



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE CIENCIAS

Grado en Óptica y Optometría

MEMORIA TRABAJO FIN DE GRADO TITULADO

EMPLEO DE FILTROS EN LENTES DE CONTACTO

Presentado por: María López de Dueñas

Tutelado por: Luis Antonio Calvo Bleye

Tipo de TFG: Revisión

En Valladolid a 24 de Mayo de 2016

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
CAPÍTULO 1: Efectos de la radiación sobre el ojo.....	6
CAPÍTULO 2: Filtros	7
2.1. Filtros naturales sobre la radiación.....	7
2.2. Filtros oculares sobre la radiación	7
CAPÍTULO 3: Lentes de contacto tintadas	10
3.1. Lentes translucidas	10
3.2. Lentes opacas	10
CAPÍTULO 4: Empleo y tipos de filtros en las lentes de contacto	12
4.1. Filtros ultravioleta	12
4.1.1. Lentes de contacto con filtro ultravioleta de diferentes laboratorios.....	16
4.2. Filtros para luz azul	17
4.2.1. Lentes de contacto	17
4.2.2. Lentes intraoculares	18
4.3. Otros filtros de las lentes de contacto	19
CONCLUSIONES	21
BIBLIOGRAFÍA	22
ANEXOS	24
Anexo 1: Acrónimos empleados.	

INTRODUCCIÓN

La interacción del sistema visual con la luz es una función compleja en la cual intervienen los ojos que son los que reciben la información, la vía visual que la transporta y el cerebro que la analiza, permitiendo todo ello realizar una interpretación de nuestro entorno.

A continuación paso a realizar un breve repaso sobre ello

Ojos y Vía visual

Como hemos dicho, el ojo recibe la luz y en el proceso intervienen diferentes estructuras. El sistema visual está formado por córnea, iris, retina, pupila y cristalino. Por su parte la vía visual está constituida por el nervio óptico, el quiasma, las cintillas ópticas, el núcleo geniculado lateral y la corteza occipital.¹

La córnea es una lente positiva, que enfoca en un solo punto de la retina los rayos de luz que pasan a través de ella. Para que la córnea realice bien este trabajo debe ser transparente y tener una curvatura adecuada.¹

Detrás de la córnea encontramos la pupila situada en el centro del iris el cual actúa como un diafragma, regulando la cantidad de luz que entra a través del ojo.¹

Detrás del iris se encuentra el cristalino, una lente biconvexa, este debe ser transparente como la córnea, además es elástico, se encuentra sujeto al ojo por unas fibrillas conectadas a un músculo ciliar.¹

Si el objeto que se mira está en el infinito, el cristalino está en reposo pero si este se acerca el cristalino cambia de forma para que los rayos lleguen paralelos a la retina.¹

A continuación los rayos luminosos llegan a la retina, ésta sólo es sensible al denominado espectro visible. La retina recibe la imagen y la transforma en impulsos químicos y eléctricos que viajan hasta los centros visuales del cerebro para hacerla visible. La retina está compuesta por 10 capas (fig. 1)²:

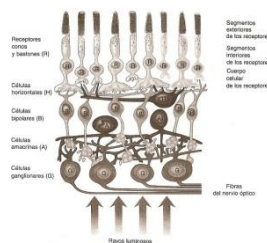


Fig 1

Dentro de la capa de fotorreceptores se encuentran los conos y bastones, de la retina la información llega al nervio óptico² el cual está formado por la unión de

los axones de las células ganglionares, estos se cruzan en el quiasma óptico y de su parte posterior salen las cintillas ópticas que son las que llegan al cuerpo geniculado lateral, que regula y organiza el flujo de información hacia la corteza.³

Del núcleo salen las radiaciones ópticas que son las que llegan a la corteza visual, esta se encuentra en el lóbulo occipital y se compone de: capas simples del Área 17 que responden a líneas y bordes y las complejas del Área 17 que responden a estímulos en movimiento.²

Según la RAE, la luz es el agente físico que hace visibles los objetos. En un breve análisis histórico sobre la interpretación de la luz, cabe destacar las siguientes teorías⁴.

Teoría corpuscular: Newton planteó que la luz estaba compuesta por corpúsculos, los cuales se propagan en línea recta, pueden atravesar medios transparentes y ser reflejados por materias opacas⁵.

Además realizó el experimento de descomposición de la luz en colores, y postuló que la luz blanca al atravesar un prisma se descomponía en los colores del arco iris, lo que significaba en su modelo que los corpúsculos de la luz eran de distinto tipo según el color de cada uno⁶.

Teoría ondulatoria: Huygens consideró la luz como una onda mecánica similar al sonido. Según su teoría la luz debía propagarse en un medio, pero como esta se propaga por todo el espacio⁶ supuso que las ondas luminosas se propagaban a través del Éter, un medio presente tanto en el vacío como en los cuerpos materiales⁵.

Esta teoría no fue aceptada hasta que un siglo después Young llevó a cabo sus experimentos sobre fenómenos de interferencias luminosas, y Fresnel los suyos sobre difracción. Ambos fueron decisivos para que se tomaran en consideración los estudios de Huygens y para la explicación de la teoría ondulatoria⁵.

Teoría electromagnética: Gracias a las ecuaciones de Maxwell se integraron los fenómenos ópticos, eléctricos y magnéticos en un mismo marco teórico⁶.

Las leyes que Maxwell obtuvo a modo de síntesis del comportamiento eléctrico y magnético de la materia proporcionaron un mecanismo de propagación al campo electromagnético. Así mismo Maxwell obtuvo la expresión que calcula la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas⁶. En esta teoría apareció el concepto de ondas electromagnéticas (fig2) y se calculó la velocidad de propagación de estas⁶.

Las ondas electromagnéticas fueron detectadas por Hertz años después, gracias a ello se demostró por completo la naturaleza electromagnética de la luz a los ojos de la comunidad científica⁶.

