

# COMPLICACIONES EN LA VISTA POR EXPOSICIÓN A LUZ ULTRAVIOLETA Y AZUL-VIOLETA

Los efectos perjudiciales de la luz ultravioleta (UV) y la luz azul-violeta se manifiestan de manera diferente en el ojo humano. La exposición acumulada a la luz azul-violeta se ha vinculado al desarrollo de degeneración macular asociada a la edad (DMAE). En este artículo, se destacan los posibles riesgos de la exposición a la luz UV y azul-violeta, y se resumen algunas de las medidas de protección/preventivas comúnmente prescritas.



**Profesor Shahina Pardhan, BScOptom, PhD\***

El Prof. Pardhan, director de VERU y profesor de Optometría, tiene vasta experiencia en investigación ocular, incluidas las funciones visuales en diferentes condiciones retinales.



**Dr. Raju P Sapkota, BOptom, MSc, PhD\***

El Dr. Sapkota es optometrista e investigador con posdoctorado con amplia experiencia en la investigación del ojo humano, la visión, la memoria y el conocimiento.



\*Vision & Eye Research Unit (VERU),  
Postgraduate Medical Institute, Anglia Ruskin  
University, Cambridge, Reino Unido

La luz es parte del espectro electromagnético, que comprende desde las ondas de radio hasta los rayos gamma. La luz visible no es inherentemente diferente de las otras partes del espectro electromagnético, con la excepción de que el ojo humano puede advertir ondas visibles. La luz puede clasificarse en diferentes categorías en función de la longitud de onda, que no es siempre visible para el ojo humano. El ojo humano puede ver luz de longitudes de onda que varían entre 380 y 780 nm (también conocido como el espectro visible).<sup>1</sup> Las longitudes de onda más cortas de 380 nm se clasifican como luz ultravioleta (UV), mientras que las longitudes superiores a 780 nm se clasifican como luz infrarroja.

## 1. Radiaciones UV: definición y transmisión

La luz ultravioleta se clasifica en: UV-C (de 100 a 280 nm, longitud de onda corta), UV-B (de 280 a 315 nm, longitud de onda media) y UV-A (de 315 a 380 nm, longitud de onda larga).<sup>1,2</sup> El sol es la fuente de luz UV más grande. En efecto, la luz UV-C se filtra a través de la capa de ozono y la atmósfera de la Tierra. Las luces UV-A y UV-B atraviesan la atmósfera de la Tierra y llegan a su superficie. Algunos de los factores comunes que afectan la transmisión de radiación UV desde el Sol hasta la superficie de la Tierra incluyen los siguientes:

- 1. Elevación solar:** cuanto más vertical sea la posición del Sol en el cielo, más intensa será la radiación UV. Por lo tanto, los niveles de radiación UV son más altos cerca del mediodía y en verano.<sup>3,4</sup> No obstante, se argumenta que, como los ojos se encuentran más hundidos en la estructura ósea orbital, el nivel de UV que incide en el ojo al mediodía puede ser inferior al de otros momentos del día.<sup>5</sup>
- 2. Latitud:** las regiones que están más cerca del Ecuador reciben niveles de radiación UV más altos.<sup>6</sup>
- 3. Nubosidad:** la radiación UV-A y UV-B puede atravesar nubes ligeras. Los diferentes espesores de las nubes tie-

## PALABRAS CLAVE

UV, peligro de luz azul-violeta, daño ocular, degeneración macular asociada a la edad, catarata, luz perjudicial, dispositivos electrónicos, queratopatía climática en gotas, población en riesgo, prevención, protección, factores de riesgo, LIO.



nen distintos efectos sobre los niveles de transmisión de la radiación UV.<sup>7</sup>

4. **Altitud:** a mayor altitud, la atmósfera es más delgada y absorbe menos radiación UV; lo que permite que llegue más luz UV a la Tierra.<sup>8</sup>

5. **Ozono:** el ozono absorbe la radiación UV-C.<sup>9</sup> El mecanismo de filtrado se torna menos eficiente a medida que se agota la capa.

