Destaca por su capacidad de minimizar los falsos negativos y evitar el consiguiente perjuicio para la visión del paciente.
2. El protocolo Arrixaca mantuvo una alta concordancia entre radiólogos con diferentes años de experiencia demostrando su reproducibilidad y facilidad de aprendizaje, lo que lo hace útil para su aplicación por radiólogos y residentes en cualquier nivel de formación.
3. El rendimiento diagnóstico del protocolo Arrixaca superó al del protocolo UM y a otros protocolos publicados, gracias a la valoración de cinco hallazgos ecográficos clave. Esto optimiza su aplicabilidad clínica sin afectar negativamente a su precisión.
4. La utilidad del protocolo Arrixaca incluyó a pacientes en los que el oftalmólogo no pudo visualizar el polo posterior con el fondo de ojo. En estos casos, mantuvo una excelente precisión, respaldando su potencial para convertirse en una herramienta fundamental de *screening* en Urgencias.
5. Los cinco hallazgos ecográficos utilizados en el protocolo Arrixaca demostraron una alta precisión y reproducibilidad. Su análisis pormenorizado permitió identificar puntos débiles y proponer mejoras destinadas a optimizar aún más su rendimiento e incrementar su fiabilidad diagnóstica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Stagg BC, Shah MM, Talwar N, Padovani-Claudio DA, Woodward MA, Stein JD. Factors Affecting Visits to the Emergency Department for Urgent and Nonurgent Ocular Conditions. *Ophthalmology* 2017;124:720–9. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2016.12.039>.
- [2] Fea A, Bosone A, Rolle T, Grignolo FM. Eye injuries in an Italian urban population: report of 10,620 cases admitted to an eye emergency department in Torino. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol Albrecht Von Graefes Arch Klin Exp Ophthalmol* 2008;246:175–9. <https://doi.org/10.1007/s00417-007-0738-7>.
- [3] Walker RA, Adhikari S. Eye Emergencies. In: Tintinalli JE, Ma OJ, Yealy DM, Meckler GD, Stapczynski JS, Cline DM, et al., editors. *Tintinallis Emerg. Med. Compr. Study Guide*. 9th ed., New York, NY: McGraw-Hill Education; 2020.
- [4] Hollands H, Johnson D, Brox AC, Almeida D, Simel DL, Sharma S. Acute-onset floaters and flashes: is this patient at risk for retinal detachment? *JAMA* 2009;302:2243–9. <https://doi.org/10.1001/jama.2009.1714>.
- [5] Jafari AK, Bozorgui S, Shahverdi N, Ameri A, Akbari MR, Salmasian H. Different causes of referral to ophthalmology emergency room. *J Emerg Trauma Shock* 2012;5:16–22. <https://doi.org/10.4103/0974-2700.93104>.
- [6] Haimann MH, Burton TC, Brown CK. Epidemiology of retinal detachment. *Arch Ophthalmol Chic Ill* 1960 1982;100:289–92. <https://doi.org/10.1001/archopht.1982.01030030291012>.
- [7] Dayan MR, Jayamanne DG, Andrews RM, Griffiths PG. Flashes and floaters as predictors of vitreoretinal pathology: is follow-up necessary for posterior vitreous detachment? *Eye Lond Engl* 1996;10 (Pt 4):456–8. <https://doi.org/10.1038/eye.1996.100>.
- [8] Mitry D, Charteris DG, Fleck BW, Campbell H, Singh J. The epidemiology of rhegmatogenous retinal detachment: geographical variation and clinical associations. *Br J Ophthalmol* 2010;94:678–84. <https://doi.org/10.1136/bjo.2009.157727>.
- [9] Nagpal M, Chaudhary P, Wachasundar S, Eltayib A, Raihan A. Management of recurrent rhegmatogenous retinal detachment. *Indian J Ophthalmol* 2018;66:1763–71. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_1212_18.
- [10] Vrablik ME, Snead GR, Minnigan HJ, Kirschner JM, Emmett TW, Seupaul RA. The Diagnostic Accuracy of Bedside Ocular Ultrasonography for the

Diagnosis of Retinal Detachment: A Systematic Review and Meta-analysis. *Ann Emerg Med* 2015;65:199-203.e1.

<https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2014.02.020>.

[11] Mahabadi N, Al Khalili Y. *Neuroanatomy, Retina*. StatPearls, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2020.

