

Trabajo Fin de Grado

Influencia del uso de filtros coloreados (fototerapia) en la
amplitud de vergencias

Autor:

Xabier Razquin Iglesias

Directoras:

Carmen López de la Fuente

M^a Pilar Mata Piñol

Facultad de Ciencias

Grado en Óptica y Optometría

2018

INDICE

1) Abreviaturas	1
2) Introducción	2
2.1) Fototerapia	2
2.2) Vergencias.....	4
3) Hipótesis y objetivos	6
3.1) Hipótesis	6
3.2) Objetivos	6
4) Materiales y métodos	7
4.1) Metodología.....	7
4.2) Pruebas realizadas.....	8
4.2.1) Pruebas generales.....	8
4.2.2) Pruebas específicas	9
4.3) Syntonic.....	11
4.4) Filtros	12
4.5) Análisis estadísticos.....	15
5) Resultados	16
6) Discusión	21
7) Conclusiones	24
8) Agradecimientos	24
9) Bibliografía	25
10) Anexos	26
10.1) Anexo 1: Consentimiento informado	26
10.2) Anexo 2: Tablas de resultados	27

1) ABREVIATURAS:

AC/A: Variación de la convergencia por cada unidad de acomodación

AV: Agudeza Visual

BI: Base Inferior

BN: Base Nasal

BS: Base Superior

BT: Base Temporal

cm: Centímetro

cpm: Ciclos por minuto

CV: Campo Visual

endo: Endodesviación

exo: Exodesviación

m: Metro

nm: Nanómetro

OD: Ojo Derecho

OI: Ojo Izquierdo

ppm: Posición primaria de mirada

segarc: Segundos de arco

USB: Universal Serial Bus

VC: Visión Cercana

VFN: Vergencia Fusional Negativa

VFP: Vergencia Fusional Positiva

VL: Visión Lejana

VP: Visión Próxima

Δ : Dioptrías prismáticas

°: Grados

2) INTRODUCCIÓN

2.1) FOTOTERAPIA:

La *fototerapia* Syntonica es la aplicación de luz de unas frecuencias específicas selectivas que se utiliza con fines curativos ^[1], pero, ¿qué hace realmente el Syntonic? ¿es efectivo?. Estas son las primeras preguntas que nos hacemos cuando escuchamos hablar sobre la fototerapia y los “milagros” que dicen que se llegan a conseguir con esta. Desde hace años nos han vendido esta técnica como una revolución de la terapia visual, pero ¿es todo lo que dicen cierto? ¿existe algún estudio que lo confirme?.

Hoy en día son muchos los optometristas que usan esta técnica en sus gabinetes o sus consultas sin saber a ciencia cierta su verdadero efecto, y, es precisamente esto, la escasa bibliografía que existe al respecto y la falta de evidencia científica la que hace preciso realizar estudios para analizar su posible influencia en distintos aspectos de la visión.

La *evolución de la fototerapia* ha sido muy extensa, siendo los griegos los primeros que la documentaron. Estos construían ciudades solárium en montañas altas para usar la luz UV como medio curativo. Aun así, fue a principios de los años 20 del siglo pasado cuando comenzó el uso clínico de frecuencias de luz seleccionadas en la práctica clínica, cuando el Dr. Harry Riley Spliter inventó la fototerapia Syntonic (la primera fototerapia aplicada a los ojos directamente). ^[2,3]

En 1933, Spliter fundó el colegio de optometría Syntonic, y en 1941 publicó su tesis “The Syntonic Principle: It’s relation to health and ocular problems”, a partir de la cual se estableció la práctica de la fototerapia sintónica. ^[2] Desde entonces, Syntonic ha sido utilizado por una parte de la comunidad de la optometría (especialmente en Estados Unidos), aunque a mediados del siglo XX su uso pasara de moda, tras las publicaciones de Kaplan (1993), Lieberman (1986) e Ingersoll (1999), la utilización de Syntonic en la optometría comportamental aumentó en Estados Unidos, y es ahora cuando la optometría Syntónica está en auge en Europa. ^[4,5]

Respecto a *la luz*, sabemos que la luz blanca se descompone en siete colores primarios: rojo, naranja, amarillo, verde, azul, índigo y violeta.

Se sabe también, que más allá del espectro rojo existen rayos invisibles (infrarrojos), al igual que más allá del extremo violeta (ultravioletas, rayos X, rayos Gamma...), pero en Syntonic, no es de interés el color, sino la energía contenida en la frecuencia transmitida por los diferentes filtros utilizados. Dependiendo del tipo, pasarán por una porción mayor o menor del rango del espectro visible, comprendido entre los 380 y 780nanómetros (nm). ^[5]

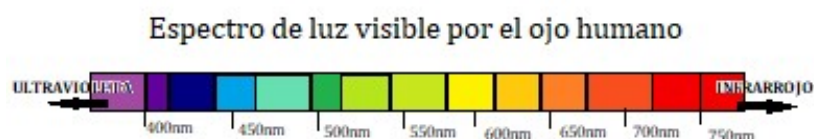


FIGURA 1: REPRESENTACIÓN DEL RANGO DE ESPECTRO VISIBLE

Según Stefan Collier las frecuencias bajas (rojo) tienen un efecto de excitación e irritación, producen una estimulación sobre el sistema nervioso simpático (o una inhibición sobre el sistema nervioso parasimpático) y son estimulantes motores y sensoriales, mientras que las frecuencias altas (azul), tienen un efecto depresivo y calmante, producen una estimulación sobre el parasimpático (o una inhibición sobre el simpático) y son depresores motores y sensoriales. Las medias frecuencias (verde) por otra parte, son equilibradoras. [5]

La palabra *Syntonic* significa establecer un equilibrio entre el sistema nervioso simpático y parasimpático. Es una terapia de la luz que lleva al sistema cortico-visual (a través de la ruta más corta, el aparato visual) a un equilibrio, mediante la utilización de frecuencias de luz seleccionadas que inciden en los ojos, incrementando la eficiencia de las vías motoras y sensoriales. [5]

Dentro del sistema nervioso autónomo, se sabe que el músculo constrictor del iris y el músculo ciliar están inervados por el sistema parasimpático, y que el músculo dilatador del iris está inervado por el sistema simpático. Se puede decir pues, que el tamaño pupilar depende principalmente del balance entre la inervación simpática y parasimpática, por lo que mediante distintos filtros con diferentes rangos en el espectro se puede variar el tamaño de este consiguiendo diferentes efectos. [6]

Hay una serie de términos que se utilizan únicamente en optometría Syntonic, como es el caso de la *pupila Alpha Omega*. Se emplea para hablar de una pupila que no responde de manera normal o habitual a la luz.

La prueba en la que se observa la respuesta pupilar, proporciona información del funcionamiento del sistema nervioso autónomo en ese momento. La prueba se realiza apuntando con luz directamente a la pupila mientras que el individuo mira a un estímulo no acomodativo. En una reacción pupilar normal esta pupila se contraería y tardaría una media de 15 segundos en volver a dilatarse, pero en una pupila Alpha Omega, la pupila se contrae y comienza a dilatarse nuevamente. La rapidez y cantidad de esa dilatación da información de cuán dominante es el sistema simpático sobre el parasimpático. [5]

Una de las pruebas previas que se realizan es la medición del *campo visual (CV) funcional* en Optometría Syntonic. Generalmente los optometristas realizan las campimetrías para la detección de defectos y reducciones del CV que son causados por patologías oculares. Pero en la Optometría Syntónica el objetivo principal es descubrir y demostrar trastornos funcionales del sistema visual, no solo para el diagnóstico, sino también para determinar la efectividad de la terapia, ya que lo que se pretende es observar cambios en los CV funcionales a medida que avanza la terapia. [5]

Existen varios *tipos de filtros* utilizados en la fototerapia Syntonic:

Filtro	Efecto	Color	Filtro	Efecto	Color
ALPHA	Estimulante sensorial	Rojo	UPSILON	Depresor sensorial intenso	Azul oscuro
DELTA	Estimulante motor	Ámbar	LAMBDA	Depresor leve motor combinado con estimulante sensorial	
THETA	Estimulante motor intenso	Amarillo			
MU	Equilibrador	Verde	D depresor	Combinado con otros para dar mayor efecto depresor	
PI	Depresor sensorial	Azul brillante	S estimulador	Combinado con otros para dar mayor efecto estimulante	
OMEGA	Depresor sensorial	Azul profundo	N neurasténico	Se usa en neuroesténicos y a veces combinado con depresores	

TABLA 1: REPRESENTACIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE FILTROS SYNTONIC CON SUS RESPECTIVOS EFECTOS Y COLORES [5]

Splitter especificó once filtros con sus consiguientes efectos fundamentales y con colores diferentes (*tabla 1*). Estos filtros pueden ir integrados en el Syntonic o se pueden utilizar en unas gafas mirando a través de ellas a una luz puntual blanca (como se hizo en el caso de este estudio). También pueden utilizarse solos o en una combinación de dos filtros. [5]

2.2) VERGENCIAS

La *visión binocular* se podría definir como el estado visual en el que ambos ojos fijan un objeto por separado y lo integran en una percepción binocular única. Para un buen funcionamiento de la visión binocular es necesario un buen funcionamiento del sistema sensorial (que se encarga de recibir e integrar las imágenes monoculares) y motor (que se encarga de coordinar el movimiento de los ojos). [7]

La verdadera función del sistema motor es hacer que exista un buen alineamiento de ambos ojos para crear así la fusión. Estos movimientos que se tienen que realizar para alcanzar esa fusión, son los *movimientos vergenciales*. Las vergencias (son movimientos de los ojos en direcciones opuestas), se pueden clasificar también *según su dirección* de movimiento:

- Vergencias horizontales: Formadas por la convergencia (capacidad de mover los ejes visuales en adducción para mantener la visión foveal, es decir, un aumento del ángulo entre los ejes visuales) y la divergencia (capacidad de mover los ejes visuales en abducción, es decir, una disminución del ángulo entre los ejes visuales).
- Vergencias verticales: Formadas por la supravergencia y la infravergencia.
- Ciclovergencia: Formado por la inciclovergencia y la exciclovergencia. [8]

