

Curso 2017-2018

EL EFECTO DE FILTROS COLOREADOS (FOTOTERAPIA) EN LA ACOMODACIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO
GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

ARBIZU ARAMENDIA AMAIA

ÍNDICE

1. ABREVIATURAS	2
2. INTRODUCCIÓN	3
2.1 FOTOTERAPIA:.....	3
2.1.1 Historia:	3
2.1.2 Syntonic:.....	3
2.2 SISTEMA NERVIOSO	5
2.3 ACOMODACIÓN.....	6
2.4 OBJETIVO	8
2.5 HIPÓTESIS	8
3. MATERIAL Y MÉTODOS	8
3.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	8
3.2 CRITERIOS DE INCLUSIÓN.....	9
3.3 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	9
3.4 METODOLOGÍA.....	9
3.5 MATERIAL	11
3.6 RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS.....	14
4. RESULTADOS	15
4.1 GRUPO EXPERIMENTAL.....	15
4.2 GRUPO CONTROL	17
4.3 <i>MU-UPSILON</i> EN EXOFÓRICOS	18
4.4 <i>ALPHA-OMEGA/MU-DELTA</i> EN ENDOFÓRICOS.....	19
5. DISCUSIÓN	20
5.1 FILTRO <i>MU-UPSILON</i>	20
5.2 FILTRO <i>ALPHA-OMEGA/MU-DELTA</i>	21
5.3 GRUPO CONTROL	21
6. CONCLUSIÓN	23
7. BIBLIOGRAFÍA	24

1. ABREVIATURAS

AA: Amplitud de acomodación

AC/A: Accommodation Convergence/Accommodative

AV: Agudeza visual

cpm: Ciclos por minuto

CT: Cover Test

D: Dioptrías

FA: Flexibilidad acomodativa

FAB: Flexibilidad acomodativa binocular

FAM: Flexibilidad acomodativa monocular

m: Metros

N: Número de sujetos

OD: Ojo derecho

OI: Ojo izquierdo

p: Significación

SNC: Sistema nervioso central

SNP: Sistema nervioso periférico

VL: Visión lejana

VP: Visión próxima

2. INTRODUCCIÓN

2.1 FOTOTERAPIA:

La fototerapia optométrica o también llamada Syntonic es un método terapéutico basado en la influencia de la luz en el organismo. Se realiza mediante la aplicación de luz de ciertas frecuencias en los ojos; dichas frecuencias se encuentran dentro del espectro visible y se seleccionan según las necesidades del paciente.¹

2.1.1 Historia:

Desde hace años la luz se utiliza como método terapéutico, los primeros estudios sobre el efecto de la luz en el organismo datan de la edad antigua, año 1550 a.C aproximadamente, donde los egipcios utilizaban la luz solar como tratamiento curativo. Pero los primeros que documentaron la fototerapia fueron los griegos, los cuales usaban los llamados *Baños al Sol* para combatir enfermedades como la tuberculosis o viruela.^{2,3}

Desde entonces, la luz y el color se han utilizado en diferentes campos dedicados a la salud, como la medicina, fisioterapia o psicología entre otras.⁴ Pero en lo que a la fotometría optométrica respecta, los primeros avances se dieron a principios del siglo XX, de la mano del doctor Harry Riley Spilter. Entre los años 1920-1930 realizó diversos estudios, concluyendo que gran parte de las dolencias mentales, emocionales, sistémicas y visuales eran causadas por desequilibrios del sistema nervioso autónomo y endocrino. Desarrolló los principios de la aplicación de la fotometría en la visión, basándose en que la luz y el color provocan un efecto estimulante en el sistema endocrino y sistema nervioso autónomo. Al uso de la fototerapia en la optometría le dio el nombre de *Syntonics*, haciendo referencia a la sintonía del sistema nervioso, es decir, al equilibrio de éste.^{1,2,3}

Desde entonces Syntonic se ha utilizado en el tratamiento de diversas alteraciones como estrabismos, ambliopía, trastornos del aprendizaje, desordenes emocionales, lesiones cerebrales y alteraciones vergenciales y acomodativas entre otras⁵. Pero todavía no hay evidencias científicas que certifiquen la validez de este método terapéutico, pues los estudios experimentales que se han realizado a cerca de este tipo de terapia carecen calidad científica.⁶

2.1.2 Syntonic:

Como hemos dicho antes, Syntonic es una terapia no invasiva, la cual se basa en aplicar luz de una frecuencia seleccionada en el ojo.

Lo habitual antes de comenzar con la terapia Syntonic es realizar un examen que incluya: análisis del campo visual funcional, evaluación de la acomodación, binocularidad y reflejos pupilares. Posteriormente se elige el filtro más adecuado dependiendo de las necesidades de cada paciente y se plantea el tipo de terapia y la duración. Lo más común es combinarla con terapia visual convencional para acelerar la eficacia de esta, pero también puede aplicarse como única terapia.^{7,8}

Generalmente se utiliza en 20 sesiones con una duración de 20 minutos aproximadamente cada una, esto puede variar dependiendo de la potencia del instrumento y la afectación del paciente.⁴

En la fototerapia optométrica Syntonic se le da especial interés al análisis de la pupila y de los campos visuales. Se utiliza el término *pupila alpha-omega* para referirse a pupilas que no responden con normalidad a la luz, en esta prueba el sujeto mira a un estímulo no acomodativo y se le ilumina un ojo. Se denomina *pupila alpha-omega* cuando al iluminar la pupila, esta no se contrae o es incapaz de mantenerse contraída 15 segundos. Esto se relaciona directamente con el campo visual funcional, cuanto más rápida sea la dilatación al iluminar la pupila, mayor restricción del campo visual funcional existe.^{9,7} Recomiendan realizar un análisis del campo visual funcional antes de comenzar la terapia, durante la misma y a los meses de haberla finalizado, de tal forma se evalúa si la terapia se está realizando correctamente y está funcionando o por el contrario se deben cambiar los filtros y/o intensidad de estos. En esta valoración, se realizan varios estudios del campo visual:⁷

- Análisis del campo visual de movimiento: Campimetría clásica
- Análisis del tamaño de la mancha ciega
- Análisis del campo visual funcional: Igual que la campimetría clásica, pero en este caso el sujeto tiene que indicar cuando detectar que el objeto que se acerca por la periferia es del mismo color e intensidad que el punto de fijación. En este caso el punto de fijación es blanco.
- Análisis del campo visual funcional del color: Igual que el análisis del campo visual funcional pero en este caso el punto de fijación y el objeto son de color. Se realiza con azul, rojo y verde.

En estudios como el de J Liberman o P Heinric, se defiende que cuando existen campos visuales funcionales reducidos a causa de problemas en la entrada, procesamiento y salida de información (no por causas patológicas), como aseguran que sucede en niños con problemas de aprendizaje, los campos visuales funcionales aumentan gracias a la fototerapia.⁶ De esta misma forma, en un estudio realizado por R Kaplan, afirma que los campos visuales funcionales de los niños con déficits severos en la lectura se encuentran reducidos y a través de la fototerapia pueden aumentar.¹⁰

Se utilizan frecuencias dentro del espectro visible, que va aproximadamente desde los 380 nm a los 780 nm. Para aislar la frecuencia que se quiere aplicar se utilizan filtros coloreados con diferentes absorciones. Existen 11 filtros que se seleccionan dependiendo de la sintomatología del paciente. En la *Tabla 1* se muestran los filtros con sus principales características.⁷

Se pueden utilizar tanto por separado como en combinación, pero lo habitual es utilizarlos en combinados para generar mayor efecto.⁷

FILTRO	FUNCIÓN
<i>Alpha (α)</i>	Estimulante Sensorial
<i>Delta (δ)</i>	Estimulante Motor
Theta (θ)	Estimulante Motor Intenso
<i>Mu (μ)</i>	Equilibrador
Pi (π)	Depresor Sensorial
<i>Omega (ω)</i>	Depresor Sensorial
<i>Upsilon (υ)</i>	Depresor sensorial Intenso
Lambda (λ)	Depresor Motor leve combinado con estimulante sensorial
Depresor (D)	Se combina con otros para mayor efecto depresor sensorial y motor
Estimulante (S)	Se combina con otros para mayor efecto estimulante sensorial y motor
Neurasténico (N)	Solo para neurasténicos, también se combina con depresores.

Tabla 1: Filtros más comunes en Syntonix. En naranja los que se han utilizado en este estudio.