[12] Diagnóstico y tratamiento de enfermedades de la mácula – Inof | Centro de investigación y cirugía ocular n.d. <https://inof.es/diagnostico-y-tratamiento-de-enfermedades-de-la-macula/> (accessed November 21, 2020).

[13] Byer NE. Subclinical retinal detachment resulting from asymptomatic retinal breaks: prognosis for progression and regression. *Ophthalmology* 2001;108:1499–503; discussion 1503-1504. [https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(01\)00652-2](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(01)00652-2).

[14] Byer NE. The natural history of asymptomatic retinal breaks. *Ophthalmology* 1982;89:1033–9. [https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(82\)34684-9](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(82)34684-9).

[15] Kaiser PK, Riemann CD, Sears JE, Lewis H. Macular traction detachment and diabetic macular edema associated with posterior hyaloidal traction. *Am J Ophthalmol* 2001;131:44–9. [https://doi.org/10.1016/s0002-9394\(00\)00872-2](https://doi.org/10.1016/s0002-9394(00)00872-2).

[16] Thompson JT, Bustros S de, Michels RG, Rice TA. Results and Prognostic Factors in Vitrectomy for Diabetic Traction-Rhegmatogenous Retinal Detachment. *Arch Ophthalmol* 1987;105:503–7. <https://doi.org/10.1001/archophth.1987.01060040073036>.

[17] Uyama M, Takahashi K, Kozaki J, Tagami N, Takada Y, Ohkuma H, et al. Uveal effusion syndrome: clinical features, surgical treatment, histologic examination of the sclera, and pathophysiology. *Ophthalmology* 2000;107:441–9. [https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(99\)00141-4](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(99)00141-4).

[18] Gandhi K, Shyy W, Knight S, Teismann N. Point-of-care ultrasound for the evaluation of non-traumatic visual disturbances in the emergency department: The VIGMO protocol. *Am J Emerg Med* 2019;37:1547–53. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2019.04.049>.

[19] Jaime Claramunt L. Desprendimiento de retina. *Rev Médica Clínica Las Condes* 2010;21:956–60. [https://doi.org/10.1016/S0716-8640\(10\)70621-0](https://doi.org/10.1016/S0716-8640(10)70621-0).

[20] Blair K, Czyz CN. *Retinal Detachment*. StatPearls, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2020.

- [21] Thelen J, Bhatt AA, Bhatt AA. Acute ocular traumatic imaging: what the radiologist should know [corrected]. *Emerg Radiol* 2017;24:585–92. <https://doi.org/10.1007/s10140-017-1528-0>.
- [22] Baker N, Amini R, Situ-LaCasse EH, Acuña J, Nuño T, Stolz U, et al. Can emergency physicians accurately distinguish retinal detachment from posterior vitreous detachment with point-of-care ocular ultrasound? *Am J Emerg Med* 2018;36:774–6. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2017.10.010>.
- [23] Wong AD, Cooperberg PL, Ross WH, Araki DN. Differentiation of detached retina and vitreous membrane with color flow Doppler. *Radiology* 1991;178:429–31. <https://doi.org/10.1148/radiology.178.2.1987604>.
- [24] Lahham S, Shniter I, Thompson M, Le D, Chadha T, Mailhot T, et al. Point-of-Care Ultrasonography in the Diagnosis of Retinal Detachment, Vitreous Hemorrhage, and Vitreous Detachment in the Emergency Department. *JAMA Netw Open* 2019;2. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2019.2162>.
- [25] Shinar Z, Chan L, Orlinsky M. Use of Ocular Ultrasound for the Evaluation of Retinal Detachment. *J Emerg Med* 2011;40:53–7. <https://doi.org/10.1016/j.jemermed.2009.06.001>.
- [26] Yoonessi R, Hussain A, Jang TB. Bedside Ocular Ultrasound for the Detection of Retinal Detachment in the Emergency Department: BEDSIDE OCULAR ULTRASOUND. *Acad Emerg Med* 2010;17:913–7. <https://doi.org/10.1111/j.1553-2712.2010.00809.x>.
- [27] Han S-S, Chang S-K, Yoon J-H, Lee Y-J. The Use of Contrast-Enhanced Color Doppler Ultrasound in the Differentiation of Retinal Detachment from Vitreous Membrane. *Korean J Radiol* 2001;2:197–203. <https://doi.org/10.3348/kjr.2001.2.4.197>.
- [28] Popat A, Harikrishnan S, Seby N, Sen U, Patel SK, Mittal L, et al. Utilization of Point-of-Care Ultrasound as an Imaging Modality in the Emergency Department: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cureus* 2024;16:e52371. <https://doi.org/10.7759/cureus.52371>.
- [29] Imaging Techniques May Match Gold Standard for Retinal Tears. *Medscape* n.d. <https://www.medscape.com/viewarticle/imaging-techniques-may-match-gold-standard-retinal-tears-2024a10009as> (accessed May 23, 2024).
- [30] Fraser S, Steel D. Retinal detachment. *BMJ Clin Evid* 2010;2010.

