



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ

**MÁSTER EN PREVENCIÓN DE RIESGOS
LABORALES**

**Estudio bibliográfico de los efectos de
la luz azul relacionados con la
prevención de riesgos laborales**

Rosa María Díaz Saura

Tutora: María Susana Jiménez Moreno

Fecha de entrega: Junio 2019



INFORME DEL DIRECTOR DEL TRABAJO FIN MASTER DEL MASTER UNIVERSITARIO EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

D^a. SUSANA JIMÉNEZ MORENO, Tutora del Trabajo Fin de Máster, titulado “**ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO DE LOS EFECTOS DE LA LUZ AZUL RELACIONADOS CON LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES**” y realizado por el estudiante **ROSA MARÍA DÍAZ SAURA**.

Hace constar que el TFM ha sido realizado bajo mi supervisión y reúne los requisitos para ser evaluado.

Fecha de la autorización: 10 de junio de 2019

Fdo.: Susana Jiménez Moreno
Tutora TFM



1. Resumen

La luz azul está presente en todos los ámbitos de nuestra vida: en los monitores o pantallas LED de nuestros ordenadores, smartphones y tablets, en las televisiones, en la iluminación doméstica, en la iluminación exterior... Y esta luz azul puede tener efectos perjudiciales para nuestra salud, tanto en la pérdida de sueño como en la generación de enfermedades en la retina.

Este trabajo analiza, a través de una revisión bibliográfica, si existen pruebas suficientes que demuestren esos efectos perjudiciales. En dicho análisis se han observado que existen pruebas suficientes para afirmar que la luz azul produce alteraciones en el ritmo circadiano. Además, puede modificar el ciclo del sueño e incluso puede producir insomnio, pero no hay pruebas de que pueda producir enfermedades en la retina en un uso normal y con las frecuencias e intensidades de los elementos domésticos de los que estamos hablando.

Todos estos efectos directos tienen efectos indirectos relacionados con la Prevención de Riesgos Laborales ya que la alteración del ritmo circadiano, la modificación del ciclo del sueño o el insomnio producen somnolencia, pérdida de reflejos, estrés, irritación, falta de concentración, dolores de cabeza, mareos y decaimiento en el estado del ánimo como efectos más visibles.

UNIVERSITAS
Miguel Hernández

2. Palabras clave:

luz azul, ritmo circadiano, carga mental, fatiga, sueño.



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

Índice de contenido

1. Resumen	1
2. Palabras clave:	2
3. Justificación	6
4. Introducción	8
5. Objetivos.....	16
6. Revisión bibliográfica	18
7. Resultados.....	45
8. Conclusiones	52
9. Referencias bibliográficas.....	54
10. Anexos	58



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Espectro visible.....	10
Ilustración 2: Células fotosensibles y su destino en el cerebro.....	14
Ilustración 3: Temperatura de color.....	31
Ilustración 4: Valores límite de exposición dependiendo de la longitud de onda.	44
Ilustración 5: Espectro del Sol a las 13:00 horas el 30 de agosto.....	58
Ilustración 6: Espectro electromagnético en la zona visible de una bombilla incandescente de 60W.	59
Ilustración 7: Espectro de una bombilla de bajo consumo de 20W.....	59
Ilustración 8: Espectro de una bombilla fluorescente de espectro completo de 26 W..	60
Ilustración 9: Espectro de una bombilla LED de alta gama de 8W.	60
Ilustración 10: Espectro de las bombillas más comunes.	61
Ilustración 11: Ventana de configuración de Windows 10.	64
Ilustración 12: Apartado Pantalla en Windows 10.	65
Ilustración 13: Configuración de luz nocturna en Windows.	65
Ilustración 14: Activación automática de luz nocturna en Windows.....	66
Ilustración 15: Pestaña Night Shift en ordenadores Mac OS.....	68
Ilustración 16: Menú de ajustes de un Asus.....	69
Ilustración 17: Menú Pantalla de un Asus.	70
Ilustración 18: Opciones de filtro de luz azul en dispositivos Asus.	70
Ilustración 19: Menú de Ajustes de un Samsung Galaxy S9.	71
Ilustración 20: Menú Pantalla de un Samsung S9.....	72
Ilustración 21: Filtro de luz azul en un Samsung S9.....	72
Ilustración 22: Opciones de programación del filtro de luz azul en el Samsung S9.	73
Ilustración 23: Control de brillo en iPhones.	74
Ilustración 24: Activación o desactivación de Night Shift desde el control de brillo en iPhones.....	75
Ilustración 25: Menú pantalla y brillo de los ajustes de un iPhone.....	76
Ilustración 26: Opciones de Night Shift en un iPhone.....	77

