FOTOTOXICIDAD: Fundamento científico

Celia Sánchez-Ramos Roda

El problema concreto que expongo es la FOTOTOXICIDAD VISUAL; se trata, en mi opinión, de un asunto de Salud Pública de primer orden y de trascendencia global. Si se pone en primera persona, todos los que están leyendo este texto disfrutan de la suficiente visión para resolver caracteres tan pequeños como los que aquí se exponen y entienden perfectamente el importante déficit que, en sus vidas, supondría la pérdida visual.

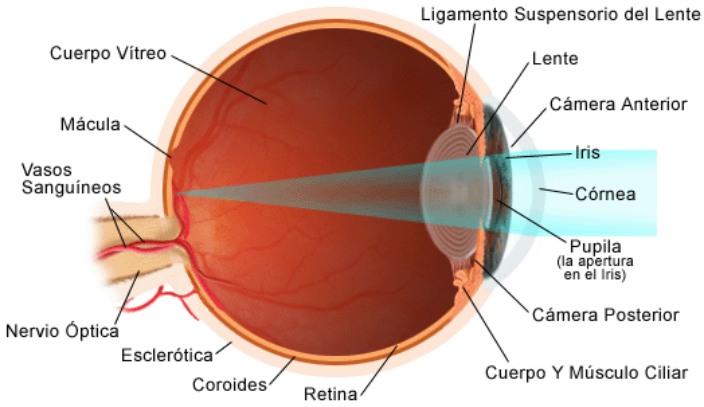

Figura 1: Globo ocular humano

La luz "en su justa medida" nos permite ver: bendito don.

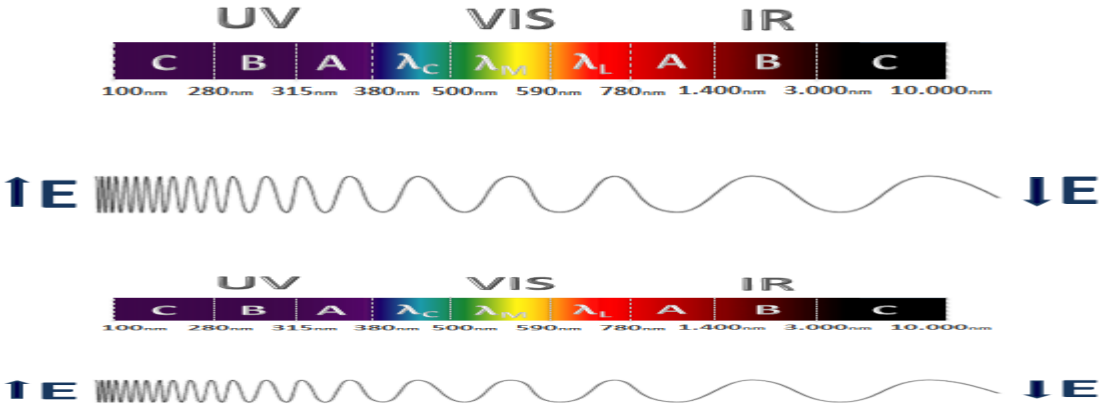

Figura 2: Espectro electromagnético visible, ultravioleta e infrarrojo junto con el esquema de su correspondiente energía.

El sentido de la vista procesa más del 80% de la información que llega a nuestro cerebro y que posibilita una buena interacción de la persona con el resto del mundo.

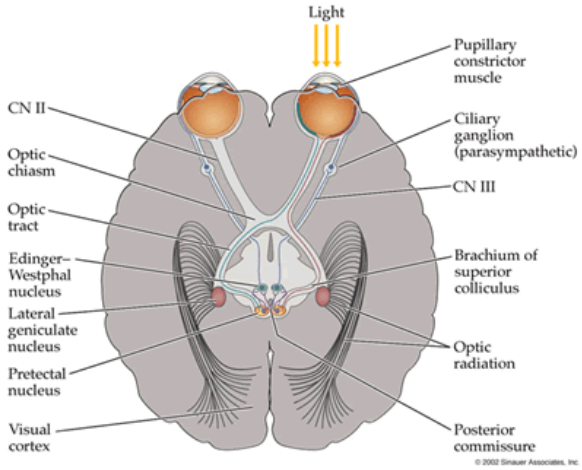

Figura 3: Esquema del sistema visual incluyendo globo ocular y vías visuales.