6. **Reflexión del suelo:** si bien el césped, el suelo y el agua reflejan menos del 10 % de la radiación UV que llega a la Tierra, la nieve fresca refleja un 80 % mientras que la arena seca de la playa refleja aproximadamente un 15 % y la espuma del mar, un 25 %.<sup>5</sup>

## 2. Los componentes beneficiosos y perjudiciales de la luz azul

La longitud de onda adyacente a la luz UV-A se denomina luz azul. La luz azul (conocida como luz visible de alta energía o HEV por sus siglas en inglés) tiene longitudes de onda de unos 380 a 500 nm. Gran parte de la luz azul, junto con otra luz visible, se transmite a través de la córnea y el cristalino hasta llegar a la retina. La luz azul es fundamental para realizar una serie de funciones visuales, incluso percibir objetos de diferente color y contraste a nuestro alrededor. La luz azul-turquesa, cuya longitud de onda se acerca a la de la luz verde, ayuda a regular nuestro ciclo circadiano que, a su vez, mantiene y regula funciones no visuales, como la memoria, el estado de ánimo y el equilibrio hormonal.<sup>10</sup> Las longitudes de onda azul-violeta se acercan a las de la luz UV y, por lo tanto, tienen una energía más alta (inversamente proporcional a la longitud de onda). Un exceso de luz azul-violeta se considera peligroso para la retina humana si permanece expuesta durante un tiempo prolongado, dado que irradia más energía que la luz azul-turquesa y otra luz visible.

## 3. Lesiones del segmento anterior por exposición UV

La luz ultravioleta (principalmente la luz UV-B) es absorbida por la córnea y los anejos oculares (párpados, conjuntiva). La absorción crónica de luz UV-B por la córnea puede causar fotoqueratitis.<sup>11</sup> Si la córnea también se expone a la arena y al polvo, se puede producir queratopatía climática en gotas, que es un proceso degenerativo caracterizado por material translúcido entre dorado y marrón en el estroma corneal anterior, en la capa de Bowman y en el subepitelio. En un principio, se encuentran depósitos cerca del limbo, que luego avanzan hasta convertirse en nódulos grandes en la córnea central y, por lo tanto, causan visión borrosa. Los depósitos también pueden infiltrarse en el epitelio y en la conjuntiva, y pro-

vocar dolor en los ojos.<sup>12</sup>

La absorción de luz UV por la conjuntiva provoca afecciones, como pterigión y pinguécula.<sup>13</sup> (Fig. 1 y 2)

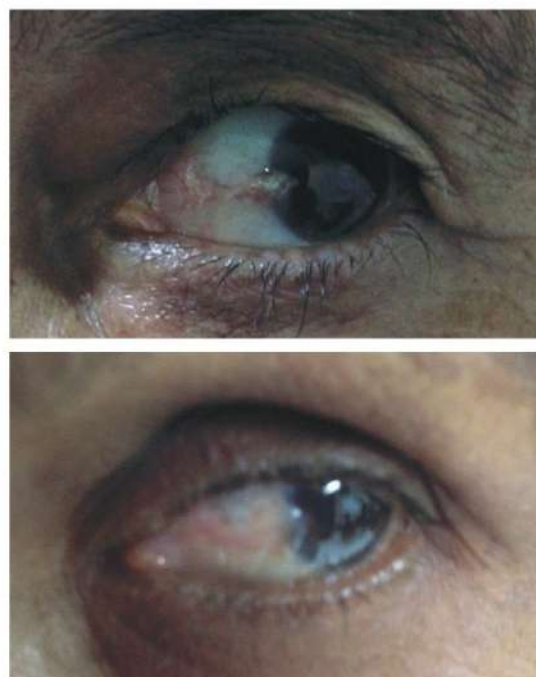


FIG. 1 Y 2 | Pacientes con pterigión

En los párpados, la exposición prolongada a la luz UV también constituye un factor de riesgo para cánceres como carcinomas de células basales, carcinomas de células escamosas y melanomas. Por lo general, ocurren en los párpados inferiores, que están expuestos a gran parte de la luz solar.<sup>14</sup> La luz UV (UV-A) de longitud de onda más larga, adyacente al extremo azul del espectro visible, se transmite a través de la córnea para llegar al cristalino. La lente (el cristalino) absorbe la mayor parte de la luz UV-A. Por lo tanto, la exposición crónica del ojo a la luz UV-A puede favorecer la formación de catarata.<sup>15</sup>

El tratamiento frecuente para catarata implica extraer la lente natural o cristalino y reemplazarla por una lente intraocular (LIO, por sus siglas en inglés) artificial. No obstante, por lo general, la lente que se implanta artificialmente tiene menos capacidad para filtrar la luz UV en comparación con la lente natural. Por este motivo, la retina es vulnerable a los efectos perjudiciales de la luz UV. Lo que puede producir fotorretinitis y también aumen-





«En 2008, los investigadores del Paris Vision Institute [...] revelaron que bandas específicas de luz azul-violeta de longitudes de onda que van de 415 a 455 nm fueron más perjudiciales para las células retinales».

tar el índice de avance de la degeneración macular. El daño es incluso más agudo y severo cuando no se implanta una LIO (afaquia). Se supone que las LIO de tinte amarillo pueden aportar una protección más eficaz de la retina contra los efectos perjudiciales de la luz UV y azul-violeta que las LIO transparentes.<sup>16</sup>

Pueden presentarse otros problemas visuales, como resplandor/deslumbramiento, fatiga y sensibilidad reducida al contraste, cuando la luz que incide en los ojos es difusa a causa de fotoqueratitis o la presencia de catarata.