Índice de tablas

Tabla 1: Espectro electromagnético..... 10

Tabla 2: Longitud de onda del espectro visible. 11



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

3. Justificación

En el Windows 10, a partir de la versión 1703 (también llamada Windows Creators update), en la configuración de Windows puede establecerse, dentro del apartado de “Sistema” → “Pantalla”, la característica “Luz nocturna”, que hace que, en el horario que se establezca, la pantalla se vea más “amarillenta”. Según dice el propio Windows: *“Las pantallas emiten luz azul, la cual pueden causar problemas para dormir de noche. La luz nocturna muestra colores más cálidos para ayudarte a conciliar el sueño.”*.

En los móviles modernos también puede establecerse una característica similar que, dependiendo del fabricante, puede llamarse “Filtro de luz azul”, “Modo lectura” o algo similar. En el caso del móvil Huawei (es el que yo poseo), en el apartado de “Modo lectura”, indica: *“El Modo lectura filtra la luz azul para aliviar el cansancio visual. En este modo, la pantalla tiene un tinte amarillento”*.

En los ordenadores MAC con sistema operativo Mac OS existe el modo “Night Shift”, que, según Apple: *“El modo “Night Shift” cambia automáticamente los colores de la pantalla a tonos más cálidos cuando se hace de noche para ayudarte a dormir mejor”*.

Si se renuevan las gafas de visión, en la óptica preguntan si se utilizan ordenadores. Si se responde afirmativamente, en la óptica preguntan si las gafas se quieren con filtro de luz azul porque, de esta forma, los ojos van a descansar más y se va a poder dormir mejor.

Ante tantas opciones para filtrar la luz azul y los efectos que comentan que tienen, surgen varias preguntas: Si utilizar pantallas son tan perjudiciales debido a la luz azul para conciliar el sueño, según comentan, será porque existen estudios que lo demuestran. Y claro, si es verdad que tienen estos efectos sobre el reloj biológico, estos efectos pueden producir otros secundarios a nivel orgánico que originarán riesgos laborales (de forma directa o indirecta, dependiendo de los efectos demostrados).

Pero, ¿todos los efectos que se dicen que tienen son verdad? ¿Y todos los métodos que se supone que evitan o palián las consecuencias de la luz azul son efectivos?

Ante estas preguntas me puse a investigar las tesis, artículos e investigaciones que he encontrado para ver si está demostrado científicamente que la luz azul en horas cercanas a ir a dormir tienen los efectos que se le achacan. Es decir, ¿Si utilizamos el móvil, ordenador o tablet en las horas cercanas a ir a dormir nos va a impedir que nos cueste o que incluso tengamos insomnio? ¿Las lentes con filtro de luz azul eliminan los efectos que producen en el sueño? ¿Puede contabilizarse de alguna forma, directa o indirecta, los efectos laborales de la desincronización del reloj biológico? ¿Y pueden evitarse o paliarse dichos efectos desde el punto de vista laboral?

Todas estas preguntas intentarán ser respondidas en este TFM.



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

4. Introducción

La humanidad, desde sus orígenes, ha tenido al sol como única fuente de luz en sus orígenes. Posteriormente se agregó el fuego como fuente de luz artificial. Posteriormente ese fuego se hizo portátil en los candiles y velas, haciendo que los hogares se iluminaran con dicha luz.