- [31] Wilkinson CP. Wanted: Optimal Data Regarding Surgery for Retinal Detachment. *RETINA* 1998;18:199–201.
- [32] Testut L, Latarjet A. Compendio de anatomía descriptiva. 22nd ed. Barcelona: Masson; 2004.
- [33] Rouviere H, Delmas A. Anatomía Humana. Cabeza y cuello. vol. 1. 11a. Marbán Libros; 2005.
- [34] Paulsen F, Waschke J. Sobotta. Atlas de anatomía humana. vol. 1. 24a. Elsevier; 2019.
- [35] Rumack C, Wilson S, Charbonneau W, Johnson J-A. Ecografía 4a Ed. 2 Volúmenes | Marbán Libros. vol. 1. 4a. Marbán Libros; 2017.
- [36] SERAM SE de RM. Radiología Esencial. vol. 1. 2a. Panamericana; 2019.
- [37] Singh A, Lorek B. Ophthalmic Ultrasonography. 1a. Elsevier Saunders; 2011.
- [38] Kaunitz JD. The Doppler Effect: A Century from Red Shift to Red Spot. *Dig Dis Sci* 2016;61:340–1. <https://doi.org/10.1007/s10620-015-3998-9>.
- [39] Malhotra A, Minja FJ, Crum A, Burrowes D. Ocular anatomy and cross-sectional imaging of the eye. *Semin Ultrasound CT MR* 2011;32:2–13. <https://doi.org/10.1053/j.sult.2010.10.009>.
- [40] Munk PL, Vellet AD, Levin M, Lin DT, Collyer RT. Sonography of the eye. n.d.:8.
- [41] Bates A, Goett HJ. Ocular Ultrasound. StatPearls, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2020.
- [42] Gariano RF, Kim C-H. Evaluation and management of suspected retinal detachment. *Am Fam Physician* 2004;69:1691–8.
- [43] De La Hoz Polo M, Torramilans Lluís A, Pozuelo Segura O, Anguera Bosque A, Esmerado Appiani C, Caminal Mitjana JM. Ocular ultrasonography focused on the posterior eye segment: what radiologists should know. *Insights Imaging* 2016;7:351–64. <https://doi.org/10.1007/s13244-016-0471-z>.
- [44] Kendall CJ, Prager TC, Cheng H, Gombos D, Tang RA, Schiffman JS. Diagnostic Ophthalmic Ultrasound for Radiologists. *Neuroimaging Clin N Am* 2015;25:327–65. <https://doi.org/10.1016/j.nic.2015.05.001>.
- [45] Blaivas M. A Study of Bedside Ocular Ultrasonography in the Emergency Department. *Acad Emerg Med* 2002;9:791–9. <https://doi.org/10.1197/aemj.9.8.791>.