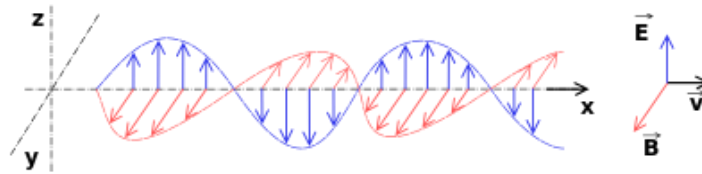


Fig 2

Se denomina espectro electromagnético (fig 3)⁸ al conjunto de radiaciones que integran la energía radiante, cada componente se define por su frecuencia y longitud de onda. El espectro electromagnético se divide en partes según las longitudes de onda, estas reciben nombres diferentes. Ondas de radio, rayos infrarrojos, rayos ultravioletas, luz visible, rayos gamma, rayos X, radiación de microondas⁷.

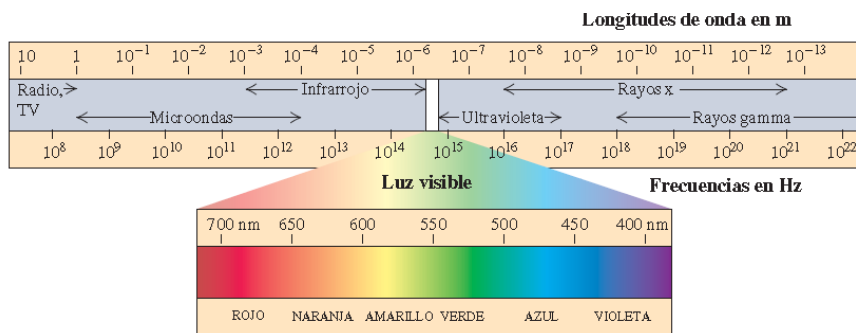


Fig 3

Como la energía de cada radiación es proporcional a su frecuencia ($E = h \nu$), algunos tipos de radiación son o pueden ser perjudiciales para la salud humana. Las frecuencias altas o lo que es lo mismo las radiaciones muy energéticas pueden provocar alteraciones en el ADN. Todos sabemos que los rayos X son dañinos para los organismos vivos, pero se utilizan de forma controlada para los diagnósticos médicos. Igualmente la radiación ultravioleta que recibimos del sol es responsable del bronceado de la piel. Pero si se recibe en altas dosis puede ser peligrosa porque impide la división celular, destruye microorganismos, produce quemaduras y pigmentación de la piel e inducir melanomas⁷.

Por estas razones a veces es necesario emplear filtros para reducir la intensidad de esas radiaciones que pueden ocasionar daños y precisamente mi trabajo fin de grado consiste en el estudio de su empleo en lentes de contacto.

1. EFECTOS DE LA RADIACIÓN SOBRE EL OJO

Los efectos de la radiación dependen de si esta es ionizante o no ionizante:

Ionizante: en ella se encuentran las partículas alfa, beta, rayos X o radiación gamma⁹.

Cuando entra en un tejido vivo destruye enlaces, desordenando átomos y moléculas que encuentra a su paso, lo que provoca que las células vivas mueran o que funcionen de forma anormal. Aunque el ojo sólo absorbe una pequeña cantidad de esta radiación el daño depende del tiempo de exposición y del tipo de radiación⁹.

La radiación ionizante tiene en los tejidos oculares unos efectos directos ya que puede producir anomalías celulares o incluso su muerte y otros indirectos como dañar los vasos sanguíneos por lo que no llegaría sangre a los tejidos⁹.

Los tejidos oculares más vulnerables a esta radiación son la conjuntiva, la córnea y el cristalino. Si la radiación se absorbe en una dosis baja se empiezan a dañar los vasos de la conjuntiva y la córnea empieza a perder brillo y si se absorbe en dosis más altas puede producir exfoliación de las células epiteliales, úlceras corneales y queratitis. Pero el efecto más común si se absorbe esta radiación es la formación de cataratas⁹.

No ionizante: dentro de esta se encuentran el ultravioleta el infrarrojo y el visible. Estas radiaciones no ionizantes se encuentran comprendidas entre 100 nm y 1 mm. Y se dividen según su eficacia para provocar distintos efectos biológicos en⁹:

- UVC radiaciones comprendidas entre 100 y 280 nm
- UVB radiaciones comprendidas entre 280 y 315 nm
- UVA radiaciones comprendidas entre 315 y 380 nm
- Visible radiaciones comprendidas entre 380 y 780 nm
- IRA radiaciones comprendidas entre 780 y 1400 nm
- IRB radiaciones comprendidas entre 1400 nm y 3 µm

2. FILTROS

Según la RAE un filtro es un dispositivo que elimina o selecciona ciertas frecuencias de un espectro eléctrico, acústico, óptico o mecánico¹⁰.

Los filtros ópticos son elementos que seleccionan un intervalo de longitudes de onda determinado bloqueando unas longitudes de onda y permitiendo que pasen otras¹¹.

En fotometría ocular hay distintos factores que modifican el porcentaje y espectro de la luz que llega a los fotorreceptores de la retina, como son la reflexión, absorción y la transmisión⁹.

La Absorción es el cociente entre la intensidad de luz que absorbe un material y la cantidad de intensidad que incide sobre él. Su valor se expresa en porcentaje¹¹. La cantidad de radiación que absorben los distintos medios oculares determina que longitudes de onda van a llegar a la retina⁹.

La Transmisión es el cociente entre la intensidad de luz que transmite un material y la que incide sobre él. Su valor se también se expresa en porcentaje¹¹.

La Reflexión es la intensidad de luz que refleja un material y la que incide sobre el mismo. Igualmente su valor se expresa en porcentaje¹¹. En el ojo la reflexión de la luz se produce en las zonas en las que el índice de refracción cambia de forma brusca, ésta además aumenta con el ángulo de incidencia⁹.

La relación entre absorción y transmisión y reflexión es $A+T+R=1$ ¹¹.

2.1. FILTROS NATURALES SOBRE LA RADIACIÓN

El ozono de la estratosfera absorbe la mayor parte de la radiación ultravioleta inferior a 380 nm. En esta capa la absorción de las longitudes de onda visibles, de 380 a 780 nm, es mínima. La radiación infrarroja es absorbida por la troposfera, la capa que está en contacto con la superficie de la tierra¹¹.