La luz en exceso no sólo provoca deslumbramiento y en consecuencia ceguera luminosa transitoria como bien explica Saramago en su "ensayo sobre la ceguera", sino que la excesiva inmersión en luz puede producir daños, en ocasiones irreversibles, en distintas partes del ojo por lo que debe evitarse, según los estudios científicos actuales en Salud Visual.

Figura 4: Afectaciones oculares por fototoxicidad: a) Daño corneal. b) Cataratas. c) Degeneración macular

En este aspecto, la función de la Medicina Preventiva en Ciencias de la Visión consiste en procurar que el sistema visual no resulte dañado por el exceso y tipo de exposición a luz y, en consecuencia evitar patologías que tendrían que ser tratadas. Conviene, por tanto, hacer caso de un lema popular e inteligente: "Más vale prevenir que curar".

Es muy fácil intuir que, actualmente, es excesiva la cantidad de luz que llega a nuestros ojos. Se disfruta de luz natural durante muchos días con un número de horas de insolación muy elevado, la prevención visual no propone renunciar a la exposición al sol pero propugna proteger los ojos con lentes ópticas adecuadas. En el último siglo se ha añadido a la luz natural la eficiencia de la luz ambiental artificial; se dispone de ella en cualquier momento y en la cantidad deseada (6.000 horas/año), la protección al daño que pueda producir a los ojos no contempla renunciar a la iluminación artificial; se trata, más bien, de controlar la intensidad, la cantidad y la composición de la luz.

Figura 5: Esquema de factores que influyen en la fototoxicidad retiniana: a) Fuentes de iluminación natural; b) Porcentaje de radiación nociva incluida en composición espectral de la luz blanca; c) Tiempo de exposición a la luz.

Finalmente, se han incorporado, al extremado entorno luminoso, el uso cotidiano de dispositivos móviles emisores de luz.

Figura 6: Dispositivos digitales retroiluminados por LEDs.

Como todos sabemos, cada vez se utilizan más horas, por más personas y cada vez éstas son más jóvenes. No se trata de renunciar al uso racional, tan necesario y útil, de las nuevas tecnologías, sino que la prevención propone eliminar “en su justa medida” la emisión de las radiaciones que se han demostrado nocivas.

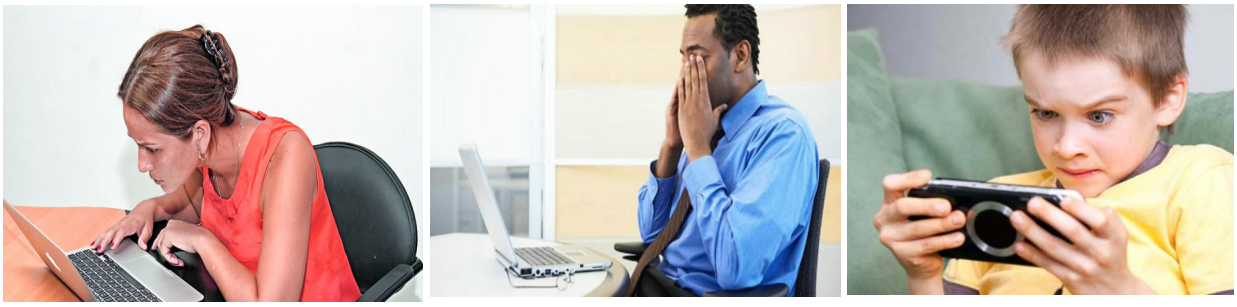

Figura 7: Ejemplo de situaciones habituales relacionadas con el uso de tecnología digital y fotoexposición.

