

FACULTAD DE ÓPTICA Y OPTOMETRÍA  
**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
MÁSTER EN OPTOMETRÍA Y VISIÓN

**“Relación entre la sensibilidad  
luminosa macular y los espesores  
de la retina central en ojos sanos  
jóvenes y mayores”**

Trabajo presentado por:

**Marina Casado Velasco**

**Marcos Sanz Velasco**

Dirigido por:

**Dra. M<sup>a</sup> Cinta Puell Marín**

**Dr. Juan Enrique Cedrún Sánchez**

**Madrid, a 7 de octubre de 2020**



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID.  
FACULTAD DE ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

MÁSTER EN OPTOMETRÍA Y VISIÓN

---

La **Dra. M<sup>a</sup> Cinta Puell Marín** y el **Dr. Juan Enrique Cedrún Sánchez**, profesores del Departamento de Optometría y Visión de la Universidad Complutense de Madrid.

AUTORIZAN:

La presentación del trabajo titulado **“RELACIÓN ENTRE LA SENSIBILIDAD LUMINOSA MACULAR Y LOS ESPESORES DE LA RETINA CENTRAL EN OJOS SANOS JÓVENES Y MAYORES”**,

realizado por **Marina Casado Velasco** y **Marcos Sanz Velasco**, bajo nuestra dirección y supervisión, y que presentan para la evaluación en la asignatura Trabajo Fin de Máster del Máster en Optometría y Visión de la UCM.

Madrid, a 7 de octubre de 2020

Fdo...: “Tutor/es”



# ÍNDICE DE CONTENIDOS

LISTADO DE ABREVIATURAS.....	6
RESUMEN.....	7
ABSTRACT .....	8
1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. HIPÓTESIS .....	15
3. OBJETIVOS .....	15
3.1 Objetivo general.....	15
3.2 Objetivos específicos .....	15
4. MATERIAL Y MÉTODOS .....	16
4.1 Diseño del estudio .....	16
4.2 Sujetos .....	16
4.3 Protocolo y pruebas preliminares.....	17
4.3.1 Refracción objetiva y grado de opacidad del cristalino.....	17
4.3.2 Corrección habitual.....	18
4.3.3 Agudeza visual .....	18
4.3.4 Diámetro pupilar y longitud axial.....	19
4.4 Microperimetría .....	20
4.5 Tomografía de coherencia óptica de dominio espectral.....	22
4.6 Asociación entre los mapas de la microperimetría y de la SD-OCT .....	24
4.7 Análisis estadístico .....	25
5. RESULTADOS .....	26
5.1 Características demográficas y visuales.....	26
5.2 Sensibilidad luminosa en el campo visual macular .....	27
5.3 Espesores maculares.....	28
5.4 Correlaciones entre la sensibilidad luminosa y el espesor macular .....	30
6. DISCUSIÓN.....	34
7. CONCLUSIONES .....	37
8. REFERENCIAS .....	38
ANEXOS.....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Imagen infrarroja del área macular y B-scan macular correspondiente.....	9
Figura 2. Convergencia de neuronas y distribución de conos y bastones, desde la fovea hacia la periferia.....	10
Figura 3. Capas de la retina marcadas sobre un B-scan de SD-OCT.....	11
Figura 4. Cambios de grosor en la mácula con el envejecimiento.....	12
Figura 5. Grado de catarata según la clasificación LOCS III.....	17
Figura 6. Plataforma multidiagnóstica Visionix VX 110.....	18
Figura 7. Panel ETDRS utilizado.....	19
Figura 8. Biómetro Lenstar LS 900.....	19
Figura 9. Colocación del paciente para la realización de la microperimetría.....	20
Figura 10. Mapa de rejilla de sensibilidad luminosa en los 10° centrales de la retina.....	21
Figura 11. A-scan y B-scan sobre la mácula.....	22
Figura 12. Espesores maculares y B-scan en el “retina map” de un sujeto joven.....	23
Figura 13. Equivalencia de la rejilla ETDRS que obtenemos en OCT y su equivalencia en el test de 37 puntos y 10° estándar 4-2 del MAIA.....	24
Figura 14. Diagrama de dispersión de la correlación entre la sensibilidad luminosa y el espesor macular para retina completa.....	31
Figura 15. Diagramas de dispersión de la correlación entre la sensibilidad luminosa y el espesor macular para retina externa.....	32
Figura 16. Diagramas de dispersión de la correlación entre la sensibilidad luminosa y el espesor macular para retina interna.....	33

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características demográficas y visuales de la población de estudio.....	26
Tabla 2. Sensibilidad luminosa en los 10° (3 mm) centrales maculares según sectores.....	27
Tabla 3. Espesores de los sectores maculares en los 3 mm centrales en retina completa, retina externa y retina interna.....	29
Tabla 4. Correlaciones entre la sensibilidad luminosa media y los espesores maculares.....	30

# LISTADO DE ABREVIATURAS

AV: agudeza visual

AVMC: agudeza visual con la mejor corrección óptica

A-scan: escáner A

B-scan: escáner B

CFNR: capa de fibras nerviosas retiniana

CPI: capa plexiforme interna

D: dioptrías

dB: decibelios

DE: desviación estándar

DMAE: degeneración macular asociada a la edad

EE: equivalente esférico

EPR: epitelio pigmentario de la retina

ETDRS: Early Treatment Diabetic Retinopathy Study

LA: longitud axial

LOCS III: Lens Opacities Classification System III

LogMAR: Logaritmo del Mínimo Ángulo de Resolución

MAIA: Macular Analyzer Integrity Assesment

MLE: membrana limitante externa

MLI: membrana limitante interna

mm: milímetros

MP: microperimetría

OCT: tomografía de coherencia óptica

OD: ojo derecho

OI: ojo izquierdo

SC: sensibilidad al contraste

SD-OCT: tomografía de coherencia óptica de dominio espectral

SL: sensibilidad luminosa

SQI: índice de calidad del escaneo

TD-OCT: tomografía de coherencia óptica de dominio en el tiempo

UCM: Universidad Complutense de Madrid

Øp: diámetro pupilar

µm: micras o micrómetros

## RESUMEN

**Objetivo:** Determinar la relación entre la sensibilidad luminosa (SL) macular y los espesores de la retina central en ojos sanos jóvenes y mayores.

**Material y métodos:** Se realizó un estudio de tipo observacional, transversal y comparativo, en 62 voluntarios sanos divididos en 37 jóvenes de 23,5 ( $\pm 2,2$ ) años y 25 mayores de 62,2 ( $\pm 4,4$ ) años. Se midió la SL macular mediante microperimetría (MP) MAIA y los espesores de retina total, externa e interna en el área macular en cinco sectores maculares (central, temporal, nasal, superior e inferior) mediante tomografía de coherencia óptica de dominio espectral (SD-OCT). Se realizó un análisis comparativo entre ambos grupos de edad y un análisis de correlación entre la SL y el espesor retiniano en el área macular.

**Resultados:** La SL media total ( $p < 0,0001$ ) y por sectores fue menor en el grupo de mayores en comparación con el grupo de jóvenes. El espesor de retina completa fue mayor ( $p = 0,0017$ ) en el sector central, el de retina externa fue mayor en todos los sectores y el de retina interna fue menor en casi todos sus sectores maculares en los mayores en comparación con el grupo de jóvenes. En el grupo de personas mayores, la SL disminuyó conforme aumentaba el espesor de retina externa en el sector inferior y conforme disminuía el espesor de retina interna en el sector nasal. Para la muestra total, la SL disminuyó conforme aumentaba el espesor de retina completa en el sector central y de retina externa en el sector central, nasal, superior e inferior. En cambio, disminuyó conforme disminuía el espesor de retina interna en el sector temporal, nasal y superior.

**Conclusiones:** La SL disminuyó según aumentaba el espesor macular de la retina externa y según disminuía el espesor macular de la retina interna en el grupo total y de sujetos mayores.

**Palabras clave:** sensibilidad luminosa, espesor macular, microperimetría, tomografía de coherencia óptica de dominio espectral.

## ABSTRACT

**Purpose:** To determine the relationship between the macular light sensitivity (LS) and the thicknesses of the central retina in both healthy young and old eyes.

**Material and method:** An observational, transversal and comparative study was carried out in 62 healthy volunteers divided into 37 young people of 23,5 ( $\pm 2,2$ ) years old and 25 old people of 62,2 ( $\pm 4,4$ ) years old. The LS was measured with the MAIA microperimetry (MP) and the thickness of the total, outer and inner retina in the macular sectors (central, temporal, nasal, upper and lower) using spectral-domain optical coherence tomography (SD-OCT). A comparative analysis was performed between both age groups and a correlation analysis between LS and retinal thickness in the macular area.

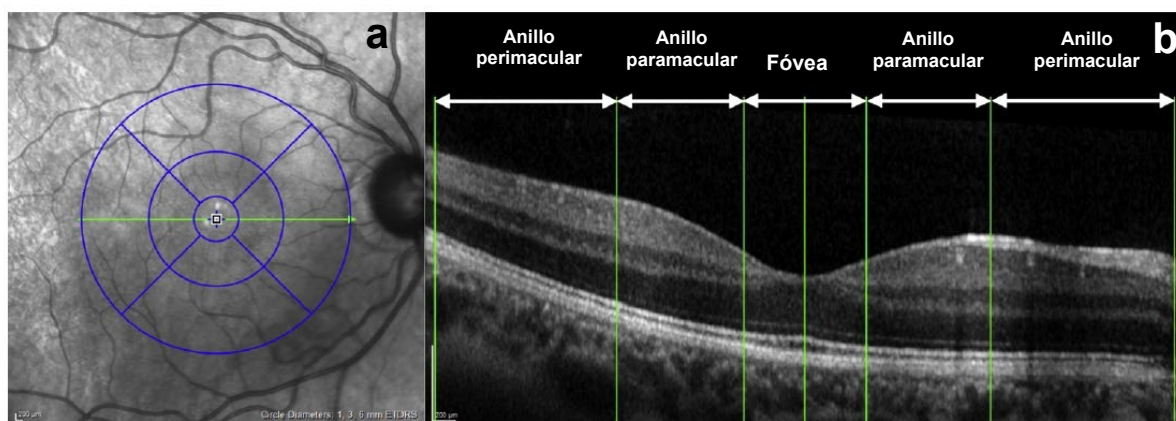
**Results:** The total average LS ( $p < 0,0001$ ) and by sectors decreased in the elderly group compared to the young group. The thickness of the total retina increased in central sector ( $p = 0,0017$ ), that of the outer retina increased in all sectors and that of the inner retina decreased in almost all its macular sectors in the elderly group. In the group of old people, the LS decreased as the thickness in the outer retina increased in the lower sector and decreased as the thickness in the inner retina in the nasal sector decreased. For the total sample, the LS decreased as the thickness of the total retina increased in the central sector and the outer retina in the central, nasal, upper and lower sectors. On the other hand, the LS decreased as the thickness in the inner retina decreased in the temporal, nasal and upper sectors.

**Conclusions:** LS decreased as the thickness in the outer retina increased and as the thickness in the inner retina decreased in the total sample and in the group of old people.

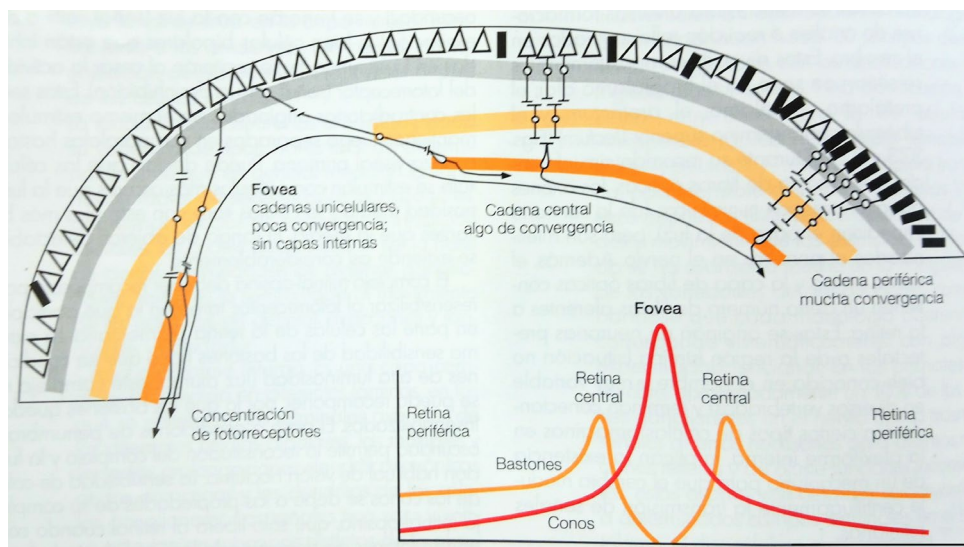
**Keywords:** light sensitivity, macular thickness, microperimetry, spectral-domain optical coherence tomography.