Los que se encargan de absorber las radiaciones son principalmente el vapor de agua y dióxido de carbono. Por lo tanto la atmósfera sólo deja pasar radiación infrarroja, el espectro visible y parte del ultravioleta cercano¹¹.

2.2 FILTROS OCULARES SOBRE LA RADIACIÓN.

La luz al atravesar el ojo es absorbida por diferentes tejidos (fig 4)⁹.

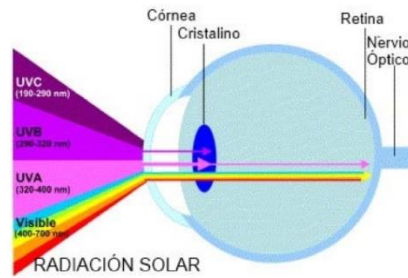


Fig 4

La córnea absorbe radiaciones con longitudes de onda inferiores a 290 nm en la región ultravioleta y trasmite la mayor parte del visible, además es un filtro para el infrarrojo, ya que lo absorbe casi en su totalidad⁹.

El humor acuoso absorbe la radiación ultravioleta que ha dejado pasar la córnea y absorbe muy poca parte del visible⁹.

La parte del ojo que más protege es el cristalino ya que, absorbe las longitudes UVA y UVB entre 300 y 400 nm, y evita que lleguen a la retina. La absorción ocurre gracias a un pigmento amarillo del cristalino. En un cristalino adulto la transmisión empieza a partir de los 380nm y según aumenta a edad transmitirá a partir de los 400 nm⁹.

La absorción del cristalino es más importante en el azul que en el amarillo y varía con la edad. Pero esta absorción de la radiación durante muchos años va a lesionar el cristalino y va a favorecer a la formación de cataratas⁹.

El humor vítreo solo absorbe el infrarrojo. Por lo tanto a la retina llega la luz visible, una pequeña cantidad de UVA y de IRA, una radiación menor de 400 nm. La retina y coroides absorben un 75% de la luz incidente⁹.

La mácula presenta un pigmento amarillo que actúa como un filtro para luz azul, este absorbe como máximo 460 nm. Esta absorción ayuda a la visión ya que reduce la dispersión y la aberración cromática de la luz y además evita que las longitudes de onda corta alcancen el área central de la retina y la fovea que es la zona con mayor agudezavisual⁹.

El espectro de absorción de la mácula varía dependiendo de la persona pero se considera que absorbe prácticamente en un 50% las radiaciones por debajo de 495 nm⁹.

Los tejidos tienen unas moléculas denominadas cromóforos que al absorber la radiación producen daños. Este daño puede ocurrir a través de dos vías: la ruptura en la unión de las cadenas moleculares o la formación de radicales libres¹³.

Por lo que hay que protegerse de estas radiaciones nocivas, algunas del espectro visible, el ultravioleta y el infrarrojo; para defendernos de este tipo de radiaciones se utilizan filtros tanto en las lentes oftálmicas como en las lentes de contacto, de ello hablaremos a continuación.

3. LENTES DE CONTACTO TINTADAS

Prácticamente desde el comienzo del empleo de hidrogeles en la fabricación de LC y dada su facilidad de adquirir coloración con una amplia variedad de tintes, comenzó el empleo de lentes de contacto tintadas tanto en LC convencionales como en LIO^{14,15,16,17}. Aunque propiamente los tintes no se consideran como filtros, su amplia aplicación nos hace incluirlos en nuestro trabajo.

De acuerdo con la densidad de la tinción empleada se pueden distinguir:

3.1 LENTES TRANSLÚCIDAS:

Son transparentes a la mayor parte del espectro, puede estar teñida toda la superficie o solo la zona central, hay distintos grados dentro de esta tinción^{18,19}.

Grado 1: es un tinte de manipulación, se tiñe para facilitar el uso de la lente de contacto, no modifican el color del ojo solo se tiñe la zona central^{18,19}.

Grado 2: se tiñe la periferia y se deja libre la zona de la pupila, modifica en parte el color del iris. Esto permite disimular pequeños defectos estéticos como un leucoma leve o un arco senil^{18,19}.

Grado 3: se utilizan para aclarar ojos oscuros, pero también con fines estéticos para disimular pequeños colobomas iridianos o para compensar discretas anisocorias^{18,19}.

Métodos de fabricación de estas lentes de contacto:

Dispersión de colorante: es el proceso más sencillo ya que el colorante se añade directamente al monómero. Este proceso tiene algunos inconvenientes ya que la coloración, depende del grosor de la lente de contacto y los pigmentos se pierden cuando se dilata la matriz o al usar sistemas de limpieza de peróxido^{18,19}.

Dispersión en cuba: Un colorante soluble en agua se añade al gel dilatado y con una reacción se cristaliza el polímero. Con este método solo se tiñe la zona superficial de la lente de contacto^{18,19}.

Unión covalente: Se superpone un tinte en la superficie anterior de la lente totalmente hidratada con un catalizador que lo fija. Se realiza una tinción de micras^{18,19}.

Impresión: Se efectúa con técnicas de impresión calcográfica^{18,19}.

3.2 LENTES OPACAS

Se trata de una Superficie opaca que cubre el iris, absorben cantidades de luz superiores al 50%, estas lentes de contacto tienen una matriz de puntos con

una máscara doble o simple, además pueden presentar tintados uniformes o imitar los dibujos del iris^{18,19}.

Dentro de este tipo según qué zona de la lente de contacto este teñida se distinguen:

Pupila transparente: también se las llama pupila artificial o iris artificial, se utilizan para fines funcionales más que para fines estéticos^{18,19}.

Pupila translúcida: se fabrican con el iris opaco y se tiñe de forma translúcida la zona de la pupila para que pueda permitir la visión^{18,19}.

Pupila opaca: se utilizan para fines protésicos para disimular grandes defectos en ojos sin visión o como tratamiento oclisor en la ambliopía^{18,19}.