A finales del siglo XIX se agregó la luz artificial eléctrica en las calles de España. La primera ciudad en tener luz pública eléctrica en sus calles fue la ciudad de Comillas, en Cantabria (antigua provincia de Santander), en 1.881, aunque la primera ciudad en contar con una red de alumbrado público urbano fue Girona en 1.886. A partir de entonces todas las ciudades, calles, carreteras y caminos han sido progresivamente alumbrados hasta la actualidad, en la que prácticamente todas las ciudades, pueblos, carreteras y caminos poseen alumbrado eléctrico que nos iluminan durante los períodos de oscuridad que nos proporciona la noche.

Actualmente estamos rodeados de elementos electrónicos con pantallas: la televisión, los móviles, las tabletas... e interactuamos con ellas en el trabajo, en el hogar, en los momentos de ocio... Y, a partir de 2017 nos están sugiriendo que el uso de estos dispositivos puede tener efectos sobre nuestro sueño.

Incluso en las noticias de algunos canales de televisión la luz azul ha sido protagonista de los informativos. Por ejemplo, en Antena 3, el 11 de agosto de 2.018, sus informativos dieron la noticia de que *“La luz azul de las pantallas de los dispositivos digitales puede acelerar la ceguera”* (1). En esta noticia se advierte de que la luz azul de los ordenadores, tabletas y móviles, utilizados en condiciones de oscuridad, pueden provocar que se generen moléculas químicas tóxicas para el ojo que matan a las células fotorreceptoras acelerando la ceguera, por lo que se aconseja evitar el uso de teléfonos y tabletas en la oscuridad. Y en Telecinco, el 14 de noviembre de 2.013, se habló de la luz azul-violeta y su perjuicio en la retina respecto a la degeneración macular asociada a la edad (2). En esta noticia se advierte de que la luz azul-violeta, presente en las lámparas fluorescentes compactas y en las luces led, aumenta el riesgo de sufrir daños en la retina, contribuyendo a la degeneración macular asociada a la edad.

En las ópticas, al adquirir gafas de visión, los dependientes pueden preguntarnos si trabajamos con ordenadores o utilizamos el móvil o tabletas y, en caso afirmativo, cabe la posibilidad de que nos ofrezcan agregar un filtro de luz azul a las gafas nuevas que vamos a adquirir.

Pero, ¿por qué la luz azul y no otros colores de la luz visible? ¿Es tan perjudicial la luz azul? ¿Qué efectos probados tiene la luz azul en el organismo humano? ¿Es verdad que puede originar insomnio? ¿Este insomnio originado por la luz azul, de ser demostrado, puede tener efectos colaterales en el organismo? ¿Es verdad que los dispositivos electrónicos con pantalla iluminada desprenden tanta luz azul? Si está demostrado que los dispositivos electrónicos con pantallas iluminadas desprenden tanta cantidad de luz azul, ¿Hay alguna forma de decrementar la cantidad de luz azul que desprenden? ¿Y de disminuir los efectos en el organismo? ¿Se puede disminuir los efectos indirectos del insomnio en el ser humano?

Antes de responder a todas estas preguntas debemos situar a la luz azul en el espectro electromagnético para comprender ciertas propiedades de la misma.

Las ondas electromagnéticas son ondas capaces de propagarse por el espacio a la velocidad de la luz y transmitir energía. Estas ondas electromagnéticas se clasifican, según su longitud de onda (en orden decreciente), en ondas de radio, microondas, infrarrojo, luz visible, ultravioleta, rayos X y rayos gamma:

Banda	Longitud de onda(m)	Frecuencia(Hz)	Energía (J)
Rayos gamma	$< 10 \times 10^{-12} \text{m}$	$> 30,0 \times 10^{18} \text{Hz}$	$> 20 \cdot 10^{-15} \text{ J}$
Rayos X	$< 10 \times 10^{-9} \text{m}$	$> 30,0 \times 10^{15} \text{Hz}$	$> 20 \cdot 10^{-18} \text{ J}$
Ultravioleta extremo	$< 200 \times 10^{-9} \text{m}$	$> 1,5 \times 10^{15} \text{Hz}$	$> 993 \cdot 10^{-21} \text{ J}$
Ultravioleta cercano	$< 380 \times 10^{-9} \text{m}$	$> 7,89 \times 10^{14} \text{Hz}$	$> 523 \cdot 10^{-21} \text{ J}$
Espectro Visible	$< 780 \times 10^{-9} \text{m}$	$> 384 \times 10^{12} \text{Hz}$	$> 255 \cdot 10^{-21} \text{ J}$
Infrarrojo cercano	$< 2,5 \times 10^{-6} \text{m}$	$> 120 \times 10^{12} \text{Hz}$	$> 79 \cdot 10^{-21} \text{ J}$
Infrarrojo medio	$< 50 \times 10^{-6} \text{m}$	$> 6,00 \times 10^{12} \text{Hz}$	$> 4 \cdot 10^{-21} \text{ J}$
Infrarrojo lejano/submilimétrico	$< 1 \times 10^{-3} \text{m}$	$> 300 \times 10^9 \text{Hz}$	$> 200 \cdot 10^{-24} \text{ J}$
Microondas	$< 10^{-2} \text{m}$	$> 3 \times 10^8 \text{Hz}$	$> 2 \cdot 10^{-24} \text{ J}$
Ultra Alta Frecuencia-Radio (UHF)	$< 1 \text{ m}$	$> 300 \times 10^6 \text{Hz}$	$> 19,8 \cdot 10^{-26} \text{ J}$

Banda	Longitud de onda(m)	Frecuencia(Hz)	Energía (J)
Muy Alta Frecuencia-Radio (VHF)	< 10 m	> 30x10 ⁶ Hz	> 19.8·10 ⁻²⁸ J
<u>Onda Corta - Radio</u>	< 180 m	> 1,7x10 ⁶ Hz	> 11.22·10 ⁻²⁸ J
<u>Onda Media - Radio</u>	< 650 m	> 650x10 ³ Hz	> 42.9·10 ⁻²⁹ J
<u>Onda Larga - Radio</u>	< 10x10 ³ m	> 30x10 ³ Hz	> 19.8·10 ⁻³⁰ J
<u>Muy Baja Frecuencia - Radio</u>	> 10x10 ³ m	< 30x10 ³ Hz	< 19.8·10 ⁻³⁰ J

Tabla 1: Espectro electromagnético.

Dentro del espectro visible podemos diferenciar los colores que observamos en el arco iris: rojo, naranja, amarillo, verde, azul, añil y violeta. Este orden está determinado también por la longitud de onda en orden decreciente, siendo la luz azul la onda del espectro visible de más corta longitud de onda.

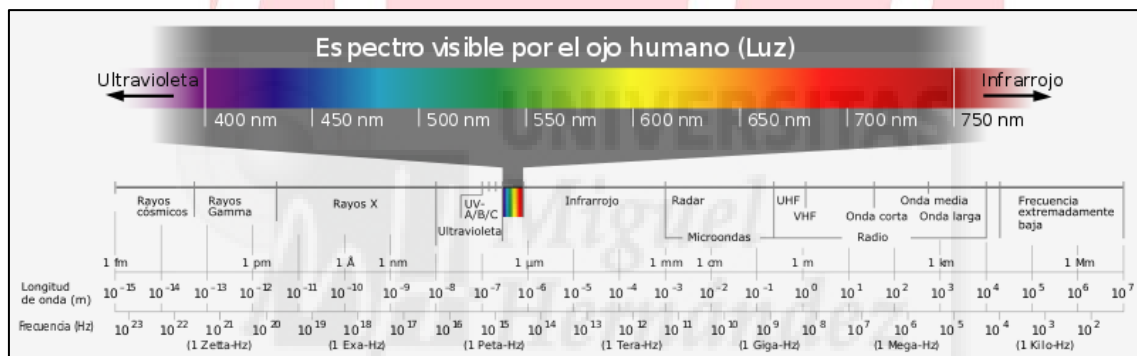


Ilustración 1: Espectro visible.

Teniendo en cuenta que la relación de la longitud de onda y su frecuencia de la onda está determinada por la fórmula:

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

siendo f la frecuencia, c la constante de la velocidad de la luz en el vacío (299.792.458 m/s) y λ la longitud de onda.

Y la relación de la energía de una onda con su longitud de onda es:

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

Siendo E la energía de la onda, h la constante de Plank ($6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s), c la constante de la velocidad de la luz en el vacío y λ la longitud de onda. Estas dos variables las hemos visto en la fórmula anterior.