Espero que, explicado así, resulte fácil entender el fundamento de la fototoxicidad visual que supone un alto riesgo para la calidad de vida de la Sociedad actual y del futuro. Falta un dato más, en mi opinión de vital importancia, para entender la magnitud del problema. Se trata de conocer que el llamado fondo de ojo -la retina- tiene una única y pequeña zona, inferior a $2mm^2$, llamada mácula lútea (mancha amarilla) por donde podemos ver con resolución; es decir, por donde distinguimos una letra de otra o una cara de otra. Además la retina, a diferencia de otras estructuras oculares, forma parte del sistema nervioso central; popularmente se dice que es una prolongación del cerebro con las ventajas e inconvenientes que este hecho conlleva: por un lado, procesa de forma sublime la información pero por otro lado, los daños neurodegenerativos a los que está expuesta no son reversibles.

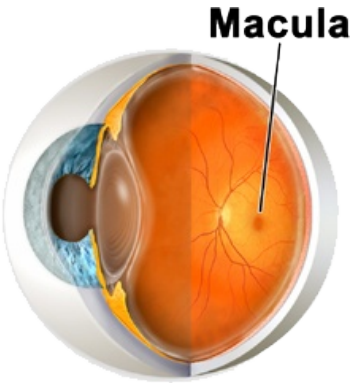

Figura 8: Localización de la mácula lútea (zona de mayor concentración de fotorreceptores), en el fondo del ojo (retina)

Espero que, explicado así, resulte fácil entender la necesidad de preservar la retina para seguir viendo durante toda la vida de una persona.

Se trata de replicar la naturaleza de manera artificial aunando los mecanismos de defensa naturales que el propio sistema ocular implementa a lo largo de los años.

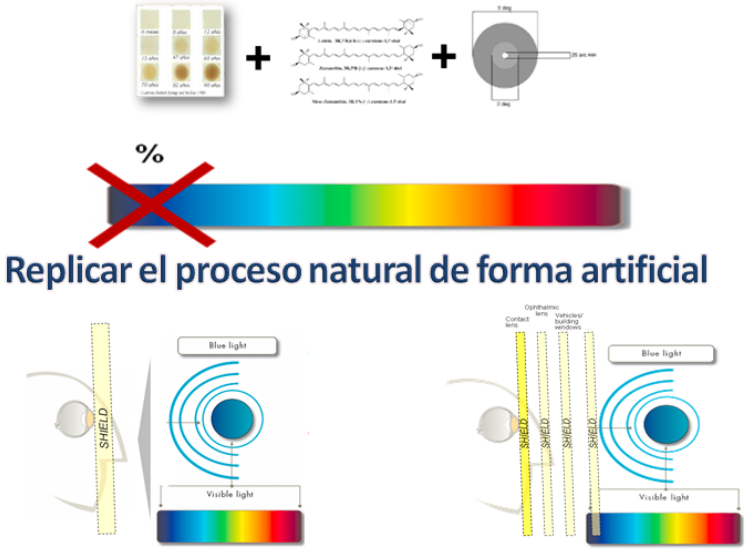

Figura 9: Resumen gráfico de los métodos de fotoprotección fisiológicos que eliminan porcentajes de luz violeta y azul nocivas y los mecanismos de fotoprotección artificial que replican la protección natural del ojo.

Estudiamos el tema desde varios puntos de vista y realizamos las investigaciones científicas pertinentes hasta poder plantear soluciones probadas y viables en laboratorio.

Figura 10: Cronología de investigaciones que demuestran el daño retiniano producido por la luz azul-violeta y/o los sistemas de protección contra los daños fototóxicos: a) Estudios realizados por otros investigadores; b) Estudios realizados por investigadores de la Universidad Complutense de Madrid.

Ahora bien, al llegar a este punto, y considerando que el problema de la fototoxicidad visual podía tener solución se necesitó la imprescindible colaboración del sector empresarial para poner en valor los resultados de investigación. Las empresas, tras comprobar la posibilidad efectiva de desarrollar los artículos finales, asumieron la fabricación y la comercialización de los productos a nivel nacional e internacional. En este proceso, no se puede olvidar la necesidad de la protección legal de la propiedad intelectual e industrial, ya sea realizada de forma conjunta o individualmente. Esta fase proporciona las garantías suficientes para las inversiones necesarias, internas y externas, que han permitido la efectiva distribución de los productos.

Figura 11: Productos con filtro óptico selectivo para protección retiniana, patentados por la Universidad Complutense de Madrid: a) Lentes de contacto y la solución de mantenimiento desarrollada para estas lentes; b) Lentes oftálmicas preventivas y terapéuticas, para interior y exterior (sol); c) Films protectores para pantallas digitales de smartphones, tablets, ordenadores y consolas.

España está entre los diez primeros países del mundo en publicaciones de impacto producto de trabajos científicos. Las investigaciones sobre fototoxicidad visual vienen realizándose por la Universidad Complutense de Madrid (UCM) concretamente por el Departamento de Optometría y Visión (Facultad de Óptica) desde hace más de doce años. En conclusión, se debe decir que el sistema visual humano utiliza métodos naturales para paliar el daño de la luz sobre el fondo del ojo; los estudios de investigación que realizamos se centraron en analizar los mecanismos fisiológicos de acción y replicar artificialmente los elementos de protección para incluirlos en las soluciones ideadas: lentes, films protectores, fuentes de luz.

En los últimos cinco años con la rápida implantación de los dispositivos electrónicos móviles emisores de luz ha aumentado el riesgo de fototoxicidad.

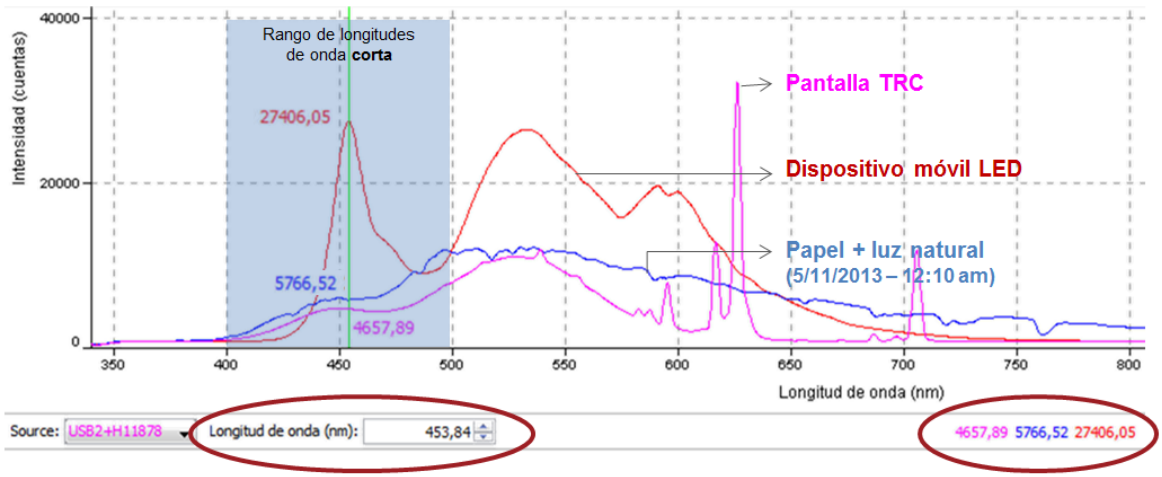

Figura 12: Comparativa de la composición espectral de la luz natural reflejada en un papel blanco y las emisiones de dos pantallas: una de Tubos de rayos catódicos y otra retroiluminada por LEDs. Se observa la eleveda emisión de luz violeta-azul (más nociva) emitida por dispositivos LEDs.

La experiencia acumulada en las investigaciones previas permitió a la UCM diseñar y realizar experimentos con LEDs como emisores de luz blanca utilizados actualmente en iluminación ambiente y en la retroiluminación de dispositivos móviles.