Métodos de fabricación de estas lentes de contacto:

Laminación: Es la técnica más complicada se tiñe a mano un botón frontal, como consecuencia va a disminuir el paso de oxígeno^{18,19}.

Sandwich: En este caso se cortan dos botones y se inserta el pigmento en el de la cara interna^{18,19}.

Superimpresión: Se utilizan técnicas calcográficas para añadir la máscara a la cara anterior^{18,19}.

Opacificación de la matriz: se utiliza un láser para hacer las marcas a la profundidad que se necesite^{18,19}.

4. EMPLEO Y TIPOS DE FILTROS EN LAS LENTES DE CONTACTO

Para la fabricación de las lentes de contacto se utilizan monómeros y unos aditivos que permiten modificar algunas propiedades¹².

Tintes de visibilidad para mejorar el manejo de las lentes de contacto, estos permiten ver mejor la lente. El color suele ser azul o verde y no se ve cuando la lente está en el ojo. La absorbancia de estas lentes tintadas varía entre un 5% y un 15%¹².

Hay lentes de contacto a las que se añaden pigmentos que sirven para simular un color de iris diferente o para disimular determinadas patologías. También se añaden a los materiales algunas sustancias que inhiben algunas radiaciones para proteger el ojo¹².

Las sustancias que más se usan son las que sirven para proteger de la radiación Ultravioleta. También hay tintes que sirven para inhibir las longitudes de onda corta como la luz azul del espectro visible, este filtro se añadió a las lentes intraoculares hace más de diez años¹²

4.1 FILTROS ULTRAVIOLETA

El espectro UV como hemos dicho anteriormente se divide en cuatro bandas (fig. 5)¹².

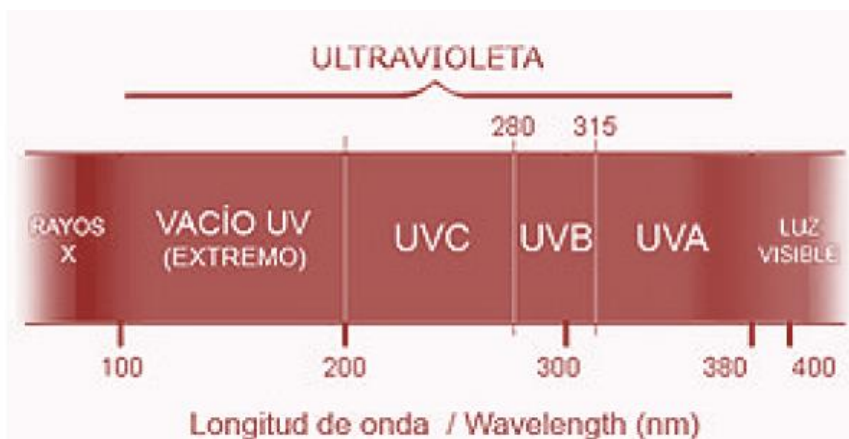


Fig 5

Las longitudes de onda UVB se han asociado con daño corneal, y las UVA puede plantear varios peligros a largo plazo. Ya que los niveles de radiación UVA en la radiación solar son mayores que la de los UVB y UVC esta última es absorbida por la atmósfera²⁰.

Si se mantiene la córnea expuesta a los rayos ultravioleta va a sufrir enfermedades como fotoqueratitis, queratopatía climática, pterigión, y otras²⁰.

La radiación UV puede causar daños graves y a veces irreparables en la superficie ocular es por ello que desde hace casi dos décadas la mayoría de las lentes de contacto llevan en sus materiales filtros que inhiben ésta radiación se clasifican según la FDA en (tabla 1):¹².

Clase	Absorción	
	UV-A (%)	UV-B (%)
I	90	99
II	70	95

Tabla 1

Cada vez estamos más concienciados de que es necesario protegernos del UV. La mayoría de los padres de adolescentes y pre-adolescentes dicen que la protección UV es de gran importancia para decidir que lentes de contacto deben usar sus hijos²¹.

Las LC con filtro UV son muy importantes para los usuarios que viven en Oriente Medio ya que en esa zona hay niveles altos de UV y además porque desde hace un tiempo se piensa que una longitud de onda corta de UV potencialmente cancerígena está presente en la luz solar de esa región²¹.

La radiación UVA es la más cercana al espectro visible y es absorbida principalmente por el cristalino, en el caso de que los pacientes sean afáquicos el cristalino no va a proteger la retina de esta radiación, es por esto que en pacientes afáquicos las propiedades que tienen estas lentes de contacto con filtros UV son de mucha importancia²¹.

También son muy útiles para los usuarios que pasan mucho tiempo al aire libre, para los pacientes pseudofáquicos portadores de una lente intraocular, y para pacientes que estén tomando medicamentos fotosensibilizantes²¹.

El uso de lentes de contacto blandas con filtro UV sirve para proteger los ojos de esta radiación. Estas lentes de contacto tienen monómeros que absorben el UV que pueden proteger la córnea y las estructuras oculares internas de esos rayos. Varios estudios han demostrado que lentes de contacto con filtro UV reducen la transmitancia de UV al ojo al mínimo lo que proporciona la protección de diferentes zonas oculares. Además como las lentes de contacto cubren el limbo va a haber una mayor protección a las estructuras oculares internas²¹.

Las lentes de contacto blandas sólo sirven para proteger la superficie de la córnea y el limbo esto hace que otras estructuras oculares como la conjuntiva y los párpados queden expuestos a los daños de la radiación UV. Por lo tanto si

se prescriben lentes de contacto deben recomendarse gafas de sol para garantizar una protección completa UV ocular. Sobre todo en aquellos ambientes en los que haya mucho UV²⁰.

La protección a UV que dan las lentes de contacto a la córnea depende de su transmitancia y absorbancia y esto a su vez va a depender de los materiales de los que está hecha la lente. La cantidad de UV absorbido o transmitido varía entre si la lente de contacto es de hidrogel de silicona de primera o segunda generación²⁰.