2.2 SISTEMA NERVIOSO (SN)

El SN junto con el sistema endocrino coordinan las actividades conscientes e inconscientes del organismo. El sistema nervioso, formado por neuronas, detecta estímulos, transmite información y coordina las respuestas. Por su parte, el sistema endocrino coordina y regula la función de órganos y tejidos mediante la secreción de hormonas.^{11, 12}

El sistema nervioso se divide en análisis anatómico y funcional:

SN análisis anatómico: Se divide en sistema nervioso central (SNC) y sistema nervioso periférico (SNP). El SNC recibe la información sensorial que llega a través del SNP y la coordina. Está compuesto por la médula espinal (cordón nervioso que está dentro de la columna vertebral) y por el encéfalo (masa que se encuentra en la cavidad craneal). El SNP por su parte es un conjunto de nervios (cúmulo de axones y dendritas) y ganglios (cúmulo de cuerpos neuronales), encargado de hacer llegar el estímulo sensorial al SNC y posteriormente hacer llegar el estímulo motor que ha indicado el SNC a los órganos efectores. El SNP está compuesto por 12 pares de nervios craneales y 31 pares de nervios espinales.^{12, 13}

Dentro de estos 12 pares craneales, el III. par craneal corresponde al nervio oculomotor común, el cual inerva el músculo ciliar, esfínter de la pupila y recto lateral interno entre otros, tres estructuras directamente relacionadas con la acomodación que más adelante analizaremos.¹⁴

SN análisis funcional: Funcionalmente se divide en SN somático y autónomo. Ambos llevan vías aferentes, encargadas de llevar impulsos a los centros nerviosos, y vías eferentes, encargadas de llevar los impulsos de los centros nerviosos a los músculos. El SN somático se encarga de los movimientos voluntarios y el autónomo de los involuntarios, dentro del SN autónomo encontramos el SN simpático y parasimpático, ambos sistemas son opuestos, es

decir, antagonistas, la predominancia de uno sobre el otro determina la actividad funcional del órgano.^{7,13}

El SN simpático se encarga de las funciones inconscientes, comprende una cadena de ganglios nerviosos que están a cada lado de la columna vertebral conectados entre sí y conectados al nervio espinal. El SN parasimpático contiene fibras del III, VII, IX, X y XI par craneal. En *Tabla 2* vemos las funciones principales que tiene cada uno en relación a la acomodación:^{7,13}

SN Simpático	SN Parasimpático
Dilata pupila	Contrae pupila
Disminuye acomodación	Aumenta acomodación
Disminuye aducción	Disminuye abducción

Tabla 2: Funciones principales del SN en relación a la acomodación

Como la elección del filtro se hace dependiendo de las funciones visuales que se quieren mejorar, y por lo tanto dependiendo de la parte del organismo que se quiera estimular, es importante comentar que los partidarios del Syntonic defienden que no todo el espectro visual estimula las mismas partes del organismo ni produce el mismo efecto. Las frecuencias altas estimularían el SN simpático, inhibirían el parasimpático y producirían emoción e irritabilidad, por el contrario, las frecuencias espaciales bajas estimularían el sistema parasimpático, inhibirían el simpático, producirían calma y depresión.^{7,15}

A esto hay que añadirle que las diferentes longitudes de onda activan diferentes fotorreceptores. Existen dos tipos de fotorreceptores, conos y bastones, los bastones son muy sensibles a la luz y nos proporcionan la capacidad de ver con luz tenue. En cuanto a los conos tenemos tres tipos diferentes, azules, verdes y rojos, que se caracterizan por el pico de máxima sensibilidad. Los conos rojos son más sensibles a longitudes de onda largas, los azules a cortas y los verdes a medianas, pero esto no quiere decir que cada cono responda únicamente a una longitud de onda, todos los conos generan respuesta ante las longitudes de onda, solo que la respuesta es más débil contra menos específico sea el cono para dicha longitud.¹⁶

2.3 ACOMODACIÓN

La acomodación es el proceso que realiza el sistema visual para aumentar la potencia del cristalino. Este proceso se realiza mediante un conjunto de fibras transparentes que forman la zónula de Zinn, estas van desde el cuerpo ciliar, donde se encuentra el músculo ciliar, hasta la periferia del cristalino.^{14,17}

En condiciones de reposo, el músculo ciliar está relajado y las fibras están tensas (menor potencia dióptrica). Sin embargo, en el proceso de acomodación el músculo ciliar se contrae, lo que provoca relajación de las zónulas de Zinn y esto a su vez produce un encurvamiento de la cápsula cristalínea, disminución del diámetro ecuatorial y aumento del espesor central, por lo que aumenta la potencia dióptrica del cristalino.^{14,17}

El músculo ciliar está inervado por las fibras del SN parasimpático (autónomo) que vienen del III par craneal, el nervio oculomotor. Esta misma inervación la comparte con los músculos rectos internos (músculos que actúan en la convergencia y divergencia) y el músculo esfínter de la pupila entre otros.¹⁴ Por lo tanto, teniendo en cuenta la idea de que no todo el espectro visible

estimula todo el organismo por igual, las frecuencias espaciales bajas estimularán la acomodación, convergencia y miosis.

Al acercar un objeto a los ojos, la imagen de este se forma hacia el lado temporal de la fóvea, por lo tanto, los ojos además de acomodar para ver la imagen nítida, tienen que rotar hacia dentro (convergencia) para mantener la imagen en la fóvea. La relación entre vergencias y acomodación o AC/A (Accommodation Convergence/Accommodative), mide las dioptrías prismáticas que se activan con una dioptría de acomodación.^{14, 17}

Esta relación acomodación-convergencia-miosis se denomina *sincinesia* y genera aumento de la profundidad de foco, disminución de las aberraciones periféricas creadas por el ojo y regulación de la luz que entra en el globo ocular.¹⁷

El proceso acomodativo depende de la edad del sujeto, distancia a la que se encuentra el objeto y el tamaño del mismo. En el proceso influyen varios mecanismos:¹⁷

- **Reflejo de acomodación:** Se trata de un enfoque automático que se produce cuando la imagen que se crea en la retina está desenfocada. Este mecanismo se produce tanto en visión lejana (VL) como en visión próxima (VP).
- **Vergencia acomodativa:** Como se ha comentado antes, los músculos rectos laterales internos están inervados por el III. par craneal, al igual que los músculos ciliares, por lo tanto, la convergencia y divergencia están relacionadas con la estimulación y relajación de la acomodación.
- **Acomodación proximal:** Se trata del mecanismo que se activa al acercar un objeto al ojo a menos de 6 metros (m). En estos casos la imagen se crea detrás de la retina, lo que provoca visión borrosa, cuando esto sucede, automáticamente se estimula la acomodación haciendo coincidir la imagen en la retina (ver Figura 1). Esto también se produce aunque el objeto esté aparentemente a más de 6m (rayos entran en el ojo paralelos entre sí), pero el sujeto sepa que el objeto se encuentra próximo a él, como por ejemplo al mirar por un microscopio.
- **Acomodación tónica:** Mecanismo producido por la tonicidad del músculo ciliar, sin que la imagen sea borrosa ni el objeto esté próximo.

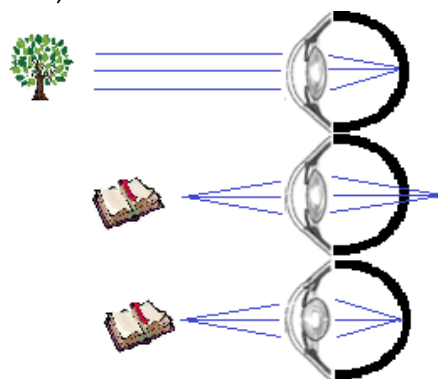


Figura 1: Proceso acomodación

Hay varios factores que estimulan la acomodación, entre los que se encuentra la borrosidad de imágenes retinianas, cambio en la inclinación de los rayos que llegan a la retina, movimiento de los objetos, cambio en las imágenes retinianas, aberración cromática, distancia y tamaño que se aprecia de los objetos.¹⁷

Por otra parte, al colocar lentes positivas o negativas también se modifica la acomodación. Las lentes convergentes (positivas), aumentan la potencia del ojo (la imagen se crea más cerca del cristalino) por lo que generan relajación de la acomodación y pueden llegar a miopizar. Sin embargo, las lentes divergentes (negativas) disminuyen la potencia del ojo (la imagen se crea más lejos del cristalino), por lo tanto si la imagen llega a formarse detrás de la retina (hipermetropía), esto se compensa estimulando la acomodación, siempre y cuando la capacidad acomodativa lo permita.¹⁷

Cuando la acomodación no funciona correctamente causa molestias visuales. Para analizar el correcto funcionamiento del proceso acomodativo se evalúan varios factores:¹⁷

- Amplitud de acomodación (AA): Capacidad máxima que tiene el cristalino de aumentar su poder dióptrico. Disminuye con la edad.
- Flexibilidad acomodativa (FA): Capacidad de estimular y relajar la acomodación en un periodo de tiempo limitado.
- Acomodación relativa negativa y acomodación relativa positiva (ARN/ARP): Habilidad para relajar/estimular la acomodación sin poner en juego las vergencias.
- Método de estimación monocular (MEM): Respuesta del sistema acomodativo frente a un estímulo.
- AC/A: Variación de convergencia que provoca una dioptría de acomodación.

Obtener resultados fuera de la norma en estas pruebas puede ser signo de disfunciones acomodativas como el exceso de acomodación, insuficiencia de acomodación o inflexibilidad acomodativa entre otros. Sin olvidar que la acomodación está significativamente relacionada con la convergencia, por lo tanto en las pruebas en las que se evalúa la acomodación binocularmente las vergencias también se estimulan.¹⁷

2.4 OBJETIVO

El objetivo de este estudio es analizar la influencia de la fototerapia optométrica Syntonic en la acomodación tras una sesión con esta técnica de terapia con diferentes filtros. Por otro lado se pretende comparar estos resultados con los obtenidos en el grupo control tras una sesión con un filtro solar convencional.

2.5 HIPÓTESIS

Tras la fototerapia Syntonic, se espera que en el grupo experimental haya cambios significativos en la acomodación, y sin embargo no se produzcan cambios en el grupo control.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Se trata de un ensayo clínico aleatorizado dividido en dos grupos, un grupo experimental con 30 individuos y otro grupo control de 10. En el grupo experimental se utilizaron los filtros específicos a evaluar, que son los más utilizados en forias y tropias:⁷

- *Mu-epsilon* para desviaciones hacia temporal (exodesviación)
- *Alpha-omega/mu-delta* para desviaciones hacia nasal (endodesviación).

Este grupo acudió en dos sesiones diferentes con un intervalo mínimo de 24 horas entre sesión y sesión, los filtros se utilizaron aleatoriamente.