En cuanto a la respuesta vergencial, se puede dividir en cuatro componentes:

- Vergencia tónica: Es la posición en la que se encuentra el ojo cuando no hay disparidad, borrosidad o un estímulo proximal.
- Vergencia proximal: Es la vergencia que aparece cuando se sabe de la presencia de un objeto cercano.
- Vergencia acomodativa: Es la vergencia que se crea al existir un cambio en la acomodación, habiendo un estímulo que provoca borrosidad.
- Vergencia fusional: Se trata de la capacidad que tiene el sistema visual para mantener la fusión permaneciendo constante la acomodación. Se miden variando el estímulo vergencial mediante prismas partiendo de la alineación ocular, tanto en visión lejana (VL) como en visión próxima o cercana (VP, VC). Dentro de las vergencias fusionales encontramos la vergencia fusional positiva (VFP) y la vergencia fusional negativa (VFN), que miden la convergencia y la divergencia respectivamente. [9,10,11,12]

Hay casos en los que el sistema visual no tiene la capacidad suficiente para mantener una visión binocular única, como puede ser en estrabismos o disfunciones de la visión binocular no estrábica. En estos casos, el sistema visual no tiene un valor suficiente de reservas fusionales para compensar la desviación. Cuando esto ocurre una posible solución sería la prescripción de prismas. Se recomienda prescribir el mínimo valor prismático para así cumplir los siguientes criterios:

- Criterio de Sheard: El valor de la foria es compensado cuando la reserva fusional tiene como mínimo el doble de valor.
- Criterio de Percival: Ambas reservas fusionales (VFP y VFN) deben estar equilibradas, es decir, la del valor más bajo debe ser como mínimo la mitad de la del valor más alto. [12]

Para el correcto entendimiento del funcionamiento de las vergencias en VC, se debe conocer el término "*triada de cerca*", que se emplea para describir la relación entre la acomodación, la convergencia y la contracción pupilar.

El músculo ciliar, el esfínter del iris y los músculos rectos internos (además de los músculos recto superior, recto inferior, oblicuo inferior y oblicuo superior) comparten inervación del III par craneal (oculomotor común). Por tanto, los reflejos de vergencias que se producen para mantener una única imagen binocular afectarán también a la acomodación (estimulándola en la convergencia y relajándola en la divergencia). Por ello, al analizar la visión binocular, se puede comprobar que la acomodación arrastra convergencia y produce una contracción pupilar (miosis). Por otra parte, para mantener una buena visión binocular, es muy importante la relación acomodación-convergencia (AC/A), que muestra el cambio que se genera en la convergencia por unidad de acomodación. [8]

Al interponer un *prisma* delante de los ojos, se producen una serie de cambios en las vergencias. Un prisma produce un desplazamiento de la imagen hacia su vértice, y produce un movimiento de la imagen retiniana hacia la base, situando la imagen fuera de la fovea. Es en ese momento cuando para poder volver a fijar, el globo ocular debe moverse en la dirección del vértice. Los prismas son una herramienta útil para evaluar y cuantificar las desviaciones de los ejes oculares y las vergencias y para la corrección de forias y estrabismos. Su potencia se expresa en dioptrías prismáticas, equivaliendo dos dioptrías prismáticas a un grado ($2\Delta \rightarrow 1^\circ$). [8]

El presente estudio pretende analizar los cambios producidos en la amplitud de vergencias tras someterse a una sesión de fototerapia, comparando los valores obtenidos en las diferentes pruebas realizadas antes y después de la sesión de fototerapia Syntonic. Se utilizaron para ello diferentes filtros de color (Mu-Upsilon y Alpha-Omega combinado con Mu-Delta) que se aplicaron en dos sesiones distintas en un grupo experimental. Por otra parte, se realizó también una sesión con un filtro solar en un grupo control.

3) HIPÓTESIS Y OBJETIVOS:

3.1) HIPÓTESIS

Teniendo en cuenta las estimaciones recogidas en la escasa bibliografía encontrada, este estudio plantea las siguientes hipótesis:

-Hipótesis 1: Al aplicar la combinación de filtros Alpha-Omega y Mu-Delta en la sesión de fototerapia, se incrementarán los valores de las VFN y se mejorará la flexibilidad de vergencias en los individuos que participen en el estudio.

-Hipótesis 2: Al aplicar el filtro Mu-Upsilon en la sesión de fototerapia, se incrementarán los valores de VFP y se mejorará la flexibilidad de vergencias en los individuos que participen en el estudio.

-Hipótesis 3: Al realizar la sesión de fototerapia al grupo control con el filtro solar, no se verán alterados los resultados obtenidos en las medidas previas a la fototerapia Syntonic.

3.2) OBJETIVOS

Para investigar dichas hipótesis, el objetivo de este estudio es analizar los cambios producidos en la amplitud de vergencias después de ser sometidos a una sesión de fototerapia syntónica en un grupo experimental y uno control.

Objetivos específicos:

-Analizar la variación de las VFN y VFP tras someterse a la sesión de Syntonic.

-Investigar la variación de las desviaciones oculares medidas mediante el cover test tras la sesión de Syntonic.

-Analizar la variación de los ciclos en la flexibilidad de vergencias tras la sesión de Syntonic.

-Comparar los cambios obtenidos en el grupo experimental con los de un grupo control.

4) MATERIAL Y MÉTODOS:

4.1) METODOLOGÍA:

El estudio se realizó en la Universidad de Zaragoza durante el curso 2017/2018 a un grupo experimental constituido por 30 sujetos y a un grupo control de 10 individuos.

En el grupo experimental, de los 30 sujetos 26 fueron mujeres (86,67%) y 4 hombres (13,33%), con una edad media de $23,47 \pm 4,84$ (en un rango de 20 a 40 años).

Para el grupo control, de los 10 sujetos, 4 fueron hombres (40%) y 6 mujeres (60%), con una edad media de $22,20 \pm 2,10$ (en un rango de 21 a 28 años).

Se utilizaron los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

- Criterios de inclusión:
 - $AV_{VL} \geq 0,8$
 - Sin presencia de presbicia ($AV_{vc} \geq 1,0$)
 - Fusión
- Criterios de exclusión:
 - Individuos que no cumplen los criterios de inclusión
 - Presencia de patologías oculares
 - Persona sometida a cirugía ocular previamente
 - Presencia de ambliopía
 - Supresión
 - Tropias
 - Ciclodesviaciones

Cabe destacar que no hubo ningún caso en el que se tuviese que excluir a algún sujeto.

Antes de comenzar las pruebas, los sujetos debían leer y firmar el consentimiento informado (*Anexo 1*). Todos los sujetos fueron seleccionados de entre una población normal (sin ningún tipo de problema vergencial en principio).

Con los sujetos del grupo experimental se realizaron dos sesiones en diferentes días, con al menos 24 horas de diferencia entre ambas citas. El primer día se procedió a realizar una serie de pruebas generales en una sala que presentaba una iluminación de 145,4 luxes. Estas pruebas se realizaron con la corrección habitual de los sujetos y consistieron en la medida de la agudeza visual (AV) tanto en VL como en VC, medida de la fusión y medida de la estereopsis. Cabe destacar que estas pruebas solo se realizaban antes de la sesión de fototerapia exceptuando la estereopsis que en caso de que el valor obtenido fuese mayor a 40 segundos de arco (segarc) se volvía a repetir la medida tras la fototerapia Syntonic, y el segundo día tanto antes como después de la fototerapia.

Una vez concluidas las pruebas generales, se realizaron las pruebas específicas vergenciales, en las mismas condiciones que las pruebas anteriores, pero en este caso se llevaron a cabo tanto antes como después de someterse a la sesión de fototerapia Syntonic. El segundo día se realizaron sólo las pruebas específicas (exceptuando la estereopsis en los casos comentados anteriormente) en las mismas condiciones del primer día.

Todos los resultados de las pruebas generales y específicas se anotaron en una ficha con tablas de resultados (*Anexo 2*). Las pruebas fueron realizadas por dos alumnos del 4º curso del Grado de Óptica y Optometría.

La sesión de fototerapia Syntonic se realizaba en una sala más pequeña en total oscuridad, y el procedimiento fue diferente dependiendo de los filtros utilizados.

Se utilizaron los siguientes filtros en cada sesión seleccionados en un orden aleatorio:

-Combinación filtro Alpha-Omega y Mu-Delta: Se interponía en primer lugar el filtro Alpha-Omega durante 10 minutos, y una vez desaparecida la postimagen (o de esperar 1 minuto si no la hubiese), se colocaba el filtro Mu-Delta durante otros 10 minutos.

-Filtro Mu-Upsilon: Al realizarle toda la sesión con el mismo filtro, se hacía con el filtro puesto durante 20 minutos seguidos.

Por otra parte, con los 10 sujetos del grupo control (de los cuales 8 ya habían formado parte del grupo experimental) se realizaron las pruebas anteriormente descritas antes y después de una sesión de fototerapia, en la cual los filtros que se portaban eran unas lentes solares.

Posteriormente, para estudiar si existe diferencia en los valores obtenidos tras las sesiones de fototerapia según el estado fórico, se seleccionó a los sujetos endofóricos y exofóricos del grupo experimental y se estudiaron de forma independiente los valores de las medidas obtenidas en cada uno de estos grupos.