A las lentes de contacto con protección UV se les ha aplicado la norma American National Standards Institute (ANSI) esta norma se aplica en la transmitancia de UV en gafas de sol. Ésta dice que una gafa de sol protegerá de la radiación UV si absorbe un mínimo de 95% de la radiación UVB, y un 70% de la UVA²⁰.

Se realizó un estudio en el cual se midió cuanto UV transmitían lentes de contacto de hidrogel de uso diario y lentes de contacto de hidrogel de silicona desechables²⁰. Para realizarlo se calculó el factor de protección de cada lente de contacto a fin de ver cuál era el espectro global de UV que transmitía cada una. Gracias a este cálculo se obtuvo una guía de la eficacia que ofrecían frente a la radiación UV, tanto las lentes de contacto de hidrogel de silicona de segunda generación como las desechables²⁰.

Las lentes de contacto seleccionadas fueron¹⁹:

- 1 Day Acuvue Moist (Johnson & Johnson Vision Care) → material etafilcon A, esta lente de contacto bloquea el UV.
- Focus Dailies (Ciba Vision) → material un nelfilcon, esta lente de contacto no bloquea el UV.
- Soflens desechables de 1 día (Bausch & Lomb) → material un Hilafilcon, esta lente de contacto no bloquea el UV.
- Acuvue advance (Johnson & Johnson Vision Care) → material un galyfilcon, esta lente de contacto bloquea el UV.
- Acuvue oasys (Johnson & Johnson Vision Care) → material un lotrafilcon, esta lente de contacto no bloquea el UV.
- Night & day (Ciba Vision) → material iotrafilcon B, esta lente de contacto no bloquea el UV.
- Purevision (Bausch & Lomb) → material un balafilcon, esta lente de contacto no bloquea el UV.

- O2 optix (Ciba Vision)→material iotrafilcon B, esta lente de contacto no bloquea el UV.

Resultados:

Las LC desechables diarias tienen una trasmitancias de UVC, UVB y UVA del 23,43%, 70,54% y 86,57%.Sólo la 1 Day Acuvue absorbe más UVB de lo indicado en las normas ANSI²⁰.

La trasmitancias de UV de las lentes de contacto de hidrogel de silicona en general, y de la trasmitancia de UVC, UVB y UVA se muestra en la gráfica (gráfico 1). De ellas la lente de contacto Acuvue oasis muestra los valores de trasmitancia de la radiación más bajos, UV de (8,36%), UVC (1,49%), UVB (0,03%) y UVA (18,35%), y la lente de contacto Night & day muestra los valores más altos, UV t (54,47%), UVC (16,15%), UVB (68,64%) y UVA (85,16%).De todas las lentes de contacto de hidrogel de silicona medidas sólo la Acuvue oasis y la Acuvue advance cumplen con los criterios de la ANSI para ser clasificadas como bloqueantes de-UVB y UVA ²⁰.

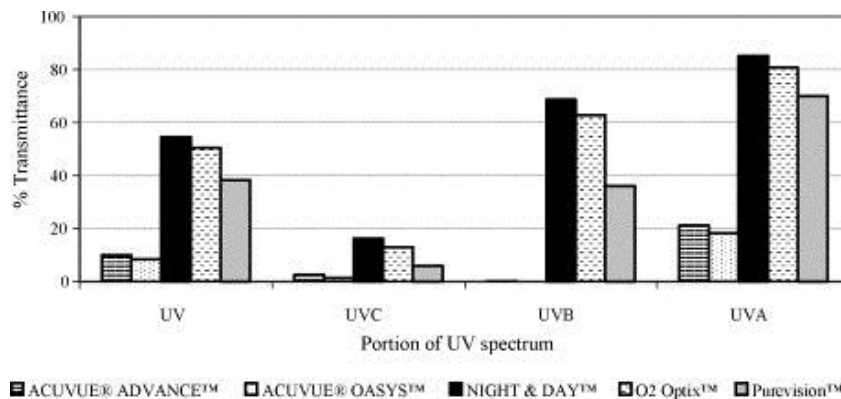


Gráfico 1

Si se comparan los resultados de cada una de las lentes se observa que las cantidades de UV absorbido y transmitido varían entre todas las marcas con las que se ha hecho el estudio, y que aquellas lentes de contacto que incorporan un monómero con filtro UV atenúan mucho más la radiación UV, que las que no lo incorporan, aunque estas últimas disminuyen la radiación UV ligeramente, por lo que también pueden servir para reducir la cantidad de radiación que incide en la superficie ocular²⁰.

Las tres lentes de contacto de marca Acuvue transmiten una cierta cantidad de la porción UVC pero esta no incide sobre la superficie ocular, y por ello se considera como clínicamente insignificante²⁰.

4.1.1 LENTES DE CONTACTO CON FILTRO UV DE DIFERENTES LABORATORIOS

Hemos realizado una búsqueda de información para saber qué tipo de lentes de contacto con filtro UV se encuentra ahora en el mercado, para ello nos hemos puesto en contacto con diferentes laboratorios.

Los laboratorios Markennovy están comercializando varias lentes de contacto con filtro UV:

Las lentes de contacto Gentle 80 y Gentle 59 se tratan de unas lentes de contacto de reemplazo mensual fabricadas con una nueva generación de hidrogel con tecnología Origen. Estas lentes están diseñadas para mimetizarse con la superficie corneal. Podemos encontrarlas con diferentes diseños la Gentle 80 tórica, esférica, multifocal y multifocal tórica y la Gentle 59 tórica, esférica, multifocal y multifocal tórica. Además de filtro para el UV la lente Gentle 80 presenta tinte de manipulación²².

La lente de contacto Quattro es de reemplazo trimestral cuyo material es el hidrogelfilcon 2 con el 59% de agua que incluye tinte de manipulación además de filtro UV²².

Los laboratorios Cooper Vision están comercializando varias lentes de contacto con filtro UV:

Las lentes de contacto Clarity 1 day son unas lentes de contacto desechables diarias de hidrogel de silicona que proporcionan una buena adaptación y una humectación uniforme de la superficie de la lente durante todo el día. Se han fabricado con la tecnología Wetloc, y los diseños disponibles de esta lente de contacto son esférica, tórica y multifocal, proporcionando además protección UV filtrando las radiaciones UVA y UVB²³.