Al grupo control se le realizó una única sesión con una gafa de sol convencional, para poder comparar los resultados obtenidos con los resultados del grupo experimental.

El estudio contó con 32 voluntarios, con una media de edad de $23,38 \pm 4,70$ años y un rango que iba de los 20 a los 40 años. El 16.25% fueron hombres y el 85.75% mujeres. El grupo experimental compuesto por 30 sujetos, tuvo una media de edad de $23,47 \pm 4,84$ años y un rango de edad de 20-40 años. La participación fue del 13.33% hombres y 86.67% mujeres. En el

grupo control, compuesto por 10 sujetos, la media edad fue de $22,20 \pm 2,10$ años y un rango de edad de 20 a 28 años. En este grupo el 40% fueron hombres y el 60% mujeres.

De los 32 sujetos que participaron en el estudio, 8 participaron en las 3 sesiones (gafa de sol, *mu-epsilon* y *alpha-omega/mu-delta*), 2 participaron en la sesión de gafa de sol y 22 en dos sesiones (*mu-epsilon* y *alpha-omega/mu-delta*).

Todas las sesiones fueron realizadas en la Universidad de Zaragoza, bajo la supervisión de dos estudiantes de cuarto curso del grado de Óptica y Optometría.

3.2 CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Prestarse voluntario a participar en el estudio tras firmar el consentimiento informado.
- Agudeza visual (AV) >0.8 en VL y unidad en VP.

3.3 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Tener presbicia
- Suprimir un ojo
- Padecer patologías oculares o sistémicas que cursen con afectación visual.

3.4 METODOLOGÍA

La participación en el estudio comenzaba tras haber leído y firmado el consentimiento informado, ver *ANEXO I*.

Se realizó una batería de pruebas optométricas en cada uno de los individuos. Todas ellas se llevaron a cabo con la corrección habitual del paciente y con una luminancia de 145,4 lux aproximadamente. Los valores obtenidos en cada prueba se anotaron en una hoja de resultados, ver *ANEXO II*. Las pruebas fueron las siguientes:

- **AV en VL y VP:** Mediante el optotipo de Snellen e iluminación ambiente, tanto en monocular como binocular.
- **Test de Worth en VL y VP:** Con luz ambiente, portando la gafa anáglifo con filtro verde en el ojo izquierdo y filtro rojo en el ojo derecho, se presentó la linterna de Worth que consta de cuatro luces, dos verdes, una roja y otra blanca. De tal forma que las luces verdes se ven con el ojo izquierdo, la luz roja con el derecho y la blanca con ambos, así se evalúa el segundo estadio de la visión binocular, la fusión. Si se perciben las 4 luces el sujeto fusiona con normalidad, si percibe 3 (verdes) suprime el ojo derecho, si percibe 2 (rojas) suprime el ojo izquierdo y si percibe 5 tiene visión simultánea sin fusión.¹⁷

Mediante estas dos primeras pruebas, usando los criterios de inclusión y exclusión (AV mayor o igual que 0.8 en lejos con su mejor corrección, no ser présbita, fusionar y no tener patologías con afectación visual), se valoró si los sujetos eran aptos o no para continuar en el estudio. Si eran válidos para participar se continuó con las siguientes pruebas en el orden que se indica (todos fueron válidos):

1. **Titmus-Wirt:** A 40 cm portando gafas polarizadas y con iluminación ambiente normal. Mediante este test se determinó la estereogudeza en VP, el tercer estadio de la visión binocular. Los valores normales de la estereopsis están entre 60-20 segundos de arco, el test utilizado en este estudio determina grados de entre 3000 y 40 segundos de arco.¹⁸

2. **Cover test en VL y VP:** Se trata de un test que se realizó para evaluar la existencia de desviación latente o manifiesta y poder cuantificarla mediante prismas. En VP se presentó un optotipo de línea vertical numérica de AV 0.8 y en VL una línea vertical de Snellen dos líneas inferior a la AV. En ambos casos el sujeto debía fijar la mirada en un número o letra respectivamente. Para realizar la prueba se ocluye un ojo y se mira el movimiento del ojo desocluído, se realiza la misma operación en el otro ojo, si no hay movimiento no existe desviación manifiesta y se pasa a evaluar la desviación latente. En este caso se ocluyen alternativamente ambos ojos y se observa el ojo que se desocluye, si no hay movimiento no habrá desviación latente. Los movimientos oculares hacia el lado temporal (endotropía/endoforia) se corrigen con prisma base temporal y los movimientos hacia el lado nasal (exotropía/exoforia) con prisma base nasal.¹⁷
3. **Flexibilidad acomodativa binocular (FAB) en VP:** Esta prueba se realizó con flippers de $\pm 2.00D$, iluminación ambiente adecuada y luz auxiliar para iluminar el optotipo de cerca, el cual se trató de una columna vertical numérica a 40cm. La prueba consiste en aclarar las letras del optotipo, de forma que se valora la habilidad binocular del sistema visual de acomodar y relajar la acomodación. Esta prueba no es exclusivamente acomodativa, pues al ser binocular las vergencias también se activan, con la lente positiva se evalúa la relajación de la acomodación y las vergencias fusionales positivas y con lentes negativas la estimulación de la acomodación y las vergencias fusionales negativas. El test comienza colocando la potencia de +2.00D delante de los ojos, cuando se consigue aclarar el optotipo se cambia a -2.00D y así sucesivamente durante 1 minuto, se anotan los ciclos por minuto (cpm). Los valores normales suelen ser mayores a 12cpm.¹⁷
4. **Flexibilidad acomodativa monocular (FAM) en VP:** El protocolo y procedimiento para realizar esta prueba fue el mismo que para evaluar la flexibilidad acomodativa binocular, pero en este caso al ser monocular únicamente se evalúa la capacidad que tiene el ojo para relajar y estimular la acomodación. En la realización de esta prueba se utilizó el ocluser para tapar el ojo no evaluado, se evaluó primero el ojo derecho (OD) y posteriormente el ojo izquierdo (OI). En este caso los valores esperados son de 13 cpm aproximadamente.¹⁷
5. **AA monocular:** Este test se llevó a cabo para evaluar la máxima capacidad acomodativa del sistema visual. Se realizó mediante un foróptero automático, colocando un optotipo con una línea vertical de AV 0.8 a 40 cm y ocluyendo el ojo no evaluado. Se realizó mediante el método de Sherad, el cual se basa colocar lentes negativas delante del ojo en pasos de -0.25D con un intervalo de 1 segundo aproximadamente, hasta conseguir una borrosidad mantenida (amplitud de acomodación). A ese valor se le suma -2.50D por la demanda acomodativa que introduce al tener el test colocado a 40cm. Primero se evaluó el OD y posteriormente el OI.¹⁷

Una vez realizadas las pruebas se pasó a realizar la sesión de Syntonic, basada en mirar a un estímulo de luz durante 20 minutos.

Posteriormente a la sesión syntónica se realizó la misma batería de pruebas excluyendo la toma de AV y test de Worth, pues estas se utilizaron como criterio de exclusión.

Las sesiones de Syntonic se realizaron siguiendo las indicaciones que el optometrista Stefan Collier, vicepresidente del colegio de Syntonics, recomienda en el libro "In Syntony": En la sesión

con *mu-epsilon* fueron 20 minutos seguidos y en la sesión con los filtros *alpha-omega/mu-delta* fueron 10 minutos con cada gafa respectivamente (un total de 20 minutos). En esta sesión entre la gafa *alpha-omega* y la gafa *mu-delta* se esperó un minuto aproximadamente, hasta que se dejaba de apreciar postimagen, esto se supone que es signo de que el sistema nervioso autónomo está relajado. ⁷ Todas las sesiones se realizaron en una sala con la luz apagada.

La sesión del grupo control con la gafa de sol convencional fue de 20 minutos seguidos.

Inicialmente el estudio se realizó en el grupo experimental y el grupo control al completo y se analizaron los datos obtenidos. Posteriormente se decidió dividir los sujetos en endofóricos y exofóricos y analizar los datos de ambos grupos por separado, de tal forma que en la sesión indicada para sujetos con exodesviaciones (filtros *mu-epsilon*) se estudiaron los datos obtenidos en los sujetos exofóricos (no hubo sujetos con exotropía) y en la sesión indicada para sujetos con endodesviaciones (filtros *alpha-omega/mu-delta*) se estudiaron los datos obtenidos en los sujetos endofóricos (no hubo sujetos con endotropía). Esto se realizó para saber si se obtenían mejores resultados con el filtro recomendado según el estado fórico.

3.5 MATERIAL

El material utilizado para realizar el estudio es el siguiente:

- Syntonizer: Se trata de un instrumento de forma ortoédrica de 50 cm de longitud, 8'50 cm de altura y 16 cm de profundidad. Por un extremo se mira hacia el interior apoyando frente y pómulos. Por el otro extremo, a 36 cm encontramos una bombilla de luz blanca. Hay muchos tipos de Syntonizers, desde los más sofisticados que llevan los filtros incluidos dentro del aparato, ver *Figura 2*, hasta los más simples donde los filtros vienen



Figura 2: Syntonic Color Coach (Optomatters, Amberes, Bélgica) ²⁰



Figura 3: Syntonic Color Boy utilizado en el estudio

montados en gafas de plástico. El utilizado en este estudio es el Color Boy (Optomatters, Amberes, Bélgica), ver *Figura 3*, una versión pensada para que los pacientes puedan transportarlo y usarlo en sus casas. En este tipo de Syntonizers los filtros no están incorporados al aparato, vienen aparte para mayor ligereza y para que el paciente únicamente se lleve el filtro adecuado para cada caso. ¹⁹

- Filtros específicos: Los filtros que se analizaron son los aconsejados en el caso de exoforia y exotropía, que corresponde a la combinación *mu-epsilon* (ambos colocados en una misma gafa simultáneamente) y a los utilizados para endoforias y endotropías, que son la combinación *mu-delta* y *alpha-omega* (dos gafas en la misma sesión, primero *mu-delta* en y posteriormente *alpha* y *omega*), ver *Figura 4*.

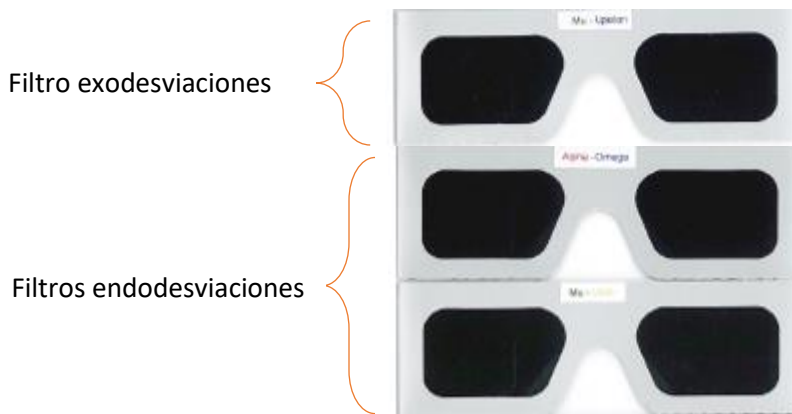
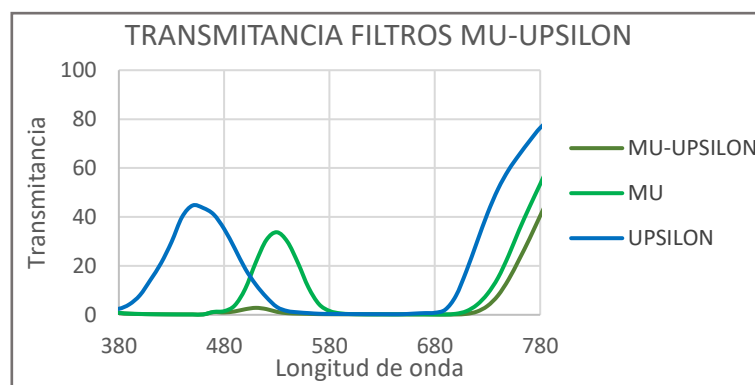


Figura 4: Filtros utilizados ²¹

1. **Mu-epsilon:** Según el colegio de optometría Syntonic, la combinación de ambos filtros está indicada para personas con exotropía/exoforia o que padezcan insuficiencia de acomodación entre otros. Mediante estos filtros se pretende estimular el SN parasimpático, pues como hemos dicho antes, es el encargado de inervar el músculo recto interno y músculo ciliar, implicados en la convergencia y la acomodación.⁷

En la *Gráfica 1* podemos ver la transmitancia del espectro de luz visible que tienen ambos filtros. *Mu*, de color verde, deja pasar entre 480-580 nm y a partir de los 690 nm aproximadamente. *Upsilon*, de color azul oscuro, entre 380-530 nm y a partir de 680 nm. Pero en combinación, que es como se aplica, se superponen los picos de mayor transmitancia con los de menor transmitancia, de forma que la transmitancia queda limitada hasta los 720nm aproximadamente.

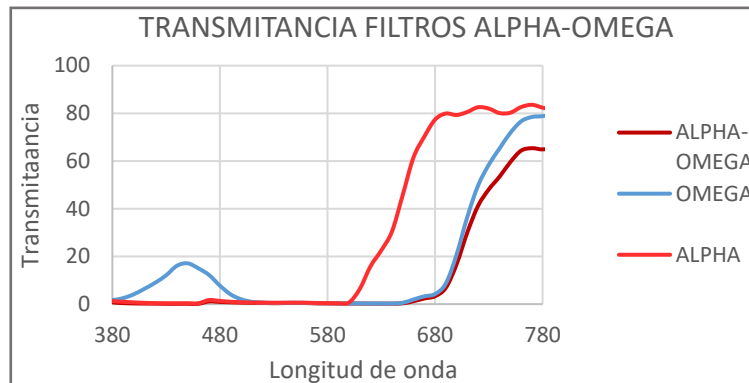


Gráfica 1: Transmitancia filtro Mu-epsilon

2. **Alpha-omega:** Estos filtros están indicados para personas con problemas emocionales y acomodación disminuida entre otras, son filtros que pretenden equilibrar el SN simpático y parasimpático. Estos filtros suelen usarse de manera secundaria, es decir, no es habitual que se prescriban para sesiones completas, sino en combinación con otros filtros para complementar y reforzar el efecto de estos.⁷ En este caso los hemos utilizado en los primeros 10 minutos de la sesión, antes de los filtros *mu-delta*.

El filtro *alpha* es de color rojo y el filtro *omega* azulado, en la *Gráfica 2* se indica la transmitancia que tienen, en la cual vemos que al combinar ambos filtros se

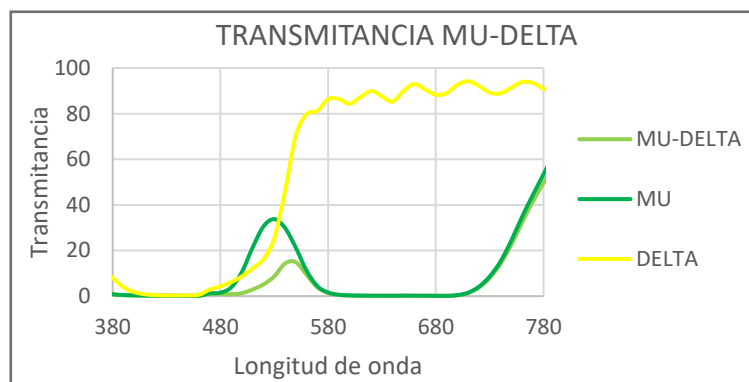
superponen, de manera que en conjunto permite la transmitancia a partir de los 650nm aproximadamente, llegando al 60% de transmitancia en el pico más alto (750 nm aproximadamente).



Gráfica 2: Transmitancia Alpha-Omega

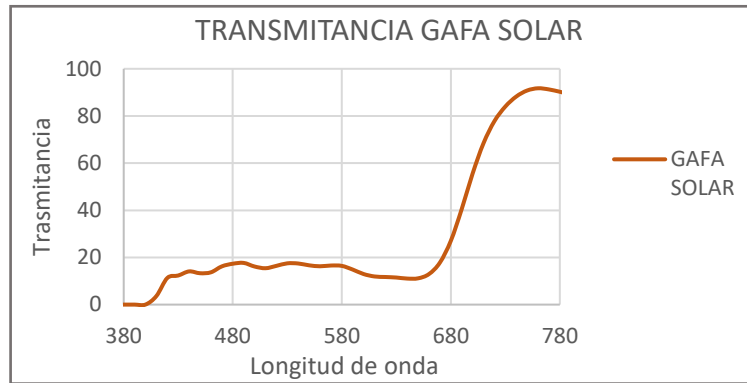
3. **Mu-delta:** Filtro indicado para personas con endotropía/endoforia que padezcan insuficiencia o exceso de acomodación entre otras. Se ha utilizado en la segunda mitad de la sesión (10 minutos) después de los filtros *alpha-omega*. Estos filtros pretenden activar el SN simpático, por tanto inhiben el parasimpático, de tal forma que se pretende disminuir la acción de los músculos rectos internos, músculo ciliar y activar el músculo dilatador de la pupila. Para así disminuir la convergencia y la acomodación y facilitar la disminución de la endodesviación.⁷

El filtro *mu* es de color verde y el filtro *delta* de color amarillo; en la Gráfica 3 vemos como la combinación de estos filtros hace que la transmitancia total quede limitada entre la longitud de onda 480-580nm y a partir de 720nm aproximadamente.



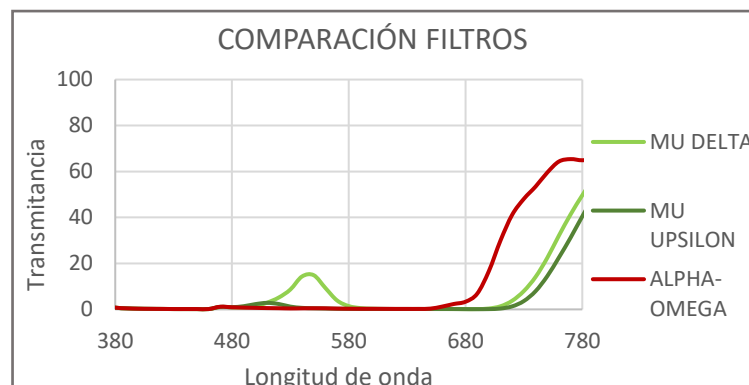
Gráfica 3: Transmitancia Mu-Delta

- Filtro solar: Utilizamos una gafa de sol convencional para realizar una sesión al grupo control formado por 10 sujetos. Las lentes utilizadas fueron de la marca Ray Ban con la curva de transmitancia que se observa en la Gráfica 4:



Gráfica 4: Transmitancia gafa solar

Analizando la *Gráfica 5*, en la que se compara la transmitancia de los filtros que se han utilizado en este estudio observamos ciertas similitudes entre ellos, los tres destacan por transmitir las longitudes de onda altas. El filtro *Mu-epsilon* (exodesviaciones) es el que menor transmitancia tiene, con mínima transmitancia entorno a los 510 nm y posteriormente a partir de los 720nm, que consigue una transmitancia del 40% en los 780 nm. El filtro *Alpha-omega* (equilibrio entre sistema nerviosos simpático y parasimpático, utilizado en la primera mitad de la sesión de endodesviaciones), tiene una transmitancia del 65% entorno a los 750 nm y transmitancia nula antes de los 660 nm. El filtro *Mu -delta* (endodesviaciones, utilizado en la segunda mitad de la sesión) consigue una transmitancia del 15% entorno a los 500 y 580 nm y a partir de los 720nm aumenta hasta el 50% sobre los 780nm.