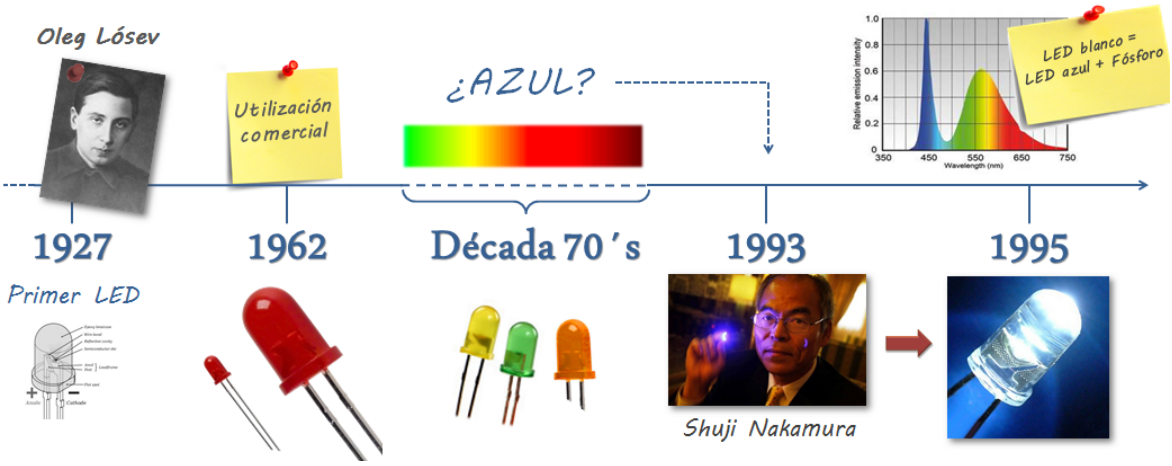

Figura 13: Cronología de la evolución de los LEDs.

Debido a la experiencia previa y a la oportunidad en la programación de los estudios los resultados científicos fueron pioneros y publicados con gran celeridad, así como acogidos con gran interés por las compañías innovadoras.

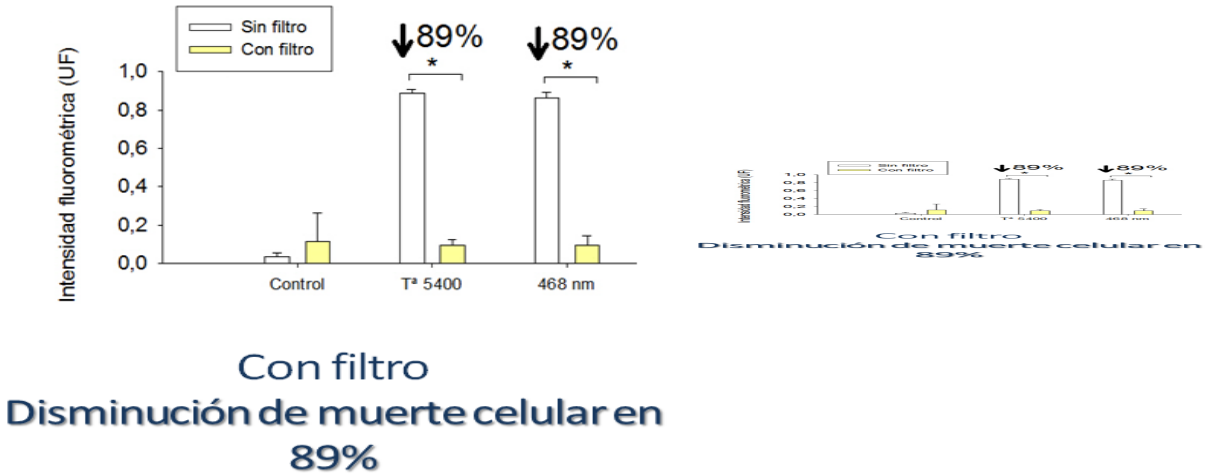

Figura 14: Resultados obtenidos en un estudio de investigación realizado por la Universidad Complutense de Madrid, donde se expresa con barras blancas la muerte celular provocada por LEDs blanco y azul, y con barras amarillas el efecto protector del filtro óptico amarillo, que evita la muerte celular en un 89%.

Las empresas se interesaron por las soluciones planteadas y en un corto periodo de tiempo se han podido fabricar productos concretos como lentes de contacto, lentes para gafas, lentes de sol y protectores de pantallas de dispositivos móviles (smartphones, tablets, ordenadores) que actualmente ya están en los comercios. Otras entidades estudian la distribución, a corto plazo, de fuentes de luz (bombillas, fluorescentes halógenos, LEDs) que incluyen los elementos bloqueantes adecuados para contrarrestar la toxicidad de la luz. Este es "mi caso", un caso de investigación, desarrollo e innovación eminentemente español.