Los laboratorios Zeiss están comercializando varias lentes de contacto con filtro UV:

La lente de contacto Contactday 1, es una lente de reemplazo diario ideal para realizar actividades espontáneas como deportes. Esta lente de contacto tiene una geometría esférica en la cara anterior y esférica en la posterior lo que proporciona una visión precisa. Además tiene tinte de visibilidad²⁴.

La lente de contacto Contactday 30 Mediterranea es una lente de reemplazo mensual que está recomendada para miopías e hipermetropías altas. Hay diseño tanto esférico como tórico²⁴.

La lente de contacto Contactday 30 Air es una lente de reemplazo mensual, recomendada para pacientes cuya lágrima posee un alto contenido en proteínas, también se recomienda para largos periodos de uso y para aquellas situaciones en las que se necesite un mayor paso de oxígeno. Hay diseño tanto esférico como tórico²⁴.

La lente de contacto Contactday 30 Compatic es una lente de reemplazo mensual, recomendada en lágrimas con alto contenido en lípidos, esta lente de contacto se recomienda en el caso de que el paciente tenga ojo seco y en situaciones de clima seco, además es ideal para trabajar con ordenador. Hay diseño tanto esférico como tórico²⁴.

4.2 FILTRO PARA LUZ AZUL

Actualmente estamos expuestos a altas dosis de luz azul, que puede ser producida por dispositivos móviles, tablets, smartphones, etc. La luz azul es responsable de la patología de la DMAE ya que es responsable del inicio de mecanismos de apoptosis celular sobre el epitelio pigmentario de la retina, hay hechos que corroboran esta hipótesis: El riesgo de desarrollo de DMAE es mayor en ojos operados de cataratas que en ojos fágicos²⁵.

Del espectro visible, el cristalino absorbe parte de la luz azul que al ser una radiación de alta energía puede provocar daños en la retina. Con el envejecimiento el cristalino pierde su transparencia y comienza a amarillear por ello con la edad aumenta la capacidad que tiene para filtrar la radiación UV y la luz azul del espectro visible¹².

Para simular la función visual del cristalino, se han incorporado filtros que absorban longitudes de onda corta tanto en lentes intraoculares como en lentes de contacto¹².

La DMAE es una enfermedad ocular que causa la pérdida de la visión central²⁶ por ello se han utilizado en los últimos años lentes de contacto capaces de prevenirla.

Distinguiremos su empleo en lentes de contacto y en lentes intraoculares, ya que como hemos dicho anteriormente el riesgo de esta enfermedad es mayor en personas operadas de cataratas.

4.2.1 LENTES DE CONTACTO

Las primeras lentes de contacto mundiales diseñadas para la prevención de la degeneración macular y para la reducción de los efectos de la radiación lumínica han sido diseñadas en la facultad de Óptica y Optometría de la

Universidad Complutense de Madrid, por un equipo liderado por la Dra Celia Sánchez-Ramos²⁶.

Estas lentes de contacto son una barrera protectora frente a los daños que producen la luz violeta y azul, así como los rayos UV. Estas lentes de contacto se distribuyen en ópticas de toda España junto a una solución única especial para ellas²⁶.

El laboratorio que ha fabricado estas lentes de contacto ha sido Servilens, que ha desarrollado la lente de contacto Lens 55 UV CSR de material Filcon IV capaz de absorber un 5% de luz azul además de un 84.2% de UVA y un 97.6% de UVB^{27,28}.

Con ellas se ha demostrado que si se bloquea la banda de luz que el ojo percibe como violeta, se reducen los daños que esta puede producir en las neuronas del fondo del ojo. Gracias a estas investigaciones, se ha desarrollado en España una lente de contacto que previene la degeneración macular asociada a la edad²⁶.

Estas lentes de contacto están indicadas para ojos expuestos a fuentes que emiten luz azul natural o artificial tales como las fuentes de luz LED, pantallas de ordenador, etc, además se pueden usar para conducir pero no sustituyen la protección solar que dan unas gafas de sol²⁶.

4.2.2 LENTES INTRAOCULARES

Con las primeras lentes intraoculares, la luz que llegaba a la retina era similar a la que llegaba en afáquicos, estas no tenían prácticamente capacidad de filtrar la luz. Más adelante en 1978 se sugirió que estas lentes tendrían que filtrar las bandas del espectro perjudiciales para la retina como la radiación UV, actualmente todas las lentes intraoculares llevan el filtro UV incorporado²⁵.

Más adelante se pensó que las lentes intraoculares deberían tener al igual que el cristalino la capacidad para filtrar luz azul, esto protegería la retina y ayudaría a no desarrollar degeneración macular asociada a la edad. Por lo tanto empezaron a comercializarse las primeras lentes intraoculares amarillas con capacidad para filtrar la luz azul²⁵.

Las lentes amarillas que se comercializan actualmente absorben la luz azul como lo haría el cristalino de un adulto de 50 años, y además bloquean la luz violeta, la azul y parcialmente la verde. Esta capacidad de filtrado evita que la retina se exponga demasiado a la luz azul²⁵.

Este filtrado no altera ni la calidad de visión ni la percepción de colores aunque algunos autores dicen que puede tener repercusiones negativas ya que puede

disminuir la sensibilidad y comprometer la deambulaci3n en condiciones de baja iluminaci3n²⁵.

La lente intraocular Acrysofmr iquestormr de los laboratorios Alcon dispone de una tecnología que hace que tenga la capacidad de filtrar la luz similar a la que tendría un cristalino humano. Éste tiene la capacidad natural de filtrar la radiaci3n UV y la luz azul. Esta lente intraocular tiene crom3foros que filtran la luz azul en un rango de longitud de onda de 400 a 475 nm²⁹.