4.2) PRUEBAS REALIZADAS:

4.2.1) PRUEBAS GENERALES

PRUEBA DE FUSIÓN CON LINTERNA DE WORTH:

Esta prueba se realizó para evaluar la fusión (segundo estadio de la visión binocular), descartando posible diplopía o supresión. Se realizó para VL y VP, preguntando en cada uno de los casos de qué color apreciaba la luz blanca para saber qué ojo era el dominante. [8]



FIGURA 2: REPRESENTACIÓN DE LA VISUALIZACIÓN DE LAS LUCES DE LA LINTERNA DE WORTH SEGÚN EL FILTRO

PRUEBA DE ESTEREOPSIS CON EL TEST DE TITMUS-WIRT:

Es un test polarizado útil para evaluar el tercer estadio de la visión binocular y determinar su grado. Se realizó a 40 centímetros (cm) perpendicularmente a la mirada y con la corrección habitual de cada individuo. Se pudo evaluar la estereoagudeza de los sujetos hasta los 40 segundos de arco. [8]

MEDIDA DE LA AV:

Este test determina la máxima capacidad del paciente para discernir optotipos de diferentes tamaños angulares en unas condiciones determinadas tanto en VL como en VP. Se realizó con el programa informático "Unidad de Visión Bueno-Matilla" [13] calibrado a la distancia de la pantalla situada a 3,20 metros (m). Se utilizó el optotipo de Snellen mostrando 5 letras por fila por separado, primero monocular y luego binocularmente. Para visión cercana se realizó a distancia estándar de 40cm.

4.2.2) PRUEBAS VERGENCIALES ESPECÍFICAS

COVER-UNCOVER Y COVER TEST ALTERNANTE:

Este test fue utilizado para discriminar la existencia de una desviación latente o manifiesta (cover-uncover), determinando, en caso de existir, la dirección y magnitud de esta tanto en VL como en VP (cover test alternante).^[8]

Al sujeto se le hacía mirar una letra de 2 líneas inferior a su mejor AV del optotipo de Snellen en VL y sin girar la cabeza para evitar posibles compensaciones. Se procedía a ocluir y desoccluir un mismo ojo en posición primaria de mirada (ppm), observando si había movimiento en el ojo no ocluido.

- En caso de que se apreciase movimiento (tropia), se desocluía el ojo que estábamos ocluyendo y se fijaba en si había movimiento en los ojos para saber si era una tropia del ojo que no ocluíamos (si se apreciaba movimiento) o una tropia alternante (si no se apreciaba movimiento).
- En caso de que no se apreciase movimiento, se pasaba a ocluir y desoccluir el otro ojo, siguiendo el mismo procedimiento anterior, pero con el otro ojo.
- Si en ninguno de los anteriores se encontrase movimiento, se pasaba a cubrir alternativamente el ojo derecho (OD) y luego el ojo izquierdo (OI), intentando que no le diese tiempo a fijar de manera binocular y observando si había movimiento en el ojo que se desocluía en ese momento. Existían las siguientes opciones:
 - Sin movimiento: ORTO
 - Ojo con movimiento de fuera hacia dentro: EXO
 - Ojo con movimiento de dentro hacia fuera: ENDO
 - Ojo con movimiento hacia arriba: HIPER
 - Ojo con movimiento hacia abajo: HIPO
- Para finalizar se pasaba a medir el grado de desviación del sujeto con barra de prismas, siguiendo este criterio:
 - Paciente EXO: Prisma BN
 - Paciente ENDO: Prisma BT
 - Paciente HIPER: Prisma base inferior (BI)
 - Paciente HIPO: Prisma base superior (BS)^[8]

Para VP, se hacía mirar un número de AV=0,8 (ya que debían tener AV \geq 1 en VC) de Snellen situada a 40 cm.

Los resultados se tomaron para VL y VP y antes y después de la sesión de fototerapia, anotando el valor del prisma que corregía la desviación si existiese, con la base a la que se colocaba el prisma para la corrección, y registrando como ORTO si no se apreciaba desviación.

MEDIDA DE LAS VERGENCIAS FUSIONALES RELATIVAS HORIZONTALES:

Este test fue utilizado para medir la capacidad del paciente para usar la vergencia relativa horizontal y mantener la visión binocular, tanto de convergencia como de divergencia.^[8]

Esta prueba se realizó en VL (columna de letras 2 líneas inferior a su AV con optotipo Snellen) y en VC (carta de números de AV=0,8 a 40cm) con barra de prismas (medida a saltos). Se le pedía al sujeto que avisara cuando observara la imagen borrosa, posteriormente doble y por último cuando volviese a ver una línea. Se procedía a aumentar las dioptrías prismáticas gradualmente memorizando los valores en los que

refiriese ver borrosidad, rotura y recobro. Se comenzaba calculando la VFN (divergencia) colocando la barra de prismas con BN para no poner en juego la acomodación. Esto se debe, al existir una alta demanda de convergencia, la respuesta del sistema visual no finaliza un instante después de que desaparezca el estímulo, sino que cesa de forma gradual debido a la acomodación. Después se medía la VFP (convergencia) de la misma manera, pero colocando la barra de prismas con BT. [8]

Cuando la distancia focal cambia por la acomodación (disminuyéndose en la convergencia y aumentando en la divergencia), el sujeto refiere ver borrosidad. Cuando refiere ver rotura/diplopía, se alcanza el punto máximo de vergencia fusional, rompiendo la fusión y adaptando los ejes visuales la posición de reposo habitual. Por último, cuando se recupera la imagen simple (recobro), es el punto en el que la vergencia recupera la fusión. Por lo tanto, el punto de borrosidad aparece cuando el cambio en las vergencias afecta a la acomodación desenfocando la imagen retiniana (por eso en VL con BN no suele aparecer). El punto de ruptura se da cuando la disparidad retiniana no puede ser compensada por el sistema motor, y, por último, el punto de recobro se obtiene cuando el sistema sensorial detecta que el sistema motor puede compensar la disparidad retiniana. [8]

Los resultados se anotaron por separado para VL y VP, tanto antes como después del Syntonic, separando los valores por borrosidad/rotura/recobro para VFN y VFP. En el caso de que no llegase al punto de rotura se anotaba tomaba como valor 45Δ , ya que la barra de prismas solo llegaba a valores de 45Δ . Cabe destacar también que solo se tuvieron en cuenta los datos de rotura y recobro, ya que, al realizar el test con barra de prismas, muchos sujetos no referían borrosidad.

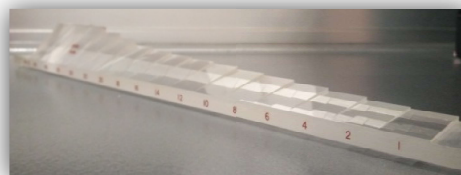


FIGURA 3: REPRESENTACIÓN DE LA BARRA DE PRISMAS UTILIZADA DURANTE EL ESTUDIO

FLEXIBILIDAD DE VERGENCIAS

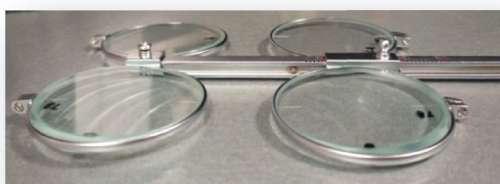


FIGURA 4: REPRESENTACIÓN DE LOS FLIPPERS DE PRISMAS UTILIZADOS DURANTE EL ESTUDIO

Este test se realizó para evaluar la habilidad del sistema visual de los sujetos para realizar saltos de vergencias en VL (a 3,20m, a una columna de letras 2 líneas inferior a su mejor AV) y VP (a 40cm, una columna de números de AV=0,8). Se utilizaron prismas montados en flippers de $12\Delta BT/3\Delta BN$ y se contabilizaron los saltos realizados durante un minuto, anotándolos en ciclos por minuto (cpm). Se cambiaba el prisma cuando el sujeto refería ver una única columna de números de AV=0,8 situada verticalmente. Se comenzaba colocando el prisma de BN para no estimular la acomodación. [12]

4.3) SYNTONIC

El syntonicer utilizado fue el Color Boy (Optomatters, Antwerp, Bélgica), un pequeño Syntonic portátil útil para realizar sesiones en casa (figura 5). [14] Es un ortoedro de 50cm de longitud, 16cm de ancho y 8,5cm de alto. Para poder observar la luz que tiene en su interior, se apoya en el mismo la frente y los pómulos, evitando así la entrada de luz. En dicha posición, los ojos quedan a una distancia de 36cm de la bombilla blanca situada al fondo del aparato. Este tipo de Syntonic es utilizado con gafas con filtros mientras se mira a una luz blanca puntual.

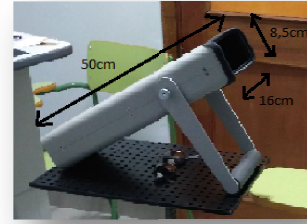


FIGURA 5: REPRESENTACIÓN DEL SYNTONIC COLOR BOY CON SUS MEDIDAS

Aparte del Color Boy, existen numerosos tipos de Syntonics. Dependiendo del instrumento los filtros pueden estar integrados en el mismo o los porta el paciente montados en una gafa.