- [46] Jacobsen B, Lahham S, Lahham S, Patel A, Spann S, Fox JC. Retrospective Review of Ocular Point-of-Care Ultrasound for Detection of Retinal Detachment. *West J Emerg Med* 2016;17:196–200. <https://doi.org/10.5811/westjem.2015.12.28711>.
- [47] Coleman DJ, Jack RL. B-Scan Ultrasonography in Diagnosis and Management of Retinal Detachments. *Arch Ophthalmol* 1973;90:29–34. <https://doi.org/10.1001/archopht.1973.01000050031007>.
- [48] Blumenkranz MS, Byrne SF. Standardized Echography (Ultrasonography) for the Detection and Characterization of Retinal Detachment. *Ophthalmology* 1982;89:821–31. [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(82\)34716-8](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(82)34716-8).
- [49] Kerman BM, Coleman DJ. B-scan ultrasonography of retinal detachments. *Ann Ophthalmol* 1978;10:903–11.
- [50] Lahham S, Ali Q, Palileo BM, Lee C, Fox JC. Role Of Point Of Care Ultrasound In The Diagnosis Of Retinal Detachment In The Emergency Department. *Open Access Emerg Med OAEM* 2019;11:265–70. <https://doi.org/10.2147/OAEM.S219333>.
- [51] Gottlieb M, Holladay D, Peksa GD. Point-of-Care Ocular Ultrasound for the Diagnosis of Retinal Detachment: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Acad Emerg Med* 2019;26:931–9. <https://doi.org/10.1111/acem.13682>.
- [52] Ido M, Osawa S, Fukukita M, Sugimoto M, Wakitani Y, Ito Y, et al. The use of colour Doppler imaging in the diagnosis of retinal detachment. *Eye Lond Engl* 2007;21:1375–8. <https://doi.org/10.1038/sj.eye.6702442>.
- [53] Bailitz J. The First Multicenter Evidence for Ocular Point-of-Care Ultrasonography for Retinal Detachment by Emergency Physicians. *JAMA Netw Open* 2019;2:e192148. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2019.2148>.
- [54] Kim DJ, Francispragasam M, Docherty G, Silver B, Prager R, Lee D, et al. Test Characteristics of Point-of-care Ultrasound for the Diagnosis of Retinal Detachment in the Emergency Department. *Acad Emerg Med* 2019;26:16–22. <https://doi.org/10.1111/acem.13454>.
- [55] Akhlaghi M, Zarei M, Ziaei M, Pourazizi M. Sensitivity, Specificity, and Accuracy of Color Doppler Ultrasonography for Diagnosis of Retinal Detachment. *J Ophthalmic Vis Res* 2020;15:166–71. <https://doi.org/10.18502/jovr.v15i2.6733>.
- [56] Labruyere JJ, Hartley C, Holloway A. Contrast-enhanced ultrasonography in the differentiation of retinal detachment and vitreous membrane in dogs and

cats. *J Small Anim Pract* 2011;52:522–30. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.2011.01099.x>.

[57] Felices-Farias JM, Paez D, Carrillo-García M, Barqueros-Escuer F, Navarro-Baño A, Martínez J, et al. Ocular ultrasound: tips and tricks for general radiologists. ECR 2019 EPOS, European Congress of Radiology - ECR 2019; 2019.

[58] Felices-Farias JM, Barqueros-Escuer F, Sánchez-Serrano I, Litrán-López G, Cuélliga-González Á, De Paco Tudela G. ¿Cómo debe afrontar un radiólogo una ecografía oftálmica? 35 Congr. Nac. Soc. Esp. Radiol. Médica, vol. 1, Málaga: 2021, p. 300–23.

[59] Jose Manuel Felices Farias, Ofelia González Sequeros, Guillermo Carbonell López del Castillo. Propuesta de protocolo ecográfico para diagnóstico precoz del desprendimiento de retina. Trabajo de fin de máster. Universidad de Murcia, 2021.

[60] Hasenfratz G, Mardin C. [Ultrasound diagnostics in ophthalmology (standardized echography): part 1: principles and diseases of the eyeball]. *Ophthalmol Z Dtsch Ophthalmol Ges* 2014;111:983–95; quiz 996. <https://doi.org/10.1007/s00347-014-3148-3>.

[61] Woo MY, Hecht N, Hurley B, Stitt D, Thiruganasambandamoorthy V. Test characteristics of point-of-care ultrasonography for the diagnosis of acute posterior ocular pathology. *Can J Ophthalmol* 2016;51:336–41. <https://doi.org/10.1016/j.jcjo.2016.03.020>.

[62] Chu HC, Chan MY, Chau CWJ, Wong CP, Chan HH, Wong TW. The use of ocular ultrasound for the diagnosis of retinal detachment in a local accident and emergency department. *Hong Kong J Emerg Med* 2017;24:263–7. <https://doi.org/10.1177/1024907917735085>.

[63] Perais J, Agarwal R, Evans JR, Loveman E, Colquitt JL, Owens D, et al. Prognostic factors for the development and progression of proliferative diabetic retinopathy in people with diabetic retinopathy. *Cochrane Database Syst Rev* 2023;2:CD013775. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD013775.pub2>.

[64] Liang Y, Zhang X, Mei W, Li Y, Du Z, Wang Y, et al. Predicting vision-threatening diabetic retinopathy in patients with type 2 diabetes mellitus: Systematic review, meta-analysis, and prospective validation study. *J Glob Health* 2024;14:04192. <https://doi.org/10.7189/jogh.14.04192>.