4.3 OTROS FILTROS DE LAS LENTES DE CONTACTO

En un principio el planteamiento de mi TFG versaba sobre la actualizaci3n de un trabajo (*Desarrollo de materiales orgánicos para lentes de contacto fotocromáticas*)³⁰ que proponía materiales que se podrían utilizar en lentes de contacto fotocromáticas, desgraciadamente el progreso en este sentido es muy pequeñop por lo que hubo que realizar un nuevo planteamiento, no obstante reflejamos lo pequeña informaci3n que hemos encontrado.

Una lente fotocromática es aquella que se oscurece cuando sobre ella incide radiaci3n UV y una vez que deja de actuar esta radiaci3n la lente se aclara³⁰.

En el año 1962 se describi3 una lente de contacto opaca en el centro, ésta no fue c3moda ya que la zona opaca se encontraba sobre la pupila y esto producía una sombra en la retina. En 1986 se diseñó una nueva lente de contacto coloreada en la zona central con una absorci3n que variaba de oscura en el centro a transparente en la periferia con ello se querían evitar las sombras de la anterior. En 1987 se propuso una lente de contacto fotocromática formada por una lámina de vidrio fotocromática entre 2 porciones de material de lente de contacto, esta tenía depositados haluros de plata. A partir de 1988 se publicaron patentes de este tipo de lentes para solucionar los problemas anteriores para ello se sintetizaron nuevos materiales fotocromáticos y se desarrollaron nuevos polímeros³⁰.

En conclusi3n para que este tipo de lentes lleguen a comercializarse alg3n día faltan muchas problemas por resolver, para ello se están sintetizando nuevos compuestos fotocromáticos que sean tolerados por el ojo y compatibles con los sistemas de mantenimiento³⁰.

Por último describiremos otros tipos de filtros en lentes de contacto:

Los filtros más utilizados en pacientes con retinitis pigmentosa son aquellos que absorben longitudes de onda inferiores a 550 nm. Estas lentes tienen una tonalidad anaranjada la cual sirve para reducir la ceguera nocturna, los reflejos y la sensibilidad al contraste en los cambios de luz-oscuridad³¹.

Los filtros de color naranja disminuyen la fotofobia y la aberración cromática lo que aumenta el contraste de la imagen en la retina. En 2007 se propusieron las lentes de contacto de color como una ayuda para aquellos pacientes con baja visión que necesitan filtros. Puesto que generalmente el uso de una lente de contacto proporciona una mejor estética que unas lentes oftálmicas³¹.

Así, la lente de contacto ámbar Maxsight fue comercializada por el laboratorio Bausch & Lomb. Aumenta el contraste y protege de la radiación UVA y UVB en el ejercicio al aire libre³¹.

El objetivo de este estudio fue probar si los pacientes con retinitis pigmentosa se podrían beneficiar de los filtros en lentes de contacto como una ayuda eficaz contra el deslumbramiento y fotofobia. Para ello se proporcionó a los pacientes el filtro en las gafas y el filtro en lentes de contacto. Lo que se observó fue que la sensibilidad al contraste y el deslumbramiento mejoraron significativamente con el filtro de la lente de contacto en comparación con el filtro de gafas³¹.

Los laboratorios Eurolent están comercializando las lentes de contacto deportivas Sport contrast de Wöhlk con filtros en 3 colores: amarillo, naranja y marrón, estas lentes de contacto de reemplazo trimestral, constan de material Profilcón A y tienen un diseño esférico. Estas lentes de contacto reducen las molestias producidas por mucha luminosidad, aumentan el contraste visual, mejoran la percepción de la profundidad y protegen al 100% de la radiación UV³².

Con estos tres colores se trata de proporcionar un comportamiento ideal para todo tipo de actividad, así el amarillo es ideal para todos los deportes de sala volleyball, balonmano, baloncesto, etc. El Naranja para personas sensibles a la luz intensa de una sala o luminosidades medias al aire libre. Se utiliza para deportes bajo techo y para otros como equitación caza o tiro. Por último el marrón posee una coloración que asegura una visión óptima cuando brilla el sol o cuando hay luminosidad extrema, pudiendo utilizarse para deportes como tenis, volley playa, escalada, golf o esquí³².

CONCLUSIONES

El empleo de filtros en lentes de contacto está ampliamente extendido en diferentes situaciones que abarcan desde el aspecto estético, hasta la prevención de ciertas patologías.

En la actualidad su mayor uso es el empleo de filtros para radiación UV y luz azul. En ambos casos su uso está extendido a lentes intraoculares.

También existen otros tipos de filtro que ayudan a personas que tienen baja visión, cuando se realizan actividades deportivas, etc.