Por lo tanto, de estas dos fórmulas podemos deducir que la energía de una onda vinculada a la frecuencia es:


$$E = h \cdot f$$

Podemos ver que a menor longitud de onda mayor es la frecuencia y mayor es la energía que posee dicha onda.

Hemos comentado que, dentro del espectro visible, la luz azul es la que posee la longitud de onda más corta por lo que, de las fórmulas anteriores, podemos ver que es la que más frecuencia tiene y, por lo tanto, más energía posee.

Además, cuanto más energía posee una onda menor es su dispersión debido a que la pérdida de energía es menor, por lo que la luz azul es la que más penetración posee en la atmósfera.

En concreto, la luz visible puede diferenciarse por su longitud de onda siguiendo la siguiente tabla:



Color	Longitud de onda
violeta	380–450 nm
azul	450–495 nm
verde	495–570 nm
amarillo	570–590 nm
naranja	590–620 nm
rojo	620–750 nm

Tabla 2: Longitud de onda del espectro visible.

Por lo tanto, vamos a centrar nuestra búsqueda de respuestas en la longitud de onda entre 450 y 495 nanómetros ó $666 \cdot 10^{12}$ y $606 \cdot 10^{12}$ Hz, que es el rango en el que se encuentra la luz azul y que ya hemos visto que es la zona del espectro visible con menor longitud de onda y mayor frecuencia y energía (exceptuando la zona del color violeta).

Por otra parte, debemos indicar también, como premisa para nuestra investigación, cómo funciona la recepción luminosa en nuestra especie.

Los humanos captamos la luz a través de la piel y de los ojos. A través de la piel nos permite, por ejemplo, la metabolización de la vitamina D por acción de los rayos ultravioleta. Y los ojos son conocidos por el sentido de la vista. Para este propósito en el ojo tenemos un sistema de filtrado de luz excesiva, que es el *iris*, y un sistema de “enfoco” conformado por la *córnea* y el *crystalino*. Todo este sistema permite que la luz que llega al ojo se concentre en la zona posterior del ojo llamada *retina*, en la que existen unos fotorreceptores.

Estos fotorreceptores transforman la luz que perciben en energía eléctrica, que es transmitida por los nervios. Los fotorreceptores se dividen en tres tipos:

- Los conos, que están especializados en la visión “diurna”. Son sólo sensibles a altos niveles de luz, por lo que nos da la visión fotópica. Perciben colores y nos suministran la percepción espacial. Existen fotorreceptores especializados en la luz roja, otros están especializados en la luz verde y otros en la luz azul. La información que las neuronas transmiten de los conos se dirigen hacia la corteza occipital cerebral, y ahí se forman las imágenes.
- Los bastones, que están especializados en la visión “nocturna”. Nos dan la visión cuando hay bajos niveles de iluminación por lo que nos dan la visión escotópica. Nos informan sólo del brillo, ya que no suministran información de colores ni del espacio. Estos bastones son sensibles al color azul por lo que la visión que nos suministran es una visión monocromática. La información de estos bastones es transmitida a la corteza cerebral occipital, y ahí es tratada para formar las imágenes nocturnas.
- Las células ganglionares retinales fotosensibles (ipRGC, de sus siglas en inglés intrinsically photosensible Retinal Ganglion Cells o pRGC, de photosensitive Retinal Ganglion Cells). Estas células perciben el espectro de luz visible en la

zona del color azul, pero no forman imágenes. De ahí que también se las llamen NIF (del inglés **N**on-**I**mage-**F**orming). La información de las células ganglionares es enviada por las neuronas al hipotálamo, concretamente al SCN (**S**upra**C**hiasmatic **N**ucleus), en castellano NSQ (**N**úcleo **S**upra**Q**uiasmático), que es el encargado de mantener el reloj biológico o ritmo circadiano. El NSQ, cuando deja de recibir estímulos por parte de las células ganglionares retinales fotosensibles, considera que es de noche, regulando de esta forma los ritmos circadianos, y ordena la secreción de melatonina que nos induce al sueño (simplificando los mecanismos intermedios).