Gráfica 5: Comparación transmitancia filtros

3.6 RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS

Todas las medidas realizadas en este estudio se recopilaron en el programa Excel (Microsoft® Office Excel 2013, Microsoft Corporation). En cuanto al análisis estadístico para cada variable se realizó mediante el paquete estadístico SPSS 22.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EEUU).

Todas las variables obtenidas fueron cuantitativas, se definieron mediante la media y desviación estándar y se estudió su normalidad mediante el test de Kolmogorov-Smirnov.

Se utilizó el test no paramétrico para dos muestras relacionadas de Wilcoxon para comparar las variables cuantitativas de dos grupos dependientes. La hipótesis nula se basó en que las medias de las dos muestras son las mismas y se consideró estadísticamente significativo un nivel de $p < 0,05$.

4. RESULTADOS

Se analizaron los resultados obtenidos de dos maneras diferentes, primero se estudió que sucede en el grupo experimental en conjunto, es decir, en todos los sujetos independientemente de los resultados obtenidos en el Cover Test (CT), así como lo que sucede en el grupo control. Posteriormente se estudió a los sujetos del grupo experimental teniendo en cuenta los valores obtenidos en el Cover Test, es decir, lo que ha pasado en los sujetos exofóricos con los filtros recomendadas para exodesviaciones (*mu-epsilon*) y en los sujetos endofóricos con los filtros recomendados para endodesviaciones (*alpha-omega/mu-delta*).

Para comparar los resultados, se utilizó el test de Wilcoxon debido a que la muestra no seguía una distribución normal.

4.1 GRUPO EXPERIMENTAL

Estadística descriptiva de la sesión con filtro *mu-epsilon*:

Siendo el número de sujetos (N) que han participado 30, la *Tabla 3* indica los valores de la estadística descriptiva, el valor mínimo, valor máximo, valor medio y desviación estándar de cada parámetro en la sesión con el filtro *mu-epsilon*.

	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación estándar</i>
<i>AA OD 1 (D)</i>	6,00	16,00	9,98	± 2,37
<i>AA OD 2 (D)</i>	6,00	16,25	10,23	± 2,48
<i>AA OI 1 (D)</i>	5,50	15,25	10,32	± 2,61
<i>AA OI 2 (D)</i>	5,75	16,25	10,50	± 2,78
<i>FAB 1 (cpm)</i>	1,00	19,00	10,03	± 5,32
<i>FAB 2 (cpm)</i>	2,00	20,00	11,00	± 5,65
<i>FAM OD 1 (cpm)</i>	2,00	19,00	11,03	± 5,26
<i>FAM OD 2 (cpm)</i>	1,00	24,00	12,70	± 5,90
<i>FAM OI 1 (cpm)</i>	1,00	23,00	13,07	± 5,61
<i>FAM OI 2 (cpm)</i>	0,00	22,00	13,17	± 5,69

*Tabla 3: Estadística descriptiva filtro *mu-epsilon* (para exotropía/exoforia)*

La primera columna, en la que se indica la batería de pruebas realizadas, "1" corresponde a los valores obtenidos antes de la sesión de Syntonic y "2" a los valores obtenidos posteriormente al Syntonic. Esta regla se sigue en todas las tablas de estadística descriptiva. En este caso observamos como la media de todos los valores es mayor tras la sesión de Syntonic.

Análisis comparativo antes y después de la sesión con filtro *mu-epsilon*:

La *Tabla 4* indica el porcentaje de sujetos que han obtenido valores menores, mayores e iguales después de la fototerapia optométrica Syntonic. En todos los casos se obtiene un porcentaje mayor de sujetos que aumentan los valores tras la sesión.

	<i>AA OD</i>	<i>AA OI</i>	<i>FAB</i>	<i>FAM OD</i>	<i>FAM OI</i>
<i>Valores menores tras sesión Syntonic</i>	23,33%	36,67%	23,33%	23,33%	36,67%
<i>Valores mayores tras sesión Syntonic</i>	53,33%	53,33%	56,67%	66,67%	40%
<i>Mismo valor tras sesión Syntonic</i>	23,33%	10%	20%	10%	23,33%

*Tabla 4: Datos estadísticos comparativos con filtro *mu-epsilon**

La *Tabla 5* muestra la media de la diferencia, su desviación estándar y el valor de la significación estadística obtenido con el test de Wilcoxon. Hubo mejoras significativas ($p < 0,05$) en AA del OD, FAB y FAM del OD.

	Media de la diferencia	Desviación estándar	p
AA OD (D)	0,25	± 0,66	0,043
AA OI (D)	0,18	± 0,79	0,211
FAB (cpm)	0,97	± 2,95	0,047
FAM OD (cpm)	1,67	± 2,71	0,004
FAM OI (cpm)	0,10	± 2,31	0,645

Tabla 5: Datos comparativos de la media y significación estadística con filtro mu-epsilon

Estadística descriptiva de la sesión con filtro *alpha-omega/mu-delta*:

Siendo N: 30, la *Tabla 6* indica los valores de la estadística descriptiva, el valor mínimo, valor máximo, valor medio y desviación estándar de cada parámetro en la sesión indicada para endotropía/endoforia. En este caso, exceptuando la media de la AA del OI, el resto de parámetros aumentan tras la sesión de Syntonic.

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
AA OD 1 (D)	5,50	15,50	9,86	± 2,39
AA OD 2 (D)	5,75	15,75	9,97	± 2,24
AA OI 1 (D)	5,50	16,50	10,12	± 2,76
AA OI 2 (D)	5,50	16,00	9,91	± 2,46
FAB 1 (cpm)	2,00	17,00	10,60	± 4,67
FAB 2 (cpm)	2,00	20,00	10,90	± 5,71
FAM OD 1 (cpm)	0,00	24,00	11,77	± 6,07
FAM OD 2 (cpm)	1,00	24,00	11,90	± 6,48
FAM OI 1 (cpm)	0,00	22,00	12,43	± 5,61
FAM OI 2 (cpm)	2,00	25,00	12,73	± 6,18

*Tabla 6: Estadística descriptiva filtros *alpha-omega/mu-delta* (para *endotropía/endoforia*)*

Análisis comparativo antes y después de la sesión con los filtros *alpha-omega/mu-delta*:

La *Tabla 7* indica el porcentaje de sujetos que han obtenido valores menores, mayores e iguales en las pruebas después de la fototerapia optométrica Syntonic. En los parámetros de la AA del OI y FAM del OD un mayor porcentaje de sujetos empeoran tras la sesión, en el resto de parámetros la mayoría mejoran.

	AA OD	AA OI	FAB	FAM OD	FAM OI
Valores menores tras sesión Syntonic	33,33 %	43,33 %	26,67 %	43,33 %	43,33 %
Valores mayores tras sesión Syntonic	46,67 %	36,67 %	43,33 %	40,00 %	46,67 %
Mismo valor tras sesión Syntonic	20,00 %	20,00 %	30,00 %	16,67 %	10,00 %

*Tabla 7: Datos estadísticos comparativos con los filtros *alpha-omega/mu-delta**

En la *Tabla 8* vemos la media de la diferencia y la desviación estándar. El valor negativo de la AA del OI significa que el valor medio en esa prueba ha sido inferior tras la sesión Syntónica. En esta tabla también se indica el valor de la significación estadística obtenido con el test de Wilcoxon. En este caso no hubo mejoras significativas ($p < 0,05$).

	Media de la diferencia	Desviación estándar	p
AA OD (D)	0,11	± 0,75	0,493
AA OI (D)	-0,21	± 0,98	0,499
FAB (D)	0,30	± 3,10	0,766
FAM OD (cpm)	0,13	± 3,67	0,914
FAM OI (cpm)	0,30	± 3,00	0,545

Tabla 8: Datos comparativos de la media y significación estadística con los filtros alpha-omega/mu-delta

4.2 GRUPO CONTROL

Estadística descriptiva del grupo control:

Siendo N: 10, la *Tabla 9* indica los valores de la estadística descriptiva, el valor mínimo, valor máximo, valor medio y desviación estándar de cada parámetro en la sesión realizada al grupo control con gafa de sol convencional. En este grupo el valor medio de todas las pruebas aumenta tras la sesión de Syntonic exceptuando la AA del OI que se mantiene igual.

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
AA OD 1 (D)	8,00	11,75	10,00	± 1,34
AA OD 2 (D)	8,00	11,50	10,13	± 1,16
AA OI 1 (D)	8,00	12,75	10,38	± 1,37
AA OI 2 (D)	8,00	12,25	10,38	± 1,41
FAB 1 (cpm)	3,00	16,00	9,40	± 4,01
FAB 2 (cpm)	4,00	16,00	9,90	± 4,12
FAM OD 1 (cpm)	3,00	19,00	9,30	± 4,95
FAM OD 2 (cpm)	4,00	21,00	10,50	± 6,24
FAM OI 1 (cpm)	2,00	19,00	10,30	± 5,14
FAM OI 2 (cpm)	3,00	22,00	11,90	± 7,13

Tabla 9: Estadística descriptiva del grupo control

Análisis comparativo antes y después de la sesión del grupo control:

La *Tabla 10* indica el porcentaje de sujetos que han obtenido valores menores, mayores e iguales en las pruebas después de la fototerapia optométrica Syntonic. Se observa un porcentaje mayor de sujetos que mejoran tras la sesión en todas las pruebas exceptuando en la AA del OI.