- Color Coach: Funciona con filtros integrados (figura 6). [14]



FIGURA 6: REPRESENTACIÓN DEL SYNTONICER COLOR COACH

- Home Syntonicer (HS) (COI, Madrid, España): Trabaja con luz Led controlada y filtrada y con gafas con filtros. Es ligero y de pequeño tamaño (figura 7).
- Led Syntonicer (LS) (COI, Madrid, España): Con luz Led controlado por ordenador. Acorta el tiempo de estimulación (figura 7).
- Filters Syntonicer (FS) (COI, Madrid, España): La manera más habitual de hacer fototerapia, se trabaja con filtros y luz halógena (figura 7). [15]



FIGURA 7: REPRESENTACIÓN DE LOS SYNTONICER HS, LS Y FS DE IZQUIERDA A DERECHA

- The PhotonWave® Rainbow Light Modulator (Bernell, Estados Unidos): Tiene 9 tipos de filtros básicos, que se pueden llegar a hacer 3 combinaciones de color (figura 8). [16]



FIGURA 8: REPRESENTACIÓN DEL SYNTONICER THE PHOTONWAVE RAINBOW LIGHT MODULATOR

- Photosens (COI, Madrid, España): Trabaja con el software COIVision®, que incorpora la fototerapia Syntonic (que dispone de los colores de los filtros en una pantalla). [17]
- FGM-02 y FGM-03 (Sidtav, Mataró, España): El FGM-02, con unas dimensiones de 15,50cmx8,00cmx35,50cm, está ideado para consultas de terapia en casa, es de un cuerpo de plástico con forma de ortoedro donde se encuentra la placa Hardware. Dispone de Universal Serial Bus (USB) con software para ordenador. Por otra parte, el FGM-03 está ideado para consultas y tiene el mismo funcionamiento que el FGM-02, con un soporte más ergonómico y unas dimensiones superiores (15,50cmx8,00cmx45,50cm)(figura 9). [18]



FIGURA 9: REPRESENTACIÓN DE LOS SYNTONICER FGM-03 Y FG3-02 RESPECTIVAMENTE DE IZQUIERDA A DERECHA

4.4) FILTROS

Dentro de todos los posibles tipos de filtros Syntonic, existe una gran variedad de combinaciones de los mismos que se utilizan en la práctica clínica para corregir diferentes alteraciones visuales: [5]

Endodesviación	Exodesviación
Alpha-Omega/Mu-Delta	Mu-Upsilon
Alpha-Delta/Mu-Delta	Upsilon-Omega/Mu-Upsilon
Alpha-Theta/Mu-Delta	Upsilon-Omega-D/Mu-Upsilon
	Alpha-Omega/Mu-Upsilon

TABLA 2: DIFERENTES COMBINACIONES DE FILTROS PARA ENDOESVIACIONES Y EXODESVIACIONES

Como ya se ha comentado anteriormente, los filtros utilizados en este estudio fueron la combinación Alpha-Omega (color índigo/rojizo) y Mu-Delta (color verde/amarillento), la combinación Mu-Upsilon (color verde) y el filtro solar. Se seleccionaron siguiendo las recomendaciones de Collier. Este autor, recomienda la combinación de los filtros Alpha-Omega y Mu-Delta en la práctica clínica para personas con endodesviación (generalmente los filtros amarillo/verdosos son combinados con los índigo/rojizos poniendo 10 minutos cada uno de ellos) [19], y el filtro Mu-Upsilon para individuos con exodesviación. [5] No obstante, en este estudio ambos filtros fueron evaluados en todos los sujetos independientemente de su estado fórico.



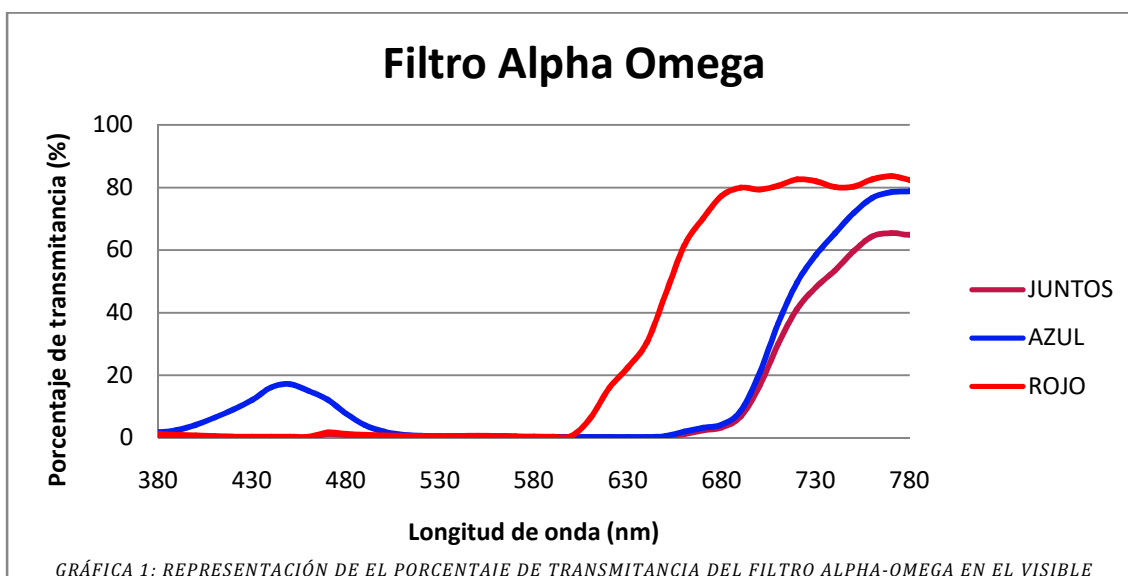
FIGURA 10: REPRESENTACIÓN DEL SYNTONIC COLOR BOY CON LOS FILTROS ALPHA-OMEGA Y MU-DELTA

A la hora de evaluar los resultados, en la combinación de filtros Alpha-Omega y Mu-Delta (filtros recomendados para endodesviaciones), solo se analizaron las vergencias fusionales negativas, y en el filtro Mu-Upsilon (recomendado para exodesviaciones), las vergencias fusionales positivas, ya que son las que según Collier van a mejorar en cada caso.

Se recomienda en todas las sesiones de fototerapia preguntar al sujeto de qué color refiere ver la luz con cada filtro. Tras la sesión de fototerapia, se aconseja preguntar si refieren ver alguna postimagen, para evaluar como el paciente procesó el estímulo dado, y su color, que generalmente debería haber sido del color opuesto al del estímulo. Según Collier, esta post imagen dura alrededor de 1 minuto, que significaría que el sistema vuelve a estar completamente relajado y que la proyección eferente ha funcionado. En el caso de los sujetos que refirieren ver una postimagen negra, significaría que hay un bloqueo en la proyección eferente. Cuando se utilizó la combinación de filtros Alpha-Omega/Mu-Delta, antes de colocarle el segundo filtro, se esperó a que la postimagen desapareciese. [5]

Las gráficas 1, 2, 3 y 4 representan la cantidad de transmitancia en porcentaje que hay en las longitudes de onda del espectro de luz visible para los filtros utilizados, que fueron medidos con un espectrofotómetro:

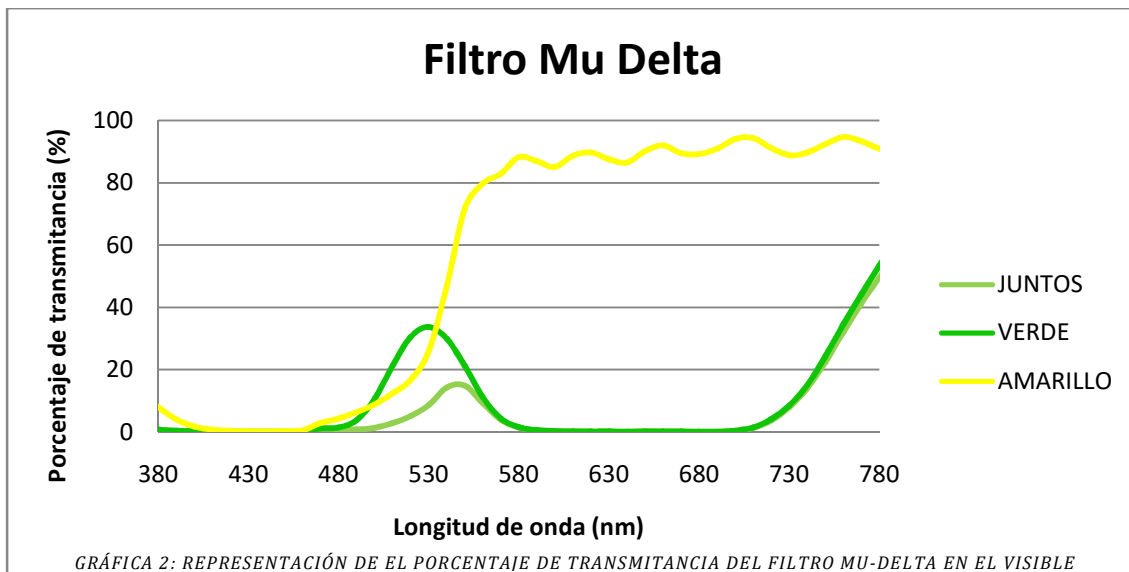
ALPHA OMEGA



Como se puede apreciar, el filtro Alpha-Omega utilizado (*gráfica 1*) está formado por un componente azulado (que solo deja transmitir entre las longitudes 380-500nm y a partir de 670nm) y de un componente rojo (que deja transmitir longitudes de onda superiores a 590nm). Al unir ambos componentes, se creaba un filtro que dejaba transmitir longitudes de onda superiores a 670nm, haciendo apreciar así un color rojo oscuro (ruby) al mirar una luz puntual blanca a través de él.

Según Stefan Collier este filtro lo que hace es estimular el simpático, consiguiendo así una dilatación pupilar, disminuyendo la acomodación y tendiendo a reducir la aducción. [5]

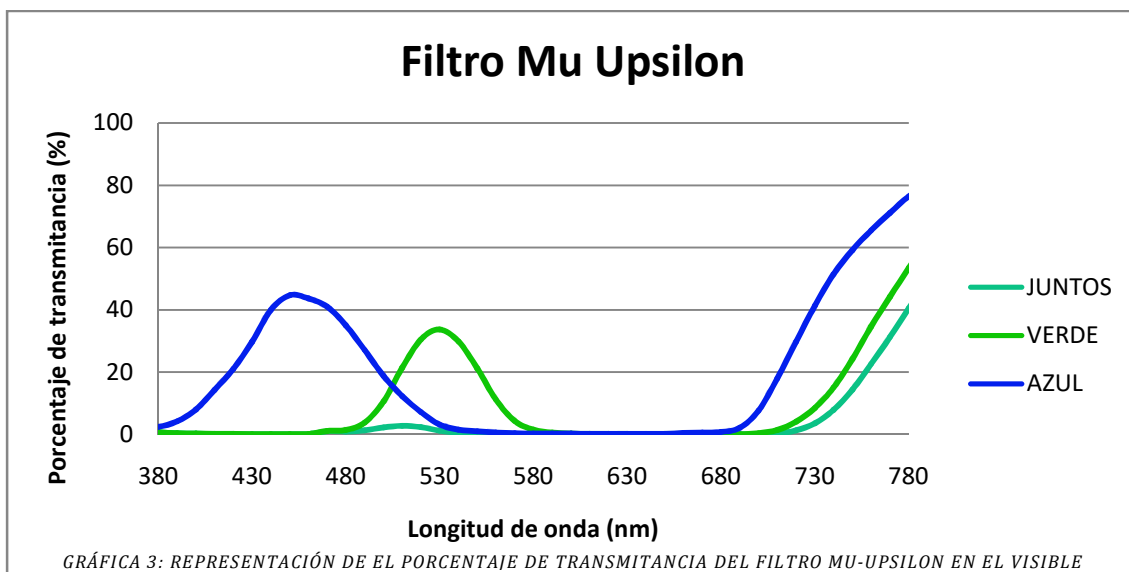
MU DELTA



En el caso del filtro Mu-Delta (*gráfica 2*) está formado por un componente verde (que transmite entre las longitudes 480-580nm y a partir de 720nm) y un componente amarillo (que solo absorbe las longitudes entre 420-470nm aproximadamente). Al unir ambos filtros, se consigue transmitir entre las longitudes 500-580nm y a partir de la 720nm aproximadamente, apreciándose así un color amarillo verdoso al mirar a la luz blanca a través del filtro.