- [65] Liu X, Wang L, Wang C, Sun G, Liu S, Fan Y. Mechanism of traumatic retinal detachment in blunt impact: a finite element study. *J Biomech* 2013;46:1321–7. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2013.02.006>.
- [66] Chauhan K, Dave VP, de Ribot FM, Agrawal R, Sallam AB, Andayani G, et al. Traumatic retinal detachment: A contemporary update. *Surv Ophthalmol* 2025;70:75–85. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2024.08.008>.
- [67] Hoogewoud F, Chronopoulos A, Varga Z, Souteyrand G, Thumann G, Schutz JS. Traumatic retinal detachment--the difficulty and importance of correct diagnosis. *Surv Ophthalmol* 2016;61:156–63. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2015.07.003>.
- [68] Theophanous RG, Gordee A, Peethumnongsin E, Huang W, Gurysh K, Coco M, et al. Accuracy and Feasibility of Three-Dimensional Ultrasound Testing in Eye Clinic and Emergency Department Patients with Vision Complaints. *J Emerg Med* 2024;66:197–210. <https://doi.org/10.1016/j.jemermed.2023.10.032>.
- [69] Chang M, Finney N, Baker J, Rowland J, Gupta S, Sarsour R, et al. Optimal Image Gain Intensity of Point-of-care Ultrasound when Screening for Ocular Abnormalities in the Emergency Department. *West J Emerg Med* 2023;24:622. <https://doi.org/10.5811/westjem.59714>.
- [70] Rachid E, Rouzbahani S, Sukkarieh G, Al Kirwi K, Fortun J, Haddock L. Multimodal Modal Imaging In The Detection of Retinal Tears in Acute Posterior Vitreous Detachment. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2024;65:6678.
- [71] Skidmore C, Saurey T, Ferre RM, Rodriguez-Brizuela R, Spaulding J, Lundgreen Mason N. A Narrative Review of Common Uses of Ophthalmic Ultrasound in Emergency Medicine. *J Emerg Med* 2021;60:80–9. <https://doi.org/10.1016/j.jemermed.2020.08.003>.
- [72] Olsen T, Jeppesen P. The incidence of retinal detachment after cataract surgery. *Open Ophthalmol J* 2012;6:79–82. <https://doi.org/10.2174/1874364101206010079>.
- [73] Clark A, Morlet N, Ng JQ, Preen DB, Semmens JB. Risk for retinal detachment after phacoemulsification: a whole-population study of cataract surgery outcomes. *Arch Ophthalmol Chic Ill* 1960 2012;130:882–8. <https://doi.org/10.1001/archophthalmol.2012.164>.
- [74] Daien V, Le Pape A, Heve D, Carriere I, Villain M. Incidence, Risk Factors, and Impact of Age on Retinal Detachment after Cataract Surgery in France: A

National Population Study. *Ophthalmology* 2015;122:2179–85. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2015.07.014>.

[75] Haug SJ, Bhisitkul RB. Risk factors for retinal detachment following cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 2012;23:7–11. <https://doi.org/10.1097/ICU.0b013e32834cd653>.

[76] Kessel L, Andresen J, Erngaard D, Flesner P, Tendal B, Hjortdal J. Indication for cataract surgery. Do we have evidence of who will benefit from surgery? A systematic review and meta-analysis. *Acta Ophthalmol (Copenh)* 2016;94:10–20. <https://doi.org/10.1111/aos.12758>.

[77] Kim J, Ryu SY, Hong JH, Chung EJ. Incidence and risk factors for retinal detachment after cataract surgery in Korea: a nationwide population-based study from 2011 to 2015. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol Albrecht Von Graefes Arch Klin Exp Ophthalmol* 2019;257:2193–202. <https://doi.org/10.1007/s00417-019-04423-x>.

[78] Thylefors J, Jakobsson G, Zetterberg M, Sheikh R. Visual Acuity Prior to Cataract Surgery and Risk of Retinal Detachment – A Population-Based Study. *Clin Ophthalmol Auckl NZ* 2023;17:1975–80. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S410585>.

[79] Thylefors J, Jakobsson G, Zetterberg M, Sheikh R. Retinal detachment after cataract surgery: a population-based study. *Acta Ophthalmol (Copenh)* 2022;100:e1595–9. <https://doi.org/10.1111/aos.15142>.

[80] Qureshi MA, Laghari K. Role of B-scan ultrasonography in pre-operative cataract patients. *Int J Health Sci* 2010;4:31–7.

[81] Parchand S, Singh R, Bhalekar S. Reliability of ocular ultrasonography findings for pre-surgical evaluation in various vitreo-retinal disorders. *Semin Ophthalmol* 2014;29:236–41. <https://doi.org/10.3109/08820538.2013.821506>.