# 1. INTRODUCCIÓN

Con la edad se van produciendo una serie de cambios físicos en el cuerpo, que en el ojo pueden conducir a una disminución de la función visual. Algunos de esos cambios son la aparición de la presbicia, catarata senil, alteraciones en córnea, alteraciones de polo posterior tales como desprendimiento posterior de vítreo, hemorragias vítreas y desprendimiento de retina, y enfermedades que tienen como factor de riesgo la edad avanzada como son el glaucoma o la degeneración macular asociada a la edad (DMAE).<sup>1</sup> Una de las estructuras oculares en las que hay cambios tanto por la edad como por patología es la mácula, la cual se suele definir como la zona de la retina comprendida dentro de las arcadas vasculares y que ocupa menos del 2% del área retiniana total (Figura 1).<sup>2</sup> Su depresión central se denomina fovea, con la cual se obtiene la máxima resolución espacial de las imágenes, consiguiendo una excelente calidad visual gracias a la ausencia de vasos sanguíneos y de bastones, además de a la elevada densidad de conos<sup>3</sup> (Figura 2), la escasa convergencia entre conos y células bipolares y a la ausencia de las capas internas de la retina.<sup>4</sup>

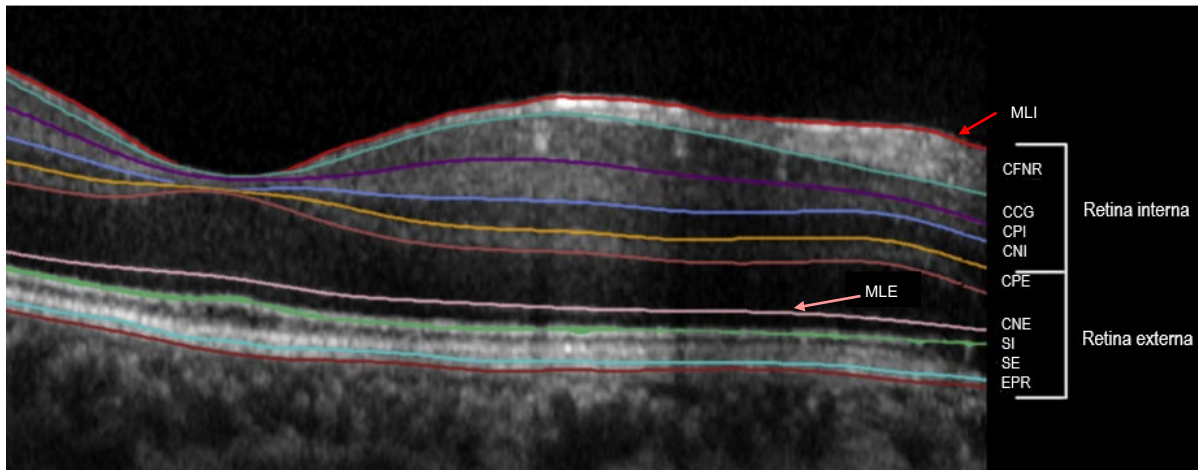


**Figura 1.** Imagen infrarroja del área macular del OD (a), donde se muestran sectores marcados en azul. El círculo central de 1 mm de diámetro es la fovea, los círculos que le siguen de 3 y 6 mm corresponden al anillo paramacular y al anillo perimacular, que se subdividen en sectores (temporal, nasal, superior e inferior). La línea verde horizontal de la imagen (a) corresponde a un B-Scan de la OCT (b). Tomado de Subhi, 2016.<sup>3</sup>



**Figura 2.** Representación de la convergencia de neuronas (en la imagen superior) y de la distribución de conos y bastones (en la imagen inferior), desde la fóvea hacia la periferia. Tomado de Puelles, 2008.<sup>4</sup>

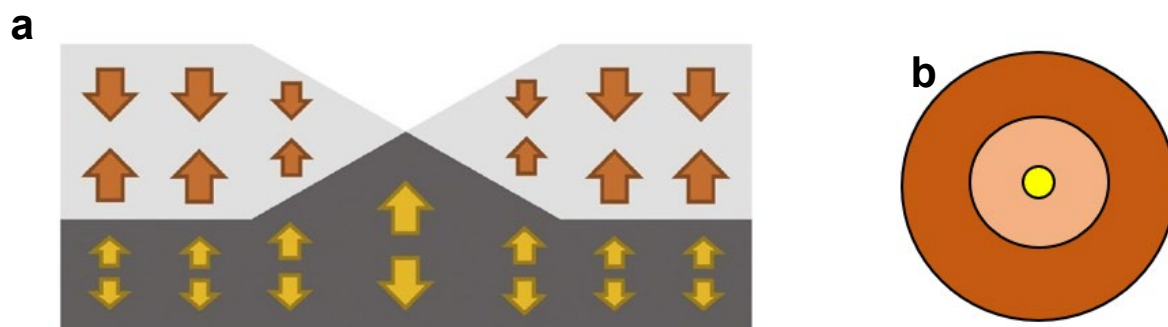
Conocer cómo cambia con la edad la estructura de la mácula en ojos sanos es fundamental para saber qué parte es debida al proceso fisiológico normal del envejecimiento y qué parte puede ser debida a una patología retiniana. Numerosos estudios han valorado esto mediante tomografía de coherencia óptica (OCT), la cual permite entre otras funciones la medida del volumen y del espesor de la mácula en vivo.<sup>5</sup> Además muestra las capas retinianas segmentadas gracias a la mayor o menor reflectancia de cada capa.<sup>6</sup> Estas capas son: la membrana limitante interna (MLI) que está en contacto con el humor vítreo, la capa de fibras nerviosas retiniana (CFNR), la capa de células ganglionares, la capa plexiforme interna (CPI), la capa nuclear interna, la capa plexiforme externa, la capa nuclear externa, la membrana limitante externa (MLE), la capa de segmentos externos e internos de fotorreceptores y el epitelio pigmentario de la retina (EPR) que contacta con la membrana de Bruch.<sup>7,8</sup> Las capas se pueden agrupar en retina externa y retina interna (Figura 3). El límite entre ambas divisiones es la capa plexiforme externa, donde se realiza sinapsis entre los fotorreceptores y las células bipolares y horizontales.<sup>3,4</sup> Los OCT suelen identificar como límite interno de la retina la MLI. Como límite externo surge controversia según el dispositivo de OCT utilizado, ya que hay variaciones desde colocarlo a diferentes niveles del EPR o en la membrana de Bruch.<sup>9</sup>



**Figura 3.** Capas de la retina marcadas sobre un B-scan de SD-OCT. De arriba hacia abajo: membrana limitante interna (MLI), capa de fibras nerviosas retiniana (CFNR), capa de células ganglionares (CCG), capa plexiforme interna (CPI), capa nuclear interna (CNI), capa plexiforme externa (CPE), capa nuclear externa (CNE), membrana limitante externa (MLE), segmentos internos de los fotorreceptores (SI), segmentos externos de los fotorreceptores (SE) y epitelio pigmentario de la retina (EPR). Tomado de Subhi, 2016.<sup>3</sup>

Desde la aparición de la OCT en 1991 hasta hoy, esta técnica de imagen no invasiva<sup>10</sup> que utiliza radiación óptica no ionizante,<sup>11</sup> ha ido evolucionando poco a poco. En 2004, se desarrolló el dispositivo de tomografía de coherencia óptica de dominio espectral (SD-OCT) que permitió obtener imágenes a mayor velocidad y con mayor resolución axial, en comparación con la técnica previa llamada tomografía de coherencia óptica de dominio temporal (TD-OCT).<sup>5,11</sup> Este avance permitió que el instrumento mostrase con mayor calidad las características morfológicas y patológicas retinianas;<sup>10</sup> además de que se redujesen los errores del profesional y los artefactos de movimiento y aumentase la visualización de la capa de fibras nerviosas retiniana (CFNR).<sup>11</sup>

Gracias a la SD-OCT se ha podido mostrar hallazgos patológicos en la retina que anteriormente, con una exploración de fondo de ojo, no se podían observar.<sup>12</sup> La medida de los espesores y volúmenes de la retina se emplean para comprender la relación de su estructura con la salud y la enfermedad, y para evaluar la respuesta frente al tratamiento. El volumen y el espesor de la mácula varían con el envejecimiento, siendo muy importante distinguirlos de los cambios producidos por cualquier patología. Se ha observado que al envejecer parece que hay una disminución del grosor de la retina interna y un aumento del grosor de la retina externa (Figura 4a).<sup>3</sup> Observando la mácula desde el centro hacia la periferia, se ha visto que al envejecer aumenta el grosor en fóvea, mientras que el espesor del anillo paramacular y del anillo perimacular parece disminuir (Figura 4b).<sup>13</sup>



**Figura 4.** Cambios de grosor en la mácula (a), donde aumenta la retina externa (gris oscuro) y disminuye la retina interna (gris claro). Representación de la mácula por anillos (b). El más interno corresponde a la fovea (amarillo), seguido del anillo paramacular (rosa) y el más externo corresponde al anillo perimacular (naranja). Tomado de Subhi, 2016.<sup>3</sup>

El OCT se ha utilizado principalmente para el diagnóstico precoz y seguimiento de enfermedades como el glaucoma<sup>2</sup> o la DMAE<sup>14</sup> y recientemente también en el estudio de las enfermedades del Parkinson<sup>15</sup> y Alzheimer.<sup>16</sup> De esta manera se han descubierto y se siguen investigando marcadores estructurales de enfermedades oculares como la DMAE<sup>12</sup> o de enfermedades neurológicas como el Alzheimer.<sup>16</sup>

Estos cambios retinianos en la mácula podrían reducir la función visual. La evaluación y el seguimiento de los cambios producidos con el envejecimiento en la función visual se han venido midiendo a través de pruebas tales como agudeza visual (AV),<sup>17</sup> adaptación a la oscuridad,<sup>18</sup> tiempo de recuperación frente al fotoestrés,<sup>19</sup> visión del color,<sup>20</sup> sensibilidad al contraste (SC)<sup>18,21,22</sup> y campo visual.<sup>23,24</sup> Pero desde hace algunos años se viene realizando la microperimetría (MP) como técnica para medir la función visual de la retina. La MP permite la medida de la sensibilidad luminosa (SL) en el área macular mientras ofrece una imagen del polo posterior en tiempo real,<sup>12,25</sup> permitiendo con ello ver el lugar exacto donde se mide la sensibilidad retiniana.<sup>26</sup> Se podría decir por ello que proporciona información tanto a nivel topográfico como funcional.<sup>12</sup> La cuantificación del umbral retiniano en la región central hace que la MP proporcione una precisión  $<1^\circ$  en la cuantificación del umbral de luminancia en esa región.<sup>26</sup> Al evaluar solamente la mácula, utilizando estímulos del mismo tamaño que en la perimetría computarizada, se consigue una evaluación de mayor detalle que en la perimetría computarizada al haber menos distancia entre los estímulos.<sup>27</sup>

La MP se utiliza habitualmente para el diagnóstico, seguimiento y terapia de enfermedades retinianas con afectación macular tales como DMAE, glaucoma, agujero macular, retinopatía diabética, coriorretinopatía serosa central, enfermedad de Stargardt, distrofias y degeneraciones de conos y bastones, retinitis pigmentosa y maculopatía tóxica producida por medicamentos como la cloroquina y la hidroxiclороquina.<sup>12,27,28</sup> También evalúa la estabilidad de fijación y controla las pérdidas de fijación gracias a los sistemas de “eye tracker” que posee.<sup>27,29</sup> El control de la pérdidas de fijación se consigue gracias a que los “eye tracker” son

capaces de saber en qué posición se encuentra la retina a través de ciertas referencias anatómicas de la misma. Si algo cambia con respecto a la posición de la retina que ha tomado como referencia, calcula dónde deben de proyectarse los siguientes estímulos luminosos que vayan apareciendo. El control de las pérdidas de fijación conduce de manera indirecta al análisis de la estabilidad de fijación que tiene el paciente durante la prueba a través de una serie de parámetros. También se puede hacer rehabilitación de la estabilidad de fijación para trabajar en la mejora de su locus retiniano preferencial o en la creación de un nuevo locus retiniano preferencial que permita una mejor función visual que la actual que tenga.<sup>27</sup>

En los sujetos jóvenes la SL macular es mayor, disminuyendo progresivamente a medida que envejecemos. Esto ha sido demostrado en numerosos estudios utilizando microperímetros como el MP1 o el Optos OCT/SLO, aunque estaban más enfocados a poblaciones adultas,<sup>30-32</sup> siendo muy escasos en poblaciones infantiles.<sup>33</sup> Con el Macular Analyzer Integrity Assesment (MAIA), un microperímetro que aparece más recientemente en el año 2009, se ha realizado algún estudio que prueba este deterioro de la sensibilidad retiniana con la edad.<sup>29</sup>

Hay algunos estudios que investigan si existe relación entre la estructura retiniana y la función visual. Entre ellos se encuentran estudios que comparan los cambios producidos por la edad y los cambios producidos por patologías. Un estudio investigó si había asociación entre AV fotópica o mesópica y espesor macular medido mediante SD-OCT en sujetos jóvenes y mayores sanos. Encontró una asociación significativa entre AV mesópica y espesor macular en el grupo de sujetos mayores.<sup>34</sup> Otro estudio relacionó la SC con el espesor macular medido mediante SD-OCT en sujetos jóvenes y mayores sanos y encontró que un aumento del espesor macular se correlaciona con una peor SC fotópica en paciente jóvenes y con una peor SC fotópica y mesópica en pacientes mayores.<sup>35</sup> Otras investigaciones relacionaron estructura y función a través de la medida del espesor macular mediante OCT y la valoración de la función visual a través de MP en sujetos sanos.<sup>36,37</sup>

En pacientes con patologías oculares, un estudio buscó la relación entre la AV y el espesor de la mácula en pacientes con edema macular diabético y encontró que la AV por sí sola no se relacionaba con el espesor de la mácula.<sup>38</sup> Con el microperímetro se encontraron patrones diferentes entre sí entre pacientes con glaucoma primario de ángulo abierto y con glaucoma de ángulo cerrado crónico y significativamente reducidos con respecto al patrón de SL macular de pacientes sanos.<sup>39</sup> Diversos estudios demostraron correlaciones entre la SL de la retina medida con MP y las estructuras retinianas mediante OCT en DMAE.<sup>12,14,40</sup> Se encontró que en pacientes con DMAE temprana y defecto del CV, había un adelgazamiento de la capa de segmentos externos y un aumento del espesor del epitelio pigmentario de la retina (EPR).<sup>14</sup> Una revisión bibliográfica en la que se estudió el uso del microperímetro en pacientes con DMAE concluyó que sería muy interesante la creación de una clasificación topográfica de los diferentes estadios de la enfermedad a través de la combinación de resultados de la MP y de

los hallazgos obtenidos mediante SD-OCT, además de destacar que la MP proporciona más información sobre la función visual que la AV y la SC.<sup>25</sup>

Como hemos ido comentando anteriormente, la mayoría de estudios se centran en relacionar la estructura macular y la función visual en patologías retinianas, pero se ha investigado menos esta relación en pacientes sanos. Conocer cómo es esta relación en sujetos sanos puede ayudar a detectar valores fuera de la normalidad en pacientes de los rangos de edad que analizamos en este estudio, que puedan ser debidos a ciertas enfermedades de la retina central. Por estos motivos justificamos la realización de este estudio.

## **2. HIPÓTESIS**

Considerando que con la edad la sensibilidad luminosa disminuye y el espesor de la retina cambia es posible que exista una asociación entre la sensibilidad luminosa macular y el espesor de la mácula.

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo general**

- Determinar la relación entre la sensibilidad luminosa macular medida mediante microperimetría y los espesores de la retina central en ojos sanos jóvenes y mayores.

### **3.2 Objetivos específicos**

- Comparar la sensibilidad luminosa macular medida con el microperímetro MAIA, en ojos sanos jóvenes y mayores.
- Comparar el espesor macular medido mediante tomografía de coherencia óptica de dominio espectral, en ojos sanos jóvenes y mayores.
- Relacionar la sensibilidad luminosa y los espesores de la retina central en ojos sanos jóvenes y mayores.

## 4. MATERIAL Y MÉTODOS

### 4.1 Diseño del estudio

El diseño de este estudio fue de tipo observacional, transversal y comparativo. Previamente fue aprobado por el Comité de Ética del Hospital Clínico San Carlos (Anexo I). Todos los procedimientos llevados a cabo a lo largo del estudio respetaron los principios éticos adheridos a la Declaración de Helsinki para sujetos humanos. Los sujetos dieron voluntariamente su consentimiento a participar en el estudio tras ser informados sobre el protocolo y se les dio la libertad de retirar su consentimiento en cualquier momento (Anexo II).

### 4.2 Sujetos

La muestra de pacientes estuvo compuesta por 62 voluntarios de ambos sexos, divididos en dos grupos por edades. El grupo 1 estuvo formado por 37 jóvenes con una edad media de 23,5 ( $\pm 2,2$ ) años. Estos fueron reclutados en su mayoría entre los estudiantes de grado o de máster de la Facultad de Óptica y Optometría de la Universidad Complutense de Madrid (UCM). El grupo 2 se constituyó por 25 mayores con una edad media de 62,2 ( $\pm 4,4$ ) años. La mayoría de ellos fueron reclutados entre personas que acuden a la Universidad de Mayores de la UCM, en la sede de la Facultad de Óptica y Optometría. También participaron como voluntarios en ambos grupos, tanto familiares como amigos.

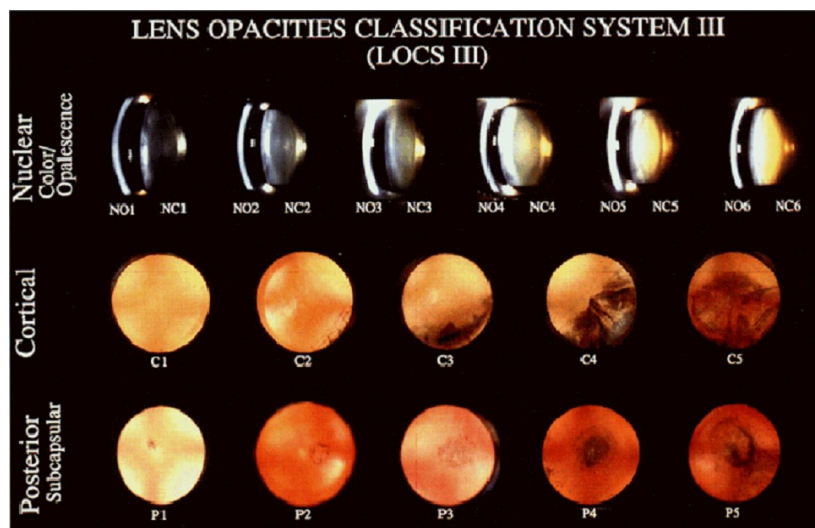
Se obtuvieron medidas de un ojo sano de cada paciente, siendo de primera elección el ojo derecho (OD) excepto cuando no cumplía con los criterios de inclusión, que se midió el ojo izquierdo (OI). En caso de no cumplir este último ojo con los criterios de inclusión, se descartó su participación en el estudio.

Los criterios de inclusión fueron:

- Tener entre 20 y 30 años para entrar en el grupo de jóvenes o tener entre 55 y 80 años para entrar en el grupo de mayores.
- No presentar patologías oculares.
- Refracción  $\leq \pm 6$  dioptrías (D) en equivalente esférico (EE).

Los criterios de exclusión fueron:

- Catarata  $\geq$  grado 2 en la escala Lens Opacities Classification System III (LOCS III) en ambos ojos. Dicha clasificación se muestra en la figura 5.
- Diámetro pupilar ( $\varnothing_p$ ) insuficiente para realizar la MP ( $\approx 3$  milímetros (mm)).
- Agudeza visual con la mejor corrección óptica (AVMC)  $> 0,1$  LogMAR.
- No firmar el consentimiento informado.



**Figura 5.** Grado de catarata según la clasificación LOCS III. Tomado de Bernal, 2014.<sup>41</sup>

Antes de comenzar las medidas en los sujetos, que se llevaron a cabo desde mediados de diciembre de 2019 hasta mediados de marzo de 2020, se realizó un estudio piloto. En este estudio piloto se reclutaron 5 voluntarios jóvenes para comprobar el protocolo que se llevaría a cabo en el estudio.

### 4.3 Protocolo y pruebas preliminares

Previamente a la recogida de datos, se entregó al paciente un consentimiento informado y una hoja de información del estudio, además de explicarle el procedimiento a seguir durante la visita. El paciente pudo resolver todas sus dudas y a continuación firmar el consentimiento informado para poder empezar con las pruebas del estudio.

La recogida de datos de cada sujeto se realizó en una sola sesión en la Clínica de Optometría de la Facultad de Óptica y Optometría de la UCM. Para ello, se diseñó un cuaderno de recogida de datos específico para este estudio (Anexo III), salvo los resultados del MAIA y del SD-OCT que fueron guardados digitalmente.

Antes de medir las principales variables del estudio, se realizaron unas medidas previas, que se describen a continuación, para evaluar si el sujeto cumplía con los criterios de inclusión. Todas las pruebas se realizaron sin midriasis.

#### 4.3.1 Refracción objetiva y grado de opacidad del cristalino

Se empleó la plataforma multidiagnóstica Visionix VX 110 (Luneau Technology; Pont-de-l'Arche, Francia) para medir la refracción objetiva y determinar el grado de opacidad del cristalino. Las medidas se tomaron con la sala en condiciones escotópicas y la refracción que se anotó fue la correspondiente a tener un  $\Delta p$  en condiciones fotópicas. Se tomaron 3

medidas en cada ojo de manera automática. Se anotó la refracción objetiva obtenida en ambos ojos.



**Figura 6.** Plataforma multidiagnóstica Visionix VX 110.

La valoración del grado de catarata se realizó comparando las imágenes obtenidas de ambos cristalinos del paciente con imágenes de los diferentes grados de catarata que nos ofrece el Visionix de la clasificación LOCS III. En caso de duda del grado de catarata mediante este método, se acudió a la observación del cristalino con la lámpara de hendidura Topcon SL-D701 (TOPCON Corporation; Tokio, Japón).

#### **4.3.2 Corrección habitual**

Se utilizó el frontofocómetro automático LM-990 (NIDEK Inc.; Gamagori, Japón) para la medida de la refracción de su corrección habitual. Se anotó la refracción para visión de lejos de ambos ojos.

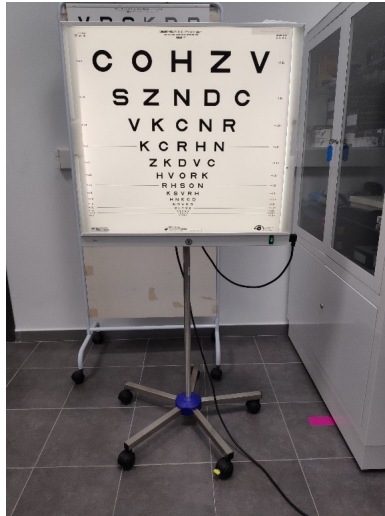
#### **4.3.3 Agudeza visual**

Para la medida de la AV se utilizó una carta de optotipos ETDRS (Precision Vision, La Salle, Illinois, Estados Unidos), con contraste del 100%, en condiciones fotópicas, situada sobre un panel retroiluminado y con el test situado a 4 metros de distancia del paciente, ya que es la distancia de uso para la que está diseñado.

La carta se caracteriza por tener 5 letras en cada línea y una progresión de tipo logarítmico para los cambios de tamaño de las letras y entre las propias letras, habiendo un espacio entre letras de una letra y un espacio entre líneas de igual altura que las letras de la siguiente línea inferior. Para cada fila con respecto a la anterior, las letras decrecen en 0,1 unidades logarítmicas. Cada letra tiene un valor asignado de 0,02 unidades logarítmicas, de forma que la anotación final de la AV del paciente corresponde con la cantidad total de letras vistas, sin haber pérdidas a la hora de valorar la AV como en el caso de que no lea todas las letras de una fila pero sí sea capaz de leer letras de la siguiente fila.<sup>42</sup>

La AV se midió de manera monocular, en el ojo con el que se fueron a realizar las pruebas, con la mejor corrección óptica que trajo el sujeto o con la graduación monocular que se obtuvo

mediante refracción subjetiva si no llegó a cumplir los criterios de AV con la corrección que trajo. Para pasar de fila los pacientes tuvieron que leer al menos 3 letras de la fila. En caso contrario se finalizó la medida. Se anotó la AV obtenida en escala LogMAR.



**Figura 7.** Panel ETDRS utilizado.

#### **4.3.4 Diámetro pupilar y longitud axial**

Para el estudio tanto del  $\varnothing_p$  como de la longitud axial (LA) se seleccionó el biómetro Lenstar LS 900 (Haag-Streit Diagnostics; Köniz, Suiza). El protocolo de medida que se utilizó en esta prueba fue condiciones mesópicas de la sala y tomar las medidas solo en el ojo incluido en el estudio. Se realizaron cinco medidas, siendo como mínimo tres fiables para que el instrumento calculara la medida final.



**Figura 8.** Biómetro Lenstar LS 900.

#### 4.4 Microperimetría

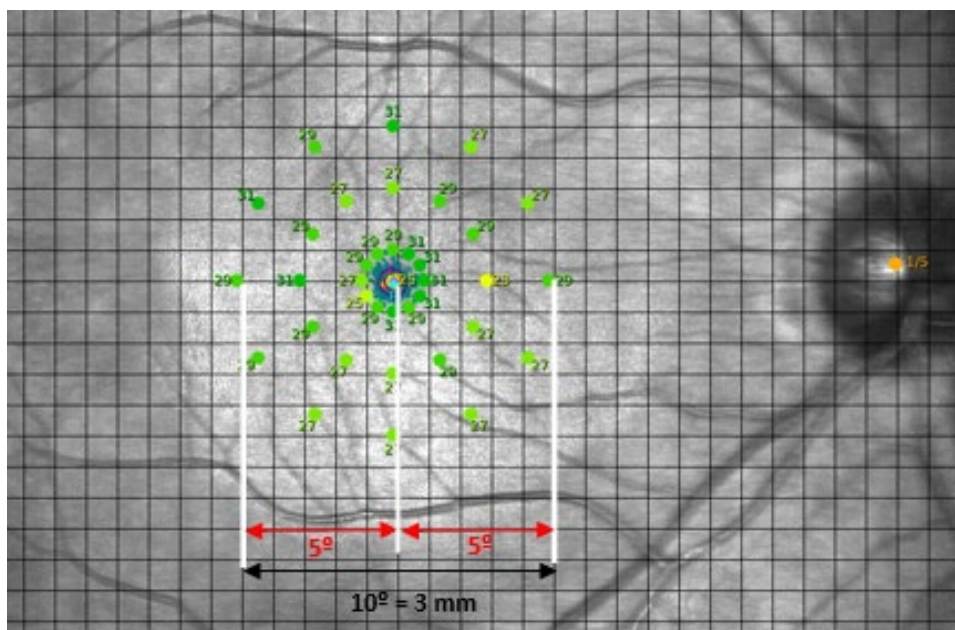
Para evaluar la SL en el área de la mácula se utilizó el microperímetro MAIA (Centervue SpA, Padova, Italia). Presenta los estímulos a través de un sistema de luz LED blanca y tiene una escala de intensidades de los estímulos presentados para la medida de la SL que va desde 0 decibelios (dB) a 36 dB en pasos de 1 dB.<sup>29,43</sup> Los dB son una unidad relativa respecto a la intensidad del estímulo presentado, ya que el estímulo más brillante que se puede presentar es el de 0 dB y el menos brillante el de 36 dB.<sup>43</sup>

Antes de comenzar con la prueba se realizó un período de adaptación de unos dos minutos a las condiciones de iluminación escotópica de la sala en la que se llevó a cabo la medición. La prueba se realizó sin midriasis y se ocluyó el ojo con el que no se hizo la prueba. Se aprovechó ese tiempo para explicar el procedimiento a seguir al paciente y colocarle de forma adecuada para la realización de la prueba (Figura 9).



**Figura 9.** Colocación del paciente para la realización de la MP.

El instrumento evalúa a través de diferentes test la SL en el área de la mácula. En este estudio se empleó el test de 37 puntos y 10° estándar 4-2. Los 37 puntos se distribuyeron en 3 anillos concéntricos de 12 puntos de 1°, 3° y 5° de radio con respecto al centro de la fóvea y el punto restante se situó en el centro de la fóvea (Figura 10). En la figura 10 se puede observar el mapa que se obtuvo tras realizar la prueba con una rejilla superpuesta, donde se puede apreciar cómo el mapa de 37 puntos abarca la medida de la SL en los 10° centrales de la fóvea, además de poder observarse que cada cuadrado de la rejilla corresponde con 1° de la retina.



**Figura 10.** Mapa de rejilla de SL en los 10º centrales de la retina (3 mm centrales).

El test de 37 puntos y 10º estándar 4-2 se utilizó para las dos pruebas que realizaron los pacientes, llamadas “fast exam” y “expert exam”. Durante ambas pruebas, el paciente tuvo que estar mirando todo el tiempo el centro de un estímulo luminoso con forma de anillo rojo. Fueron apareciendo y desapareciendo luces de diferentes intensidades luminosas y a diferentes distancias y posiciones del anillo durante las pruebas. El paciente tuvo que pulsar el botón del mando, que se le dio previamente, cada vez que vio o que consideró ver aparecer un estímulo. La intensidad de los estímulos varió de menor a mayor en función de si el paciente acertó a ver el punto y en función de la intensidad a la que vio los puntos adyacentes al punto evaluado.

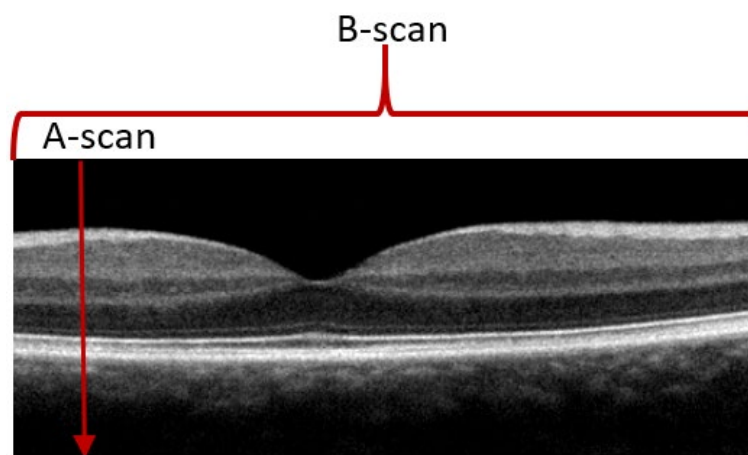
Previamente, al comienzo del “fast exam” y del “expert exam”, el MAIA tomó una imagen de fondo de ojo del paciente sobre la que durante cada una de las dos pruebas el instrumento fue construyendo el mapa de 37 puntos y 10º estándar 4-2 y sobre la que el investigador indicó manualmente dónde se encontraba el centro de la papila.

El “fast exam” tuvo como objetivos que el paciente viera de primera mano como era la prueba, comprobar si había entendido las explicaciones de la misma y poder preguntar dudas antes de realizar el “expert exam”. La prueba tuvo una duración de 1 minuto aproximadamente y varió el tiempo en función de la capacidad del paciente de detectar el estímulo, ya que si los detectó a una intensidad pequeña, el MAIA ya no tuvo que presentar el estímulo en ese punto a intensidades mayores. Los estímulos presentados fueron de mayor intensidad que los presentados en el “expert exam” para que el paciente no tuviera problemas en detectarlos y pudiera comprender bien lo que tuvo que hacer. No se tuvieron en cuenta para el estudio los resultados obtenidos del “fast exam”.

Los datos recogidos para el estudio fueron solo los obtenidos en el “expert exam”. La prueba habitualmente tuvo una duración algo inferior a 5 minutos y al igual que en el “fast exam”, la duración de la prueba varió en función de la capacidad del paciente de detectar los estímulos.

#### 4.5 Tomografía de coherencia óptica de dominio espectral

Para medir el espesor macular se utilizó el tomógrafo de coherencia óptica de dominio espectral iVue 100 (Optovue, Inc., Fremont, California, EEUU). Este instrumento presenta una velocidad de captura de 26.000 A-scan por segundo, con una profundidad de resolución en el tejido de 5 micras ( $\mu\text{m}$ ) y una resolución transversal de 15  $\mu\text{m}$ . Su rango de exploración es de 2 a 2,3 mm de profundidad y de 2 a 12 mm transversalmente. Realiza cortes transversales denominados B-scan (Figura 11), del segmento anterior y posterior del ojo.

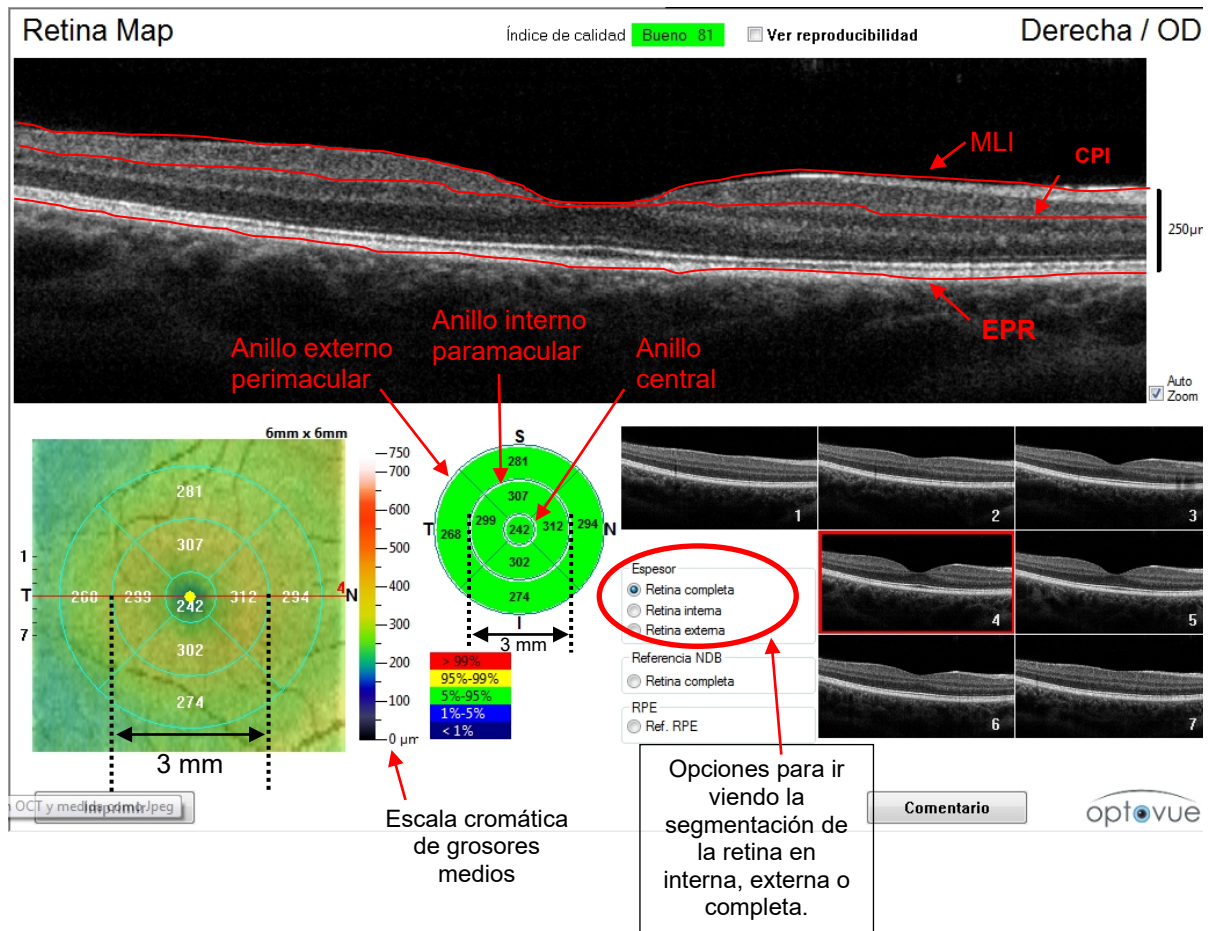


**Figura 11.** Representación del A-scan y B-scan sobre la mácula.

A partir de los B-scan se forman los tres tipos de mapas de la retina que proporciona el instrumento: “retina cross line”, “retina map” y “retina 3D”. Las variables de nuestro estudio se obtuvieron del “retina map”. Este mapa está compuesto por el B-scan central y dos mapas de espesor retiniano situados en la parte inferior izquierda (Figura 12). Estos mapas muestran el espesor retiniano de un círculo de 5 mm de diámetro centrado en fovea y están basados en la rejilla utilizada en el estudio ETDRS. Los mapas se dividen en 9 sectores que a su vez forman 3 anillos concéntricos (Figura 12). En el anillo central de diámetro 1 mm, se muestra el grosor foveal. El segundo anillo (anillo interno paramacular) representa el grosor de los 3 mm centrales de la mácula y se subdivide en 4 sectores (superior, inferior, temporal y nasal). El tercer anillo (anillo externo paramacular) corresponde al área entre los 3 y 5 mm de la mácula y también se subdivide en 4 sectores (superior, inferior, temporal y nasal).

Los espesores maculares del mapa en sectores se registraron en  $\mu\text{m}$  según la siguiente segmentación (Figura 12), ya que es donde el iVue marca el límite:

- Espesor de retina completa: comprende todas las capas de la retina, desde la MLI hasta el EPR.
- Espesor de retina interna: desde la MLI a la CPI.
- Espesor de retina externa: desde la CPI al EPR.



**Figura 12.** Representación de los espesores maculares y del B-scan, en el “retina map”, de un sujeto joven.

El grado de fiabilidad de las imágenes capturadas dependió de la correcta segmentación de las capas retinianas. Para ello el iVue presenta una escala de intensidad de señal de 0 a 100, siendo fiables los escaneos de retina con un índice de calidad del escáner (SQI) mayor de 40; aunque para nuestro estudio consideramos un SQI mayor de 65 para mayor fiabilidad. En dos sujetos del grupo de mayores no se alcanzó un SQI de 65 y se procedió a hacer un análisis manual para comprobar que las capas estaban bien segmentadas.

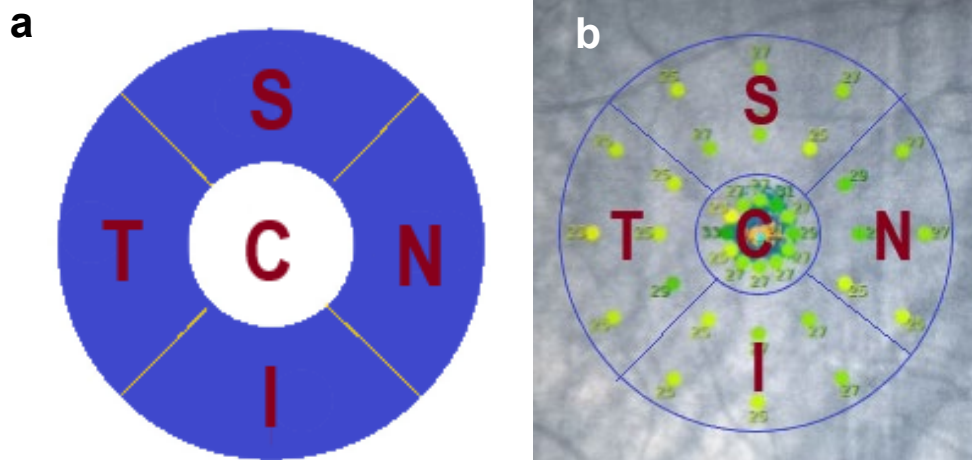
Se tomaron las medidas en el ojo sometido al estudio con la iluminación de la sala escotópica y sin midriasis. Se recogieron los espesores de los sectores maculares del anillo central y del anillo interno paramacular para la retina completa, externa e interna. Se estudió el área de 3 mm maculares, que se correlacionó con los 10º centrales medidos con la MP MAIA.

## 4.6 Asociación entre los mapas de la microperimetría y de la SD-OCT

Para evaluar la asociación entre la SL medida mediante MP MAIA y el espesor macular obtenido mediante SD-OCT, en los mapas del MAIA se crearon sectores similares a los de la rejilla ETDRS que utiliza el SD-OCT. Como se indicó previamente, los 37 puntos del test de 37 puntos y 10° estándar 4-2 se situaron en un radio de 1°, 3° y 5° con respecto al centro de la fóvea.<sup>40</sup>

En un ojo emétrope, 1° equivale a un radio aproximado de 0.3 mm. Por ello se puede decir que el anillo de 3° de radio tiene un radio de 0.9 mm y el anillo de 5° de radio tiene un radio de 1.5 mm. Esto significa que el punto de SL central y los puntos de SL en el anillo de 1° de radio se encuentran dentro del círculo central de 1 mm de la cuadrícula ETDRS, y los puntos de SL situados en los anillos de 3° y 5° de radio deben estar incluidos en el círculo de 3 mm de la rejilla ETDRS.<sup>40</sup>

De esta manera, en el MAIA, el punto central y los 12 puntos del anillo de radio 1° se corresponden con el sector central de la rejilla ETDRS del SD-OCT y los puntos de los anillos de 3° y 5° de radio se corresponden con los cuadrantes temporal, nasal, superior e inferior de la rejilla ETDRS del SD-OCT.<sup>40</sup> En la figura 13 se representa la equivalencia en un OD. Si fuera un OI el sector temporal se encontraría en la posición del sector nasal del OD y el sector nasal en la posición del sector temporal del OD.



## 4.7 Análisis estadístico

Para determinar el tamaño muestral se utilizó el programa SigmaPlot (Systat Software, Inc., San José, California, Estados Unidos). Para un coeficiente de correlación anticipado de 0,50; un riesgo alfa de 5,0% y una potencia del 90%, el tamaño de muestra mínimo estimado fue de 38 sujetos por grupo de edad. Para este cálculo se tuvo en cuenta que el objetivo principal del estudio fue relacionar la SL macular y los espesores de la retina central en ojos sanos jóvenes y mayores. Debido al confinamiento por la pandemia del COVID-19, no se pudo completar el número mínimo de voluntarios estimado.

Para el análisis estadístico se empleó el software Statgraphics18-X64 (Statpoint Technologies, Inc., The Plains, Virginia, Estados Unidos). Se realizó un análisis descriptivo de cada una de las variables estudiadas para el grupo total, el grupo de jóvenes y el grupo de mayores y se comprobó si la distribución de las variables era normal mediante el test de Shapiro-Wilks. Se realizó un análisis de comparación entre el grupo de jóvenes y el grupo de mayores. Si la variable se distribuía de manera normal se empleó el estadístico t-student para obtener su p-valor y cuando la variable se distribuía de manera no normal se empleó el estadístico W de Mann Whitney (Wilcoxon) para obtener su p-valor.

Se realizó un análisis de correlaciones a través de la correlación ordinal de Spearman entre las variables obtenidas con el MAIA y las obtenidas con el OCT para cada uno de los sectores para el grupo total, el grupo de jóvenes y el grupo de mayores. De las correlaciones de las que se obtuvo un p-valor estadísticamente significativo ( $p < 0,05$ ) se realizó un análisis de regresión simple a través del cual se obtuvieron sus diagramas de dispersión para poder ver el sentido de estas correlaciones de manera gráfica.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Características demográficas y visuales

El total de la muestra reclutada fue de 66 ojos de 66 voluntarios, pero se excluyeron a 4 voluntarios por presentar algún criterio de exclusión durante la recogida de datos como no alcanzar la AVMC > 0,1 LogMAR o presentar catarata  $\geq$  grado 2 según la escala LOCS III. No hubo personas que declinaron su participación en el estudio. Por tanto, la muestra analizada fue de 62 ojos que cumplieron los criterios de inclusión.

Las características demográficas y visuales de ambos grupos de estudio se recogen en la *tabla 1*, junto con sus medias acompañadas de la desviación estándar (DE) y de los rangos. En dicha tabla se describe la edad, el sexo, el EE de la mejor corrección óptica, la AVMC, la LA y el  $\emptyset p$ . En ambos grupos hubo más mujeres voluntarias (24 de 37 en el grupo de los jóvenes y 15 de 25 en el de los mayores).

Además, se muestra el análisis estadístico de las diferencias de las medias para las variables descritas. Todas las variables cuantitativas de la *tabla 1* presentaron diferencias significativas excepto la LA. La media de la edad fue 38,7 años significativamente mayor en el grupo de los mayores ( $p < 0,0001$ ). El EE fue 1,22 D significativamente más positivo para el grupo de los mayores ( $p = 0,0213$ ). El grupo de los jóvenes presentó una AVMC 0,08 unidades LogMAR significativamente superior al grupo de los mayores ( $p = 0,0015$ ). El  $\emptyset p$  fue 1,4 mm significativamente mayor en el grupo de los jóvenes ( $p < 0,0001$ ).

**Tabla 1: Características demográficas y visuales de la población de estudio: Media  $\pm$  DE (mínimo; máximo).**

	Total	Jóvenes	Mayores	p-valor
<b>Edad</b>	39,1 $\pm$ 19,4 (20,0 ; 72,0)	23,5 $\pm$ 2,2 (20,0 ; 29,0)	62,2 $\pm$ 4,4 (56,0 ; 72,0)	$p < 0,0001^*$
<b>Sexo (H/M)</b>	(23/39)	(13/24)	(10/15)	
<b>Equivalente esférico</b>	-0,47 $\pm$ 2,15 (-5,38 ; +5,75)	-0,96 $\pm$ 1,59 (-5,25 ; +1,0)	+0,26 $\pm$ 2,65 (-5,38 ; +5,75)	$p = 0,0213^*$
<b>AVMC</b>	-0,13 $\pm$ 0,09 (-0,30 ; 0,04)	-0,16 $\pm$ 0,08 (-0,30 ; 0,02)	-0,08 $\pm$ 0,09 (-0,26 ; 0,04)	$p = 0,0015^*$
<b>Longitud axial</b>	23,6 $\pm$ 1,2 (21,0 ; 26,7)	23,8 $\pm$ 1,2 (21,4 ; 26,2)	23,5 $\pm$ 1,3 (21,0 ; 26,7)	$p = 0,3161^+$
<b>Diámetro pupilar</b>	4,99 $\pm$ 1,01 (2,87 ; 7,46)	5,56 $\pm$ 0,80 (3,60 ; 7,46)	4,16 $\pm$ 0,64 (2,87 ; 5,78)	$p < 0,0001^+$

(H/M) = (Número de hombres/número de mujeres), AVMC = agudeza visual con la mejor corrección óptica; \* = W de Mann-Whitney y + = T-student.

## 5.2 Sensibilidad luminosa en el campo visual macular

En la *tabla 2* se recogen los valores medios de SL en los 10° centrales de la mácula según la división de esta en cinco sectores, además del valor medio del campo completo. Los valores se muestran en el total de la muestra estudiada y divididos en el grupo de jóvenes y mayores. El análisis estadístico nos indica que existen diferencias significativas de SL en todos los sectores maculares entre ambos grupos, al igual que en el valor promedio; siendo menor la SL para el grupo de los mayores. La media de esta SL fue 1,5 dB significativamente menor en el sector central macular ( $p=0,0001$ ) y en el sector temporal macular ( $p<0,0001$ ), 1,4 dB significativamente menor en el sector nasal macular ( $p=0,0002$ ), 1,0 dB significativamente menor en el sector superior macular ( $p=0,0032$ ) y 1,6 dB significativamente menor en el sector inferior macular ( $p<0,0001$ ). La media de la sensibilidad promedio fue 1,4 dB significativamente menor en el campo completo ( $p<0,0001$ ) en el grupo de mayores.

**Tabla 2: Sensibilidad luminosa en los 10° (3 mm) centrales maculares según sectores. Media  $\pm$  DE (mínimo; máximo).**

Sensibilidad luminosa MAIA	Total	Jóvenes	Mayores	p-valor
<b>CENTRAL</b>	28,5 $\pm$ 1,4 (24,9 ; 31,4)	29,1 $\pm$ 1,1 (27,3 ; 31,4)	27,6 $\pm$ 1,4 (24,9 ; 29,8)	$p=0,0001^*$
<b>TEMPORAL</b>	28,1 $\pm$ 1,4 (24,7 ; 31,0)	28,7 $\pm$ 1,2 (26,0 ; 31,0)	27,2 $\pm$ 1,4 (24,7 ; 29,3)	$p<0,0001^\dagger$
<b>NASAL</b>	28,0 $\pm$ 1,5 (23,3 ; 31,3)	28,6 $\pm$ 1,3 (24,7 ; 31,3)	27,2 $\pm$ 1,4 (23,3 ; 29,0)	$p=0,0002^*$
<b>SUPERIOR</b>	27,6 $\pm$ 1,4 (23,0 ; 31,2)	28,0 $\pm$ 1,2 (24,7 ; 31,2)	27,0 $\pm$ 1,4 (23,0 ; 29,0)	$p=0,0032^\dagger$
<b>INFERIOR</b>	27,3 $\pm$ 1,4 (22,7 ; 30,0)	27,9 $\pm$ 1,1 (25,3 ; 30,0)	26,3 $\pm$ 1,4 (22,7 ; 28,7)	$p<0,0001^*$
<b>Sensibilidad promedio</b>	28,0 $\pm$ 1,3 (24,6 ; 30,8)	28,6 $\pm$ 1,0 (26,8 ; 30,8)	27,2 $\pm$ 1,2 (24,6 ; 28,9)	$p<0,0001^*$

CENTRAL = sensibilidad media en el sector central, TEMPORAL = sensibilidad media en el sector temporal, NASAL = sensibilidad media en el sector nasal, SUPERIOR = sensibilidad media en el sector superior e INFERIOR = sensibilidad media en el sector inferior, sensibilidad promedio = sensibilidad media del campo completo. \* = W de Mann-Whitney y  $\dagger$  = T-student.

### 5.3 Espesores maculares

El espesor medio de los sectores maculares en los 3 mm centrales de la retina completa, externa e interna se pueden observar en la *tabla 3*. Estos valores se muestran para la muestra total y los grupos por separado. En el sector central, hubo diferencias significativas entre los espesores medios de ambos grupos, siendo 13,2  $\mu\text{m}$  mayor para la retina completa en el grupo de los mayores ( $p=0,0017$ ) y 13,4  $\mu\text{m}$  mayor para la retina externa en el grupo de los mayores ( $p<0,0001$ ). La diferencia de espesor medio en el sector temporal fue de 9,4  $\mu\text{m}$  significativamente mayor en el grupo de los mayores para el espesor medio de la retina externa ( $p=0,0003$ ) y de 7,3  $\mu\text{m}$  significativamente menor en el grupo de mayores para el espesor de la retina interna ( $p=0,0010$ ). En el sector nasal la diferencia de espesor medio, fue 10,7  $\mu\text{m}$  significativamente mayor en el grupo de mayores para la retina externa ( $p=0,0002$ ) y 10,1  $\mu\text{m}$  significativamente menor en el grupo de mayores para la retina interna ( $p=0,0002$ ). La diferencia de espesor medio en el sector superior fue 8,3  $\mu\text{m}$  significativamente mayor en el grupo de mayores para la retina externa ( $p=0,0003$ ) y 7,1  $\mu\text{m}$  significativamente menor en el grupo de mayores para la retina interna ( $p=0,0014$ ). En el sector inferior, la diferencia de espesor medio fue 7,5  $\mu\text{m}$  significativamente mayor en el grupo de mayores para la retina externa ( $p=0,0021$ ) y 7,1  $\mu\text{m}$  significativamente menor en el grupo de mayores para la retina interna ( $p=0,0043$ ).

No hubo diferencias significativas en los espesores de la retina completa en el sector macular temporal, nasal, superior e inferior y tampoco para la retina interna en el sector macular central entre el grupo de jóvenes y mayores.

**Tabla 3: Espesor de los sectores maculares en los 3 mm centrales en retina completa, retina externa y retina interna. Media  $\pm$  DE (mínimo; máximo).**

Sector macular ( $\mu\text{m}$ )		Total	Jóvenes	Mayores	p-valor
<b>CENTRAL</b>	<b>Retina completa</b>	258,9 $\pm$ 16,7 (227,0 ; 299,0)	253,6 $\pm$ 13,7 (227,0 ; 281,0)	266,8 $\pm$ 17,9 (242,0 ; 299,0)	p=0,0017†
	<b>Retina externa</b>	201,9 $\pm$ 13,9 (176,0 ; 239,0)	196,5 $\pm$ 9,8 (176,0 ; 215,0)	209,9 $\pm$ 15,4 (177,0 ; 239,0)	p<0,0001†
	<b>Retina interna</b>	57,0 $\pm$ 6,5 (44,0 ; 75,0)	57,0 $\pm$ 5,5 (44,0 ; 66,0)	57,1 $\pm$ 7,8 (42,0 ; 75,0)	p=0,9624†
<b>TEMPORAL</b>	<b>Retina completa</b>	305,3 $\pm$ 13,3 (277,0 ; 330,0)	304,6 $\pm$ 12,2 (277,0 ; 331,0)	306,4 $\pm$ 15,0 (281,0 ; 330,0)	p=0,6076†
	<b>Retina externa</b>	188,8 $\pm$ 10,5 (166,0 ; 209,0)	185,0 $\pm$ 9,4 (166,0 ; 204,0)	194,4 $\pm$ 9,7 (175,0 ; 209,0)	p=0,0003†
	<b>Retina interna</b>	116,5 $\pm$ 8,9 (96,0 ; 140,0)	119,4 $\pm$ 6,7 (108,0 ; 135,0)	112,1 $\pm$ 9,9 (96,0 ; 140,0)	p=0,0010†
<b>NASAL</b>	<b>Retina completa</b>	319,3 $\pm$ 14,4 (283,0 ; 345,0)	319,1 $\pm$ 13,0 (286,0 ; 344,0)	319,6 $\pm$ 16,7 (283,0 ; 345,0)	P=0,8770†
	<b>Retina externa</b>	189,5 $\pm$ 11,6 (163,0 ; 223,0)	185,2 $\pm$ 7,7 (163,0 ; 203,0)	195,9 $\pm$ 13,6 (170,0 ; 223,0)	p=0,0002†
	<b>Retina interna</b>	130,0 $\pm$ 10,4 (94,0 ; 148,0)	134,0 $\pm$ 8,2 (117,0 ; 148,0)	123,9 $\pm$ 10,6 (94,0 ; 141,0)	p=0,0002*
<b>SUPERIOR</b>	<b>Retina completa</b>	314,5 $\pm$ 13,0 (284,0 ; 340,0)	314,0 $\pm$ 12,3 (284,0 ; 337,0)	315,3 $\pm$ 14,2 (291,0 ; 340,0)	p=0,7008†
	<b>Retina externa</b>	186,7 $\pm$ 9,2 (166,0 ; 210,0)	183,4 $\pm$ 8,4 (166,0 ; 196,0)	191,7 $\pm$ 8,2 (179,0 ; 210,0)	p=0,0003†
	<b>Retina interna</b>	127,7 $\pm$ 8,8 (105,0 ; 145,0)	130,6 $\pm$ 6,1 (118,0 ; 145,0)	123,5 $\pm$ 10,5 (105,0 ; 142,0)	p=0,0014†
<b>INFERIOR</b>	<b>Retina completa</b>	311,0 $\pm$ 13,0 (278,0 ; 337,0)	310,9 $\pm$ 11,7 (278,0 ; 329,0)	311,3 $\pm$ 15,0 (278,0 ; 337,0)	p=0,8937†
	<b>Retina externa</b>	184,1 $\pm$ 9,7 (161,0 ; 205,0)	181,1 $\pm$ 8,2 (161,0 ; 204,0)	188,6 $\pm$ 10,1 (170,0 ; 205,0)	p=0,0021†
	<b>Retina interna</b>	127,0 $\pm$ 8,5 (107,0 ; 142,0)	129,8 $\pm$ 6,7 (116,0 ; 142,0)	122,7 $\pm$ 9,3 (107,0 ; 136,0)	p=0,0043*

\* = W de Mann-Whitney y † = T-student.

## 5.4 Correlaciones entre la sensibilidad luminosa y el espesor macular

Se analizaron las correlaciones mediante el coeficiente de correlación de Spearman entre la SL y el espesor macular en cada uno de los sectores maculares (central, temporal, nasal, superior e inferior) para retina completa, retina externa y retina interna. Se calcularon para el grupo total, el grupo de jóvenes y el grupo de mayores. Los resultados del análisis se muestran en la *tabla 4*.

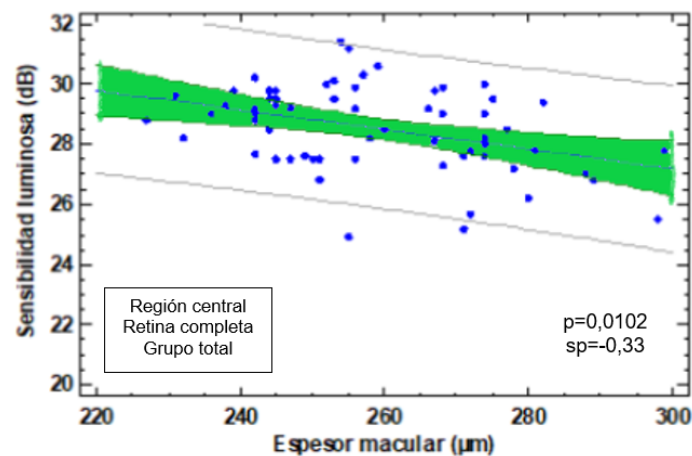
**Tabla 4: Correlaciones entre la sensibilidad luminosa media y los espesores maculares.**  
Correlación ordinal de Spearman y p-valor.

Correlación en cada sector		Todos		Jóvenes		Mayores	
		Spearman	p-valor	Spearman	p-valor	Spearman	p-valor
CENTRAL	Retina completa	-0,33	0,0102	-0,03	0,8440	-0,34	0,0975
	Retina externa	-0,44	0,0007	-0,05	0,7615	-0,38	0,0643
	Retina interna	-0,02	0,8825	-0,11	0,5165	0,13	0,5368
TEMPORAL	Retina completa	0,02	0,8834	0,13	0,4417	0,05	0,8041
	Retina externa	-0,25	0,0546	0,11	0,5092	-0,30	0,1474
	Retina interna	0,31	0,0170	0,02	0,9003	0,19	0,3414
NASAL	Retina completa	-0,05	0,7126	0,04	0,7980	-0,10	0,6162
	Retina externa	-0,30	0,0192	0,02	0,8869	-0,28	0,1771
	Retina interna	0,37	0,0037	0,04	0,8107	0,46	0,0256
SUPERIOR	Retina completa	0,01	0,9108	-0,02	0,8817	0,17	0,3954
	Retina externa	-0,25	0,0504	-0,07	0,6639	-0,10	0,6088
	Retina interna	0,25	0,0491	0,03	0,8759	0,32	0,1161
INFERIOR	Retina completa	-0,13	0,2939	-0,07	0,6680	-0,24	0,2488
	Retina externa	-0,37	0,0044	-0,08	0,6499	-0,43	0,0343
	Retina interna	0,21	0,1032	-0,01	0,9554	0,02	0,9121

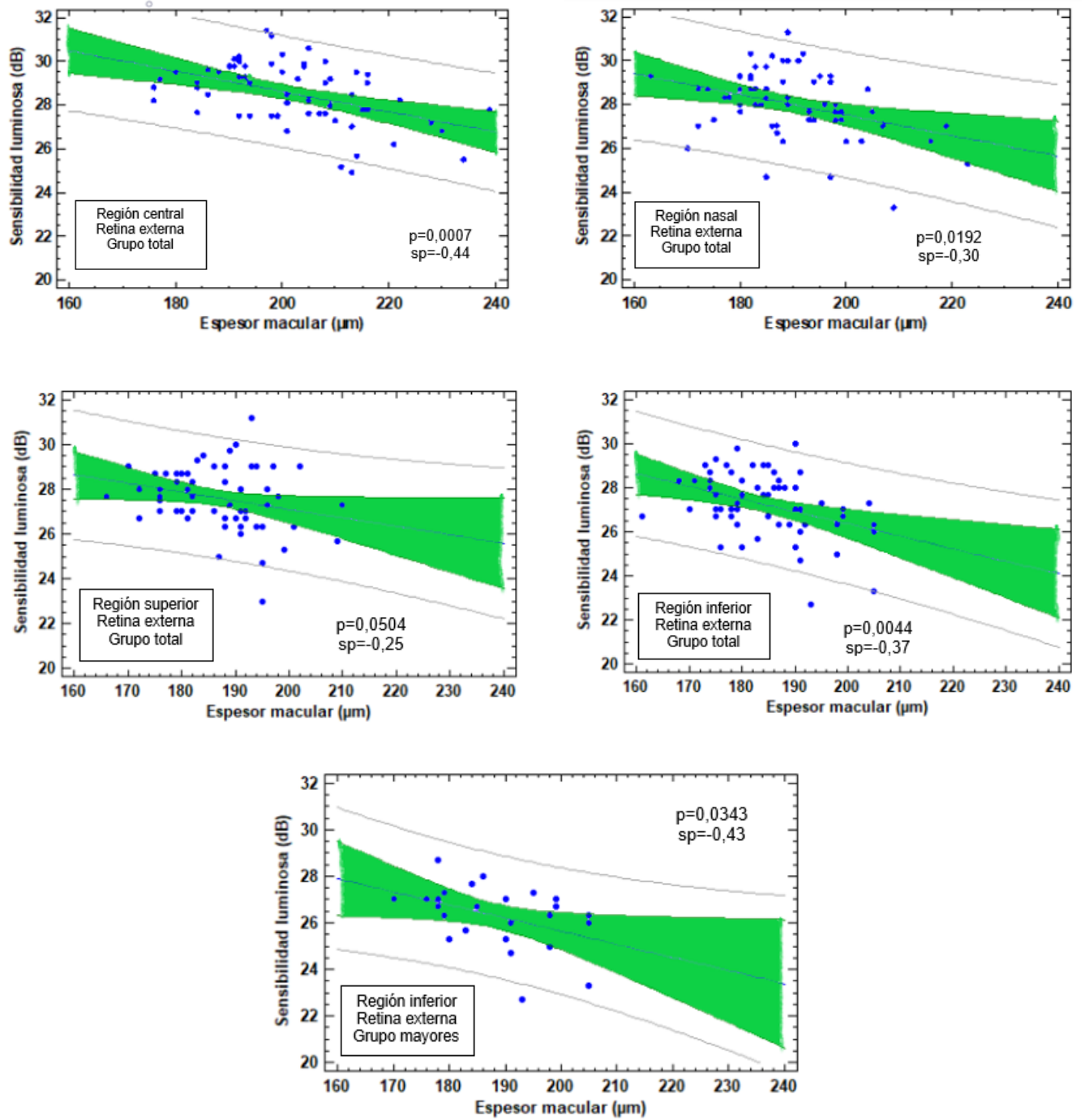
Los coeficientes de correlación de Spearman negativos nos indicaron que la SL disminuía a medida que aumentaba el espesor macular y los coeficientes de correlación de Spearman positivos nos indicaban lo contrario, que la SL disminuía a medida que lo hacía el espesor macular o aumentaba a medida que lo hacía el espesor macular (*tabla 4*).

La figura 14 muestra las correlaciones significativas entre la SL y el espesor macular para la retina completa, la figura 15 para la retina externa y la figura 16 la para retina interna. La mayoría de estas correlaciones se encontraron en el grupo total como se comenta a continuación. En el sector central, la SL disminuyó a medida que aumentaba el espesor en la retina completa ( $p=0,0102$ ) y el espesor en la retina externa ( $p=0,0007$ ). En el sector nasal, la SL disminuyó a medida que aumentaba el espesor en la retina externa ( $p=0,0192$ ). En el sector superior, la SL disminuyó a medida que aumentaba el espesor en la retina externa ( $p=0,0504$ ). En el sector inferior, la SL disminuyó a medida que aumentaba el espesor en la retina externa ( $p=0,0044$ ). En el sector temporal, la SL aumentó a medida que aumentaba el espesor en la retina interna ( $p=0,0170$ ). En el sector nasal, la SL aumentó a medida que aumentaba el espesor en la retina interna ( $p=0,0037$ ). En el sector superior, la SL aumentó a medida que aumentaba el espesor en la retina interna ( $p=0,0491$ ).

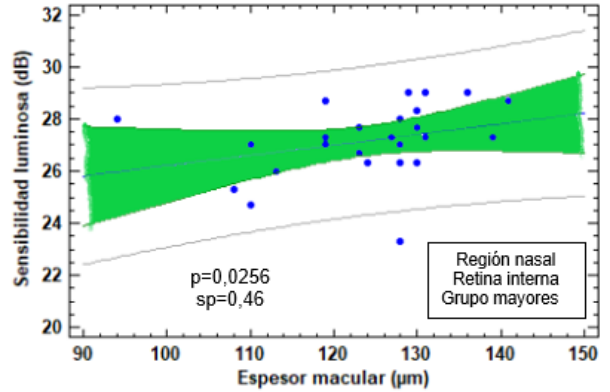
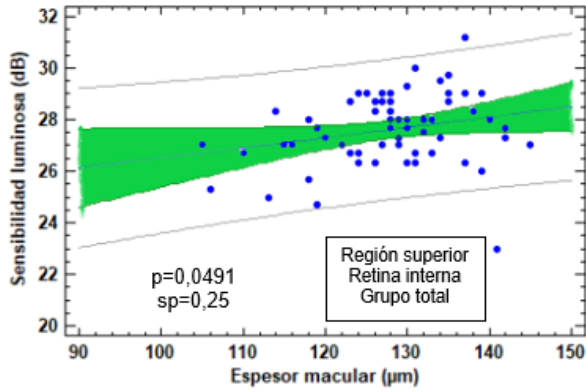
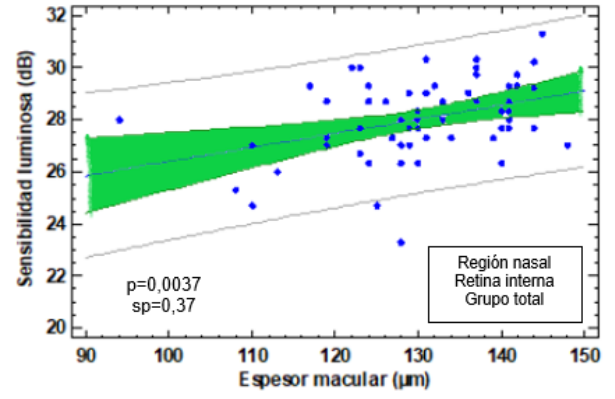
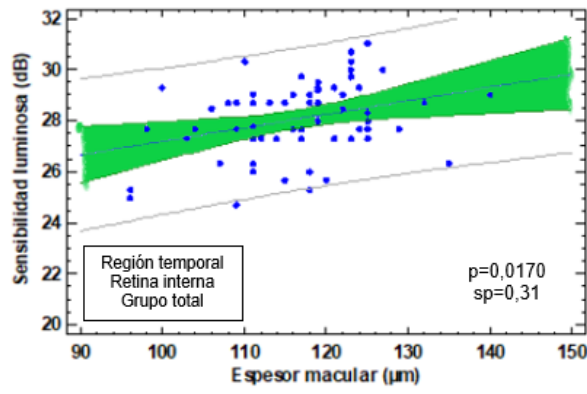
En el grupo de los jóvenes no se obtuvo ninguna asociación estadísticamente significativa. En el grupo de los mayores no se obtuvo ninguna asociación estadísticamente significativa en retina completa. Pero, en el sector inferior, la SL disminuyó a medida que aumentaba el espesor en la retina externa ( $p=0,0343$ ) y en el sector nasal, la SL aumentó a medida que aumentaba el espesor en la retina interna ( $p=0,0256$ ).



**Figura 14.** Diagrama de dispersión que muestran la correlación entre la SL y el espesor macular de la retina completa. Las líneas de regresión se muestran con intervalos de confianza (IC) del 95% en la parcela verde.



**Figura 15.** Diagramas de dispersión que muestran la correlación entre la SL y el espesor macular de la retina externa. Las líneas de regresión se muestran con intervalos de confianza (IC) del 95% en la parcela verde.



**Figura 16.** Diagramas de dispersión que muestran la correlación entre la SL y el espesor macular de la retina interna. Las líneas de regresión se muestran con intervalos de confianza (IC) del 95% en la parcela verde.

## 6. DISCUSIÓN

El presente estudio buscó determinar la relación entre la SL macular y los espesores de la retina en ojos sanos jóvenes y mayores.

En nuestra investigación se observó que la SL promedio disminuyó de manera significativa en el grupo de mayores respecto al de los jóvenes. Esta disminución se observó también en el estudio de Molina et al.<sup>29</sup>, en el grupo mayores de 51 a 60 años y en el de 61 a 70 años respecto al de jóvenes de 21 a 30 años. Dicho estudio utilizó también el MAIA pero presentando una muestra mayor. Shah et al.<sup>31</sup> vieron esa disminución cuando midieron 66 ojos de 37 pacientes de entre 19 y 71 años, pero sin dividir la muestra en grupos de mayores y jóvenes, y utilizando para ello el microperímetro MP-1 en los 12° centrales de la fovea. Midena et al.<sup>32</sup> observaron también esa disminución en los grupos de mayores (de entre 50 a 59 años, de entre 60 a 69 y de entre 70 a 75) frente al grupo de jóvenes (de entre 20 a 29 años), empleando el microperímetro MP-1 y con una muestra superior a la nuestra. En nuestro estudio la SL promedio para el grupo total ( $28,0 \pm 1,3$  dB) fue muy similar a la que obtuvieron Morales et al.<sup>44</sup> En su estudio, al igual que en el nuestro, se midió la SL promedio con el MAIA y con la prueba 4-2 de 37 puntos. Pero su tamaño muestral fue superior, 326 ojos de 358 pacientes de entre 19 y 82 años. En el grupo de mayores de nuestro estudio se obtuvieron unos valores similares de SL promedio a los encontrados por Sato et al.<sup>45</sup>, que midieron con el MAIA la SL a 29 pacientes sanos con edades similares a las que medimos en nuestro grupo de mayores. A diferencia de nuestro estudio emplearon el test de 68 puntos para los 10° centrales de la mácula en lugar del de 37 puntos.

