

2021-07-23

Análisis en el tiempo de la transmisibilidad de la luz visible y ultravioleta en dos materiales de lentes fotocromáticos

Augusto Diaz Escobar

Universidad Latina de Costa Rica, augusto.diaz@ulatina.cr

Esteban Goñi Boza

Universidad Latina de Costa Rica, esteban.goni@ulatina.cr

Manuel Felipe Masis Soto

Universidad Latina de Costa Rica, felipe.masis@ulatina.cr

Follow this and additional works at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/svo>



Part of the [Eye Diseases Commons](#), [Optometry Commons](#), [Other Analytical, Diagnostic and Therapeutic Techniques and Equipment Commons](#), and the [Vision Science Commons](#)

Citación recomendada

Diaz Escobar A, Goñi Boza E y Masis Soto MF. Análisis en el tiempo de la transmisibilidad de la luz visible y ultravioleta en dos materiales de lentes fotocromáticos. *Cienc Tecnol Salud Vis Ocul.* 2021;(1): 31-38. doi: <https://doi.org/10.19052/sv.vol19.iss1.4>

This Artículo de Investigación is brought to you for free and open access by the Revistas científicas at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in *Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular* by an authorized editor of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

Análisis en el tiempo de la transmisibilidad de la luz visible y ultravioleta en dos materiales de lentes fotocromáticos*

Time Course Analysis of Visible and Ultraviolet Light Transmissivity in Two Photochromic lens Materials

AUGUSTO DÍAZ ESCOBAR**

ESTEBAN GOÑI BOZA***

MANUEL FELIPE MASIS SOTO****

Recibido: 16 de noviembre 2020. Aprobado: 25 de febrero 2021. Versión Online First: 1 de abril de 2021.
Publicación final: 30 de junio de 2021

RESUMEN

La luz ultravioleta comprende longitudes de onda con altos valores de energía que pueden tener repercusiones en la salud humana, lo cual preocupa cada vez más al sector salud. Por ello, las lentes fotosensibles se han transformado en una alternativa para la protección ocular. Sin embargo, la pérdida de transmisibilidad de estas puede representar dificultades en la percepción visual en ambientes donde el flujo luminoso se ve disminuido. Es importante tomar en cuenta la capacidad de transmisibilidad de las coberturas fotocromáticas de las lentes oftálmicas, tomando en cuenta su capacidad tanto en luz visible como ultravioleta. El objetivo del presente estudio es determinar la variación en el tiempo de la transmisibilidad de luz visible y ultravioleta en lentes fotocromáticas de los materiales CR39 y MR8. Se llevó a cabo un estudio en el que se exponían las lentes fotocromáticas de dos materiales (Cr-39 y MR8) a la luz durante un período de 9 meses, realizando lecturas de transmitancia en las frecuencias de 535nm y de 365nm, tanto al inicio como al final de las mediciones. Como conclusión se obtuvo que los lentes fotocromáticos de ambos materiales presentan una variación en la transmisibilidad de ambas longitudes de onda en función de su tiempo de uso y de exposición. Sin embargo, se consideran significativas principalmente las variaciones encontradas en la comparación entre los dos tipos de lentes y no en el tiempo.

Palabras clave: Anteojos, radiación, luz, rayos ultravioletas.

* Artículo de investigación.

** Optómetra, director de la Escuela de Optometría, Universidad Latina de Costa Rica. ✉ augusto.diaz@ulatina.cr

 <https://orcid.org/0000-0002-5874-7129>

*** Optómetra, profesor de tiempo completo, Escuela de Optometría, Universidad Latina de Costa Rica. ✉ esteban.goni@ulatina.cr  <https://orcid.org/0000-0002-7862-0635>

**** Licenciado en Ingeniería Industrial, Vicerrector de Docencia, Investigación y Extensión, Universidad Latina de Costa Rica. ✉ felipe.masis@ulatina.cr  <https://orcid.org/0000-0002-7500-1767>

Cómo citar este artículo: Díaz Escobar A, Goñi Boza E, Masis Soto MF. Análisis en el tiempo de la transmisibilidad de la luz visible y ultravioleta en dos materiales de lentes fotocromáticos. *Cienc Tecnol Salud Vis Ocul.* 2020;19(1):31-38. Disponible en: <https://doi.org/10.19052/sv.vol19.iss1.4>



ABSTRACT

Ultraviolet light comprises wavelengths with high energy values that can have an impact on human health, which is increasingly worrying the health sector. Therefore, self-tinting lenses have become an alternative for eye protection. However, the loss of transmissibility of these lenses may represent difficulties in visual perception in environments where the luminous flux is reduced. It is important to take into account the transmissibility capacity of the photochromic coatings of ophthalmic lenses, taking into account their capacity in both visible and ultraviolet light. The objective of the present study is to determine the time variation of visible and ultraviolet light transmissibility in photochromic lenses of CR39 and MR8 materials. A study in which photochromic lenses of two materials (Cr-39 and MR8) were exposed to light for a period of 9 months, was carried out by taking transmittance readings at the frequencies of 535nm and 365nm, both at the beginning and at the end of the measurements. As a conclusion it was obtained that the photochromic lenses of both materials present a variation in the transmittance of both wavelengths as a function of their time of use and exposure. However, the variations found in the comparison between the two types of lenses and not over time are considered significant.

Keywords: Glasses, radiation, light, ultraviolet rays.

INTRODUCCIÓN

La exposición a radiación ultravioleta (RUV) preocupa cada vez más a los especialistas de la salud, en particular a los profesionales de la salud visual y ocular. Según la Organización Mundial de la Salud, se calcula que los ojos reciben un 80 % de la totalidad de RUV que la persona recibiría antes de los 18 años (1).

Tanto en fuentes naturales como artificiales, la radiación lumínica conlleva la presencia de longitudes de onda correspondientes al rango UV, de lo que son conocidas las repercusiones sobre la salud humana, y de manera considerable, sobre el sistema visual (2, 3, 4). Se ha relacionado la exposición a radiación UV con la génesis de pterigium, fotoqueratitis, uveítis, e incluso cataratas, además de daños irreversibles en la retina, como degeneración macular asociada a la edad (5, 6, 4). Por ello, se espera que las lentes oftálmicas tengan la capacidad, no solo de permitir una adecuada transmisión de luz visible, sino que protejan de las radiaciones UV (7).

Según la Comisión Internacional de Iluminación (CIE), la luz es definida como cualquier radiación electromagnética capaz de crear una sensación mediante la estimulación directa de los

fotorreceptores retinianos en el sistema visual (8). Si bien este concepto enfatiza su sentido en la capacidad sensorial visual, también es aceptado utilizar el término *luz* para hacer referencia a las radiaciones dentro del espectro electromagnético que se encuentran cercanas a la luz visible como tal. Es por ello que en el presente artículo se hará referencia a la luz visible (LV) como aquella que entra en la definición propuesta por la CIE, y como luz ultravioleta (UV), o radiación ultravioleta (RUV), a las longitudes de onda menores a las del espectro de luz visible.

En estudios realizados sobre la capacidad restrictiva o absorción de las lentes a la radiación ultravioleta, se ha demostrado que estas permiten una transmitancia de 1 % como máximo de UVB, y se permite hasta un 18 % de UVA, en el caso de lentes transparentes de visión sencilla (5). Los lentes fotocromáticos son aquellos que se oscurecen en exteriores al exponerse a la luz del sol en función de la radiación UV, pasando a aclararse casi totalmente en interiores, o al dejar de estar expuestos a la luz del sol (9). La exposición a la radiación UV solar produce una reacción fotoquímica que permite que sus moléculas fotocromáticas absorban la luz visible, oscureciendo el lente. Sin radiación UV, las moléculas fotocromáticas vuelven a su forma original y la lente se aclara nuevamente (1, 6).

Según refieren Renzi-Hammond y Hammond (10), la capacidad de hacer frente a las condiciones de iluminación mediante lentes fotocromáticas puede aumentar, lo que se hace más relevante cuando dichas condiciones son de anchos de banda intensos y se originan con longitudes de onda corta, con lo que se logra una adaptación visual luego de exponerse a un fotoestresor intenso. Si bien se han realizado estudios en los que se demuestra que el uso de lentes fotocromáticas presenta ventajas sobre la lente transparente (11), cabe señalar que entre estas se pueden mejorar los síntomas a la hipersensibilidad a la luz (12), así como que estas no demuestran diferencias en las agudezas visuales. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que estos estudios son realizados con lentes nuevas, que no han sido expuestas a la luz durante periodos prolongados (11).

Este es el primero de una serie de estudios con los que se busca comprender el desempeño de las lentes con el paso del tiempo. Con ello, se pretende entender si la transmitancia de luz visible sufre una disminución considerable, al punto que llega a afectar el desempeño visual del usuario, y, en el caso de la radiación ultravioleta, se indaga si esta pudiera poner en riesgo la integridad ocular del individuo. El objetivo principal de este estudio es comparar los valores de transmisibilidad de ambas longitudes de onda (535 nm y 365 nm) en las lentes fotocromáticas, con el paso del tiempo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio, experimental, comparativo y de corte longitudinal, se realizó en la Universidad Latina de Costa Rica, en la sede de San Pedro, entre los meses de febrero y noviembre de 2019. Se utilizaron lentes con las mismas potencias refractivas, y se anotaron sus cualidades como su material, sus estructuras químicas, entre otros datos que se obtuvieron de las fichas ofrecidas por las empresas fabricantes. Se contó con una muestra de lentes fotocromáticas (n = 12) nuevas (6 lentes CR39 y 6 lentes MR8) las cuales son orgánicas, y cuya estructura focal es simple, conocida como de lentes

de “visión sencilla”. En la tabla 1, se puede ver la distribución de las lentes: 3 lentes en CR39 +2,00 D, 3 lentes en CR39 -3,00 D, 3 lentes en MR8 +2,00 D y 3 lentes en MR8 -3,00 D. Se separaron las lentes en dos grupos, de manera que hubiera un par de cada lente en el grupo de estudio y un lente en el grupo de control. Ambos grupos de lentes se colocaron en cajas de madera cerradas, de las cuales se sacaban únicamente para su medición. Los lentes del grupo control se mantuvieron en la oscuridad durante la realización del estudio, la medición de su transmisibilidad de luz visible y radiación ultravioleta. A 535 nm y 365 nm, respectivamente¹, se efectuó la medición una vez al mes en un cuarto oscuro, para obtener un total de 10 lecturas, de febrero a noviembre de 2019. Los lentes del grupo experimental se expusieron periódicamente a la luz del sol por períodos que oscilaban entre los 30 y los 45 minutos. A estos últimos se les realizó la medición de la transmisibilidad de ambas longitudes de onda al inicio del estudio, cada día antes de ser expuestos a la luz del sol y 10 minutos después de la exposición. Los valores de iluminancia fueron monitoreados mediante un luxómetro, teniendo una media de 84163 lux (mínima: 23630, máxima: >100000).

Se obtienen las propiedades de las lentes elegidas para el estudio, tanto su material como propiedades ópticas (número ABBE, índice de refracción) al inicio de la investigación, gracias a la colaboración de los fabricantes y distribuidores de dichas lentes. Se miden las capacidades de transmitancia iniciales tanto de luz visible (535 nm) como de luz ultravioleta (365 nm) con el frontofocómetro NIDEK LM-1800P. Las lentes fueron colocadas con la cara anterior hacia el lector, ubicando todas las medidas sobre el eje óptico de estas, basándose en las lecturas del sensor Hartmann con 108 puntos de medición múltiples, el cual está integrado en el equipo utilizado.

¹ Se decide medir la radiación UVA (365 nm) dentro del estudio por ser, como se indicó anteriormente, a la que mayor exposición presenta el ser humano (Bustamente et al, 2020 [3]).

TABLA 1. Distribución de las lentes utilizadas para el estudio, según material, graduación y posición en los dos grupos (los valores indicados corresponden a las fichas técnicas de los fabricantes)

ID DE LALENTE	MATERIAL	ÍNDICE DE REFRACCIÓN	PODER (DIOPTRIAS)	GROSOR (MM)	VALOR ABBE	POSICIÓN
A1	CR 39	1,54	+2,00	2,85	59,3	Experimental
A2						Experimental
A3						Control
B1						Experimental
B2						Experimental
B3						Control
C1	MR 8	1,6	+2,00	1,9	41	Experimental
C2						Experimental
C3						Control
D1						Experimental
D2						Experimental
D3						Control

Fuente: elaboración propia

Las características integrales de las diferentes lentes estudiadas no serán vistas como variables por separado. A saber, se hace referencia al grosor de la capa fotocromica, y al uso o desuso de tratamientos antirreflectivos, etc. Esto, pues lo que se pretende es determinar el desempeño de las lentes según sus materiales, por lo que, si se advierte alguna probabilidad de que estas variables por separado puedan determinar diferencias en el rendimiento, se recomendarán estudios específicos posteriores.

La prueba de T de Student es una de las pruebas más utilizadas para realizar la demostración de diferencia de medias. Para este caso específico de muestras dependientes o relacionadas, se utilizó la T Pareada, que consiste en realizar una comparación de medias antes y después de la exposición al tratamiento o procedimiento sobre las mismas unidades estadísticas. Aquello se buscó con el fin de determinar si existe o no una diferencia significativa debida a la exposición o al tratamiento.

Una condición importante para sustentar la comparación de medias es el supuesto de normalidad de los datos. Para ello, se utilizó la prueba de Shapiro Wilk, que, con valor de probabilidad de 0,8568 antes de la exposición y de 0,2994 después de la exposición, confirma el supuesto de normalidad.

RESULTADOS

Por medio de una prueba de comparación de medias, se determinó una diferencia significativa debida al material. La diferencia de las medias de transmisibilidad de 565 nm y 365 nm se calculó en 0,94 y 1,70 respectivamente (figura 1). En el gráfico de intervalo de confianza se puede observar que el material CR-39 permite mayor transmisibilidad que el MR8.

Se obtuvo una diferencia significativa en los valores de transmisibilidad con el paso del tiempo. Se determinó una variación del 3% en el caso del CR-39, siendo mayor su transmisión de luz visible al inicio del estudio. En la figura 2 se puede observar cómo se redujo la transmisibilidad conforme pasó el tiempo de la prueba. Con esto, se mantiene el hecho de que la lente CR39 permite mayor transmisibilidad que la MR8.

Con respecto a los valores de luz ultravioleta, no existe diferencia significativa en el porcentaje de transmisibilidad durante el tiempo (figura 3).

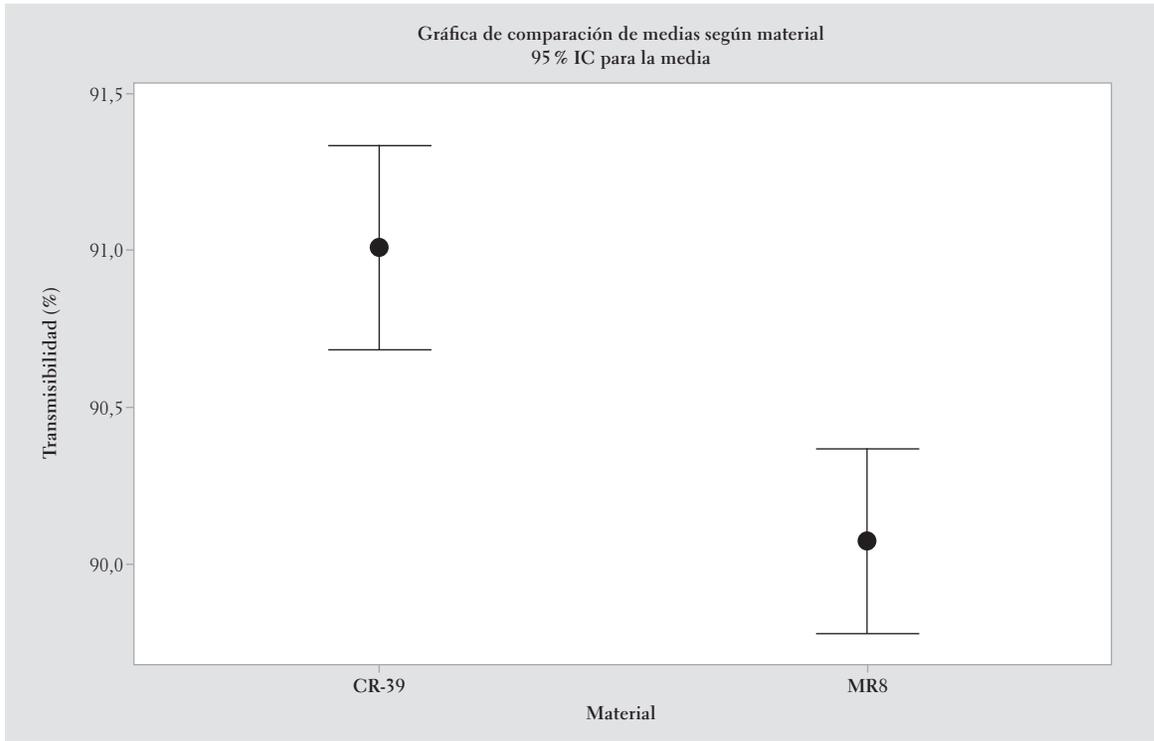


FIGURA 1. Comparación de medias según material, con respecto a las mediciones a 535 nm, luz visible

Fuente: elaboración propia

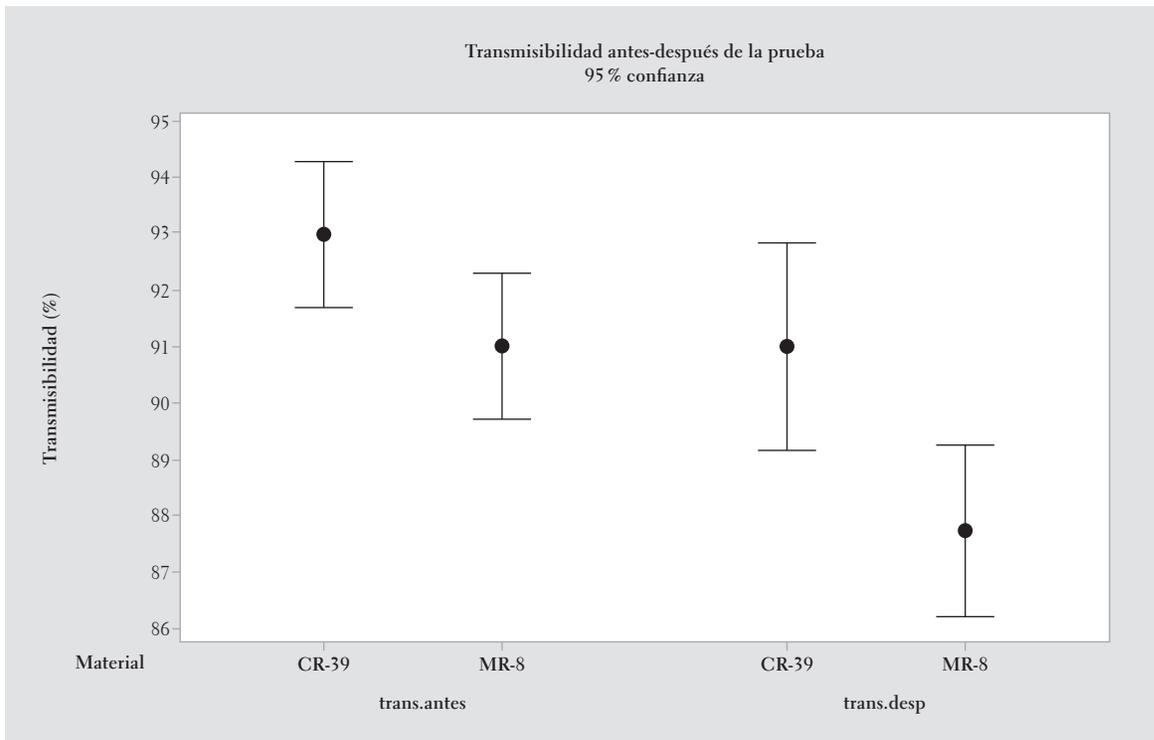


FIGURA 2. Transmisibilidad antes y después de la prueba

Los valores corresponden a las lecturas de transmitancia antes del inicio de las exposiciones (trans.antes) y las mediciones al final del estudio (trans.desp).

Fuente: elaboración propia

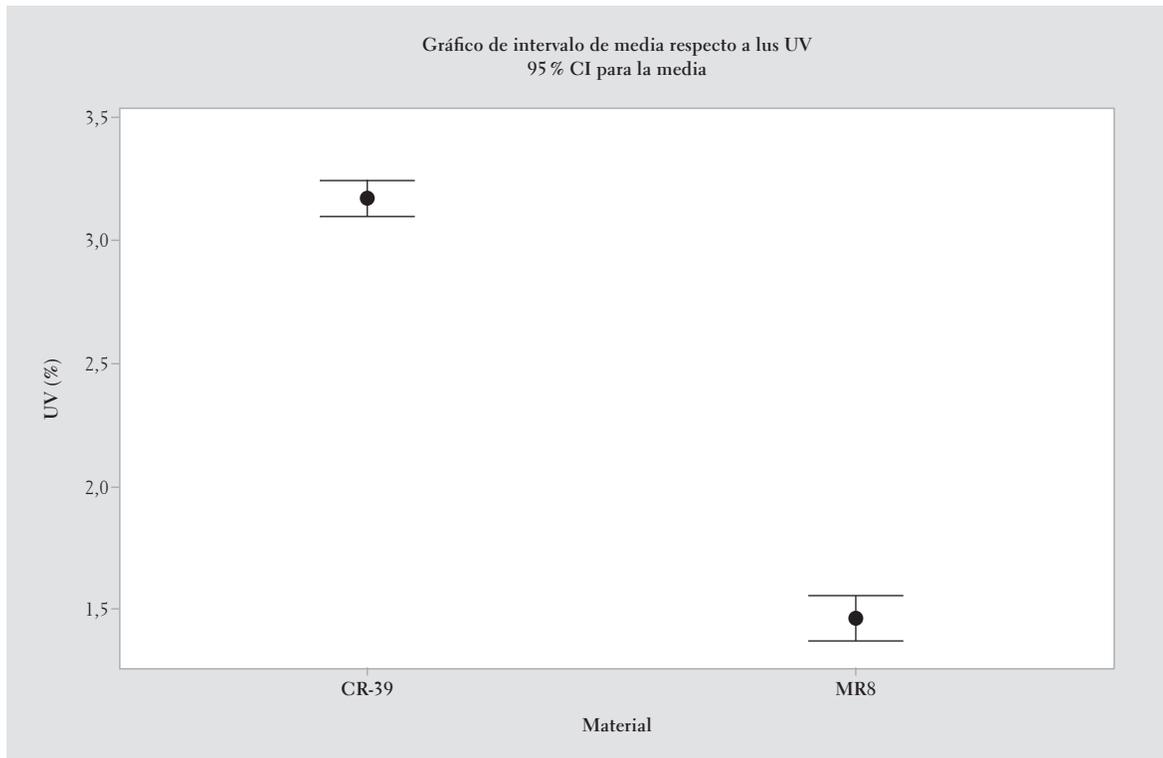


FIGURA 3. Intervalo de media en luz ultravioleta

Fuente: elaboración propia

DISCUSIÓN

Al ser una radiación electromagnética, la luz consiste en partículas cargadas de energía. Por tanto, en menor o mayor grado, generarán una perturbación en las estructuras que impacten. Aunque los efectos no desencadenen una respuesta sensorial en el ojo, esta alteración tiene lugar con la luz. Los niveles de energía que portan dichas radiaciones están relacionados con la frecuencia y la longitud de la onda. De tal modo, resultan siendo mayores cuando se originan en longitudes de onda pequeñas, como es el caso de la luz azul y la RUV.

Las ondas ultravioletas no son percibidas visualmente por el ser humano. Estas se caracterizan por tener mayor cantidad de energía que las longitudes incluidas en el espectro de luz visible. Se suele clasificar este rango del espectro como radiación UVA (315-400 nm aproximadamente),

radiación UVB (280-315 nm aprox.) y radiación UVC (100-280 nm aprox.) (7). En ese contexto, cabe señalar que la última irradia mayor energía que la primera. Según Bustamante y demás colaboradores (2016), a la superficie terrestre llegan solamente radiaciones UVA y UVB, de las cuales el 95 % corresponde a la primera y un restante 5 % a la segunda. Cabe señalar que la radiación UVC no alcanza la superficie, pues se presenta un bloqueo de su transmisión en la capa estratosférica (4).

En ese escenario, las lentes fotocromáticas proveen protección a la radiación perjudicial; sin embargo, dicha protección depende de los materiales —y de la integridad de estos— así como de los filtros fotoprotectores (1). Aunque los valores de protección de las lentes son fácilmente detectables con las fichas técnicas provistas por los fabricantes, es importante saber cuánta degradación sufren estos al verse expuestos por períodos de tiempo determinados al ambiente y a sus diferentes factores.

El nivel de oscurecimiento de una lente fotocromática depende del desempeño de las moléculas, del sustrato del lente y del nivel de radiación ambiental. El fotocromatismo es esa capacidad de poder variar la transparencia de una lente en función de la cantidad de exposición que se tenga a radiación ultravioleta. Los principios de las lentes fotocromáticas orgánicas son diferentes a los de las minerales.

En este caso, se deposita una capa uniforme de moléculas fotosensibles, que impregnan la cara convexa: esta capa suele tener un grosor de entre 150 y 200 micras (1, 9). La reacción provocada por la exposición a rayos UV se da a nivel de moléculas fotocromáticas, las cuales se redistribuyen de forma que absorben la radiación de luz visible. Posteriormente, a consecuencia de la ausencia de luz UV y por la presencia de calor, se da una reconversión molecular que minimiza la absorción lumínica (1). La Administración de Drogas y Alimentos de Estados Unidos (FDA) establece que lo mínimo permitido para lentes de sol o lentes fotocromáticas en su estado activo es una transmitancia del 31 % de luz visible (1).

En ese escenario, los dos materiales usados en este estudio presentan variaciones, tanto en la transmisibilidad de luz visible como de luz ultravioleta —aunque de esta última, las variaciones no son estadísticamente significativas—. Sin embargo, a pesar de las variaciones, el CR-39 mantiene una mayor transmisibilidad que el MR8. Con respecto a la transmisibilidad de la luz ultravioleta, los dos materiales mantienen los valores ofrecidos por el fabricante, lo que resulta en una adecuada protección ante dicha radiación.

Teniendo en cuenta la importancia que tiene la transmisibilidad de la luz visible, se puede entender que en el caso del CR-39, esto supone una ventaja con el paso del tiempo. La disminución de la transmisibilidad de la luz visible en las lentes fotocromáticas de uso diario y permanente puede representar una disminución de la percepción y de ciertas capacidades visuales, pues estas son

lentes que no se usan exclusivamente durante el día. Cabe señalar que la mayoría de los usuarios las tienen como único par de anteojos. Al ser esta una degradación progresiva, el usuario difícilmente será consciente de la disminución de la calidad visual. Sin embargo, en ciertas condiciones, como por ejemplo la conducción nocturna, esto podría representar un riesgo para la salud y para la integridad de la persona.

Tomando en cuenta estos resultados, sería oportuno incluir en futuros estudios el desempeño de las lentes con relación a la agudeza visual de los usuarios. Esto con el fin de adaptarlas mejor al modo de vida de cada uno de los pacientes.

CONCLUSIONES

Se determinó una diferencia significativa debida al material. La diferencia de las medias de transmisibilidad en longitudes de onda de 565 nm y 365 nm, dependiendo del material se estiman en 0,94 y 1,70, respectivamente. Asimismo, en el gráfico de intervalo de confianza se puede observar que el material CR-39 permite mayor transmisibilidad que el MR8.

En tanto, los valores de transmisibilidad presentaron una diferencia significativa antes y después de la prueba. Se puede observar la reducción de esta, conforme pasa el tiempo de la prueba, y se mantiene el hecho de que el material CR39 permite mayor transmisibilidad que el MR8.

Por último, con respecto a los valores de luz ultravioleta, no existe una diferencia significativa en el porcentaje de transmisibilidad durante el tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Suárez H, Cadena C. Determinación de la fotoprotección de lentes de sol fotocromáticos polarizados de policarbonato. *Av Energ Renov Medio Ambiente*. 2011;15(8): 147-155. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/102123>
2. Backes C, Religi A, Mocozet L, Behar-Cohen F, Vuilleumier L, Bulliard JL et al. Sun exposure to

- the eyes: predicted UV protection effectiveness of various sunglasses. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 2019;29(6): 753-764. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/328634328_Sun_exposure_to_the_eyes_predicted_UV_protection_effectiveness_of_various_sunglasses
3. Bustamante MA, Hernandez-Ferrer C, Tewari A, Sarria Y, Harrison GI, Puigdecenet E et al. Dose and time effects of solar-simulated ultraviolet radiation on the in vivo human skin transcriptome. *British Journal of Dermatology*. 2020;182(6): 1458-1468. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/bjd.18527>
 4. Dwivedi A, Tripathi AK, Singh J, Pal MK. Ultraviolet radiation (UVR): An introduction. En: Singh Ray R, Haldar C, Dwivedi A, Agarwal N, Singh J. (eds.) *Photocarcinogenesis & Photoprotection*. Singapore: Springer; 2018. p. 1-8.
 5. Matsuhara ML, Machado LR, Fernandes LC. Espectrofotometria de lentes oftálmicas orgânicas de visão simples submetidas à radiação ultravioleta A, ultravioleta B e luz visível. *Arq Bras Oftal*. 2004;67(4): 571-574. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/S0004-27492004000400002>
 6. Suárez H, Cadena C. Determinación de la fotoprotección de lentes de sol fotocromáticos polarizados y de policarbonato. *Av Emerg Renov Medio Ambiente*. 2011;15(08): 147-155. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/102123>
 7. Ozdemir T, Saglam A, Ozdemir FB, Keskiner AÜ. The evaluation of spectral transmittance of optical eye-lenses. *Optik*. 2016;127(4): 2062-2068. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2015.11.034>
 8. Schlangen LJ. *CIE position statement on non-visual effects of light: recommending proper light at the proper time*. 2nd ed. CIE; 2019. Disponible en: <https://cie.co.at/publications/position-statement-non-visual-effects-light-recommending-proper-light-proper-time-2nd>
 9. Pardo R, Zayat M, Levy D. Photochromic organic-inorganic hybrid materials. *Chem Soc Rev*. 2011;40(2): 672-687. Disponible en: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2011/cs/c0cs00065e#divAbstract>
 10. Renzi-Hammond LM, Hammond Jr BR. The effects of photochromic lenses on visual performance. *Clin Exp Optom*. 2016;99(6): 568-574. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/cxo.12394>
 11. Lakkis C, Weidemann K. Evaluation of the performance of photochromic spectacle lenses in children and adolescents aged 10 to 15 years. *Clinic Exp Opt*. 2006;89(4): 246-252. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1444-0938.2006.00056.x>
 12. Lim SH, Cho MS, Kim JS. Evaluation of clinical usability and effects of photochromic lenses. *Jour Kor Ophthalmol Soc*. 2005;46(9): 1563-1568.