Este filtro, según Collier es un estabilizador fisiológico que estimula el sistema nervioso simpático, causando una dilatación pupilar, una disminución en la acomodación y una tendencia a reducir la adducción. [5]

MU UPSILON

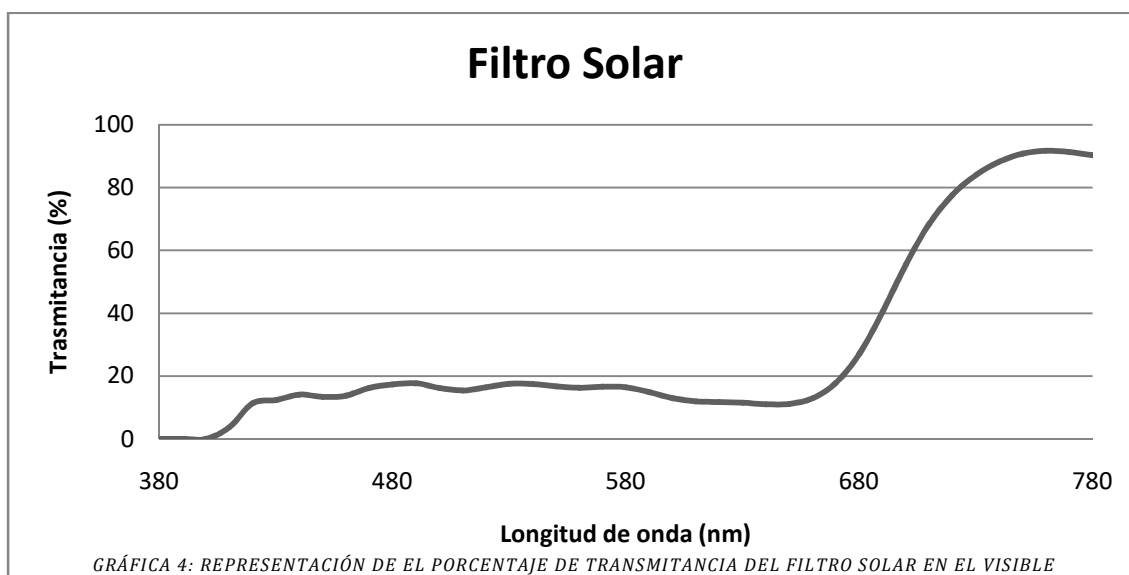


El filtro utilizado para exodesviaciones Mu-Upsilon (*gráfica 3*), también está formado por dos componentes, uno verde (el cual deja transmitirse longitudes de onda entre 480-580nm y a partir de 720nm) y uno azul (que absorbe longitudes de onda entre

530-680nm). Al unirlos, se consigue transmitir longitudes de onda en bajo porcentaje entre 480-530nm y a partir de 730nm en mayor porcentaje, consiguiendo así que se aprecie un color verde al mirar a través de él.

Este filtro, según Collier estimula el sistema nervioso parasimpático (o inhibe el sensorial), causando una contracción pupilar, un incremento en la acomodación y una tendencia a reducir la abducción. [5]

FILTRO SOL



El filtro utilizado en el grupo control fue un filtro solar. En la gráfica que representa el porcentaje de transmittancia en las longitudes de onda del visible del mismo (*gráfica 4*), se puede apreciar que desde la longitud de 390nm deja transmitir todas las longitudes de onda, es decir, deja pasar todas las longitudes de onda del visible prácticamente.

4.5) ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Todos los parámetros fueron registrados en una base de datos elaborada con el programa Excel (Microsoft®Office Excel 2007), y divididos por filtros y pruebas en diferentes apartados.

Para cada variable, se realizó el análisis estadístico con el paquete estadístico SPSS 22.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EEUU).

Todas las variables fueron de tipo cuantitativo, definidas por su media y desviación estándar para cada medición y comprobando mediante el test de Kolmogorov-Smirnov su normalidad.

Para comparar las variables cuantitativas no paramétricas de dos grupos dependientes, se utilizó el test de los rangos con signo de Wilcoxon (según su hipótesis nula, las medias de ambas muestras son las mismas).

Los niveles de $p < 0,05$ fueron considerados estadísticamente significativos.

7) RESULTADOS:

En primer lugar, se expondrán los resultados de todos los sujetos del grupo experimental con las dos combinaciones de filtros utilizados, así como los del grupo control. Posteriormente se mostrarán los resultados de los sujetos del grupo experimental teniendo en cuenta su estado fórico previo al Syntonic. Los valores negativos en el cover test indicarán endoforia, y los positivos exoforia.

RESULTADOS INDEPENDIENTEMENTE DEL ESTADO FÓRICO

FILTRO ALPHA-OMEGA Y MU-DELTA

En la siguiente tabla se representa la estadística descriptiva de la medida de los test realizados al grupo experimental antes y después de la sesión de fototerapia con la combinación de filtros Alpha-Omega y Mu-Delta. Se muestran los valores mínimos y máximos, así como la media y desviación estándar de cada parámetro. Todos los parámetros aumentan tras la sesión de Syntonic, salvo el cover test.

N=30		Sesión fototerapia	Valor mínimo (Δ)	Valor máximo (Δ)	Media (Δ)	Desviación estándar (Δ)
VL	Rotura VFN	Antes	4,00	14,00	8,20	$\pm 2,54$
		Después	4,00	16,00	8,80	$\pm 2,50$
	Recobro VFN	Antes	2,00	10,00	5,73	$\pm 2,21$
		Después	2,00	12,00	6,13	$\pm 2,29$
	Flexibilidad de vergencias	Antes	0,00	23,00	12,27	$\pm 7,15$
		Después	0,00	23,00	13,20	$\pm 6,27$
Cover test	Antes	-2,00	2,00	0,27	$\pm 0,83$	
	Después	-2,00	2,00	0,10	$\pm 0,88$	
VP	Rotura VFN	Antes	8,00	25,00	14,77	$\pm 3,40$
		Después	10,00	25,00	15,67	$\pm 3,89$
	Recobro VFN	Antes	6,00	18,00	11,67	$\pm 2,97$
		Después	8,00	18,00	12,47	$\pm 3,00$
	Flexibilidad de vergencias	Antes	6,00	29,00	18,80	$\pm 4,47$
		Después	12,00	30,00	19,70	$\pm 3,92$
Cover test	Antes	-6,00	6,00	1,10	$\pm 2,58$	
	Después	-12,00	5,00	0,03	$\pm 3,51$	

TABLA 3: REPRESENTACIÓN DE LA ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LOS TEST REALIZADOS AL GRUPO EXPERIMENTAL CON LA COMBINACIÓN DE FILTROS ALPHA-OMEGA Y MU-DELTA

Para comparar los resultados, se utilizó el test de Wilcoxon debido a que la muestra no seguía una distribución normal. En la tabla 4 se representa la media de las diferencias, la desviación estándar y el valor de significación p para cada parámetro. Se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en el caso del recobro de VFN en VL y en los casos del recobro de VFN, la flexibilidad de vergencias y el cover test en VP.

		<i>p</i>	Media de la diferencia (Δ)	Desviación estándar (Δ)
VL	Rotura VFN	0,253	0,60	$\pm 1,59$
	Recobro VFN	0,049	0,40	$\pm 1,92$
	Flexibilidad de vergencias	0,085	0,93	$\pm 4,09$
	Cover test	0,265	-0,17	$\pm 0,79$
VP	Rotura VFN	0,092	0,90	$\pm 2,14$
	Recobro VFN	0,022	0,80	$\pm 2,55$
	Flexibilidad de vergencias	0,023	0,90	$\pm 2,09$
	Cover test	0,002	-1,07	$\pm 1,82$

TABLA 4: REPRESENTACIÓN DEL VALOR DE SIGNIFICACIÓN *p* PARA CADA PRUEBA CON LA COMBINACIÓN DE FILTROS ALPHA-OMEGA Y MU-DELTA CON LA MEDIA DE LA DIFERENCIA Y LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

FILTRO MU-UPSILON

La tabla 5 representa la estadística descriptiva de las medidas realizadas en el grupo experimental antes y después de la realización de sesión de fototerapia con el filtro Mu-Upsilon. Se muestran los valores mínimos y máximos alcanzados en cada prueba, así como la media y desviación estándar. Todos los parámetros aumentan tras la sesión de Syntonic, salvo el cover test.