Cada uno de los fotorreceptores efectúa su trabajo gracias a la presencia de proteínas que son sensibles a la luz, llamadas opsinas. En los conos existen conos especializados en el color rojo debido a que la opsina que posee se estimula con la luz de dicho color llamada *OPN1LW* (**OP**si**N1**Long **W**avelength, u opsina de onda de longitud de onda larga). También existen conos especializados en el color verde debido a que la opsina que posee se estimula con el color verde. Esta opsina se llama *OPN1MW* (**OP**si**N1**Middle**W**avelength, u opsina de onda de longitud de onda media), y los conos especializados en la luz azul poseen una opsina llamada *OPN1SW* (**OP**si**N1**Short **W**avelength u opsina de onda de longitud de onda corta) que se estimula con la luz de color azul. En el caso de los bastones la opsina que permite realizar su función es la *rodopsina*, que es extremadamente sensible a la luz y que, por lo tanto, permite la visión en condiciones de poca luz. En el caso de las células ganglionares retinales fotosensibles la opsina que permite que realice su función es la melanopsina, Esta opsina es sensible a la longitud de onda de la luz azul y permite establecer los ritmos circadianos y la regulación del iris. Esta melanopsina que regula el iris no se encuentra en las células ganglionares retinales fotosensibles, sino en el propio iris, y están presentes en animales nocturnos principalmente, pero no en primates, por ejemplo.

Miguel Hernández

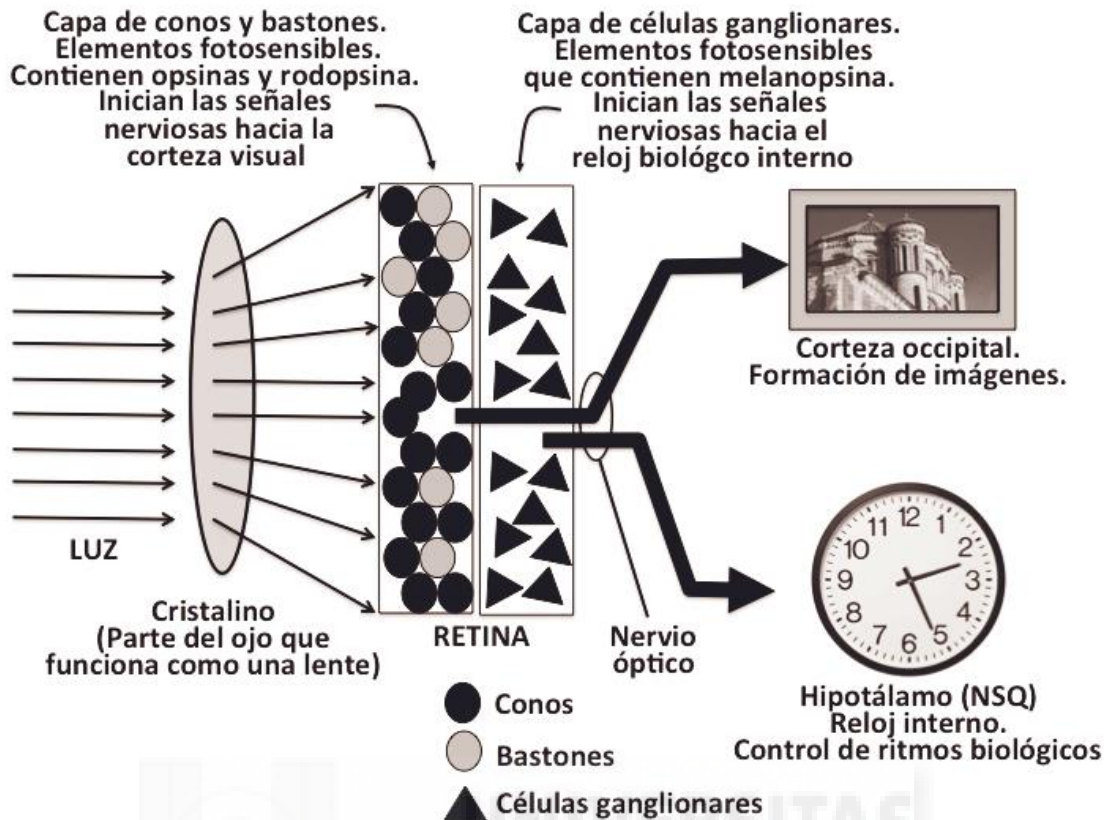


Ilustración 2: Células fotosensibles y su destino en el cerebro.