[82] Nagaraju RM, Gurushankar G, Bhimarao, Kadakola B. Efficacy of High Frequency Ultrasound in Localization and Characterization of Orbital Lesions. *J Clin Diagn Res JCDR* 2015;9:TC01–6. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2015/13021.6428>.

[83] Kongsap P. Use of Non-ophthalmic Ultrasound for Evaluation of Retinal Detachment in Patients with Opaque Media. *Asian J Ophthalmol* 2011;2011:208–10.

- [84] Theophanous RG, Gordee A, Peethumnongsin E, Huang W, Gurysh K, Coco M, et al. Accuracy and Feasibility of Three-Dimensional Ultrasound Testing in Eye Clinic and Emergency Department Patients with Vision Complaints. *J Emerg Med* 2024;66:197–210. <https://doi.org/10.1016/j.jemermed.2023.10.032>.
- [85] Blair K, Czyz CN. *Retinal Detachment*. StatPearls, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025.
- [86] Kang HK, Luff AJ. Management of retinal detachment: a guide for non-ophthalmologists. *BMJ* 2008;336:1235–40. <https://doi.org/10.1136/bmj.39581.525532.47>.
- [87] Warren A, Wang DW, Lim JI. Rhegmatogenous retinal detachment surgery: A review. *Clin Experiment Ophthalmol* 2023;51:271–9. <https://doi.org/10.1111/ceo.14205>.
- [88] Quiroz-Reyes MA, Babar Z-U-D, Hussain R, Loh ZC, Quiroz-Gonzalez EA, Quiroz-Gonzalez MA, et al. Management, risk factors and treatment outcomes of rhegmatogenous retinal detachment associated with giant retinal tears: scoping review. *Int J Retina Vitre* 2024;10:35. <https://doi.org/10.1186/s40942-024-00552-6>.

ANEXOS

Anexo I:



ÁREA DE SALUD 1
MURCIA-OESTE

Arrixaca

PROPUESTA DE AUTORIZACIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL ÁREA I DE SALUD

892

Solicitante: JOSÉ MANUEL FELICES FARIAS

Denominación del Trabajo: "PROTOCOLO DE DIAGNÓSTICO ECOGRÁFICO URGENTE DEL DESPRENDIMIENTO DE RETINA"

Tipo de trabajo (TFG, TFM, Tesis, etc.): TESIS DOCTORAL

Servicio de desarrollo: RADIODIAGNÓSTICO

Tutor en el centro: ALEJANDRO PUERTA SALES

Fecha de realización: 2023

Analizada la solicitud y documentación presentada por el/la solicitante para la realización del trabajo de investigación arriba referido, reunida la **COMISIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN DEL ÁREA I DE SALUD** se propone a la Dirección Gerencia del Área su **AUTORIZACIÓN**.

El/la solicitante deberá ajustarse a las Instrucciones aprobadas por la Dirección Gerencia del Área, debiendo remitir, una vez finalizado el mismo una copia del mismo a la Comisión para su archivo.

Fechado y firmado digitalmente al margen

El Presidente de la Comisión

Vº Bº La Directora Médica

José Manuel Rodríguez González

Juana Fernández Buendía



RODRIGUEZ GONZALEZ, JOSE MANUEL 21/09/2023 10:31:11 FERNANDEZ BUENDIA, JUANA 21/09/2023 12:46:42
Este es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico administrativo archivado por la Comunidad Autónoma de Murcia, según artículo 27.3.c) de la Ley 39/2015. Los firmantes y los fechas de firma se muestran en los recuadros.
Si un usuario puede ser contrastado mediante el siguiente directorio: <https://sede.camu.es/verificadocuments> e introduciendo el código seguro de verificación (CSV) CA004-9718ba0-536c-2114-9113-00505683447

Anexo II:



UNIVERSIDAD DE
MURCIA

Informe de ratificación Comisión de Ética de Investigación (CEI)

Jaime Miguel Peris Riera, como secretario de la Comisión de Ética de Investigación

CERTIFICA

Que revisada la memoria M10/2023/016R del investigador Jose Manuel Felices Farias, para la realización del proyecto de investigación "PROTOCOLO DE DIAGNÓSTICO ECOGRÁFICO URGENTE DEL DESPRENDIMIENTO DE RETINA" y a la vista de la documentación aportada por el Centro Responsable, ha obtenido, en la reunión de la Comisión de Ética de Investigación celebrada el 24 de octubre de 2023, el **INFORME DE RATIFICACIÓN FAVORABLE**, basado en valores de razonabilidad, confianza y respeto por las tareas realizadas en los comités de ética.