N=30		Sesión fototerapia	Valor mínimo (Δ)	Valor máximo (Δ)	Media (Δ)	Desviación estándar (Δ)
VL	Rotura VFP	Antes	6,00	45,00	23,33	$\pm 10,25$
		Después	8,00	45,00	27,40	$\pm 11,98$
	Recobro VFP	Antes	2,00	45,00	17,17	$\pm 9,04$
		Después	6,00	45,00	20,00	$\pm 10,93$
	Flexibilidad de vergencias	Antes	0,00	19,00	11,17	$\pm 5,66$
		Después	0,00	21,00	12,77	$\pm 6,04$
Cover test	Antes	-1,00	2,00	0,43	$\pm 0,90$	
	Después	-4,00	3,00	0,07	$\pm 1,46$	
VP	Rotura VFP	Antes	1,00	45,00	32,47	$\pm 10,78$
		Después	8,00	45,00	32,77	$\pm 10,90$
	Recobro VFP	Antes	0,00	45,00	26,33	$\pm 11,22$
		Después	6,00	45,00	27,37	$\pm 11,46$
	Flexibilidad de vergencias	Antes	2,00	25,00	17,57	$\pm 4,45$
		Después	4,00	36,00	19,03	$\pm 4,42$
Cover test	Antes	-6,00	6,00	0,83	$\pm 2,68$	
	Después	-12,00	6,00	0,33	$\pm 3,35$	

TABLA 5: REPRESENTACIÓN DE LA ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LOS TEST REALIZADOS AL GRUPO EXPERIMENTAL CON EL FILTRO MU-UPSILON

En la tabla 6 está representada la media de las diferencias, la desviación estándar y el valor de significación *p* para cada parámetro, para comparar los datos obtenidos antes y después del Syntonic con el filtro Mu-Upsilon. Se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en los casos de la rotura en VFP y la flexibilidad de vergencias en VL y en la flexibilidad de vergencias en VP.

		<i>p</i>	Media de la diferencia (Δ)	Desviación estándar (Δ)
VL	Rotura VFP	0,015	4,07	$\pm 8,46$
	Recobro VFP	0,053	2,83	$\pm 7,68$
	Flexibilidad de vergencias	0,001	1,60	$\pm 2,24$
	Cover test	0,156	-0,37	$\pm 1,35$
VP	Rotura VFP	0,854	0,30	$\pm 7,53$
	Recobro VFP	0,380	1,03	$\pm 8,62$
	Flexibilidad de vergencias	0,001	1,47	$\pm 1,99$
	Cover test	0,183	-0,50	$\pm 1,83$

TABLA 6: REPRESENTACIÓN DEL VALOR DE SIGNIFICACIÓN P PARA CADA PRUEBA CON EL FILTRO MU-UPSILON CON LA MEDIA DE LA DIFERENCIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR

FILTRO SOLAR

La tabla 7 muestra la estadística descriptiva de las medidas realizadas en el grupo control antes y después de la realización de sesión de fototerapia con el filtro solar. Se muestran los valores mínimos y máximos, así como la media y desviación estándar de cada medida. Todos los parámetros disminuyen tras la sesión de Syntonic, salvo la media de la rotura y el recobro de la VFP en VL y VP y la flexibilidad de vergencias en VP.

N=30		Sesión fototerapia	Valor mínimo (Δ)	Valor máximo (Δ)	Media (Δ)	Desviación estándar (Δ)
VL	Rotura VFN	Antes	6,00	14,00	9,00	$\pm 2,71$
		Después	6,00	12,00	8,40	$\pm 2,46$
	Recobro VFN	Antes	4,00	12,00	6,80	$\pm 2,86$
		Después	4,00	10,00	6,40	$\pm 2,46$
	Rotura VFP	Antes	8,00	45,00	28,80	$\pm 13,21$
		Después	10,00	45,00	30,00	$\pm 13,34$
	Recobro VFP	Antes	6,00	45,00	21,40	$\pm 11,57$
		Después	8,00	45,00	22,50	$\pm 12,76$
	Flexibilidad de vergencias	Antes	6,00	23,00	15,30	$\pm 6,50$
		Después	4,00	24,00	15,20	$\pm 6,44$
Cover test	Antes	-2,00	2,00	0,40	$\pm 1,26$	
	Después	-4,00	4,00	0,20	$\pm 1,99$	
VP	Rotura VFN	Antes	6,00	25,00	15,10	$\pm 5,13$
		Después	8,00	20,00	14,80	$\pm 4,34$
	Recobro VFN	Antes	4,00	20,00	11,80	$\pm 4,47$
		Después	6,00	18,00	11,60	$\pm 4,20$
	Rotura VFP	Antes	16,00	45,00	33,90	$\pm 11,85$
		Después	20,00	45,00	37,00	$\pm 11,10$
	Recobro VFP	Antes	14,00	45,00	29,10	$\pm 11,61$
		Después	16,00	45,00	34,00	$\pm 13,02$
	Flexibilidad de vergencias	Antes	13,00	32,00	19,90	$\pm 5,76$
		Después	12,00	32,00	20,50	$\pm 6,00$
Cover test	Antes	-4,00	6,00	1,70	$\pm 3,20$	
	Después	-4,00	4,00	1,50	$\pm 2,64$	

TABLA 7: REPRESENTACIÓN DE LA ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LOS TEST REALIZADOS AL GRUPO CONTROL CON EL FILTRO SOLAR

La tabla 8 muestra la media de las diferencias, la desviación estándar y el valor de significación p para cada prueba realizada al grupo control con filtro solar. Se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) únicamente en el recobro de la VFP en VP.

		p	Media de la diferencia (Δ)	Desviación estándar (Δ)
VL	Rotura VFN	0,180	-0,60	$\pm 1,35$
	Recobro VFN	0,414	-0,40	$\pm 1,58$
	Rotura VFP	0,833	1,20	$\pm 7,24$
	Recobro VFP	0,778	1,10	$\pm 10,91$
	Flexibilidad de vergencias	0,785	-0,10	$\pm 2,81$
	Cover test	0,564	-0,20	$\pm 1,14$
VP	Rotura VFN	0,785	-0,30	$\pm 4,22$
	Recobro VFN	0,483	-0,20	$\pm 4,47$
	Rotura VFP	0,066	3,10	$\pm 4,58$
	Recobro VFP	0,027	4,90	$\pm 6,17$
	Flexibilidad de vergencias	0,876	0,60	$\pm 3,06$
	Cover test	0,581	-0,20	$\pm 1,23$

TABLA 8: REPRESENTACIÓN DEL VALOR DE SIGNIFICACIÓN p PARA CADA PRUEBA CON EL FILTRO SOLAR CON LA MEDIA DE LA DIFERENCIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR

RESULTADOS DIVIDIENDO LOS INDIVIDUOS SEGÚN EL ESTADO FÓRICO

A continuación, se analizan por separado los valores de los sujetos del grupo experimental que presentaban endoforia ($N=8$) y exoforia ($n=16$) antes de la sesión de fototerapia:

ENDOFÓRICOS

En la tabla 9 se muestra la estadística descriptiva de los sujetos endofóricos del grupo experimental ($N=8$), con los valores anteriores y posteriores de la sesión de fototerapia realizada con la combinación de filtros Alpha-Omega y Mu-Delta. Se representan los valores máximos y mínimos conseguidos con las respectivas medias y desviaciones estándar. Todos los parámetros aumentan tras la sesión de Syntonic.

N=8		Sesión fototerapia	Valor mínimo (Δ)	Valor máximo (Δ)	Media (Δ)	Desviación estándar (Δ)
VL	Rotura VFN	Antes	2,00	10,00	5,75	$\pm 2,49$
		Después	2,00	12,00	6,00	$\pm 3,02$
	Recobro VFN	Antes	6,00	14,00	8,50	$\pm 2,98$
		Después	6,00	16,00	9,50	$\pm 3,16$
	Flexibilidad vergencias	Antes	0,00	18,00	10,50	$\pm 6,32$
		Después	0,00	18,00	11,50	$\pm 6,09$
VP	Rotura VFN	Antes	6,00	14,00	10,50	$\pm 2,56$
		Después	8,00	18,00	12,25	$\pm 3,45$
	Recobro VFN	Antes	10,00	18,00	14,00	$\pm 3,02$
		Después	12,00	25,00	16,13	$\pm 4,55$
	Flexibilidad vergencias	Antes	12,00	21,00	17,38	$\pm 3,16$
		Después	15,00	23,00	19,13	$\pm 2,59$

TABLA 9: REPRESENTACIÓN DE LA ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LOS TEST REALIZADOS AL GRUPO EXPERIMENTAL CON ENDOFORIA PREVIA A LA SESIÓN DE FOTOTERAPIA CON COMBINACIÓN DE FILTROS ALPHA-OMEGA Y MU-DELTA

La tabla 10 expresa la media de la diferencia, la desviación estándar y el valor de significación p para cada parámetro, del test de Wilcoxon de los sujetos endofóricos del grupo experimental. Se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en la flexibilidad de vergencias tanto en VL como en VP y en el recobro en VFN en VP.

		p	Media de la diferencia (Δ)	Desviación estándar (Δ)
VL	Rotura VFN	0,792	1,00	$\pm 1,85$
	Recobro VFN	0,157	0,25	$\pm 2,71$
	Flexibilidad de vergencias	0,046	1,00	$\pm 1,07$
VP	Rotura VFN	0,161	2,13	$\pm 2,95$
	Recobro VFN	0,034	1,75	$\pm 3,28$
	Flexibilidad de vergencias	0,017	1,75	$\pm 1,04$

TABLA 10: REPRESENTACIÓN DEL VALOR DE SIGNIFICACIÓN p PARA CADA PRUEBA CON COMBINACIÓN DE FILTROS ALPHA-OMEGA Y MU-DELTA CON LA MEDIA DE LA DIFERENCIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR EN INDIVIDUOS CON ENDOFORIA PREVIA

EXOFÓRICOS

En la tabla 11 se muestra la estadística descriptiva de los sujetos exofóricos del grupo experimental ($N=16$), con los datos anteriores y posteriores de la sesión de fototerapia realizada con el filtro Mu-Upsilon. Se representan los valores máximos y mínimos conseguidos con las respectivas medias y desviaciones estándar. Todos los parámetros aumentan tras la sesión de Syntonic, salvo la rotura de la VFP en VP.