#### 4. Daño retinal por exposición a la luz azul-violeta

A diferencia de la luz UV, la luz azul no se absorbe directamente por las estructuras del ojo anterior y la lente (cristalino) y, por lo tanto, puede llegar a la parte posterior del ojo y provocar posibles daños en la retina, especialmente a medida que los mecanismos de filtrado del ojo humano para la luz azul se debilitan.<sup>17,18</sup> La degeneración macular es la forma más grave de daño retinal como consecuencia del efecto acumulativo de la exposición a la luz azul.<sup>17,18</sup> La gravedad del daño puede incluso ser mayor cuando se extrae el cristalino después de una cirugía de catarata, ya que la luz UV-A y la luz azul-violeta pueden llegar a la retina. Los pacientes albinos tienen mayor riesgo de desarrollar daño retinal, dado que el pigmento de la melanina que bloquea la entrada de la mayoría de las luces UV-A y azul-violeta perjudiciales en el iris es deficiente (o está ausente).

El daño en la retina asociado a la luz azul es principalmente de naturaleza fotoquímica, a menos que se experimente una exposición aguda a luz azul brillante extrema, en cuyo caso el daño también puede ser inducido por cambios mecánicos o térmicos.<sup>19</sup> Además, el afinamiento del pigmento macular (es decir, carotenoides: luteína, zeaxantina) con la edad hace que la retina central sea más vulnerable a los efectos perjudiciales de la luz azul-violeta. Se es más probable que la luz UV y/o la luz azul violeta sea incluso más tóxica una vez que se haya producido un daño en la retina (incluso si es mínimo). Un estudio basado en una población con un seguimiento de 10 años halló que la exposición al sol de verano durante más de 5 horas por día producía un mayor riesgo de daño en el pigmento retinal y degeneración macular temprana asociada a la edad en comparación con la exposición durante menos de 2 horas.<sup>20</sup>

En 2008, los investigadores del Paris Vision Institute dividieron el espectro de luz visible en varias bandas de 10 nm y analizaron el efecto de varias horas de exposición de cada banda en células epiteliales del pigmento retinal porcino. Los datos revelaron que bandas específicas de luz azul-violeta de longitudes de onda que van de 415 a 455 nm fueron más perjudiciales para estas células retinales.<sup>1,21</sup>

También se sabe que las pantallas digitales (televisores, computadoras, equipos portátiles, teléfonos inteligentes y tabletas), las luces fluorescentes, los destellos de soldadoras y las pantallas con retroiluminación LED emiten luz azul. Por lo tanto, es posible que la exposición excesiva a estos dispositivos durante cierto tiempo pueda aumentar el riesgo de daño ocular. Sin embargo, también parece que, si bien las pantallas con retroiluminación LED exhiben más luz azul-violeta, tienen niveles más bajos de irradiación de modo que su efecto principal puede ser de corto plazo (por ej., fatiga ocular) en lugar de daño retinal permanente.

Okuno y sus colegas analizaron el peligro de la luz azul de distintas fuentes.<sup>22</sup> Descubrieron que la soldadura por arco estaba entre las fuentes más peligrosas, donde un tiempo de exposición de 0,6 a 40 seg. representa un peligro agudo para la retina. Mirar luz solar muy brillante y su reflejo en el mar o el desierto sin protección ocular puede provocar daños agudos en la mácula a causa de la luz azul.

#### 5. Poblaciones en riesgo y requisitos de prevención

El ojo humano tiene mecanismos integrados para filtrar la luz UV y la luz azul-violeta perjudicial: la córnea, el cristalino y los pigmentos maculares. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que estos mecanismos no siempre proporcionan una protección adecuada contra los efectos perjudiciales de la luz UV y la azul-violeta. Se ha informado que, a los 65 años de edad, la capacidad del ojo humano para protegerse contra la luz UV y azul se reduce a la mitad.<sup>20</sup> Distintas poblaciones tienen mayor riesgo de predisposición de sufrir daño ocular.



«Las personas que trabajan al aire libre y están expuestas a la luz solar durante períodos prolongados son más propensas a los efectos perjudiciales de luz UV y azul-violeta».