	AA OD	AA OI	FAB	FAM OD	FAM OI
Valores menores tras sesión Syntonic	20,00%	50,00%	20,00%	20,00%	30,00%
Valores mayores tras sesión Syntonic	50,00%	30,00%	40,00%	60,00%	70,00%
Mismo valor tras sesión Syntonic	30,00%	20,00%	40,00%	20,00%	0,00%

Tabla 10: Datos estadísticos comparativos del grupo control

La *Tabla 11* indica la media de la diferencia así como la desviación estándar y el test de Wilcoxon utilizado para comparar los resultados. No hubo mejoras estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

	Media de la diferencia	Desviación estándar	p
AA OD (D)	0,12	± 0,50	0,495
AA OI (D)	0,00	± 0,64	1,000
FAB (cpm)	0,50	± 2,80	0,527
FAM OD (cpm)	1,20	± 2,57	0,155
FAM OI (cpm)	1,60	± 3,31	0,181

Tabla 11: Datos comparativos de la media y significación estadística del grupo control

4.3 MU-UPSILON EN EXOFÓRICOS

Hubo 16 sujetos exofóricos en la sesión con el filtro *mu-epsilon*.

Estadística descriptiva de la sesión con filtro *mu-epsilon* de los 16 sujetos exofóricos:

La *Tabla 12* Indica los valores de estadística descriptiva, el valor mínimo, valor máximo, valor medio y desviación estándar de cada parámetro en los sujetos exofóricos. Se observa una mejora de la media en todos los parámetros tras la sesión, exceptuando en la FAM del OI, donde disminuye.

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
AA OD 1 (D)	6,00	16,00	10,38	± 2,58
AA OD 2 (D)	6,00	16,25	10,66	± 2,57
AA OI 1 (D)	5,50	15,25	10,89	± 2,80
AA OI 2 (D)	5,75	16,25	11,31	± 3,02
FAB 1 (cpm)	3,00	19,00	10,94	± 5,52
FAB 2 (cpm)	2,00	20,00	11,50	± 5,82
FAM OD 1 (cpm)	2,00	19,00	10,88	± 6,04
FAM OD 2 (cpm)	2,00	24,00	12,81	± 6,91
FAM OI 1 (cpm)	3,00	23,00	13,44	± 6,28
FAM OI 2 (cpm)	4,00	22,00	13,31	± 6,24

Tabla 12: Estadística descriptiva exofóricos con filtros mu-epsilon

Análisis comparativo antes y después de la sesión con filtro *mu-epsilon* de los 16 sujetos exofóricos:

La *Tabla 13* indica el porcentaje de sujetos que han obtenido valores menores, mayores e iguales en las pruebas después de la fototerapia optométrica Syntonic. En este caso, en todas las pruebas un porcentaje mayor de sujetos ha mejorado tras la sesión.

	AA OD	AA OI	FAB	FAM OD	FAM OI
Valores menores tras sesión Syntonic	18,75%	25,00%	31,25%	25,00%	31,25%
Valores mayores tras sesión Syntonic	56,25%	68,75%	56,25%	68,75%	43,75%
Mismo valor tras sesión Syntonic	25,00%	6,25%	12,50%	6,25%	25,00%

Tabla 13: Datos estadísticos comparativos de los sujetos exofóricos con filtro mu-epsilon

En la *Tabla 14* vemos la media de la diferencia, desviación estándar y el valor de la significación estadística obtenido con el test de Wilcoxon. El valor negativo de la FAM del OI significa que el valor medio en esa prueba ha sido inferior tras la sesión Syntónica. Hubo mejoras significativas ($p < 0,05$) en la AA del OI y FAM del OD.

	<i>Media de la diferencia</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>p</i>
AA OD (D)	0,28	± 0,75	0,114
AA OI (D)	0,42	± 0,73	0,044
FAB (cpm)	0,56	± 3,48	0,412
FAM OD (cpm)	1,94	± 3,09	0,028
FAM OI (cpm)	-0,13	± 2,06	1,000

Tabla 14: Datos comparativos de la media y significación estadística de sujetos exofóricos con filtro mu-epsilon

4.4 ALPHA-OMEGA/MU-DELTA EN ENDOFÓRICOS

Hubo 8 endofóricos en la sesión con los filtros *alpha-omega/mu-delta*.

Estadística descriptiva de la sesión con filtro *alpha-omega/mu-delta* de los 8 sujetos endofóricos:

La *Tabla 15* indica los valores de estadística descriptiva, el valor mínimo, valor máximo, valor medio y desviación estándar de cada parámetro en los sujetos endofóricos. En todos los parámetros la media aumenta tras la sesión de Syntonic.

	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación estándar</i>
AA OD 1 (D)	5,50	15,00	9,19	± 3,05
AA OD 2 (D)	5,75	13,75	9,38	± 2,84
AA OI 1 (D)	5,50	13,75	9,16	± 2,88
AA OI 2 (D)	5,50	13,25	9,22	± 2,79
FAB 1 (cpm)	6,00	17,00	10,88	± 4,91
FAB 2 (cpm)	6,00	19,00	12,88	± 4,76
FAM OD 1 (cpm)	2,00	18,00	11,38	± 5,13
FAM OD 2 (cpm)	8,00	19,00	13,25	± 4,20
FAM OI 1 (cpm)	7,00	18,00	11,00	± 3,70
FAM OI 2 (cpm)	5,00	18,00	12,00	± 5,01

Tabla 15: Estadística descriptiva endofóricos con filtros alpha-omega/mu-delta

Análisis comparativo antes y después de la sesión con filtro *alpha-omega/mu-delta* de los 8 sujetos endofóricos:

La *Tabla 16* indica el porcentaje de sujetos que han obtenido valores menores, mayores e iguales en las pruebas después de la fototerapia optométrica Syntonic. En todos los casos se encuentra un porcentaje mayor de sujetos que mejoran tras la sesión, exceptuando en la AA del OI, donde el porcentaje de sujetos que mejoran y empeoran tras la sesión es el mismo.

	AA OD	AA OI	FAB	FAM OD	FAM OI
Valores menores tras sesión Syntonic	12,50%	37,50%	0,00%	37,50%	25,00%
Valores mayores tras sesión Syntonic	62,50%	37,50%	75,00%	62,50%	62,50%
Mismo valor tras sesión Syntonic	25,00%	25,00%	25,00%	0,00%	12,50%

Tabla 16: Datos estadísticos comparativos de endofóricos con filtro alpha-omega/mu-delta

La *Tabla 17* indica la media de la diferencia con la desviación estándar, así como el valor de la significación estadística obtenido con el test de Wilcoxon. Hubo mejoras estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en la FAB.

	Media de la diferencia	Desviación estándar	p
AA OD (D)	0,19	± 0,81	0,236
AA OI (D)	0,06	± 0,59	0,752
FAB (cpm)	2,00	± 1,60	0,027
FAM OD (cpm)	1,88	± 4,61	0,438
FAM OI (cpm)	1,00	± 3,66	0,666

Tabla 17: Datos comparativos de la media y significación estadística en endofóricos con filtros alpha-omega/mu delta

5. DISCUSIÓN

La fototerapia optométrica se caracteriza, entre otras cosas, por la disparidad de opiniones que genera. Existen muchos defensores y detractores, los primeros se basan en la experiencia propia y en estudios realizados y los segundos en la carencia de base científica que presentan dichos estudios.

Mediante este estudio se ha querido analizar la eficacia en la acomodación tras una sesión. Para ello también se ha realizado una búsqueda acerca de estudios similares, en la que se han encontrado diversos estudios sobre la fototerapia optométrica, pero no sobre la relación con la acomodación. Cabe destacar un estudio reciente realizado por Pilar Cacho, Zaíra Cervera y Ángel García, el cual se trata de una revisión sistémica donde analizan los artículos más importantes realizados acerca de la fototerapia syntonica, concluyendo que ningún estudio presenta la suficiente calidad científica, ya sea por ser un diseño de baja calidad, presentar sesgos de selección o no realizar un control del placebo entre otros.⁶

5.1 FILTRO MU-UPSILON

Con el filtro *mu-epsilon* (para exodesviaciones), el cual según Collier debería activar el sistema parasimpático⁷ (miosis, acomodación y convergencia entre otros), sería de esperar una mejora en la AA, aceptación de lentes negativas y por lo tanto aumento de la FA bino y monocular.

Analizando los resultados independientemente de la desviación ocular que presentan los sujetos, si se observa la *Tabla 5*, las mejoras han sido estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en la AA del OD, FAB y FAM del OD. También ha habido pequeñas mejoras en cuanto al valor medio obtenido en todos los casos, destaca la FAM del OD, en la que la media ha aumentado en $1,67 \pm 2,71$ cpm tras la sesión. En todas las pruebas un porcentaje mayor de sujetos ha mejorado tras la sesión, con porcentajes que oscilan entre el 40% y el 66,67%.

Si analizamos lo que sucede con el filtro *mu-epsilon* teniendo en cuenta únicamente a los sujetos exofóricos (N: 16), sería de esperar que hubiese más cambios estadísticamente significativos por asemejarse al filtro que dichos sujetos necesitarían para mejorar. Sin embargo, si se observa la *Tabla 14*, las mejoras son estadísticamente significativas únicamente en la AA del OI y en la FAM del OD. A pesar de ello también encontramos pequeñas mejoras en el valor medio y valor máximo obtenido en todas las pruebas, exceptuando en la FAM del OI, en la que tanto la media como el valor máximo disminuyen. Además en todas las pruebas un porcentaje

mayor de sujetos ha mejorado sus resultados tras la sesión, desde un 43,75 % en la FAM del OI hasta un 68,75% en la AA del OI y FAM del OD.

5.2 FILTRO ALPHA-OMEGA/MU-DELTA

Con los filtros *alpha-omega/mu-delta* (para endodesviaciones) y teniendo en cuenta lo que asegura Collier, debería activarse el sistema simpático.⁷ Por lo tanto en la AA no esperaríamos mejoras, pero sí una reducción de la endoforia, mejora en la aceptación de lentes positivas y por lo tanto un aumento de FA bino y monocular. Así pues, si analizamos los datos sin tener en cuenta la desviación ocular de cada sujeto, no se encuentran mejoras estadísticamente significativas. A pesar de ello, encontramos pequeñas mejoras en el valor medio en todas las pruebas exceptuando en la AA del OI y un mayor porcentaje de sujetos mejora tras la sesión syntónica en las pruebas de AA del OD, FAB y FAM del OI. Sin embargo en AA del OI y FAM del OD la mayoría de sujetos, un 43,33% en ambos casos, empeora en ambas pruebas.

En la sesión con los filtros *alpha-omega/mu-delta* encontramos 8 sujetos endofóricos, si analizamos los resultados únicamente teniendo en cuenta estos sujetos, encontramos una mejora estadísticamente significativa en la FAB, en la que ningún sujeto endofórico empeoró (el 75% mejoraron y el 25% se mantuvo igual). En este caso también encontramos pequeñas mejoras en el valor medio obtenido de todas las pruebas, aumentando en el caso de la FAB $2,00 \pm 1,6$ cpm tras la sesión. En la AA del OD, FAB y FAM de ambos ojos el porcentaje de sujetos que mejora es mayor, y en la AA del OI hay el mismo porcentaje de sujetos que empeoran y mejoran, un 37,50%, mientras que el 25,00% se mantiene igual.

5.3 GRUPO CONTROL

En cuanto al grupo control, no encontramos ningún cambio estadísticamente significativo. Pero sí que ha habido pequeñas variaciones que pueden ser debidas a un posible efecto aprendizaje o por el contrario, debidas al cansancio ocular, destaca el aumento de la media de la FAM del OI, que aumenta $1,60 \pm 3,31$ cpm.

En resumen, en la *Tabla 13* se indican las pruebas en las que se ha apreciado mejoras estadísticamente significativas:

	AA OD	AA OI	FAB	FAM OD	FAM OI
<i>Mu-<u>upsilon</u> independientemente desviación</i>	✓		✓	✓	
<i>Mu-<u>upsilon</u> solo exofóricos</i>		✓		✓	
<i>Alpha-omega/mu-delta independientemente desviación</i>					
<i>Alpha-omega/mu-delta solo endofóricos</i>			✓		
Grupo control					

Tabla 13: Pruebas en las que ha habido mejoras estadísticamente significativas

Por tanto observando la *Tabla 13*, encontramos mayor eficacia en la sesión con los filtros *mu-upsilon*, pues se aprecian cambios estadísticamente significativos en la mayoría de las pruebas acomodativas. Esto puede deberse a que con el filtro *mu-upsilon* se pretende estimular el SN parasimpático encargado de la acomodación, convergencia y miosis entre otros, sin embargo, con los filtros *alpha-omega/mu-delta* se pretende estimular el SN simpático (provoca midiriasis

entre otras) e inhibir el SN parasimpático, por lo tanto disminuir la acomodación. Por esta razón, en el caso de la AA esperaríamos mejoras únicamente con el filtro *mu-epsilon* y en el caso de la FA binocular y monocular esperaríamos mejoras en ambas sesiones, pues en esta prueba se utilizan lentes positivas y negativas. Las lentes positivas relajan la acomodación por lo que la aceptación de estas lentes mejoraría tras la sesión *alpha-omega/mu-delta*, por el contrario las lentes negativas estimulan la acomodación, por lo que la aceptación de estas lentes mejoraría tras el filtro *mu-epsilon*.

A pesar de haber obtenido mejoras estadísticamente significativa en varias pruebas, las mejoras no han sido congruentes. Por una parte al comparar los dos análisis realizados para el filtro *mu-epsilon*, se encuentran disparidades en la AA, pues analizando los 30 sujetos en conjunto se encuentran mejoras significativas en el OD, y sin embargo, analizando los 16 sujetos exofóricos se dan mejoras significativas en el OI, cuando lo esperado hubiera sido obtener el mismo resultado en ambos análisis. Algo similar sucede en la FAB tanto con los filtros *mu-epsilon* como con *alpha-omega/mu-delta*, en los que se obtienen diferentes resultados si se analizan los 30 sujetos en conjunto o se separan en exofóricos y endofóricos respectivamente. Por otra parte, que únicamente haya mejoras en un solo ojo como sucede en la AA y FAM con el filtro *mu-epsilon* no es lo esperado, puesto que esperaríamos cambios en ambos ojos por igual.

Por todo esto, los resultados obtenidos en este estudio experimental no respaldan la eficacia de la fototerapia optométrica en la acomodación. Pero esto tampoco quiere decir que la fototerapia no genere efectos en la acomodación, pues una de las limitaciones que presenta este estudio es que se ha realizado a población normal y en principio sin problemas acomodativos, cuando lo conveniente sería haber realizado el estudio a población con problemas acomodativos.

Asimismo, al separar los 30 sujetos en exofóricos y endofóricos el tamaño muestral de sujetos queda muy reducido y dispar entre exofóricos y endofóricos, con 16 exofóricos en el caso de la sesión *mu-epsilon* y 8 endofóricos en el caso de la sesión *alpha-omega/mu-delta*. Además, para comprobar la verdadera eficacia del Syntonon debería realizarse el estudio tras las 20 sesiones que suele ser lo habitual según Collier.⁷ Que tras una única sesión no haya cambios significativos, no quiere decir que tras el tratamiento completo con las 20 sesiones no sea eficaz. Tampoco hay que olvidar que en el grupo control no se ha obtenido ninguna mejora estadísticamente significativa, sin embargo en la sesiones con el grupo experimental sí, por lo tanto con los filtros específicos sí se producen cambios a pesar de que los resultados no sean concluyentes.

Por otra parte, es importante hablar sobre el CT, pues a pesar de que no sea el objetivo de este estudio, parte del análisis de resultados y discusión se ha basado en los resultados obtenidos en el mismo. Así pues, hay que decir que en este estudio no se han obtenido cambios concluyentes en lo que a las forias respecta, pues únicamente ha sido estadísticamente significativos el cambio en el CT de VP con los filtros *alpha-omega/mu-delta* al analizar los 30 sujetos del grupo experimental en conjunto, en los que el 46,67% de los sujetos disminuyeron la foria, el 46,67% se mantuvo igual y el 6,67% empeoró. Por lo tanto, a pesar de que hay estudios que aseguran que la fototerapia puede reducir las desviaciones oculares, como es el caso del estudio que realizó en 2004-2005 Hancock, el cual se basa en un caso clínico de un niño de 3 años que presenta estrabismo y tras la fototerapia optométrica disminuye,²² en este estudio no se han visto cambios que respalden esta teoría.

Finalmente, aunque tampoco sea el objetivo de este estudio, se encontraron variaciones en la estereopsis tanto en el grupo experimental como en el grupo control. En el grupo experimental hubo cinco sujetos que presentaron valores inferiores a lo normal (la norma ronda los 60-20 segundos de arco¹⁸), estos sujetos mejoraron tras la sesión tanto con los filtros *mu-epsilon*, como con los filtros *alpha-omega/mu-delta*, exceptuando un sujeto. Este empeoró con los filtros *alpha-omega/mu-delta*, pasando de 140 segundos de arco a 200 segundos de arco, sin embargo, este mismo sujeto alcanzó una mejora destacable con los filtros *mu-epsilon*, pasando de 400 segundos de arco a 60 segundos de arco. Además, varios de los sujetos que anteriormente a la sesión Syntónica alcanzaban con dificultad la máxima estereoagudeza que proporcionaba el test, tras la sesión mejoraron notablemente. A su vez en el grupo control hubo dos sujetos con estereopsis reducida que mejoraron ligeramente tras la sesión, pasando de 80 segundos de arco a 60 segundos de arco. Por ello, como se aprecian cambios pero no se puede concluir en que sean significativos por tener un bajo número de sujetos con estereopsis reducida. Hubiera sido interesante realizar el estudio con un test de estereoagudeza visual que alcance los 20 segundos de arco, como el de Randot, así el tamaño muestral de sujetos que no alcanzan la máxima estereoagudeza que proporciona el test hubiera aumentado. De esta forma se hubiera podido observar si la fototerapia optométrica puede tener efectos en la estereoagudeza, ya que no hay estudios acerca de este tema.