N=16		Sesión fototerapia	Valor mínimo (Δ)	Valor máximo (Δ)	Media (Δ)	Desviación estándar (Δ)
VL	Rotura VFP	Antes	6,00	45,00	26,63	$\pm 10,13$
		Después	8,00	45,00	32,38	$\pm 12,86$
	Recobro VFP	Antes	4,00	45,00	19,88	$\pm 10,37$
		Después	6,00	45,00	24,50	$\pm 12,89$
	Flexibilidad de vergencias	Antes	4,00	19,00	13,19	$\pm 5,02$
		Después	3,00	21,00	14,94	$\pm 4,88$
VP	Rotura VFP	Antes	25,00	45,00	36,25	$\pm 8,27$
		Después	10,00	45,00	34,38	$\pm 10,14$
	Recobro VFP	Antes	18,00	45,00	31,13	$\pm 10,56$
		Después	8,00	45,00	31,50	$\pm 12,35$
	Flexibilidad de vergencias	Antes	12,00	25,00	19,00	$\pm 3,20$
		Después	14,00	25,00	20,38	$\pm 2,80$

TABLA 11: REPRESENTACIÓN DE LA ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LOS TEST REALIZADOS AL GRUPO EXPERIMENTAL CON EXOFORIA PREVIA A LA SESIÓN DE FOTOTERAPIA CON FILTRO MU-UPSILON

La tabla 12 expresa la media de las diferencias, la desviación estándar y el valor de significación p del test de Wilcoxon de los individuos con exoforia previa a la sesión de fototerapia. Se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en la flexibilidad de vergencias tanto en VL como en VP y en la rotura en VFP en VL.

		<i>p</i>	Media de la diferencia (Δ)	Desviación estándar (Δ)
VL	Rotura VFP	0,025	5,75	±9,42
	Recobro VFP	0,080	4,63	±9,81
	Flexibilidad de vergencias	0,020	1,75	±2,54
VP	Rotura VFP	0,253	-1,88	±6,80
	Recobro VFP	0,647	0,38	±10,15
	Flexibilidad de vergencias	0,025	1,38	±2,02

TABLA 12: REPRESENTACIÓN DEL VALOR DE SIGNIFICACIÓN P PARA CADA PRUEBA CON FILTRO MU-UPSILON CON LA MEDIA DE LA DIFERENCIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR EN INDIVIDUOS CON EXOFORIA PREVIA

6) DISCUSIÓN:

El *Syntonic* es una técnica utilizada en la optometría comportamental como complemento de apoyo a la terapia visual. Se cree que utilizando de manera adecuada las frecuencias de luz específicas que entran en el ojo pueden generar cambios a nivel del sistema visual, incrementando la eficiencia de las vías motoras y sensoriales. [5]

La *falta de estudios* sobre la fototerapia Syntónica con evidencia científica es un inconveniente para la optometría comportamental. Esto quedó demostrado este año con el poster ganador en la OPTOM 2018, el cuál trataba sobre la poca fiabilidad de los escasos estudios relacionados con la fototerapia optométrica Syntonic. En este estudio, fueron identificados 323 artículos relacionados, de los cuales solo 15 fueron incluidos en la bibliografía a analizar. Entre ellos, la calidad de la evidencia en 12 fue muy baja y en los 3 restantes baja. Todos estos estudios versaban sobre el uso de la fototerapia optométrica Syntonic en el tratamiento de cualquier tipo de disfunción visual. De los 15 seleccionados para su análisis (7 de ellos basados en casos clínicos), había 8 estudios científicos, 5 revisiones bibliográficas y un editorial. [19]

Al realizar la estadística de todos los sujetos del grupo experimental y control, separándolas por el tipo de filtro utilizado en cada sesión, los *datos obtenidos* fueron dispares a lo esperado en la mayoría de los casos:

FILTROS ALPHA-OMEGA Y MU-DELTA

Lo más destacable en todos los datos tomados con esta combinación de filtros en el grupo experimental, fue que todos los valores de los parámetros mejoraron después de la sesión de fototerapia, siendo las diferencias estadísticamente significativas para el recobro de la VFN ($p=0,049$) en VL, y el recobro de la VFN ($p=0,022$), la flexibilidad de vergencias ($p=0,023$) y el cover test ($p=0,002$) en VP. Sin embargo, los porcentajes de sujetos que mejoraban en cada parámetro no fueron altos, siendo en VL la rotura de la VFN del 36,67%, el recobro de la VFN del 33,33% y la flexibilidad de vergencias de 43,33%, y en VP la rotura de la VFN de 43,33%, el recobro de la VFN del 40% y la flexibilidad de vergencias del 50%.

En el grupo de endofóricos dentro del grupo experimental, al hacer la sesión de fototerapia con el filtro recomendado por Collier para este tipo de desviación (combinación de Alpha-Omega y Mu-Delta), todos los valores de los parámetros mejoraron, siendo estadísticamente significativos el recobro en la VFN en VP ($p=0,034$) y la flexibilidad de vergencias tanto en VL ($p=0,046$) como en VP ($p=0,017$). Aun así, los porcentajes de los sujetos que mejoraban en VL no pasaron del 50% en ninguno de los

parámetros, siendo en todos del 42,86%. Por otro lado, en VP fueron más elevados, siendo la rotura de la VFN de 57,14%, el recobro de la VFN de 71,43% y la flexibilidad de vergencias de 85,71%.

Estos resultados se explicarían según Collier, porque estos filtros producen una estimulación del sistema nervioso simpático, de forma que mejorarían la capacidad de abducción aumentando el rango de las VFN. Por tanto, se conseguirían realizar más fácilmente aquellos test en los que se utilizan prismas BN, VFN, flexibilidad de vergencias, y disminuiría la endodesviación. [5]

FILTRO MU-UPSILON

Al igual que con la combinación de filtros Alpha-Omega y Mu-Delta, al utilizar el filtro Mu-Upsilon en el grupo experimental, también mejoraron los valores de todos los parámetros, siendo las diferencias estadísticamente significativas para la rotura de la VFP en VL ($p=0,015$) y la flexibilidad de vergencias tanto en VL ($p=0,001$) como en VP ($p=0,001$).

Con estos filtros, los porcentajes de sujetos que mejoraban en cada parámetro fueron más elevados, obteniendo en VL la rotura de la VFN del 63,33%, el recobro de la VFN del 73,33% y la flexibilidad de vergencias de 66,67%, y en VP la rotura de la VFN de 40%, el recobro de la VFN del 46,67% y la flexibilidad de vergencias del 73,33%.

En el grupo de exofóricos dentro del grupo experimental, tras la sesión de fototerapia realizada con el filtro recomendado por Collier para este tipo de desviación (Mu-Upsilon), los valores de los parámetros fueron mayores exceptuando la rotura de la VFP en VP, y fueron estadísticamente significativos la rotura de la VFP en VL ($p=0,025$) y la flexibilidad de vergencias tanto en VL ($p=0,020$) como en VP ($p=0,025$). Teniendo en cuenta el número de sujetos exofóricos que mejoró después de la fototerapia, los porcentajes de los parámetros fueron en VL del 75% la rotura en la VFP, de 56,25% el recobro en la VFP y de 68,75% la flexibilidad de vergencias, y en VP de 37,50% la rotura en la VFP, de 43,75% el recobro en la VFP y de 68,75% la flexibilidad de vergencias.

Se cumpliría así pues lo que sugiere Collier acerca del filtro Mu-Upsilon. Este al estimular el sistema nervioso parasimpático, aumentaría la capacidad de adducción aumentando el rango de las VFP. Es decir, provocando que al mirar a través de prismas de BT en la flexibilidad de vergencias se notase más facilidad, aumentando así la flexibilidad de vergencias, y por otro lado ello disminuyendo la exodesviación. [5]

Por tanto, si nos fijamos en los parámetros en los que se encuentra significación estadística al comparar los resultados antes y después de la sesión, así como el porcentaje de casos en los que aumenta la media de los parámetros tras la misma, parece que con el filtro Mu-Upsilon se obtienen mejores resultados que con la combinación Alpha-Omega y Mu-Delta. Pero debemos tener en cuenta que los valores normales de los rangos de las vergencias negativas son más pequeños que los de las vergencias positivas.

GRUPO CONTROL

En el grupo control, en VL, solamente mejoraron los valores de la media de los parámetros de rotura en la VFP, recobro en la VFP y en el cover test tras la sesión de fototerapia. Se obtuvieron valores inferiores en la media de la rotura en la VFN, recobro en la VFN y la flexibilidad de vergencias tras la sesión de Syntonic. En este caso no se obtuvieron diferencias para ninguno de los parámetros en VL, es decir, todos los valores de p fueron superiores a 0,05.

En VP, mejoraron todos los valores de los parámetros excepto la rotura y el recobro de la VFN. Pese a ello, el único valor estadísticamente significativo fue el del recobro en VFP (0,027).

Así pues, podríamos decir que a groso modo se cumplió lo esperado. Pese a haber cambios en los valores tras la sesión de fototerapia utilizando un filtro solar que en principio no afectaría a las vergencias, los resultados fueron incongruentes y sin relación alguna.

Sí que se obtuvieron mejoras en ciertos parámetros en el grupo control que pueden ser debidas al *efecto aprendizaje*. Según un estudio realizado en la Universidad Complutense de Madrid, la flexibilidad de vergencias tiene un alto grado de efecto de aprendizaje. Es decir, al repetir la prueba se encuentran un mayor número de cpm, lo que hace que se produzcan muchos falsos positivos. En relación a este estudio, los incrementos de los cpm tras la sesión de fototerapia Syntonic podrían ser producidos por este motivo. Con la medida en los rangos de vergencias también se concluyó que hubo una tendencia a obtener resultados mayores en la segunda sesión, por lo que ocurriría lo mismo que lo comentado en la flexibilidad de vergencias. [20]

Se observa por tanto cierta tendencia a la mejora de los parámetros vergenciales que se pretenden aumentar con el empleo de estos filtros, tanto para el caso de los filtros que se proponen para endodesviaciones como para los propuestos para exodesviaciones, obteniéndose mejores resultados con el filtro indicado para exoforias.