En cuanto al espesor macular, en nuestro estudio se obtuvo que su aumento en la retina completa fue significativo para el sector central, pero no lo fue para los sectores temporal, nasal, superior e inferior, comparando el grupo de mayores respecto al de jóvenes. Se observó que el espesor de la retina externa fue significativamente mayor en los cinco sectores maculares (central, temporal, nasal, superior e inferior), en el grupo de mayores respecto al de los jóvenes. Sin embargo, disminuyó significativamente para la retina interna en todos los sectores maculares excepto para el central que no presentó diferencias significativas, en el grupo de mayores respecto al de jóvenes. La disminución del espesor de la retina interna y el aumento de la retina externa, se correspondió con el envejecimiento normal.<sup>3</sup> Esta disminución del espesor de la retina interna es normal ya que el espesor de la CFNR, situada en la retina interna, disminuye al encogerse las células ganglionares a causa del envejecimiento.<sup>2</sup> Esta pérdida es más acentuada en personas con glaucoma<sup>2</sup> y recientemente se ha visto también una pérdida de las células ganglionares, en pacientes con Parkinson<sup>15</sup> y con Alzheimer.<sup>46</sup> La contribución al espesor por parte de la retina interna es nula en el centro

de la fovea, mientras que aumenta hacia la periferia macular (anillo paramacular) para volver a disminuir en el anillo perimacular.<sup>3</sup>

Como hemos indicado, en el presente estudio, para el espesor de la retina completa el aumento del espesor macular fue significativo en el sector central pero no en los sectores temporal, nasal, superior e inferior. Diversos autores han estudiado el grosor macular en pacientes sanos y se llegó a la conclusión de que este no aumenta de manera significativa con la edad para retina completa,<sup>5,47-49</sup> coincidiendo con los resultados de nuestro estudio excepto para el sector central que en nuestro caso sí fue significativo. Para poder determinar si el espesor de cada sector macular es normal, el OCT dispone de una base de datos normalizada correspondiente con la edad.<sup>5</sup>

Respecto al espesor macular por sectores en nuestro estudio se observó que, tanto para el grupo total como para el de jóvenes y mayores, fue mayor en el sector nasal, seguido del superior, del inferior y por último el sector temporal presentó el grosor más fino. Esta tendencia sucedió en retina completa y en la interna, pero no en retina externa. Varias investigaciones<sup>5,49</sup> presentaron también este orden de grosores de sectores maculares en personas sanas, excepto Liu et al.<sup>50</sup> que encontraron que el sector más grueso era el superior, seguido del nasal, del inferior y por último el temporal.

El espesor del sector central que obtuvimos en el grupo total para retina completa fue de  $258,9 \pm 16,7 \mu\text{m}$ , siendo bastante similar al obtenido en el estudio de Solé et al.<sup>5</sup> o en el estudio de Agarwal et al.<sup>47</sup> La pequeña variación de espesor se pudo deber a que emplearon un dispositivo SD-OCT distinto, al tamaño muestral o la edad media.

En nuestro estudio se buscó si hay asociación entre la SL y el espesor macular. En el grupo total la SL disminuyó significativamente al aumentar el espesor macular del sector central en retina completa y externa, y del sector nasal, superior e inferior en retina externa. Además, en este grupo la SL aumentó de manera significativa al hacerlo el espesor macular del sector temporal, nasal y superior en retina interna. En el grupo de jóvenes no se encontraron correlaciones significativas entre la SL y el espesor macular. En el grupo de mayores se encontró que al disminuir la SL, aumentaba significativamente el espesor del sector inferior en retina externa y que al aumentar la SL aumentaba de manera significativa el espesor del sector nasal en retina interna. Tsui et al.<sup>51</sup> emplearon el MAIA en un estudio en el que se relacionó la SL con el espesor macular medido mediante Spectralis SD-OCT en pacientes miopes jóvenes. Obtuvieron correlaciones significativas para un grupo de pacientes de entre -3,00 y -6,00 D de EE para los sectores inferior y nasal, a diferencia de nuestro estudio, en el que no se obtuvo ninguna asociación significativa en el grupo de los jóvenes. Además, dicho estudio tampoco presentó correlaciones significativas en el grupo de pacientes de entre -0,50 y -3,00 D de EE, siendo la media de edad de este grupo más similar a la de nuestro grupo de jóvenes. La diferencia pudo ser debida a que la muestra de Tsui et al. fue al completo de sujetos chinos y más numerosa que la nuestra, además de a la diferencia en la distribución

de la refracción (solo pacientes miopes) y de utilizar otro modelo de SD-OCT. Sabates et al.<sup>52</sup> realizaron una investigación en la que se estudió la posibilidad de crear una base de datos normativa de la estructura y de la función macular en pacientes sin patología ocular en grupos de edad divididos por décadas en pacientes de entre 21 y 85 años a través de un instrumento que combina MP y SD-OCT (Optos OCT/SLO). Se encontró una correlación no significativa entre la SL y el espesor macular para el total de la muestra. Esta diferencia de resultados entre el estudio de Sabates et al. y nuestro estudio pudo ser debida a la diferente tecnología utilizada por ellos frente a la de nuestro estudio. En una investigación de Landa et al.<sup>36</sup> obtuvieron una asociación entre SL y espesor macular de manera individual para 15 pacientes con un fondo de ojo normal medidos a través del módulo Optos OCT/SLO. Los resultados de nuestro estudio y los de Landa et al. no se pueden comparar debido a que en nuestro estudio la asociación entre SL y espesor macular se hizo entre grupos de sujetos y no de manera individual para cada sujeto.

La literatura consultada nos ha llevado a ver que los estudios en los que se busca una asociación entre la valoración de la estructura a través del espesor macular y la función a través de la MP suelen ir enfocados hacia pacientes con patologías que tienen la edad como factor de riesgo, como son la DMAE<sup>53</sup> y el glaucoma.<sup>54</sup>

Por último, añadir que como limitaciones de nuestro estudio nos ha faltado conseguir más voluntarios del grupo de mayores, debido a la pandemia por el COVID-19, ya que cuando comenzó seguíamos con el reclutamiento de pacientes y tomando medidas.

## 7. CONCLUSIONES

Una vez analizados y discutidos los resultados obtenidos en este estudio y como respuesta a los objetivos planteados, llegamos a las siguientes conclusiones:

- La sensibilidad luminosa en los 10° centrales de la mácula fue menor en el grupo de sujetos mayores que en el de jóvenes.
- El espesor de la mácula en los 3 mm centrales, fue mayor en la retina completa en el sector central, mayor en la retina externa y menor en la retina interna en los sectores temporal, nasal, superior e inferior en el grupo de sujetos mayores respecto al de jóvenes.
- En el grupo total, la sensibilidad luminosa disminuyó cuando aumentaba el espesor macular de la retina completa y externa del sector central, de la retina externa del sector nasal, superior e inferior, y cuando disminuía el espesor macular de la retina interna del sector temporal, nasal y superior.
- En el grupo de mayores, la sensibilidad luminosa disminuyó cuando aumentaba el espesor macular de la retina externa del sector inferior, y cuando disminuía el espesor macular en retina interna del sector nasal.
- En el grupo de jóvenes, no se encontró ninguna relación significativa entre la sensibilidad luminosa y el espesor macular.

## 8. REFERENCIAS

1. Addis VM, DeVore HK, Summerfield ME. Acute visual changes in the elderly. *Clin Geriatr Med* 2013;29:165-180.
2. Hood DC, Raza AS, de Moraes CG, Liebmann JM, Ritch R. Glaucomatous damage of the macula. *Prog Retin Eye Res* 2013;32:1-21.
3. Subhi Y, Forshaw T, Sørensen TL. Macular thickness and volume in the elderly: A systematic review. *Ageing Res Rev* 2016;29:42-49.
4. Puelles L, Martínez S, Martínez M. Sistema visual. Retina. In: Panamericana M (ed), *Neuroanatomía*. Buenos Aires, Madrid; 2008:265-279.
5. Solé L, Abreu R, Alonso M, Abreu P. Espesor y volumen macular normal, mediante tomografía de coherencia óptica de dominio espectral, en nuestra población de referencia. *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología* 2013;88:352-358.
6. Pinilla I, Ruiz JM, Cuenca N. Correlación de la tomografía de coherencia óptica con la histología retiniana. *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología* 2012;87:275-277.
7. Ooto S, Hangai M, Tomidokoro A, et al. Effects of age, sex, and axial length on the three-dimensional profile of normal macular layer structures. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011;52:8769-8779.
8. Won JY, Kim SE, Park YH. Effect of age and sex on retinal layer thickness and volume in normal eyes. *Medicine (Baltimore)* 2016;95:e5441.
9. Giani A, Cigada M, Choudhry N, et al. Reproducibility of retinal thickness measurements on normal and pathologic eyes by different optical coherence tomography instruments. *Am J Ophthalmol* 2010;150:815-824. e811.
10. Kiernan DF, Mieler WF, Hariprasad SM. Spectral-domain optical coherence tomography: a comparison of modern high-resolution retinal imaging systems. *Am J Ophthalmol* 2010;149:18-31.
11. Zaharova E, Sherman J. The use of SD-OCT in the differential diagnosis of dots, spots and other white retinal lesions. *Eye Brain* 2011;3:69-80.
12. Wu Z, Ayton LN, Luu CD, Guymer RH. Relationship between retinal microstructures on optical coherence tomography and microperimetry in age-related macular degeneration. *Ophthalmology* 2014;121:1445-1452.
13. Nieves M, Martínez JM, Morales L, Sánchez R, Sáenz F, García J. Impacts of age and sex on retinal layer thicknesses measured by spectral domain optical coherence tomography with Spectralis. *PLoS One* 2018;13:e0194169.
14. Acton JH, Smith RT, Hood DC, Greenstein VC. Relationship between retinal layer thickness and the visual field in early age-related macular degeneration. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2012;53:7618-7624.
15. Armstrong RA. Oculo-Visual Dysfunction in Parkinson's Disease. *J Parkinsons Dis* 2015;5:715-726.
16. Moreno T, Benito J, Villarejo A, Bermejo F. Retinal nerve fiber layer thinning in dementia associated with Parkinson's disease, dementia with Lewy bodies, and Alzheimer's disease. *J Alzheimers Dis* 2013;34:659-664.
17. Radner W, Benesch T. Age-related course of visual acuity obtained with ETDRS 2000 charts in persons with healthy eyes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2019;257:1295-1301.
18. Owsley C. Vision and Aging. *Annu Rev Vis Sci* 2016;2:255-271.
19. Rodriguez JD, Wallstrom G, Narayanan D, Welch D, Abelson MB. An Alternative Psychophysical Diagnostic Indicator of the Aging Eye. *J Ophthalmol* 2019;2019:2036192.
20. Simunovic MP. Acquired color vision deficiency. *Surv Ophthalmol* 2016;61:132-155.

21. Maynard ML, Zele AJ, Feigl B. Mesopic Pelli-Robson contrast sensitivity and MP-1 microperimetry in healthy ageing and age-related macular degeneration. *Acta Ophthalmol* 2016;94:e772-e778.
22. Gillespie H, Konstantakopoulou E, Harlow JA, Barbur JL. Capturing age-related changes in functional contrast sensitivity with decreasing light levels in monocular and binocular vision. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2013;54:6093-6103.
23. Rutkowski P, May CA. The peripheral and Central Humphrey visual field - morphological changes during aging. *BMC Ophthalmol* 2017;17:127.
24. McCourt ME, Leone LM, Blakeslee B. Brightness induction and suprathreshold vision: Effects of age and visual field. *Vision Res* 2015;106:36-46.
25. Cassels NK, Wild JM, Margrain TH, Chong V, Acton JH. The use of microperimetry in assessing visual function in age-related macular degeneration. *Surv Ophthalmol* 2018;63:40-55.
26. Johnson DA. The use of the scanning laser ophthalmoscope in the evaluation of amblyopia (an American Ophthalmological Society thesis). *Trans Am Ophthalmol Soc* 2006;104:414-436.
27. Molina A, Pérez RJ, Piñero DP. Current clinical application of microperimetry: a review. *Sem in ophthalmol* 2018;33:620-628.
28. Talib M, Jolly JK, Boon CJF. Measuring Central Retinal Sensitivity Using Microperimetry. *Methods Mol Biol* 2018;1715:339-349.
29. Molina A, Piñero DP, Pérez RJ. Normal values for microperimetry with the MAIA microperimeter: sensitivity and fixation analysis in healthy adults and children. *Eur J Ophthalmol* 2017;27:607-613.
30. Anastasakis A, McAnany JJ, Fishman GA, Seiple WH. Clinical value, normative retinal sensitivity values, and intrasession repeatability using a combined spectral domain optical coherence tomography/scanning laser ophthalmoscope microperimeter. *Eye (Lond)* 2011;25:245-251.
31. Shah VA, Chalam KV. Values for macular perimetry using the MP-1 microperimeter in normal subjects. *Ophthalmic Res* 2009;41:9-13.
32. Midena E, Vujosevic S, Cavarzeran F. Normal values for fundus perimetry with the microperimeter MP1. *Ophthalmology* 2010;117:1571-1576, 1576.e1571.
33. Patel DE, Cumberland PM, Walters BC, et al. Study of Optimal Perimetric Testing In Children (OPTIC): Normative Visual Field Values in Children. *Ophthalmology* 2015;122:1711-1717.
34. Puell MC, Pérez MJ, Palomo C. Macular Thickness and Mesopic Visual Acuity in Healthy Older Subjects. *Curr Eye Res* 2019;44:82-88.
35. Puell MC, Palomo C, Pérez MJ. Macular Inner Retinal Layer Thickness in Relation to Photopic and Mesopic Contrast Sensitivity in Healthy Young and Older Subjects. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2018;59:5487-5493.
36. Landa G, Rosen RB, Garcia PM, Seiple WH. Combined three-dimensional spectral OCT/SLO topography and microperimetry: steps toward achieving functional spectral OCT/SLO. *Ophthalmic Res* 2010;43:92-98.
37. Anastasakis A, McAnany JJ, Fishman GA, Seiple W. Clinical value, normative retinal sensitivity values, and intrasession repeatability using a combined spectral domain optical coherence tomography/scanning laser ophthalmoscope microperimeter. *Eye (Lond)* 2011;25:245-251.
38. Islam F. Retinal Thickness and Visual Acuity in Diabetic Macular Edema: An Optical Coherence Tomography-Based Study. *J Coll Physicians Surg Pak* 2016;26:598-601.
39. Huang P, Shi Y, Wang X, Zhang SS, Zhang C. Use of microperimetry to compare macular light sensitivity in eyes with open-angle and angle-closure glaucoma. *Jpn J Ophthalmol* 2012;56:138-144.

40. Roh M, Láíns I, Shin HJ, et al. Microperimetry in age-related macular degeneration: association with macular morphology assessed by optical coherence tomography. *Br J Ophthalmol* 2019;103:1769-1776.
41. Bernal N, Hormigó I, Arias A. Correlación de la densidad del cristalino medida por imágenes de Scheimpflug y parámetros facodinámicos en la optimización de la facoemulsificación. *Rev Mex Oftalmol* 2014;88:32-38.
42. Ferris III FL, Kassoff A, Bresnick GH, Bailey I. New visual acuity charts for clinical research. *Am J Ophthalmol* 1982;94:91-96.
43. Parodi MB, Triolo G, Morales M, et al. MP1 AND MAIA FUNDUS PERIMETRY IN HEALTHY SUBJECTS AND PATIENTS AFFECTED BY RETINAL DYSTROPHIES. *Retina* 2015;35:1662-1669.
44. Morales MU, Saker S, Wilde C, et al. Reference clinical database for fixation stability metrics in normal subjects measured with the MAIA microperimeter. *Transl Vis Sci Technol* 2016;5:6-6.
45. Sato S, Hirooka K, Baba T, Tenkumo K, Nitta E, Shiraga F. Correlation between the ganglion cell-inner plexiform layer thickness measured with cirrus HD-OCT and macular visual field sensitivity measured with microperimetry. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2013;54:3046-3051.
46. Kesler A, Vakhapova V, Korczyn AD, Naftaliev E, Neudorfer M. Retinal thickness in patients with mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. *Clin Neurol Neurosurg* 2011;113:523-526.
47. Agarwal P, Saini VK, Gupta S, Sharma A. Evaluation of Central Macular Thickness and Retinal Nerve Fiber Layer Thickness using Spectral Domain Optical Coherence Tomography in a Tertiary Care Hospital. *J Curr Glaucoma Pract* 2014;8:75-81.
48. Grover S, Murthy RK, Brar VS, Chalam KV. Normative data for macular thickness by high-definition spectral-domain optical coherence tomography (spectralis). *Am J Ophthalmol* 2009;148:266-271.
49. Adhi M, Aziz S, Muhammad K, Adhi MI. Macular thickness by age and gender in healthy eyes using spectral domain optical coherence tomography. *PLoS One* 2012;7:e37638.
50. Liu T, Hu AY, Kaines A, Yu F, Schwartz SD, Hubschman JP. A pilot study of normative data for macular thickness and volume measurements using cirrus high-definition optical coherence tomography. *Retina* 2011;31:1944-1950.
51. Tsui CK, Yang B, Yu S, et al. The Relationship between Macular Vessel Density and Thickness with Light Sensitivity in Myopic Eyes. *Curr Eye Res* 2019;44:1104-1111.
52. Sabates FN, Vincent RD, Koulen P, Sabates NR, Gallimore G. Normative data set identifying properties of the macula across age groups: integration of visual function and retinal structure with microperimetry and spectral-domain optical coherence tomography. *Retina* 2011;31:1294-1302.
53. Sulzbacher F, Kiss C, Kaider A, et al. Correlation of SD-OCT features and retinal sensitivity in neovascular age-related macular degeneration. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2012;53:6448-6455.
54. Hirooka K, Misaki K, Nitta E, Ukegawa K, Sato S, Tsujikawa A. Comparison of Macular Integrity Assessment (MAIA™), MP-3, and the Humphrey Field Analyzer in the Evaluation of the Relationship between the Structure and Function of the Macula. *PLoS One* 2016;11:e0151000.

# ANEXOS

## ANEXO I



**Dictamen Protocolo Favorable**

C.I. 16/539-E

11 de enero de 2017

### CEIC Hospital Clínico San Carlos

Dra. Mar García Arenillas  
Presidenta del CEIC Hospital Clínico San Carlos

#### CERTIFICA

Que el CEIC Hospital Clínico San Carlos en su reunión con acta 12.1/16 ha evaluado la propuesta del investigador referida al estudio:

**Título:** *"Relación entre la estructura de la retina y la función visual en sujetos mayores sin patología ocular"*.

**Código Interno:** 16/539-E

**Investigador:** Dra. Cinta Puell Marín

Que en este estudio:

- o Se cumplen los requisitos necesarios de idoneidad del protocolo en relación con los objetivos del estudio y están justificados los riesgos y molestias previsibles para el sujeto.
- o Es adecuado el procedimiento para obtener el consentimiento informado.
- o La capacidad del investigador y los medios disponibles son adecuados para llevar a cabo el estudio.
- o El alcance de las compensaciones económicas previstas no interfiere con el respeto de los postulados éticos.
- o Se cumplen los preceptos éticos formulados en la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica mundial sobre principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos y en sus posteriores revisiones, así como aquellos exigidos por la normativa legal aplicable en función de las características del estudio.

Es por ello que el Comité **informa favorablemente** sobre la realización de dicho proyecto por la Dra. Cinta Puell Marín como investigadora principal de la Facultad de óptica y optometría, UCM.

Lo que firmo en Madrid, a 11 de enero de 2017

Dra. Mar García Arenillas  
Presidenta del CEIC Hospital Clínico San Carlos

## **ANEXO II**



### **HOJA DE INFORMACIÓN AL PACIENTE Y CONSENTIMIENTO INFORMADO (HIP/CI)**

**TÍTULO DEL ESTUDIO:** Relación entre la estructura de la retina y la función visual en sujetos mayores sin patología ocular.

**INSTITUCIÓN:** Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Óptica y Optometría.

**INVESTIGADOR PRINCIPAL:** María Cinta Puell Marín

#### **INTRODUCCIÓN**

Nos dirigimos a usted para informarle sobre el desarrollo del estudio en el que se le propone participar. El estudio ha sido aprobado por un Comité de Ética de acuerdo a la legislación vigente. Nuestra intención es tan sólo que Ud. reciba la información correcta y suficiente para que pueda evaluar y juzgar si quiere o no participar en este estudio. Para ello le ruego que lea esta hoja informativa con atención, pudiendo consultar con las personas que considere oportuno, y nosotros le aclararemos las dudas que le puedan surgir después de la explicación.

#### **PARTICIPACIÓN VOLUNTARIA**

Su participación en este estudio es voluntaria y si usted decide en cualquier momento que NO quiere participar, no tendría que dar ninguna explicación si usted no quiere y esta decisión no implicará ninguna diferencia con respecto a la calidad de la asistencia que usted fuera a recibir.

#### **OBJETIVO DEL ESTUDIO**

El objetivo es determinar la relación entre la estructura de la retina en imágenes de tomografía de coherencia óptica (OCT) y la función visual psicofísica en ojos sanos jóvenes y envejecidos.

#### **DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO**

Si usted acepta participar en el estudio se le dará cita para acudir a la Clínica de Optometría de la Facultad de Óptica y Optometría y en una única visita se le realice una exploración optométrica además de las pruebas de función visual en el laboratorio de Visión Aplicada. La OCT es una técnica de imagen tomográfica (imagen por secciones) que no es invasiva y que se usa para medir con alta resolución el espesor de las estructuras de la retina. La prueba no es molesta para el paciente, no requiere contacto con el ojo, es rápida y carece de efectos secundarios. La función visual se medirá con test clínicos y psicofísicos que requieren que el paciente indique si ve o no los estímulos y/o que indique alguna de sus características.

#### **RIESGOS Y BENEFICIOS**

Ninguna de las pruebas que se le van a realizar comporta ningún riesgo para sus ojos o su salud. En algunos casos podría experimentar cansancio derivado de la necesidad de prestar

atención a los estímulos visuales durante la duración de la prueba. No obtendrá beneficios directos por participar en este estudio. Sepa además, que la información que se obtenga podría recabar nuevos datos de usted una vez terminado el estudio y servir de referencia a posibles estudios posteriores sobre el tema.

### **CONFIDENCIALIDAD**

Los datos que se obtengan de usted serán pasados a una base de datos en la que se recogerán los resultados de los pacientes, incluidas las revisiones. Todos estos datos, procedentes de su Historia Clínica o facilitados por usted mismo, serán tratados de acuerdo con el Reglamento general de protección de datos (RGPD) (Reglamento (EU) 2016/679), además de los derechos de acceso, rectificación, oposición y cancelación de datos (Ley orgánica 15/1999 de protección de datos), también tiene derecho a limitar el tratamiento de datos y solicitar una copia o que se trasladen a un tercero (portabilidad) los datos que usted ha facilitado para el estudio. Para ejercitar sus derechos, diríjase al investigador principal del estudio. Así mismo tiene derecho a dirigirse a la Agencia de Protección de Datos si no quedara satisfecho/a. Por ello el investigador que lleva a cabo el estudio o el personal que trabaje con él, recogerá esta información en un cuaderno de recogida de datos en el que tan solo aparece un número de identificación, pero nunca su nombre o iniciales. Por lo tanto, su identidad no será revelada a persona alguna salvo excepciones en caso de urgencia médica o requerimiento legal. Sólo el investigador principal/colaboradores podrá relacionar dichos datos con usted y con su historia clínica. El tratamiento, la comunicación y la cesión de los datos de carácter personal de todos los participantes se ajustarán a lo dispuesto en esta ley. Los datos se recogerán en un fichero de investigación responsabilidad de la institución y se tratarán en el marco de su participación en este estudio.

### **COMPENSACIÓN ECONÓMICA**

Su participación en el estudio no le supondrá ningún coste económico, y no se obtendrá compensación económica por participar.

### **OTRA INFORMACIÓN RELEVANTE**

No se esperan efectos adversos derivados de la exploración. No se esperan usos comerciales derivados de la investigación y, actualmente, no existe una fuente de financiación del proyecto de investigación. En caso de necesitar cualquier información o por cualquier otro motivo, no dude en contactar con los investigadores principales del estudio.

### **CONTACTO EN CASO DE DUDAS**

Si durante su participación tiene alguna duda o necesita obtener más información, póngase en contacto con la investigadora María Cinta Puell Marín del Departamento de Optometría y Visión de la Universidad Complutense de Madrid a través del correo electrónico [puellma@ucm.es](mailto:puellma@ucm.es) o en el teléfono 91346863.



## HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

**Título del estudio:** Relación entre la estructura de la retina y la función visual en sujetos mayores sin patología ocular.

**Institución:** Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Óptica y Optometría.

**Investigador Principal:** María Cinta Puell Marín

Yo (nombre y apellidos): .....

He leído la hoja de información que se me ha entregado sobre el estudio.

Acepto mi compromiso de cumplir con los procedimientos del estudio que se me han expuesto.

He podido hacer preguntas sobre el estudio.

He recibido suficiente información sobre el estudio.

He hablado con:.....(nombre del investigador)

Comprendo que mi participación es voluntaria.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

1. Cuando quiera
2. Sin tener que dar explicaciones.
3. Sin que esto repercuta en mis cuidados médicos.

Recibiré una copia firmada y fechada de este documento de consentimiento informado

Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio.

**Firma del participante**

**Fecha:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**(Nombre, firma y fecha de puño y letra por el paciente)**

**Firma del investigador**

**Fecha:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

## ANEXO III

Relación entre los espesores de la retina y la sensibilidad luminosa medida mediante microperimetría en ojos sanos jóvenes y mayores.



EXAMINADOR: .....

DATOS PERSONALES DEL PACIENTE:

ID:	Fecha nacimiento:	Edad:
Género: <input type="checkbox"/> Femenino <input type="checkbox"/> Masculino	Fecha exploración:	

### HISTORIA OCULAR, MÉDICA Y ANTECEDENTES FAMILIARES

#### QUEJA:

- Borrosidad en lejos       Dolores de cabeza       Irritación ocular  
 Estrabismo       Ojo vago       Otros:

#### HISTORIA OCULAR:

- Traumatismos       Infecciones       Cirugía       Visión doble       Otros:

#### HISTORIA MÉDICA:

- Diabetes       Hipertensión       Artritis reumatoide       Problemas tiroides       Otros:  
 Fuma: (    cigarrillos al día)       Deporte: (    veces a la semana)  
 Medicamentos:  
 Alergias:

#### ANTECEDENTES FAMILIARES (oculares y sistémicos):

- Glaucoma       Ceguera       Diabetes  
 Otros:

### REFRACCIÓN

	Compensación habitual		
	Esfera	Cilindro	Eje
OD			
OI			

Autorrefractometría (VX110)			
Fotópico			
	Esfera	Cilindro	Eje
OD			
OI			

Refracción subjetiva				
	Esfera	Cilindro	Eje	AV (LogMAR)
Ojo:				

<b>Medios</b>	Transparentes: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
	Clasificación LOCS III:
	Biomicroscopía:

El paciente cumple los criterios del estudio: <b>SI</b> <input type="checkbox"/> <b>NO</b> <input type="checkbox"/>
OJO EN QUE SE REALIZARÁN LAS MEDIDAS: <b>OD</b> <input type="checkbox"/> <b>OI</b> <input type="checkbox"/>

AV CON LA MEJOR CORRECCIÓN ÓPTICA						
Nº línea	Letras en cada línea					LogMAR
1	C	O	H	Z	V	1
2	S	Z	N	D	C	0.9
3	V	K	C	N	R	0.8
4	K	C	R	H	N	0.7
5	Z	K	D	V	C	0.6
6	H	V	O	R	K	0.5
7	R	H	S	O	N	0.4
8	K	S	V	R	H	0.3
9	H	N	K	C	D	0.2
10	N	D	V	K	O	0.1
11	D	H	O	S	Z	0
12	V	R	N	D	O	-0.1
13	C	Z	H	K	S	-0.2
14	O	R	Z	S	K	-0.3

Biometría (Lenstar)	
Longitud axial	Diámetro pupilar