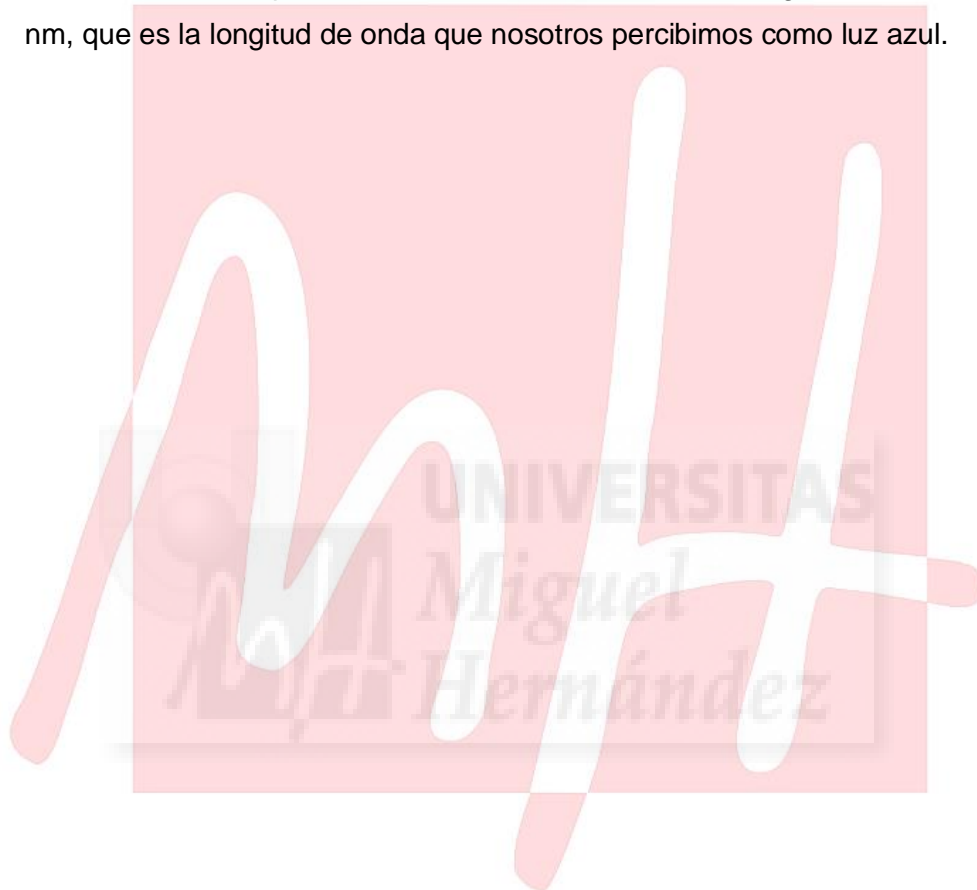
La mayor sensibilidad de la melanopsina se encuentra en la longitud de onda de 480 nm. A 445 nm la sensibilidad de la melanopsina es de la mitad con respecto a 480 nm. En esta longitud de onda en que la sensibilidad de la melanopsina adquiere su máxima sensibilidad (480 nm) es en la que, como hemos visto en este punto introductorio vinculado con el espectro electromagnético, se encuentra la luz azul.

Por lo tanto, como resumen de este punto introductorio, debemos reseñar:

- El espectro electromagnético se categoriza por su longitud de onda. La zona del espectro electromagnético visible también se ordena según su longitud de onda, siendo la luz roja la que mayor longitud de onda posee y la luz violeta la que menos posee.
- La energía que posee una onda es directamente proporcional a su frecuencia. Y esta frecuencia es inversamente proporcional a su longitud de onda, por lo que, dentro del espectro visible (la luz que los humanos podemos ver), la luz roja (que es la que mayor longitud de onda tiene) es la que menos frecuencia tiene y, por lo tanto, menor energía posee. Por el contrario, la luz violeta es la que menor

longitud de onda tiene y, por lo tanto, mayor frecuencia y, por ende, mayor energía, seguida de la luz azul.