Pese a esto, se debe tener en cuenta que para las combinaciones de filtros Syntonic estudiadas se encontraron diferencias significativas para la flexibilidad de vergencias, exceptuando en VL con la combinación de filtros Alpha-Omega y Mu-Delta, mientras que para el grupo control no fueron estadísticamente significantes. Este efecto aprendizaje, sería a priori el mismo para el grupo experimental y para el grupo control. Además, de los 10 sujetos del grupo control, 8 individuos formaron parte también del grupo experimental, y realizaron la sesión de fototerapia con el filtro solar la última de todas. Por tanto, podríamos pensar que este valor debería haber salido más alto en este grupo si solo estuviese presente la influencia del efecto aprendizaje. Pero los resultados fueron mejores en los otros casos.

No obstante, este estudio presenta ciertas *limitaciones*. Se realizó una única sesión de fototerapia con cada filtro, mientras que con esta técnica suelen realizarse 20 sesiones. El número de sujetos que participaron en el grupo control es pequeño en comparación con el grupo experimental. Por otra parte, también son pequeñas las muestras de sujetos endofóricos y exofóricos que se seleccionaron del grupo experimental. Además, este estudio ha sido realizado con individuos sin problemas vergenciales. Por tanto, las mejoras obtenidas podrían ser menos relevantes en población normal en comparación con individuos con disfunciones binoculares.

Por ello, sería *recomendable* la realización de estudios de este tipo en sujetos con problemas en la visión binocular, utilizando un número mayor de sujetos de edades más variadas y realizando la fototerapia Syntonic en un total de unas 20 sesiones. Por último, este estudio ha analizado únicamente dos de las combinaciones de filtros propuestas por el colegio de Syntonic. [2]

El *principal aporte* de este estudio es abrir “nuevos caminos” hacia la investigación de la fototerapia Syntonic, ya que para ello es necesario correr riesgos, inventar, experimentar, equivocarse y aprender de nuestros errores... Es por todo eso que, aunque

este estudio no termine de sacar unas conclusiones absolutas, es necesario empezar poniendo la primera piedra para conseguir una montaña de estudios sobre la fototerapia Syntónica que terminen por demostrar finalmente si es eficaz o no, no solo en la amplitud de vergencias, sino en muchos otros ámbitos relacionados con el sistema visual.

7) CONCLUSIONES:

FILTROS ALPHA-OMEGA Y MU-DELTA

Todos los valores de los parámetros mejoran en el grupo experimental tras la sesión de fototerapia. Además, se obtienen diferencias estadísticamente significativas para el recobro de la VFN en VL y el recobro en la VFN, la flexibilidad de vergencias y el cover test en el grupo experimental.

En los sujetos con endoforia previa a la fototerapia, los valores de todos los parámetros mejoran tras la sesión de Syntonic, obteniéndose diferencias estadísticamente significativas para el recobro de la VFN en VP y la flexibilidad de vergencias en VL y VP.

FILTRO MU-UPSILON

Todos los valores de los parámetros mejoran en el grupo experimental tras la sesión de Syntonic, siendo los cambios producidos en la rotura de VFP en VL y la flexibilidad de vergencias en VL y VP estadísticamente significativos en el grupo experimental.

Los sujetos con exoforia previa a la fototerapia, mejoran los valores de todos los parámetros excepto la rotura de VFP en VP. Además, en este grupo en la rotura de VFP en VL y la flexibilidad de vergencias en VL y VP se obtuvieron cambios estadísticamente significativos.

FILTRO SOLAR

Aunque se obtuvieron valores mayores en algunos parámetros tras la sesión de fototerapia, solamente el recobro de VFP en VP es estadísticamente significativo en el grupo control.

8) AGRADECIMIENTOS:

Como se dice, es de bien nacido ser agradecido, y no quisiera concluir este trabajo sin agradecer a todas esas personas que han formado parte del estudio y me han ayudado y apoyado para sacarlo adelante.

En primer lugar, agradecer a Carmen López de la Fuente y a M^a Pilar Mata Piñol el darme la oportunidad de poder realizar mi trabajo fin de grado en relación a la Terapia Visual.

En segundo lugar, a todas las personas que han aguantado tantas horas de pruebas para ayudarme, muchas de ellas compañeros y amigos de la carrera, sin los cuales no hubiese sido posible la realización del estudio.

Por último, pero no menos importante, a Amaia Arbizu con la que compartí largas horas de pruebas. Gracias por estar, soportar y sobre todo ayudar en todo momento.

9) BIBLIOGRAFÍA:

- [1] *What is Syntonics?* [Internet]. Collegeofsyntonicoptometry.com. [Consulta: 12 Abril 2018]. Disponible en: <http://www.collegeofsyntonicoptometry.com/home.html>
- [2] Gottlieb, R. Wallace, L. (2001). *Syntonics Phototherapy*. Journal of Behavioral Optometry: Vol.12-nº2, p.31-7.
- [3] Martel, A. (2018). *Light Therapies: A Complete Guide to the Healing Power of Light*. Inned traditions international, limitado. ISBN: 978-1620557297.
- [4] Wallace, LB. (2009). *The Theory and Practice of Syntonics Phototherapy: A Review*. Ithaca, Nueva York. Optom Vis Dev: Vol.40-nº2, p.73-81.
- [5] Collier, S. (2011). *In syntonics*. Norderstedt: Books on Demand GmbH. ISBN: 9783842353039.
- [6] Menéndez, J. Pardo, M. Teruel, F. Juliá, V. Gil-Loyzaga, P. Escriche, E. Cardinali, D. Cachofeiro, V. Ariznavarreta, C. Tresguerres, J. (2011). *Fisiología Humana*. 3ra ed. España: McGraw-Hill España. ISBN: 84-486-0647-7.
- [7] Puell Marín, MC. *Óptica Fisiológica: El sistema óptico del ojo y la visión binocular*. Universidad Complutense de Madrid. ISBN versión digital: 1-4135-6363-5.
- [8] Martín Herranz, R. Vecilla Antolinez, G. (2012). *Manual de Optometría*. Madrid: Editorial Médica Panamericana. ISBN: 978-84-9835-272-6.
- [9] Scheiman, M. Wick, B. (2008). *Clinical Management of Binocular Vision: Heterophoric, Accommodative and Eye Movement Disorders*. Philadelphia: Editorial 3, Lippincott Williams & Wilkins.
- [10] Howard, IP. Rogers, JB. (2012). *Perceiving in Depth: Basic Mechanisms*. Nueva York: Universidad de Oxford.
- [11] Benjamin, WJ. Borish, I. (2006). *Borish's Clinical Refraction*. St. Louis MO.: Butterworth-Heinemann/Elsevier, p.121-58.
- [12] Borrás García, MR. Ondategui Parra, JC. Pacheco Cutillas, M. (1998). *Visión Binocular. Diagnóstico y tratamiento*. Escuela universitaria de óptica y optometría de Terrassa: Ediciones UPC. ISBN: 9788483011591.
- [13] Optonet. [Internet]. Optonet.es. [Consulta: 15 Marzo 2018]. Disponible en: <https://optonet.es/>
- [14] Optomatters®. *Syntonics* [Internet]. Optomatters.com. [Consulta: 19 Mayo 2018]. Disponible en: <https://optomatters.com/index.php/syntonics1>
- [15] Centro de Optometría Internacional. (2015). *Material*. [Internet]. [Consulta: 17 Junio 2018]. Disponible en: <http://coi-sl.es/material>
- [16] ©2018 Bernell Corporation. *Syntonics, Visión Therapy: The Photowave® Rainbow Light Modulator*. [Internet]. [Consulta: 17 Junio 2018]. Disponible en: <https://www.bernell.com/product/3022/Syntonizer>
- [17] Coivision. *COIVisión y Photosens la técnica perfecta en el tratamiento de problemas visuales y cognitivos*. [Internet]. [Consulta: 17 Junio 2018]. Disponible en: <http://www.coivision.es/>
- [18] SIDTAV. *Productos SIDTAV: Un dispositivo único para la terapia de color Syntonics*. [Internet]. [Consulta: 17 Junio 2018]. Disponible en: <http://sidtav.com/>
- [19] Cacho Martínez, P. Cervera Sánchez, Z. García Muñoz, A. (2018). Revisión sistemática: ¿Podemos recomendar la fototerapia optométrica Syntonics en la práctica clínica? [Poster]. Madrid: Optom.
- [20] Antona Peñalba, B. (2010). *Fiabilidad intraexaminador y concordancia de pruebas clínicas de evaluación de la visión binocular* [tesis acceso grado de doctora]. Universidad Complutense de Madrid: Departamento de Óptica II (Optometría y visión). ISBN: 978-84-693-0657-4.

ANEXO 1: CONSENTIMIENTO INFORMADO



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 2: TABLAS DE RESULTADOS

PRUEBAS SYNTONIC:

Datos personales:

Nombre y Apellidos: Sexo: M F

Fecha de nacimiento: Edad:

Pruebas generales:

AGUDEZA VISUAL		
	Visión Lejana	Visión Cercana
Ojo Derecho		
Ojo Izquierdo		
Ambos Ojos		

ESTEREOPSIS	
Antes del filtro	
Después del filtro	

WORTH	
Visión Lejana	Visión Cercana

Pruebas específicas vergenciales:

COVER TEST		
	Antes	Después
VL		
VP		

FLEXIBILIDAD DE VERGENCIAS		
	Antes	Después
VL		
VP		

VERGENCIAS FUSIONALES				
	Antes		Después	
	VFN	VFP	VFN	VFP
VL				
VP				

Datos filtro:

Tipo de filtro:

Color del filtro:

Color de la postimagen: