

**EFICACIA DE LOS FILTROS OFTÀLMICOS EN LA PROTECCIÒN DE LA LUZ AZUL
PERJUDICAL**

EFFECTIVENESS OF OPHTHALMIC FILTERS IN THE PROTECTION OF BLUE HARMFUL LIGHT

**MARIA PAULA PEREZ MENDOZA
JESICA PATRICIA BERTEL LAMBRANO**

ESCUELA DE OPTOMETRIA

**UNIVERSIDAD DEL SINU ELIAS BECHARA ZAINUM
CARTAGENA**

2019

**EFICACIA DE LOS FILTROS OFTÁLMICOS EN LA PROTECCIÓN DE LA LUZ AZUL
PERJUDICIAL**

EFFECTIVENESS OF OPHTHALMIC FILTERS IN THE PROTECTION OF BLUE HARMFUL LIGHT

**MARIA PAULA PEREZ MENDOZA
JESICA PATRICIA BERTEL LAMBRÑO**

ASESOR

CARLOS AGUSTO ALFONSO ROJAS

ESCUELA DE OPTOMETRIA

**UNIVERSIDAD DEL SINU ELIAS BECHARA ZAINUM
CARTAGENA**

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios porque sin el nada es posible, por permitirnos tener una familia que nos apoya en cada proceso de nuestras vidas.

Al doctor Carlos Alfonso Rojas Decano de la escuela de optometria por su colaboracion y orientacion en la elaboracion de este trabajo.

EFICACIA DE LOS FILTROS OFTÁLMICOS EN LA PROTECCIÓN DE LA LUZ AZUL PERJUDICIAL

EFFECTIVENESS OF OPHTHALMIC FILTERS IN THE PROTECTION OF BLUE HARMFUL LIGHT

RESUMEN

El ser humano está en constante exposición a la luz debido a que ésta se constituye en un elemento imprescindible para el desarrollo de sus funciones biológicas, pero existen determinadas longitudes de onda que no son saludables para la visión. Entre las longitudes de onda que hacen parte del espectro visible se encuentra la luz azul (400-500 nm), de la cual existen dos tipos: la luz azul-turquesa que resulta útil para el hombre y, por otro lado, la luz azul-violeta que es altamente dañina. El objetivo del presente artículo es determinar la eficacia de los filtros protectores contra la luz azul perjudicial, a través de una revisión bibliográfica que permita analizar los estudios que evidencian la reducción de daño ocasionado por la luz azul mediante el uso de filtros oftálmicos.

Palabras claves. Luz azul, LED (light-emitting diode), filtros oftálmicos, lentes oftálmicos, daños oculares.

ABSTRACT

The human is in constant exposure to light because it is an essential element for the development of their biological functions, but there are certain wavelengths that are not healthy for the vision. Among the wavelengths that are part of the visible spectrum is the blue light (400-500 nm), of which there are two types: blue-turquoise light that is useful for man, and blue-violet light is highly harmful. The objective of this article is to determine the efficacy of the protectors against harmful blue light, through a bibliographic review we analyze the studies that show the reduction of damage caused by the blue light through the use of ophthalmic filters.

Keywords. Blue light, LED (light-emitting diode), ophthalmic filters, ophthalmic lenses, eye damage.

INTRODUCCIÓN

La luz natural es de vital importancia para el desarrollo de las funciones biológicas del ser humano como fuente de energía por excelencia, siendo imprescindible para el sentido de la vista, actuando sobre los fotorreceptores que regulan los cambios energéticos entre el hombre y su ambiente [1]. Esta luz, a pesar de sus múltiples efectos benéficos en la producción de la vitamina D, estimulación del metabolismo, la serotonina y melatonina, entre otros [2]; puede repercutir de manera perjudicial, puesto que, la exposición a las diferentes longitudes de onda UV pueden afectar la salud ocular [3]. Éstas se clasifican en UVA (315- 400 nm), UVB (280-315 nm) y UVC (200-280 nm), siendo las UVB más dañinas, debido a que la luz azul-violeta es la banda de energía más alta del espectro visible, ocasionando

Alteraciones en el segmento anterior del ojo como pterigión, catarata, fotoqueratitis, fotoconjuntivitis, queratoconjuntivitis, entre otros, [4] [5] [6].

Físicamente la luz está dentro de un conjunto de ondas que se conoce como espectro electromagnético, el cual se subdivide en radiaciones ionizantes: rayos gamma y rayos X; y las radiaciones no ionizantes: luz ultravioleta, visible, infrarroja, microondas, ondas de radio y corriente alterna [7] [8].

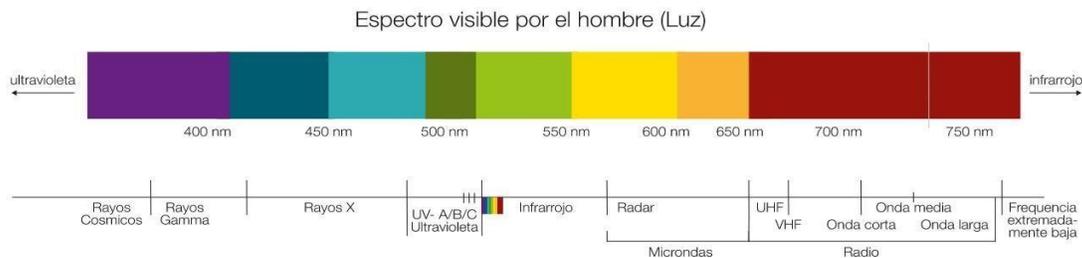


Fig 1. Espectro de luz visible [9].

El espectro visible, que hace parte de las radiaciones del espectro electromagnético, se caracteriza porque cualquier energía producida en esta estrecha banda genera la sensación de visión cuando se estimula el globo ocular [10] [11]. De esta manera, el ojo humano puede captar longitudes de onda de 390 nm a 750 nm. Así pues, un 25% de la luz blanca es, en realidad, luz azul; cuya longitud de onda se encuentra entre los 380 nm y los 475 nm aproximadamente; es decir, la parte más baja del espectro de luz [12]. Dentro del espectro visible, la luz azul resulta la más agresiva para la retina debido a que la franja espectral estrecha de 400 nm a 500 nm se ha identificado como la de mayor riesgo de fototoxicidad para las células del epitelio pigmentario al provocar un estrés oxidativo [13].

Estudios realizados por Kuse et al. y Esaki et al., sugieren que la luz azul puede deteriorar severamente los conos en la retina, debido a que el diodo emisor de luz (LED) es un semiconductor de estado sólido que convierte la energía eléctrica directamente en luz visible

[14] [15]. Por lo anterior, dado que las longitudes de onda corta (400nm – 500nm) son particularmente más peligrosas, la luz LED puede tener mayor probabilidad de causar daño fotoquímico a la retina que cualquier otra fuente de luz. En consecuencia, las células fotorreceptoras encargadas de la visión del color y percepción de detalles mueren, debido a la energía fototónica emitida [16].

Con base a esto, Behar-Cohen (2011) expone acerca de la incorporación de filtros oftálmicos para evitar el daño ocular producido por la exposición a fuentes luminosas (LED) y otro tipo de radiaciones no ionizantes, puesto que los filtros permiten la transmisión de luz y a su vez eliminan la radiación dañina, ya sea por medio de reflexión o absorción [17].

La reflexión de la luz ocurre cuando las ondas electromagnéticas se topan con una superficie que no absorbe la energía radiante, mientras que la absorción es la conversión de luz en otra forma de energía, generalmente, en energía eléctrica [18]. Estos fenómenos han sido importantes para el diseño de filtros que mitiguen la luz azul dañina. Sin embargo, es necesario conocer la eficacia que estos poseen en la actualidad.

Mediante la revisión sistemática de la literatura de estudios realizados sobre la incidencia

*Estudiante de Optometría, Universidad del Sinú.

** Estudiante de Optometría, Universidad del Sinú.

de la luz azul en el globo ocular y, los tratamientos para reducir la propagación de las longitudes

de onda corta a nivel visual, se pretende recopilar información para demostrar la eficacia o no del uso de filtros oftálmicos para la protección de la luz azul.

METODOLOGÍA

Se realizó una búsqueda sistemática de literatura primaria disponible en texto completo, en bases de datos como Pubmed, Medline y Elsevier, utilizando los descriptores: efectos de la exposición a la luz azul y filtros para lentes oftálmicos. Se seleccionaron escritos con un período de publicación comprendido entre 1998 y 2018. A través de la búsqueda realizada, se encontraron más de 70 artículos, de los cuales solo se tomaron 42 escritos, que cumplieran los siguientes criterios de selección: títulos relacionados directamente con los daños de la luz azul al globo ocular, efectos de la luz azul y mecanismos de protección de las longitudes de onda corta (filtros oftálmicos), los cuales evidenciaran el aporte académico para el desarrollo del tema. Estos artículos se clasificaron según el nivel de evidencia científica expuesta por Wanderley et al (2011) tabla 1.

Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Total de estudios encontrados	Autores
Revisión sistemática con metanálisis de ensayos clínicos aleatorios	10	16	Zaldivat F, et al, Wu J, et al. Ogawa, K, et al. Nakamura M, et al. Krigel A, et al. Grimm C, et al. Tanito M, et al. Anderson RE, et al. Narimatsu T, et al. Rezai K, et al. Der-chin, et al. Ueda Ti, et al. Tejedor V, et al. Morita Y. et al
Revisión sistemática con metanálisis	9	4	Kuse Y, et al, Xu WH, et al. Roehlccke E, et al. Lawreson Jg, et al.
Ensayos clínicos aleatorios	8	0	
Guías de prácticas clínicas	7	1	Davies S, et al.
Estudios de cohorte y de casos y control	6	1	Esaki Y, et al.
Estudios transversales	5	1	Hebling, et al.
Casos clínicos o series de casos	4	1	Logan P, et al
Investigación básica de laboratorio	3	4	Jaap A, et al. Lee HS, et al. Park S, et al.
Opinión de especialista	2	10	Murgia, et, al. Mead, et al, Revaliente, et al, Suarez, et al. Knave, et al. Fontal ,et al. Luque, et al. Martinsons, C, et al. Baillet G, et al.
Revisiones no sistemáticas de literatura	1	4	Milanes, et al. Okuno, et al. Behar C, et al.
Total		42	

Tabla 1. Clasificación de evidencia científica según tipo de estudio. [19]

RESULTADOS

La retina absorbe millares de fotones que provienen de los rayos ultravioleta y del espectro azul que son los causantes de una mayor fototoxicidad y provocan lesiones irreversibles [20] [21][22] [23]

No existen pruebas que demuestren que la luz de longitud de onda corta (por debajo de 440 nm) tenga un beneficio ocular significativo. Por el contrario, las longitudes de onda cercanas a los 400 nm corresponden a los niveles de energía más altos que alcanza a captar la retina; existen motivos para preocuparse por los efectos que tiene esta luz, puesto que, la exposición prolongada puede ocasionar lesiones térmicas y, a largo plazo, la muerte de células oculares debido a residuos fotoquímicos [24].

Desde hace más de 1 década, los estudios sobre los efectos de la luz azul, independientemente si es perjudicial o benéfica se han ido desarrollando. Hacia 1998, Jaap Van y otros investigadores, en un estudio aplicado a las retinas de conejos albinos, expuestos a longitudes de onda de luz azul comprendidas entre 400 a 500 nm durante 1 a 5 horas, demostró que las células del EPR, la cual es una capa, que se caracteriza por ser la responsable de la absorción de la luz y brindar protección contra la fotooxidación, es más sensible a la luz en el rango de 412 a 425 nm, provocando Disfunción de la barrera hematorretiniana. [25]

Tiempo después, Wu J et al., demostraron que debido a la exposición directa a luz azul las células fotorreceptoras de la retina morían. Dicha conclusión se evidenció pasadas las 24h de exposición luminosa a longitudes de onda entre 400 nm a 480 nm durante 3 a 6 horas en ratas [26].

Kuse et al., documentaron los riesgos a la exposición LED; en 2001, se demostró que los LED azules conducen a alteraciones retinianas y maculares [27] [28] [29]. Por otro lado, Lee Hs et al., demostraron que la exposición a luz LED provoca daños en el segmento anterior del globo ocular, los cuales se manifiestan como inflamaciones de la superficie y apoptosis de células corneales [30].

De la misma manera, Investigadores de la Universidad de Ciencia y Tecnología de Huazhong, estudiaron la influencia de la luz azul desde los terminales de visualización (VDT) en la superficie ocular humana. En tal estudio se concluyó que el uso de VDT durante un corto período de tiempo puede disminuir la estabilidad de la película lagrimal y que, a pesar de sus consecuencias en el segmento anterior del globo ocular, el daño que ocasiona puede ser reversible [31].

Asimismo, Nakamura M et al., determinaron las características y mecanismos de las alteraciones del epitelio pigmentario de la retina (EPR) y fotorreceptores en ratones al estar expuestos a la emisión del diodo de luz azul. Concluyeron que 3 días consecutivos de exposición provoca daños en el EPR y en la capa de fotorreceptores, lo cual ocasiona una acumulación de macrófagos y materiales parecidos a drusas alrededor de los segmentos externos de estos últimos, siendo estos uno de los signos que se presentan en la degeneración macular [32].

Por otro lado, en el 2009, Cora Roehlecke et al., evaluaron la respuesta in vitro de las células epiteliales del pigmento de la retina (EPR) a una dosis no letal de luz azul; demostraron que la exposición continua afecta negativamente a las células del EPR con

*Estudiante de Optometría, Universidad del Sinú.

** Estudiante de Optometría, Universidad del Sinú.

estrés metabólico.

*Estudiante de Optometría, Universidad del Sinú.

** Estudiante de Optometría, Universidad del Sinú.

Esto puede tener implicaciones para la patogénesis de la degeneración macular relacionada con la edad [33]. En esa misma línea, la investigación desarrollada por Krigel A et al., en el año 2016, concluye que la exposición a la luz contribuye al inicio de las etapas tempranas de la degeneración macular relacionada con la edad (DMAE) [34].

Teniendo en cuenta lo anterior, algunos estudios de fototoxicidad retiniana requieren una exposición prolongada a bajas intensidades de luz, mientras que, otros, una exposición más corta a intensidades más altas. Sin embargo, se ha demostrado que la luz azul induce un daño fotoquímico a través de la exposición por un corto tiempo, que no excede las 12 horas y otros estudios reportan daños transitorios para exposiciones de más de 12 horas.
TABLA

2 Las diferencias entre todas estas investigaciones podrían atribuirse a la intensidad lumínica, al uso de distintas especies y horas de exposición.

AUTOR	ANIMAL	CARACTERISTICAS DE LA EXPOSICION	HORAS DE EXPOSICION	CONCLUSION
Jaap a. van best. et al (1998) [25].	Conejos albinos.	Luz azul de banda ancha de baja intensidad (400–520 nm)	1 a 5 horas.	Disfunción de la barrera hematorretiniana. La longitud de onda más eficiente fue 418 nm.
Wu J ,et al. (1999) [26]	Ratas Sprague Dawley.	1 día de adaptación a oscuridad. Luz difusa de 400 a 480nm.	3 a 6 horas.	Apoptosis de las células fotorreceptoras a las 24 horas siguientes a la exposición.
Grimm C, Wenzel A, Rol P, et al. (2001) [35]	Ratas y Ratones salvajes.	Luz verde de 550 nm o azul de 403 nm.	2 horas.	Exposición a la luz azul resultó en daño retiniano severo.
Tanito M. et al. (2005) [36]	Ratas albinas.	1 o 5 klux luz fluorescente blanca.	3 horas.	La exposición a la luz intensa aumenta las modificaciones de las proteínas 4-HNE y 4-HHE en la retina. Estas modificaciones pueden ser eventos tempranos que preceden a la apoptosis de células fotorreceptoras.
Tanito M , et al.(2008) [37]	Ratas albinas.	5 klx de luz fluorescente blanca.	6 horas hasta 3 meses.	Aunque las células del EPR son resistentes al daño celular inducido por el estrés fotooxidativo agudo, la pérdida Progresiva de células EPR continuó hasta 3 meses después de la exposición a la luz.

*Estudiante de Optometría, Universidad del Sinú.

** Estudiante de Optometría, Universidad del Sinú.

Cora Roehlecke, et al. (2009) [33]	Cultivo de células de la línea celular humana.	Luz azul (405 nm).	Potencia de salida de 1 mW / cm ² o 0,3 mW / cm ² .	La exposición continua a la luz puede, por lo tanto, afectar negativamente a las células EPR con estrés metabólico. Esto puede tener implicaciones para la patogénesis de la degeneración macular relacionada con la edad.
------------------------------------	--	--------------------	---	--

Roehlecke C, et al, (2011) [38]	Cultivos de explantes de retina murinos.	Luz azul visible (405nm).	Potencia de salida de 1 mW / cm ² .	La exposición a la luz azul puede tener efectos perjudiciales sobre los fotorreceptores como la muerte celular.
Narimatsu T, Ozawa Y, et al. (2014) [39]	Ratones BALB.	Lámpara fluorescente blanca.	1 hora.	El bloqueo del azul fue más eficaz para proteger la retina del daño inducido por la luz.
Lee HS, Cui L, et al (2016) [30]	Ratones C57BL.	LEDs con diferentes longitudes de onda. Los grupos rojo, verde y azul representaron longitudes de onda de 630 nm, 525 nm y 410 nm, respectivamente.	2 veces al día, 10 días consecutivos.	Sobreexposición a la luz azul con longitudes de onda cortas puede inducir daño oxidativo y apoptosis a la córnea, que puede manifestarse como un aumento de la inflamación de la superficie ocular y el ojo seco resultante.
Krigel A , et al. (2016) [34]	En ratas albinas y pigmentadas.	LED (blanco frío, azul y verde), así como bombillas de fluoro compacto y tubos fluorescentes.	24 horas durante 1 semana y 1 mes.	La exposición a la luz contribuye al inicio de las etapas tempranas de la degeneración macular relacionada con la edad (DMAE).
Nakamura M ,et al. (2018) [32]	Ratones pigmentados.	Luz LED azul.	72 horas.	Acumulación de macrófagos y materiales similares a las drusas alrededor de los segmentos externos de los fotorreceptores. Daño del EPR.

Tabla 2. Resumen de los estudios invivo - invitro realizados en ratas y cultivos celulares de los efectos de la exposición a las fuentes luminosas.

con el objetivo de dar solución a los efectos anteriormente presentados se enlistara un resumen de los estudios que proponen la utilización de filtros oftálmicos para reducir el daño por luz azul. tabla 3.

AUTOR	OBJETIVO	MEDICIÓN
Narimatsu T, Et al.(2004) [39]	Dilucidar los efectos biológicos del bloqueo de la luz fluorescente en la retina utilizando materiales de bloqueo específicos.	<p>Los ratones se dividieron en tres grupos de tres cajas diferentes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bloqueo de luz ultravioleta. 2. Bloqueo de luz ultravioleta y azul. 3. Paso de luz visible. <p>Se expusieron los ratones a lámparas fluorescentes blancas durante 1 hora. Después del tratamiento se midieron en el electrorretinograma, el grosor de la capa nuclear de la retina y la longitud de del segmento externo de la retina. Además de que se realizara una cuantificación de las células apoptóticas.</p>
Rezai KA, Et al. (2008) [40]	Se evaluó el efecto del filtro AcrySof (cromóforo de filtración de luz UV; Alcon) y del filtro natural AcrySof (cromóforos de filtración de luz azul y UV) sobre la apoptosis inducida por luz azul en células epiteliales de pigmento retiniano (EPR) humanas.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Las células del EPR se expusieron a luz azul (430-450 nm) en presencia del filtro AcrySof (solo UV) o del filtro AcrySof Natural (UV y luz azul) durante 10 días. 2. Se analizó la tasa de apoptosis.
Ueda T, et al. (2009) [41]	Demostrar que un filtro de corte de luz azul y ultravioleta (filtro azul) podría reducir el umbral de daño de retina que se Produce tras la exposición una longitud de onda corta mediante una fuente de espectro continuo.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los valores de densidad de energía se midieron antes del filtro azul. Las lesiones se midieron antes y a los 2 y 30 días después de la irradiación de una Región de 2.8 mm de diámetro dentro de la arcada macular. 2. Las medidas fueron la fundoscopia, la angiografía con fluoresceína y la exploración de longitud de onda larga realizada por la unidad de tomografía retiniana de Heidelberg (TRH). 3. Las lesiones producidas se calificaron y compararon con la densidad de energía
Der-Chin, Et al (2016) [42].	Desarrollar un sistema de medición para lentes de bloqueo de luz azul.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Las características principales del sistema de medición son un modulador de pulso de luz y tecnología de circuito filtrado para evitar la interferencia de la luz ambiental. 2. El porcentaje de error de los datos es casi del 6%. 3. El brillo de los lentes de bloqueo de luz azul no puede ser bajo porque causaría problemas de desviación de color.

*Estudiante de Optometría, Universidad del Sinú.

** Estudiante de Optometría, Universidad del Sinú.

AUTOR	OBJETIVO	MEDICIÓN
Lawrenson JG, et al(2017) [43]	Demostrar que la utilización de lentes oftálmicos con filtro azul puede aliviar la fatiga visual cuando se utilizan dispositivos digitales, mejorar la calidad del sueño y, potencialmente, conferir protección contra la fototoxicidad retiniana	<ol style="list-style-type: none">1. Se incluyeron ensayos controlados aleatorios (ECA), que reclutaron adultos de la población en general. Investigaron el efecto de las lentes de gafas BB en el rendimiento visual, los síntomas de fatiga ocular, los cambios en la integridad macular y la calidad subjetiva del sueño.
Tejedor, Vicente, et al (2018) [44].	Demostrar que un filtro puede eliminar el 94% del componente azul puede proteger significativamente la función y la morfología de la retina.	<ol style="list-style-type: none">1. Se utilizaron ratones de un mes de edad. Antes del daño por luz, los ratones se mantuvieron en un ciclo de luz / oscuridad de 12/12 horas (aprox. 60 lux).2. Los ratones se distribuyeron al azar en tres grupos de estudio (6 animales por grupo):3. Grupo 1: no expuesto a luz dañina; Grupo 2: expuesto a luz dañina sin ningún filtro; y Grupo 3: expuesto pero protegido por un filtro de bloqueo azul.4. La fuente de luz era una lámpara de emisión fluorescente de luz fría (400–820 nm)

Tabla 3. Resumen de estudios que proponen soluciones a los efectos de la luz azul perjudicial al globo ocular.

DISCUSIÓN

El ojo humano, cuenta con estructuras internas, como lo son la córnea, pupila y cristalino que proporcionan protección de manera natural contra la luz intensa [45]. Sin embargo, con el transcurrir del tiempo se han desarrollado diferentes filtros para contrarrestar la fototoxicidad que generan las longitudes de onda corta en el ojo humano [46]. Ahora, la discusión científica radica en conocer si estos filtros son eficaces y, así mismo, analizar el porcentaje en que estos bloquean la luz azul.

Hoy en día, se disponen de diferentes filtros oftálmicos, los cuales son películas que se le añaden a las lentes, teniendo como función principal la disminución de las longitudes de onda indeseadas y brindar otro tipo de protección dependiendo de las necesidades de las personas que requieran su uso. [47]

Poco antes de la incorporación de estas películas a los lentes oftálmicos, también se analizaron las lentes intraoculares amarillas, y se observó que absorbían la luz azul violeta y parcialmente la verde, evitando la sobreexposición retiniana, especialmente a la luz azul. Por lo cual, el laboratorio Alcón introdujo la lente intraocular SN60AT «*Natural*» (Alcon), que además de poseer un filtro ultravioleta, tenían una tinción amarilla que filtraba la luz azul del espectro lumínico desde 400 a 550 nm aproximadamente [36]. Sin embargo, tiempo después se determinó que el bloqueo efectivo de la luz azul depende de la desviación del color que cada lente tintado proporciona y que un lente intraocular de tinte amarillo no es apto para tal protección. [40]

En el 2009, Ueda et al., pretendían determinar si el daño ocular se podría disminuir a través de la utilización de un filtro de luz azul. Los autores comprobaron que dicho filtro era capaz de reducir el umbral de daño en la retina producido tras la exposición a longitudes de onda corta, mediante una fuente de espectro continuo. No obstante, se debe tener en cuenta la reducción de la iluminación, es decir, el efecto protector dependerá de los niveles de exposición a los que se sometan [41].

Estudios similares como el realizado en el año 2014 por Narimatsu, et al, fueron menos precisos en cuanto a la caracterización de los efectos protectores de los filtros de bloqueo azul, dado que sus datos de transmitancia mostraron que un gran porcentaje de la luz emitida por debajo de 500 nm pasó a través del filtro de bloqueo. Solo entre el 24% y el 40% de la luz azul pudo ser bloqueada [39].

En el 2017, Lawreson et al., concluyeron que existe una carencia de evidencia científica para soportar que el uso de lentes de bloqueo azul puede conservar la salud macular; siendo este último enunciado una de las características principales que atrae a los usuarios de lentes oftálmicos a utilizar filtro azul [43]. Tiempo después, se estudió a mayor profundidad la eficacia de los filtros de bloqueo de la luz azul acorde al color del filtro y el tipo de luz azul. Teniendo en cuenta 2 bandas de clasificación de dicha luz: luz azul-violeta (415–455 nm) y luz azul turquesa (465–495 nm). En la investigación se pudo observar que las lentes teñidas de marrón, gris y azul bloquearon aproximadamente el 75% de la luz azul- violeta y <50% de la luz azul-turquesa. Concluyeron que los lentes de color marrón y gris son más efectivos en la protección de las células del EPR que los tintados de azul [48] [49].

Posteriormente se demostró que un filtro de bloqueo azul absorbió hasta un 93% de la luz por debajo de 500 nm y, al mismo tiempo, no alteró otros componentes del espectro por

*Estudiante de Optometría, Universidad del Sinú.

** Estudiante de Optometría, Universidad del Sinú.

encima de 530 nm. Sin embargo, aun cuando el filtro era capaz de absorber un gran porcentaje, no era suficiente para la protección retiniana y concordaba con Ueda (2009) que los niveles de exposición son un factor importante para la protección [44].

Otra alternativa a la reducción de la muerte celular inducida por luz azul fue desarrollada por la facultad de Óptica y Optometría de la Universidad Complutense de Madrid, introduciendo unos lentes de contacto Lens 55 UV CSR de material Filcon IV. Sin embargo, estos lentes solo son capaces de absorber un 5% de luz azul, enfocándose en brindar mayor protección de un 84.2% contra la luz UVA y de un 97.6% a los UVB [50].

Finalmente, como otra solución a los tratamientos por fototoxicidad, publicaciones más recientes como el estudio realizado por Morita Y et al. 2018, proponen la utilización de agentes antiinflamatorios para prevenir el progreso de la degeneración de los fotorreceptores inducida por la luz azul. Demostraron que la ingesta de *L. paracasei* KW3110 suprimió la inflamación y la degeneración de los fotorreceptores en un modelo murino de retinopatía inducida por la luz azul [51].

CONCLUSIÓN

La variedad de estudios realizados converge a una misma premisa, la exposición a la luz azul genera daños tanto en la superficie como en el polo posterior del ojo. A pesar de las estructuras oculares que minimizan las repercusiones causadas por esta radiación, la luz azul natural y artificial, emitida por artefactos y dispositivos electrónicos, resulta casi imposible de contrarrestar. Por lo anterior, a partir de investigaciones han surgido filtros aplicables a dispositivos oftálmicos con el fin de reducir la transmitancia de esta onda hasta el globo ocular.

La eficacia de estos puede ser medida en cuanto a su capacidad de absorción y bloqueo. Los estudios realizados han contrastado el porcentaje de daño de acuerdo al tipo de filtro, tiempo de exposición e intensidad de luz azul emitida.

Inicialmente los filtros amarillos parecían ser la mejor opción, sin embargo; estudios han demostrado la eficacia de los filtros marrón, gris y azul debido a que de manera selectiva bloquean aproximadamente el 75% de la luz azul-violeta (415–455 nm), la cual por su longitud de onda es perjudicial para el globo ocular, y estos mismos, permiten el paso del resto del espectro que es benigno para las estructuras oculares. Así mismo otros estudios han demostrado mucha mas veracidad en sus pruebas, determinando que los filtros azules logran bloquear hasta un 93% de la luz azul.

En términos generales, las investigaciones muestran resultados diversos, probablemente debido a las variables seleccionadas en cada estudio, sin embargo, partiendo de que la eficacia de un filtro se mida en un bloqueo superior al 50%, es posible determinar que los filtros azules, marrón y gris pueden tener un efecto protector contra esta luz azul dañina, pero no son capaces de evitar el daño completo inducido por esta fuente lumínica.

Por otra parte, se ha establecido que independientemente del porcentaje de bloqueo, tiempos de exposición a intensidades bajas pueden generar daños a largo plazo, como lo es la degeneración macular.

Lo cierto es que el daño por exposición es inminente, por lo que se sugiere estandarizar las investigaciones sobre el tema con el fin de hallar una solución a la problemática de la luz azul.

REFERENCIAS

1. Murguía, Laura. La luz en la Arquitectura. Su influencia sobre la salud de las personas. Estudio sobre la variabilidad del alumbrado artificial en oficinas [Internet]. Universitat Politècnica de Catalunya, 2012. Disponible en <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6108/03INTRODUCCION.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
2. Mead, Nathaniel. Beneficios de la luz solar: Un punto brillante para la salud humana. Environmental health [internet]. 2008 [consultado 24 mayo 2019]; pág. 160-167. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/44204783_Beneficios_de_la_Luz_Solar_Un_Punto_Brillante_para_la_Salud_Humana
3. Revaliente, Marina; Muñoz, María. Sol, beneficios y peligros. Desarrollo Científico Enfermería [Internet]. 2011 [consultado 24 mayo 2019]. Disponible en <http://www.index-f.com/dce/19pdf/19-348.pdf>
4. Heßling M, Kölbl PS, Singh P, Deuchler S, Sinning D, Koch FHJ, et al. Hazards posed by LEDs: A comparative study. Ophthalmologie [Internet]. 2018 [consultado 24 mayo 2019]. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/m/pubmed/30159605/>
5. Suarez, H.; Cadena, C. Mediciones de laboratorio de trasmittancia UV a través de tejidos, anteojos para el sol y cremas protectoras [Internet]. 2008 [consultado 24 mayo 2019]. Disponible en <https://www.mendoza-conicet.gob.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2008/2008-t008-a005.pdf>
6. Milanés, Armando; Molina, Katia; Milanés, Marla.; Ojeda, Ángel; González, Alina. Factores de riesgo para enfermedades oculares. Importancia de la prevención [Internet]. 2016 [consultado 2018 Sep 09]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727897X2016000400010&lng=es.
7. Knave, Bengt; Hansson, Kjell; Sliney, David; Matthes, R.; Rapacholi, Michael; Grandolfo, Martino. Radiaciones no ionizantes. En: Knave, Bengt, director. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Inglaterra: Oficina Internacional del trabajo, 1998. Pág. 49.1-49.35.
8. Fontal, Bernardo. El Espectro Electromagnético y sus Aplicaciones [Internet]. 2005 [Consultado 24 mayo 2019]. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Bernardo_Fontal2/publication/228871821_El_Espectro_Electromagnetico_y_sus_Aplicaciones/links/59946c10aca272ec9087f8bb/EI-Espectro-Electromagnetico-y-sus-Aplicaciones.pdf
9. Pino, Fernando. El espectro visible de luz [Internet]. 2014 [consultado 30 mayo 2019]. Disponible en: <https://www.vix.com/es/btg/curiosidades/2011/10/02/elespectro-visible-de-luz>
10. Luque, Javier. Espectro electromagnético y espectro radioeléctrico [Internet]. 2017 [Citado 25 mayo 2018]. Disponible en: https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/062017.pdf
11. Fontal, Bernardo. El Espectro Electromagnético y sus Aplicaciones [Internet]. 2005 [Consultado 24 mayo 2019]. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Bernardo_Fontal2/publication/228871821_El_Espectro_Electromagnetico_y_sus_Aplicaciones/links/59946c10aca272ec9087f8bb/EI-Espectro-Electromagnetico-y-sus-Aplicaciones.pdf

12. Eyezen. Luz azul y luz azul violeta, nociva para ti: efectos y problemas [Internet]. [citado 23 de octubre de 2018]. Disponible en: <https://eyezen.es/luz-azul/>
13. Davies S, Elliott MH, Floor E, Truscott TG, Zareba M, Sarna T, et al. Photocytotoxicity of lipofuscin in human retinal pigment epithelial cells. *Free Radic Biol Med.* 2001;31(2):256-65
14. Kuse, Yoshiki; Ogawa, Kenjiro; Tsuruma, Kazuhiro; Shimazawa, Masamitsu; Hara, Hideaki. Damage of photoreceptor-derived cells in culture induced by light emitting diode-derived blue light. Scientific report [internet]. 2014 [consultado 14 mayo 2019].
15. Esaki Y, Kitajima T, Takeuchi I, Tsuboi S, Furukawa O, Moriwaki M, et al. Effect of blue-blocking glasses in major depressive disorder with sleep onset insomnia: A randomized, double-blind, placebo-controlled study. *The Journal of Biological and Medical Rhythm Research.* 2017; 34(6): 753-61.
16. Okuno, Tsutomu & Saito, Hiroyuki & Ojima, Evaluation of Blue-Light Hazards from Various Light Sources. *Developments in ophthalmology.* 2002; 35: 104-12.
17. Behar-Cohen F, Martinsons C, Viénot F, Zissis G, Barlier-Salsi A, Cesarini JP, et al. Light-emitting diodes (LED) for domestic lighting: Any risks for the eye? *Progress in Retinal and Eye Research.* julio de 2011; 30(4): 239-57.
18. Zaldivar, Fabiola. Estudio in vitro de la sobrevivencia, reproducción y morfología de daphnia pulicaria irradiada con un láser de baja energía. [Internet]. 2018 [consultado 2019 mayo 29]; Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/98834/Tesis%20Fabiola%20Zald%C3%ADvar%20Ortiz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
19. Wanderley, Y., Almeida, Y., Carreiro, E., Teixeira, D., Ramlho, F., Lira, R. y Dantas, A. (2011). Determinación del nivel de evidencia científica de los artículos odontológicos. *Revista Brasileira de Ciencias de la Salud,* 14(4), 45-50.
20. Milanés-Armengol A, Molina-Castellanos K, Milanés-Molina M, Ojeda-León Á, González-Díaz A. Factores de riesgo para enfermedades oculares. Importancia de la prevención. *Medisur* [Internet]. 2016 [consultado 2016 Jul 6]; 14(4): [aprox. 0 p.]. Disponible en: <http://www.medisur.sld.cu/index.php/medisur/article/view/3351>
21. Universidad Complutense de Madrid. Danos en retina causados por exposición a la luz [Internet]. 2013 [consultado 25 Mayo 2019]. Disponible en <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-10072/RedescubreNº16.pdf>
22. Hochheimer BF, D'Anna SA, Calkins JL. Retinal damage from light. *Am J Ophthalmol.* diciembre de 1979;88(6):1039-44.
23. Jaadane I, Boulenguez P, Chahory S, Carré S, Savoldelli M, Jonet L, et al. Retinal damage induced by commercial light emitting diodes (LEDs). *Free Radic Biol Med.* julio de 2015;84:373-84.
24. Thomas BB, Seiler MJ, Aramant RB, Samant D, Qiu G, Vyas N, et al. Visual functional effects of constant blue light in a retinal degenerate rat model. *Photochem Photobiol.* junio de 2007;83(3):759-65.
25. Jaap a. Van best. Benedicte j. Putting, et al. Spectral sensitivity of the blood-retinal barrier at the pigment epithelium for blue light in the 400–500 nm range [Internet]. 1998. [consultado 24 mayo 2019]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8157099>
26. Wu J, Seregard S, Spångberg B, Oskarsson M, Chen E. Blue light induced apoptosis in rat retina. *Eye (Lond).* agosto de 1999;13 (Pt 4):577-83.
27. Kuse Y, Ogawa K, Tsuruma K, Shimazawa M, Hara H. Damage of photoreceptor-derived cells in culture induced by light emitting diode-derived blue light. *Sci Rep* [Internet]. 2014 [consultado 9 de septiembre de 2018]; 4. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4048889/>

28. Martinsons, Christophe. Los LED y el riesgo de la luz azul [Internet]. 2013 [consultado 24 mayo 2019]. Disponible en: <http://institutovarilux.com/wpcontent/uploads/2014/01/Martinsons-1.pdf>
29. Ogawa, Kenjiro; Kuse, Yoshiki; Tsuruma, Kazuhiro; Kobayashi, Saori; Shimazawa, Masamitsu; Hara, Hideaki. Protective effects of bilberry and lingonberry extracts against blue light-emitting diode light-induced retinal photoreceptor cell damage in vitro [Internet]. 2014 [consultado 9 sept 2018]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3992157/>
30. Lee HS, Cui L, et al. Comparison of 0.1%, 0.18%, and 0.3% Hyaluronic Acid Eye Drops in the Treatment of Experimental Dry Eye [Internet]. *J Ocul Pharmacol Ther.* 2016; 34(8): 557–564. [Consultado 24 mayo 2019]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6206550/>
31. Xu WH, Qu JY, Chen YL, Zhang MC: Influence of blue light from visual display terminals on human ocular surface. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi.* 2018 [consultado 11 junio 2019] 54(6): 426-31.
32. Nakamura M, Yako T, Kuse Y, Inoue Y, Nishinaka A, Nakamura S, et al. Exposure to excessive blue LED light damages retinal pigment epithelium and photoreceptors of pigmented mice. *Exp Eye Res.* 2018 [consultado 21 de julio de 2019]177:1-11.
33. Roehlecke, Cora; Schaller, Annette et al. The influence of sublethal blue light exposure on human RPE cells. [Internet]. 2019 [consultado 24 mayo 2019]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2751800/>
34. Krigel A , Berdugo M , et al. Light-induced retinal damage using different light sources, protocols and rat strains reveals LED phototoxicity [Internet]. 2016. [consultado 24 mayo 2019]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27751961>
35. Grimm C, Wenzel A, Rol P, et al. Rhodopsin-mediated blue-light damage to the rat retina: effect of photoreversal of bleaching [Internet]. 2001; 2(2):497-505. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11157889>
36. Tanito M , Elliott MH , Kotake Y , Anderson RE. Protein modifications by 4-hydroxynonenal and 4-hydroxyhexenal in light-exposed rat retina. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2005; 46 (10): 3859-68.
37. Tanito M , Kaidzu S , Anderson RE. Protective effects of soft acrylic yellow filter against blue light-induced retinal damage in rats. *Exp eye res.* 2006; 83:1493-504.
38. Roehlecke C, Schumann U, Ader M, Knels L, Funk RHW. Influence of blue light on photoreceptors in a live retinal explant system [Internet]. 2011; 8;17:876-84 [Consultado 24 mayo 2019]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21527999>
39. Narimatsu T, Ozawa Y, Miyake et al. Biological effects of blocking blue and other visible light on the mouse retina [Internet]. *Clin Exp Ophthalmol.* 2014; 42(6):555-63. [consultado 24 mayo 2019]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24304494>
40. Rezai KA, Gasya E, Seagle B-LL, Norris JR, Rezaei KA. AcrySof Natural filter decreases blue light-induced apoptosis in human retinal pigment epithelium. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* mayo de 2008; 246(5): 671-6.
41. Ueda T, Nakanishi-Ueda T, Yasuhara H, Koide R, Dawson WW. Eye damage control by reduced blue illumination. *Exp Eye Res.* diciembre de 2009; 89(6): 863-8.
42. Der-Chin, Chena; Kuang, Lung; Huangb, Siak; Lim, Leea; Jui, To Wangcd. Blue Light Blocking Lenses Measuring Device - ScienceDirect [Internet]. [citado 25 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815034943>
43. Lawrenson JG, Hull CC, Downie LE. The effect of blue-light blocking spectacle lenses on visual performance, macular health and the sleep-wake cycle: a systematic review of the

*Estudiante de Optometría, Universidad del Sinú.
** Estudiante de Optometría, Universidad del Sinú.

literature. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2017;37(6):644-54.

44. Tejedor, Vicente; M, Marchena; L, Ramírez; D, García; Vicente, Gómez; C, Sánchez; P, de la Villa; F, Germain. Removal of the blue component of light significantly decreases retinal damage after high intensity exposure. PloS One [Internet]. 2018 [consultado 24 mayo 2019]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29543853>
45. Baillet, Gilles; Granger, Berangere. Como las lentes Transitions filtran la luz azul dañina. [Internet]. 2016 [consultado 24 mayo 2019]. Disponible en: <https://www.pointsdevue.com/sites/default/files/como-las-lentes-transitions-filtran-la-luz-azul-danina.pdf>
46. Esaki Y, Kitajima T, Takeuchi I, Tsuboi S, Furukawa O, Moriwaki M, et al. Effect of blue-blocking glasses in major depressive disorder with sleep onset insomnia: A randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Chronobiol Int.* 2017;34(6):753-61.
47. *Filtros Oftálmicos*. [online] Available at: <http://www.foucaultacerbi.com.ar/baja-vision/filtros-oftalmicos.html> [Accessed 14 Jun. 2019].
48. Park, Sang-il; Pyo Jang, Young. The Protective Effect of Brown-, Gray-, and BlueTinted Lenses against Blue LED Light-Induced Cell Death in A2E-Laden Human Retinal Pigment Epithelial Cells. *Ophtalmic Research.* 2017; 57:118–124.
49. Kaho Hiromoto, Yoshiki Kuse, Kazuhiro Tsuruma, Nobuyuki Tadokoro, Nobuyuki Kaneko, Masamitsu Shimazawa, Hideaki Hara, “Colored lenses suppress blue light-emitting diode light-induced damage in photoreceptor-derived cells,” *J. Biomed. Opt.* 21(3), 035004 (2016), doi: 10.1117/1. JBO.21.3.035004.
50. Universidad Complutense de Madrid. Danos en retina causados por exposición a la luz [Internet]. 2013 [consultado 25 Mayo 2019]. Disponible en <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-10072/RedescubreNº16.pdf>
51. Morita, Y; Miwa, Y; Jounai, K; Fujiwara, D; Kurihara, T; Kanauchi, O. Lactobacillus paracaseiKW3110 previene la inflamación inducida por la luz azul y la degeneración en la retina. *Nutrientes.* 2018; 10(12).

*Estudiante de Optometría, Universidad del Sinú.

** Estudiante de Optometría, Universidad del Sinú.