Las personas que trabajan al aire libre y están expuestas a la luz solar durante períodos prolongados son más propensas a los efectos perjudiciales de luz UV y azul-violeta. Se incluyen diferentes ocupaciones, como trabajadores de la construcción, agricultores y conductores de camiones. Trabajar en tareas como soldadura de arco, curado de pinturas/tintas, en entornos con luces brillantes como luces fluorescentes o luz blanca fría de interiores y también donde se utiliza luz azul para desinfectar equipos en hospitales y laboratorios puede provocar daño en la retina a causa del efecto acumulativo de luz azul-violeta. Además, con el mayor uso de bombillas fluorescentes compactas en el hogar,<sup>23, 24</sup> la exposición a la luz azul se ha incrementado incluso más considerablemente en los últimos años.

Además, los ojos de los adultos tienen mayor riesgo simplemente a causa del proceso de envejecimiento y la menor eficiencia en el filtrado de la luz azul debido a la reducción de los niveles de melanina.<sup>25</sup> La melanina es la sustancia natural que determina el color de cabello y de piel, y es responsable de proteger la piel y los ojos contra los rayos perjudiciales de la luz solar. Debido a los efectos combinados de cantidades cada vez mayores de luz azul a nuestro alrededor y en las actividades diarias, junto con una mayor expectativa de vida<sup>26</sup> los investigadores sienten más interés por analizar los efectos perjudiciales de la luz azul-violeta en el ojo humano. Sin embargo, se necesitan más investigaciones para establecer con exactitud qué tipo de medidas preventivas se requieren para personas que viven en diferentes regiones geográficas y para aquellas que se dedican a diferentes tipos de trabajos/actividades.

A continuación, detallamos algunas de las medidas preventivas prescritas comúnmente:

#### Actividades en interiores:

1. Reducir la exposición a la luz azul; para ello, quitar los dispositivos digitales del dormitorio para proteger el ritmo circadiano.
2. Limitar el uso de dispositivos electrónicos: realizar descansos frecuentes en su uso para reducir la fatiga visual y

3. Usar filtros en gafas que filtren las luces azul-violeta y UV perjudiciales.
4. Usar luces halógenas para reducir la luz blanca fría en interiores.

#### Actividades al aire libre:

1. Limitar la exposición prolongada al sol, siempre que sea posible.
2. Usar gorros de ala ancha bajo el sol.
3. Considerar la posibilidad de usar lentes polarizadas con pigmento de melanina. Si bien puede provocar cambios en la percepción de los colores, reduce la exposición a la luz azul-violeta al aire libre. No obstante, para no alterar la percepción de los colores, puede usar lentes Transitions®, que permiten bloquear hasta el 88 % de la luz azul-violeta.
4. Para los soldadores, es fundamental la protección adecuada, dado que la constricción pupilar en respuesta al arco es demasiado lenta para bloquear la aparición inicial de radiación.

#### Conclusión

La luz azul tiene efectos tanto beneficiosos como perjudiciales. Mientras la luz azul-turquesa regula el ritmo circadiano, los efectos acumulativos de la luz azul-violeta afectan la retina y, por lo tanto, puede derivar en una degeneración macular. Es fundamental que el ojo esté debidamente protegido contra los efectos perjudiciales de las luces UV y azul-violeta. Usar gafas adecuadas al trabajar bajo el sol y evitar el uso excesivo de dispositivos que emiten luz azul-violeta puede ayudar a reducir los efectos perjudiciales de la luz azul-violeta en el ojo. •

#### Agradecimientos

Agradecemos al Dr. Indira Paudel, Consultant Ophthalmologist, Tilganga Institute of Ophthalmology, Nepal por las imágenes clínicas utilizadas en este artículo.



**«Es fundamental que el ojo esté debidamente protegido contra los efectos perjudiciales de las luces UV y azul-violeta.»**