Y para que conste y tenga los efectos que correspondan, firmo esta certificación, con el visto bueno del/de la presidente/a de la Comisión de Ética de Investigación

Anexo III: Hoja de información para participantes mayores de edad aportada por el comité de ética para la investigación de la Universidad de Murcia

UNIVERSIDAD
DE MURCIA

VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

HOJA DE INFORMACIÓN PARA PARTICIPANTES MAYORES DE EDAD

Hoja informativa de la tesis doctoral titulada "Protocolo de ecografía para diagnóstico precoz del desprendimiento de retina"

Estimado Sr./Sra.:

Le invitamos a participar en un estudio (tesis doctoral) sobre **ecografía oftálmica**. Para que pueda valorar la pertinencia o interés de dicha participación, le facilitamos toda una serie de información detallada al respecto.

El propósito es que tras su lectura –y en el caso de estar conforme con su participación–, pueda darnos su consentimiento –con su firma– en el otro documento que –junto a este– se le hace entrega (denominado **Declaración de consentimiento informado**).

La presente **hoja de información** podrá usted conservarla (para participar, solo deberá devolver –con su firma– la **Declaración de consentimiento informado**).

Como responsable del equipo investigador que llevará a cabo este estudio, confío en que resulte de su interés y pueda – finalmente– contar con su consentimiento a esta participación.

En cualquier caso, reciba anticipadamente mi agradecimiento por su dedicación a la lectura de esta información.

TÍTULO DE LA TESIS DOCTORAL

Protocolo de ecografía para diagnóstico precoz del desprendimiento de retina

PROMOTOR O FINANCIADOR DE LA TESIS DOCTORAL

Jose Manuel Felices Farias

LUGAR DONDE SE PROCESARÁ LA MUESTRA O TOMA DE DATOS

Hospital Clínico Universitario Virgen de la Arrixaca

OBJETIVOS Y FINALIDAD

Conseguir un método que permita un diagnóstico más preciso e inocuo del desprendimiento de retina al darle más valor a la ecografía y que sustituya a otros métodos diagnósticos que precisan radiación como la tomografía computarizada.

Se trata de un proyecto que cuenta con el informe favorable de la Comisión de Ética de Investigación de la Universidad de Murcia.

DATOS DEL INVESTIGADOR

Ante cualquier duda o renuncia que pueda surgir en relación con su participación en el presente estudio (tesis doctoral), puede dirigirse a la persona responsable de la misma, cuyos datos son los siguientes:

- **Nombre:** Jose Manuel Felices Farias
- **Cargo:** Facultativo Especialista Adjunto
- **Dirección de contacto:** Avenida Juan Carlos I, 48
- **Correo electrónico:** josemanuel.felices@um.es
- **Teléfono de contacto:** 629407031

En el caso de Tesis Doctoral, Trabajo Fin de Máster o Trabajo Fin de Grado, los datos del **director/directora** son los siguientes:

- **Nombre:** Florentina Guzmán Aroca
- **Cargo:** Profesora Asociada UM
- **Dirección de contacto:** Ctra. Madrid-Cartagena s/n
- **Correo electrónico:** florentina.guzman@um.es
- **Teléfono de contacto:** 629407031

DATOS REFERENTES AL PARTICIPANTE

- **Motivos de su participación**
 - Se le ha convocado a participar en este estudio porque **hay sospecha clínica de que usted padezca desprendimiento de retina**. Sus opiniones resultarán esenciales para esta investigación.
- **Naturaleza voluntaria de la participación**
 - La participación en esta actividad es libre y totalmente voluntaria.
 - En cualquier momento puede negarse a seguir participando del estudio sin que deba dar razones para ello, ni recibir ningún tipo de sanción (y en tal caso, todos los datos facilitados podrán ser borrados si así lo solicita).
- **Requerimientos de la participación**
 - Si usted da su consentimiento para participar en este estudio, debe saber que su participación consistirá en **ser valorado con ecografía, como se propone en la evidencia científica más reciente**.
- **Duración del estudio**

Comisión de Ética de Investigación
Vicerrectorado de Investigación
Edificio ESUIM, 3ª planta
Campus de Espinardo
30071 – Murcia
ESPAÑA

comision.etica.investigacion@um.es
Tif: 868 88 3614/9898/9899
www.um.es/web/vic-investigacion/