BIBLIOGRAFÍA

1. Instituto latinoamericano de la comunicación educativa organismo internacional. Estructura óptica del ojo. http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/076/htm/sec_5.htm (26 de febrero del 2016).
2. Antonio L. Manzanero. Facultad de Psicología de la Universidad Complutense de Madrid Sistema visual humano. http://psicologiapercepcion.blogspot.com.es/p/vision_15.html (2 de marzo del 2016).
3. Karen Morrón, José Villar, Carlos Varela. Vía óptica. <http://es.slideshare.net/EleganceandEvilFeeling/via-optica-26329534> (9 de marzo del 2016).
4. Real academia española. La luz. <http://dle.rae.es/?id=NkAteAU|NkDuImp> (11 de marzo del 2016).
5. Universidad de Murcia. Teorías sobre la naturaleza de la luz. <http://dis.um.es/~barzana/enlaces/luz1.htm> (16 de marzo del 2016).
6. Instituto Leonardo Da Vinci. Debate histórico sobre la naturaleza de la luz. <http://intercentres.edu.gva.es/iesleonardodavinci/Fisica/Luz/Naturaleza-luz.pdf> (22 de marzo del 2016).
7. Centro Aragón de tecnologías para la información. http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3000/3233/html/2_espectro_electromagnetico.html (29 de marzo del 2016).
8. Espectro de absorción y emisión de los elementos. <http://www.identi.li/topic/espectro-de-emision-y-absorcion-de-los-elementos> (29 de marzo del 2016).
9. José María Artigas Verde. Universidad de Valencia. Lentes de protección ocular. <http://www.uv.es/artigas/Opt%20Oftal%20II/Tema%20V-Resumen.pdf> (1 de Abril de 2016)
10. Real academia española. Filtro. <http://dle.rae.es/?id=HwrBUz4|HwrYiXS> (3 de Abril de 2016)
11. Tesis doctoral Celia Sánchez Ramos Roda. Universidad Europea de Madrid. Filtros ópticos contra el efecto fototóxico del espectro visible en la retina: experimentación animal. <http://www.celiasanchezramos.com/archivos/investigacion/segunda-tesis-CeliaSanchezRamosRoda.pdf> (7 de Abril de 2016)
12. Tesis doctoral Cristina Álvarez Peregrina. Universidad Europea de Madrid. Compatibilidad y eficacia de las soluciones de limpieza y mantenimiento con las lentes de contacto terapéuticas y profilácticas con absorbanza selectiva de longitudes de onda corta. <http://abacus.universidadeuropea.es/bitstream/handle/11268/3043/Tesis%20Cristina%20C3%81varez%20Peregrina.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (11 de Abril de 2016).
13. Clínica Valle. Efectos de la radiación ultravioleta sobre el ojo. <http://www.clinicavalle.com/salud-visual/efectos-radiacion-solar.html> (16 de Abril de 2016).
14. José Velez Laso. <http://www.oftalmo.com/publicaciones/lentes/cap26.htm>. Meshel LG Lentes blandos coloreados: el espectro completo. (Ed FJ Weinstock) Interamericana-McGraw-Hill, 1990, 8.1-8.23. (20 de Abril de 2016).
15. José Velez Laso. <http://www.oftalmo.com/publicaciones/lentes/cap26.htm>. Weisbarth E Tinted hidrogel contact lenses. En Contact lens practice (M Ruben, M Guillon) Chapman & Hall. Londres 1994, 685-720. (20 de Abril de 2016).
16. José Velez Laso. <http://www.oftalmo.com/publicaciones/lentes/cap26.htm>. Vélez Lasso JM, Espin Morales F, Vélez Lasso P. Lentilles de contactcommesupportd'une

- filtre selectif. Etudes preliminaires. Contactologia, 1996; 18: 87-89. (20 de Abril de 2016).
17. José Velez Laso. <http://www.oftalmo.com/publicaciones/lentes/cap26.htm>. Kazushi N, Yukio Y, Fumio O, et al. Effects of tinted intraocular lens on contrast sensitivity. *Ophthalmol Physiol Opt* 1996; 16:297-302. (20 de Abril de 2016).
 18. José Velez Laso. <http://www.oftalmo.com/publicaciones/lentes/cap26.htm> (20 de Abril de 2016).
 19. María Jesús González. Universidad de Valladolid. Lentes de contacto tintadas. http://campusvirtual2015.uva.es/pluginfile.php/994431/mod_resource/content/3/Temas_en_PDF/Tema%205%20LC%20tintadas.pdf (22 de Abril de 2016).
 20. Linda Moore, Jannie T. Ferreira. Ultraviolet (UV) transmittance characteristics of daily disposable and silicone hydrogel contact lenses. *Contact Lens & Anterior Eye*.9.2006: 115–122. (26 de Abril de 2016).
 21. Uchechukwu L. Osuagwu , Kelechi C. Ogbuehi. UV–vis light transmittance through tinted contact lenses and the effect of color on values. *Contact Lens & Anterior Eye*. 37. 2014:136–143. (28 de Abril de 2016).
 22. Markenovy. Catálogo de productos. www.markenovy.com. (1 de Mayo de 2016).
 23. Cooper Vision. Catálogo de productos. (1 de Mayo de 2016).
 24. Eurolent Zeiss. Catálogo de productos. (2 de Mayo de 2016).
 25. Archivos de la sociedad española de oftalmología. Lentes intraoculares amarillas: filtrando la luz azul. v.79 n.9: sep. 2004 http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-66912004000900001 (8 de Mayo de 2016).
 26. Juan Carlos González. Científicos españoles presentan las primeras lentillas con protección para la exposición a la luz. *Diario ABC*. Septiembre 2014. <http://www.abc.es/salud/noticias/20140926/abci-primeras-lentillas-exposicionluz-artificial-201409252238.html> (10 de Mayo de 2016).
 27. Servilens contact lens fit & covers. Lens 55 UV CSR. <http://www.servilens.com/index.php?menu=346> (11 de Mayo de 2016).
 28. Servilens contact lens fit & covers. Primera lente de contacto que previene la degeneración macular. <http://www.servilens.com/index.php?tipus=5&info=1402> (11 de Mayo de 2016).
 29. Acry soft iq restor Alcon. Filtrado de luz azul como el cristalino natural. <http://www.acrysofrestor-la.com/professional/blue-light-filtering-iols.asp> (15 de Mayo de 2016)
 30. Moreno F. Lasagabaster A. Desarrollo de materiales orgánicos para lentes de contacto fotocromáticas. *Anales de la real sociedad española de química*. 2002: 16-21. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=870890> (11 de Enero de 2016)
 31. Carracedo G., Carballo J., Loma E., Felipe G., Cacho I. Contrast sensitivity evaluation with filter contact lenses in patients with retinitis pigmentosa: a pilot study. *Journal of Optometry*, v. 4.Diciembre 2011: 134-139. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1888429611700553> (17 de Mayo de 2016)
 32. Eurolent. Catálogo de productos. (17 de Mayo de 2016).

ANEXO: ACRÓNIMOS EMPLEADOS

RAE→Real academia española.

Nm→ nanómetros.

mm→ milímetros.

μm→micrómetros.

UVA→ Ultravioleta A.

UVB→ Ultravioleta B.

UVC→ Ultravioleta C.

IRA→Infrarrojo A.

IRB→ Infrarrojo B.

A→ Absorción.

R→ Reflexión.

T→ Trasmisión.

UV→Ultravioleta.

LIO→ Lente intraocular.

LC→ Lente de contacto.

DMAE→Degeneración macular asociada a la edad.

Dra.→ Doctora.