6. CONCLUSIÓN

Las conclusiones obtenidas en este estudio son las siguientes:

1. Tras la sesión Syntónica con los filtros *mu-epsilon*, indicados para exodesviaciones, se obtienen cambios estadísticamente significativos en AA del OD, FAB y FAM del OD en el grupo experimental. Pero si nos fijamos únicamente en los sujetos que presentan exoforia, obtenemos cambios estadísticamente significativos en la AA del OI y la FAM del OD.
2. Con los filtros *alpha-omega/mu-delta*, indicados para endodesviaciones, al analizar el grupo experimental no obtenemos mejoras significativas en ninguna prueba acomodativa, sin embargo al analizar únicamente los resultados de los sujetos endofóricos obtenemos mejoras estadísticamente significativas en la FAB.
3. En el grupo control no se obtienen mejoras significativas en ninguna de las pruebas.
4. Los resultados no son concluyentes, se debe seguir investigando acerca de este tipo de terapia visual.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] College of Syntonic Optometry. *An Abbreviated History of Syntonics and Phototherapy* [en línea]. [Consulta: 4 abril 2018]. Disponible en: <http://www.collegeofsyntonicoptometry.com/history.html>
- [2] Mandujano Mandujano E. "La luz fuente inagotable para la salud". *Imagen Óptica* [en línea], Mayo-junio 2010, Vol. 12, p. 54-55. [Consulta: 4 abril 2018]. Disponible en: https://issuu.com/imagenoptica/docs/may-jun_2010
- [3] Martel, A. *Light Therapies: A complete guide to the healing power of light* [en línea]. Vermont: Simon and Schuster, 2018. [Consulta: 4 abril 2018]. Disponible en: <https://books.google.es/books?id=gN0zDwAAQBAJ&pg=PT43&lpg=PT43&dq=Syntonzizer&source=bl&ots=wpsQEylzLS&sig=IIRd2kYKxOLOfv6nvc0xsT7F2Zk&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi6-4uF4rXdAhXUgVwKHQgGBAoQ6AEwAXoECAEQAQ#v=onepage&q=Syntonzizer&f=false>
- [4] Gottlieb R; Wallace L. "Syntonic Phototherapy". *Behavioral Optometry*, Vol. 12, nº 2 (2001), p-31.
- [5] College of Syntonic Optometry. *What is Syntonics?* [en línea]. [Consulta: 4 abril 2018]. Disponible en: <http://www.collegeofsyntonicoptometry.com/home.html>
- [6] Cacho Martínez P; Cervera Sánchez Z; García Muñoz Á. *Revisión sistemática: ¿Podemos recomendar la fototerapia optométrica Syntonic en la práctica clínica?* [Poster]. Madrid: Optom, 2018.
- [7] Collier S. *In Syntony: Mini guide for the optometrist basic concepts in applied Syntonic Optometry Syntonic Phototherapy*. Norderstedt: Book son Demande GmbH, 2011.
- [8] Siodec: Sociedad Internacional del Desarrollo y del Comportamiento. *Fototerapia Syntonic* [en línea]. Valencia. [Consulta: 15 mayo 2018]. Disponible en: <http://www.siodec.org/tratamientos/#1476412442975-7cabedef-0934>
- [9] Butts C. "The alpha omega pupil". *College of Syntonic Optometry* [en línea]. [Consulta: 20 abril 2018]. Disponible en: http://www.collegeofsyntonicoptometry.com/library/section02/Pupils_b_TheAlphaOmegaPupil.pdf
- [10] Kaplan, R. "Changes in form visual fields in reading disabled children produced by syntonic (colored light) stimulation". *International Journal of Biosocial Research* [en línea], 1983, Vol. 5, No. 1, p.20-23. [Consulta: 2 septiembre 2018]. Disponible en: <http://psycnet.apa.org/record/1984-29231-001>
- [11] Welsch U; Sobotta J. *Histología*. 2º ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana, 2010. [Consulta: 15 mayo]. Disponible en: https://books.google.es/books?id=7zFxo6bmxl0C&pg=PA408&dq=sistema+endocrino&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj1ka_L-OHbAhVITcAKHa0gAvoQ6AEINjAD#v=onepage&q=sistema%20endocrino&f=false
- [12] Ludwing R. *Anatomía y fisiología del sistema nervioso*. XinXii, 2015. [Consulta: 17 junio]. Disponible en:

<https://books.google.es/books?id=c3luCwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=sistema+nervioso&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiVqNn4 - HbAhXKOhQKHZEGAScQ6AEINzAD#v=onepage&q=sistema%20nervioso&f=false>

[13] Escobar M; Pimienta H. *Sistema nervioso*. Colombia: Programa Editorial Universidad del Valle, 2006. [Consulta: 15 junio]. Disponible en: https://books.google.es/books?id=yiHHCZmekJsC&printsec=frontcover&dq=sistema+nervioso&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiy_4f45eHbAhUEVBQKHEnBmsQ6AEIMjAC#v=onepage&q=sistema%20nervioso&f=false

[14] Delmas A; Rouvière H. *Anatomía humana: Descriptiva, topográfica y funcional. T. Cabeza y cuello*. 11ª ed. Barcelona: Elsevier Masson, 2005. ISBN: 978-84-458-1313-3.

[15] Wallace LB. "The Theory and Practice of Syntonic Phototherapy: A Review". *COVD*, 2009, Vol.40, No. 2, p.73-81.

[16] Hubel D. *Ojo, cerebro y visión*. 2ª ed. Murcia: FG GRAF S.L., 2000. ISBN: 8483711435

[17] Martín Herraz R; Vecilla Antolínez G. *Manual de Optometría*. Madrid: Médica Panamericana, D.L. 2010. ISBN: 978-84-9835-272-6.

[18] Sánchez Pérez MªI. *Caracterización global de la medida clínica de la estereoagudeza* [en línea]. [Tesis Doctoral]. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, 2014. [Consulta: 8 junio 2018]. Disponible en: <http://eprints.ucm.es/27701/1/T35512.pdf>

[19] Optomatters. *Syntonics* [en línea]. Bélgica. [Consulta: 1 julio 2018]. Disponible en: <https://optomatters.com/index.php/syntonics1>

[20] Traverso Optometristas. *Instrumental de gabinete: Syntonic* [en línea]. [Consulta 1 julio 2018]. Disponible en: <http://www.opticatraverso.com/instrumental/>

[21] Optomatters. *Syntonics: Miracle Worker* [en línea]. Bélgica. [Consulta: 1 julio 2018]. Disponible en: <https://www.optomatters.com/index.php/syntonics1/miracle-worker-detail>

[22] Hancock, B. "Syntonic case study strabismus". *Journal of Optometric Phototherapy* [en línea], Marzo 2005, p. 7-11. [Consulta: 30 julio 2018]. Disponible en: <http://www.collegeofsyntonicoptometry.com/pdf/journals/March2005.pdf>

**DOCUMENTO DE INFORMACIÓN AL PACIENTE Y CONSENTIMIENTO INFORMADO
PARA TFG**

Estudio clínico para realización de los TFG-s: *Influencia del uso de filtros coloreados (fototerapia) en la acomodación y amplitud de vergencias.*

1) Información del objeto del estudio:

Nosotros Xabier Razquin con DNI 73437733K y Amaia Arbizu con DNI 44649316Z, informamos a los participantes de que en este estudio se les va a realizar una serie de pruebas en dos sesiones diferentes, con el fin de analizar si la fototerapia ayuda en la realización de la terapia visual en cuanto a las vergencias y la acomodación.

2) Consentimiento informado:

1. He tenido la oportunidad de hacer preguntas.
2. Mis preguntas han sido respondidas de forma satisfactoria.
3. He recibido información suficiente del estudio y de las pruebas a realizar.
4. Entiendo que la participación es voluntaria y puedo abandonar el estudio cuando lo desee sin que tenga que dar explicaciones.
5. Estoy de acuerdo en que mi consentimiento por escrito y otros datos estén a disposición del proyecto de investigación clínico en el que estoy participando, pero siempre respetando la confidencialidad y la garantía de que mis datos no estarán disponibles públicamente de forma que pueda ser identificado.
6. Los datos recogidos para este estudio serán incluidos, con los de otras personas que participen en este estudio, a la que solo los investigadores aprobados para este proyecto tendrán acceso.
7. Comprendo que tengo los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición a mis datos de carácter personal de acuerdo con lo dispuesto en la LEY ORGÁNICA 15/1999 de protección de datos de carácter personal que podré ejercitar mediante solicitud al investigador responsable en la dirección de contacto que figura en este documento.
8. Estos datos se conservaran durante el tiempo necesario para el desarrollo de esta investigación, siendo posteriormente destruidos, sin que puedan ser conservados sin haber sido previamente anonimizados. En cualquier caso, no podrán ser cedidos sin mi consentimiento expreso y no lo otorgo en este acto.

Firmo este documento de información y consentimiento de forma voluntaria para manifestar mi deseo de participar en este estudio de investigación sobre *Influencia del uso de filtros coloreados (fototerapia) en la acomodación y amplitud de vergencias*, hasta que decida lo contrario. Al firmar este consentimiento no renuncio a ninguno de mis derechos.

Firma

Fecha:

ANEXO II: Hoja de resultados

Apellidos:

Nombre:

Fecha nacimiento:

Edad:

Sexo:

PRUEBAS GENERALES:

AGUDEZA VISUAL			
	OD	OI	AO
AV con corrección VL			
AV con corrección VP			

COVER TEST		
	Antes del filtro	Tras el filtro
VL		
VP		

WORTH	
VL	
VP	

RANDOT	
Antes del filtro	Tras el filtro

PRUEBAS ACOMODATIVAS:

AMPLITUD ACOMODATIVA MONOCULAR		
	Antes del filtro	Tras el filtro
OD		
OI		

FLEXIBILIDAD ACOMODATIVA MONOCULAR		
	Antes del filtro	Tras el filtro
OD		
OI		

FLEXIBILIDAD ACOMODATIVA BINOCULAR	
Antes del filtro	Tras el filtro