- El estudio tendrá una duración total de **3 años**.
- **Sí existe** la posibilidad de que los datos que nos facilite puedan ser utilizados (en el futuro) en nuevos estudios.
- **Tipo de participación del sujeto**
 - El tiempo contemplado para prestar su participación es de **15 minutos**.
 - Los datos obtenidos tendrán carácter confidencial, asegurándose el anonimato.
 - Estos datos serán codificados con un número asignado a cada participante, y su correspondencia solo estará a disposición del investigador principal del proyecto a los efectos de poder establecer correlaciones, manteniéndose este aspecto de forma completamente confidencial.
 - Los datos recogidos **no serán cedidos a terceros**. Los datos estarán a cargo del investigador principal para el posterior desarrollo de informes parciales y finales (de modo anonimizado en cuanto a participantes), así como para divulgación científica en revistas y publicaciones.
 - Finalizado el proceso de investigación, los participantes podrán recibir un informe con los resultados globales (igualmente sin posibilidad alguna de identificar a los participantes).
- **Beneficios para los participantes**
 - Los beneficios (directos o indirectos) que recibirá a través de su participación, se traducen en los siguientes aspectos: **obtener un diagnóstico acertado de su patología y ser tratado en consecuencia**.
 - No se contempla ningún otro tipo de beneficios.
- **Contraprestaciones para los participantes**
 - Las contraprestaciones previstas para los participantes son las siguientes: **ninguna**
 - Los participantes **no contarán con un seguro** vinculado a dicha participación.
 - En el caso de que el equipo investigador transformase los hallazgos de esta investigación en resultados de interés comercial, con la participación en la investigación el informante clave expresa su conformidad en la renuncia –como participante– a cualquier derecho de naturaleza económica, patrimonial o potestativa sobre los resultados o potenciales beneficios que puedan derivarse de manera directa o indirecta de las investigaciones que se lleven a cabo con la muestra cuya información cede para investigación.

RIESGOS E INCONVENIENTES PARA EL PARTICIPANTE

- Ninguno más allá del escaso tiempo que invertirán en hacerse la ecografía.

DERECHOS DE LOS PARTICIPANTES

- Los participantes tienen derecho a la plena revocación del consentimiento y sus efectos, incluida la posibilidad de la destrucción o de la anonimización de la muestra y de que tales efectos no se extenderán a los datos resultantes de las investigaciones que ya se hayan llevado a cabo.
- Para ejercer ese derecho de revocación del consentimiento, para atender cualquier efecto adverso derivado de la participación, para responder cualquier pregunta que los participantes deseen formular durante el proceso de investigación, o para resolver cualquier duda, los participantes deben contactar con **Jose Manuel Felices Farias** formulando su solicitud por correo electrónico (josemanuel.felices@um.es). En un plazo no superior a **1 día** recibirán su respuesta y –en su caso– la confirmación de revocación del consentimiento.
- Los participantes tienen derecho a revocar el consentimiento en cualquier momento, sin que eso les afecte de ningún modo (personal, profesional o socialmente).
- En el caso de que los datos facilitados por los participantes de este estudio volviesen a ser utilizados en estudios posteriores (para el avance del conocimiento científico en este campo), no volvería a pedirse el consentimiento informado a tales participantes.
- Queda garantizada la confidencialidad de la información obtenida. A pesar de que este estudio no recogerá datos de carácter personal, todos los datos de los informantes clave que otorguen su consentimiento a participar de este estudio serán registrados y almacenados en un fichero con base a lo establecido por la legislación vigente en materia de protección de datos y en garantía de confidencialidad. Para ejercer el derecho de acceso, rectificación, cancelación u oposición, los participantes podrán contactar en la dirección protecciondedatos@um.es (propiedad de la Universidad de Murcia).

Tras toda esta información, se le **solicita** que firme y entregue la hoja de **declaración de consentimiento informado** que se adjunta para poder validar su participación en este estudio. Muchísimas gracias por su valiosa contribución.

Fdo. D. Jose Manuel Felices Farias
(Firma del investigador/estudiante responsable)

Comisión de Ética de Investigación
Vicerrectorado de Investigación
Edificio ESIUM, 3ª planta
Campus de Espinardo
30071 — Murcia
ESPAÑA

comision.etica.investigacion@um.es
Tlf.: 868 88 3614/9898/9899
www.um.es/web/vic-investigacion/


HR EXCELLENCE IN RESEARCH