#### REFERENCIAS

1. Cecie Starr. Biology: Concepts and Applications. Thomson Brooks/Cole 2005. ISBN 0-534-46226-X// ISO 20473:2007(E) International Standards - Optics and Photonics- Spectral Bands.
2. Margrain TH, Boulton M, Marshall J, Sliney DH. "Do blue light filters confer protection against age-related macular degeneration? Prog Retin Eye Res 2004;23: 523-31.
3. Smick K et al. Blue light hazard: New knowledge, new approaches to maintaining ocular health, Report of a roundtable sponsored by Essilor of America. March 16, 2013, NYC, NY.
4. Heiting G: Ultraviolet (UV) radiation and your eyes. <http://www.allaboutvision.com/sunglasses/spf.htm>.
5. Karl Citek, et al: The eye and solar ultraviolet radiation: New understanding of the hazards, costs, and prevention of morbidity. Report of a Roundtable June 18, 2011, Salt Lake City, UT, USA.
6. Scotto J, Cotton G, Urbach F, Berger D, Fears T. Biologically effective ultraviolet radiation: Surface measurements in the United States, 1974 to 1985. Science 1988;239:762-764.
7. Gies P, Roy C, Toomey S, MacLennan R, Watson M: Solar UVR exposures of primary school children at three locations in Queensland. Photochemical and Photobiology 1998;68:78-83.
8. Blumthaler M, Ambach W, Ellinger, R: Increase in solar UV radiation with altitude. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology 1997;39:130-134.
9. McKenzie RL, Olof Björn L, Bais A, Ilyasd, M: Changes in biologically active ultraviolet radiation reaching the Earth's surface. Photochemical and Photobiology 2003;2:5-15.
10. Taylor HR, West SK, Rosenthal FS, Mufioz B, Newland HS, Emmett EA: Corneal changes associated with chronic UV irradiation. Archives of Ophthalmology 1989;107: 1481-4.
11. Cullen AP: Photokeratitis and other phototoxic effects on the cornea and conjunctiva. International Journal of Toxicology 2002;1:455-464.
12. Yam JC, Kwok AK. Ultraviolet light and ocular diseases. International Ophthalmology 2014;34:383-400.
13. Rene S, Rodriguez-Sains, MD. The sun, the eyelids, and the eye. The Skin Cancer Foundation Journal 2005;23:36-37.
14. Hamada S, Kersey T, Thaller VT. Eyelid basal cell carcinoma: non-Mohs excision, repair, and outcome. British Journal of Ophthalmology 2005;89:992-994.
15. Taylor, HR. Effect of ultraviolet radiation on cataract formation. New England Journal of Medicine 1988;319:1429-33.
16. Yuan Z, Reinach P, Yuan J: Contrast sensitivity and color vision with a yellow intraocular lens. American Journal of Ophthalmology 2004;138:138-140.
17. Margrain TH, Boulton M, Marshall J, Sliney DH. "Do blue light filters confer protection against age-related macular degeneration? Progress in Retinal and Eye Research 2004;23: 523-31.
18. Glazer-Hockstein C, Dunaief JL. Could blue light-blocking lenses decrease the risk of age-related macular degeneration? Retina 2006;26: 1-4.
19. Marquioni-Ramellaa MD, Suburo AM: Photo-damage, photo-protection and age-related macular degeneration. Photochemical & Photobiology Science 2015;14:1560-1577.
20. Tomany SC, Cruickshanks KJ, Klein R, Klein BE, Knudtson MD. Sunlight and the 10-year incidence of age-related maculopathy: the Beaver Dam Eye Study. Archives of Ophthalmology 2004;122:750-7.
21. Arnault E, Barrau C, Nanteau C, et al: Phototoxic action spectrum on a retinal pigment epithelium model of age-related macular degeneration exposed to sunlight normalized conditions. PLoS ONE 2013;8:e71398.
22. Okuno T, Saito H, Ojima J. Evaluation of blue-light hazards from various light sources. Developmental Ophthalmology 2002;35:104-12.
23. McKinsey & Company. Lighting the way-Perspectives on the global lighting market. 2nd edition report. Aug 2012.
24. McGoldrick, Joline. Multiscreening and simultaneous media use: Unlocking the golden age of digital advertising. Forbes. March 2014.
25. Schmidt SY, Peisch RD: Melanin concentration in normal human retinal pigment epithelium. Regional variation and age-related reduction. Investigative Ophthalmology & Visual Science 1986;27:1063-1067.
26. World health statistics, WHO, 2014.



#### LECCIONES CLAVE

- La luz UV y la luz azul-violeta son potencialmente peligrosas para el ojo.
- La exposición prolongada a luz UV aumenta el riesgo de distintas formas de daño ocular, tales como catarata, pterigión, pinguécula, queratopatía climática en gotas y cánceres en párpados.
- Distintos factores afectan la radiación UV: La elevación solar, la altitud, la nubosidad, la latitud, la capa de ozono y la reflexión del suelo.
- Las longitudes de onda de la luz azul-violeta que varían de 415 a 455 nm son las más perjudiciales para las células epiteliales del pigmento retinal.
- Los ojos de los adultos y las poblaciones específicas tienen mayor riesgo de padecer los riesgos de la luz azul-violeta y de desarrollar degeneración macular.