- El ojo humano posee tres tipos de células fotorreceptoras. Dos de ellas conforman las células que permiten ver las imágenes, que son los conos y los bastones. Pero existe un tercer tipo de células fotosensibles, las células ganglionares retinales fotosensibles que, gracias a la melanopsina, son sensibles a la luz que se encuentra, sobre todo, en la longitud de onda de 480 nm, que es la longitud de onda que nosotros percibimos como luz azul.



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

5. Objetivos

5.1. Objetivos generales

Los objetivos generales de este Trabajo de Fin de Máster son tres:

- Por una parte, saber si están demostrados los efectos de la luz azul en las alteraciones del ritmo circadiano.
- Por otra, en caso de estar demostrados dichos efectos, saber si estas alteraciones del reloj biológico tienen consecuencias indirectas.
- Y por último mostrar otros efectos que la interacción de la luz azul y el ritmo circadiano pueden tener en el organismo.

Este TFM, a través de una revisión bibliográfica, primero comprobará si se han logrado demostrar los efectos de la luz azul en las alteraciones del ritmo circadiano debido a la inhibición de la melatonina en el organismo provocado por las consecuencias de la luz azul.

En caso de haberse demostrado que la luz azul tiene efectos en el reloj biológico se intentará determinar posibles consecuencias secundarias que estos efectos tienen en el organismo.

También se intentarán enumerar otros efectos que la desincronización circadiana puede acarrear en el organismo con motivo de la luz azul.

UNIVERSITAS
Miguel Hernández

5.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos de este Trabajo de Fin de Máster son dos:

- En caso de estar demostrados los efectos de la luz azul, evaluar los riesgos de la luz azul vinculados con la prevención de riesgos laborales.
- Definir mecanismos para prevenir o minimizar los riesgos laborales relacionados con la interacción de la luz azul y el ritmo circadiano.

Si se demuestra que la luz azul acarrea la pérdida de sincronismo del reloj biológico se evaluarán los riesgos laborales derivados de dicha pérdida, tanto directos como indirectos.

Una vez enumerados dichos riesgos laborales se establecerán medidas para la prevención de dichos riesgos o, si no se pudieran evitar, se establecerán mecanismos para minimizarlos.



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

6. Revisión bibliográfica

Inicialmente se realizó una búsqueda de las tesis doctorales en la base de datos del Ministerio de Educación TESEO, pero no se localizó ninguna tesis doctoral vinculada con el tema del TFM.

Debido a esta falta de tesis en nuestro país se extendió la búsqueda en la base de datos de tesis DART que cubre el territorio europeo, en la base de datos de tesis doctorales de las universidades del Reino Unido ETHOS, en OATD, que pretende ser una base de datos de tesis que cubre el planeta y en EBSCO, que posee la mayor parte de las tesis de las universidades estadounidenses. Además, se han revisado revistas, libros y publicaciones online resultado de la búsqueda de los términos relacionados con este TFM.

Con las tesis resultado de la búsqueda se ha efectuado una selección tras leerlas. Se eliminaron las tesis en las que el objeto de las mismas no fueran las apropiadas: tesis sobre la luz azul con vegetales o microorganismos, tesis sobre ritmos circadianos en plantas y bacterias... quedándonos exclusivamente con las tesis relacionadas con el tema objeto de este TFM.

Estas tesis, artículos, publicaciones y libros han sido leídos y comentados de forma individual para luego, en los apartados subsecuentes, relacionar todos ellos para la obtención de resultados y conclusiones.

UNIVERSITAS
Miguel Hernández

6.1. Blue light has a dark side (*la luz azul tiene un lado oscuro*) (3)

Este estudio realizado en Harvard determina que la luz azul puede afectar al ciclo del sueño y causar enfermedades como la depresión, problemas cardiovasculares, diabetes, cáncer, etc.

Partiendo de que la luz inhibe la melatonina (hormona encargada de regular el ritmo circadiano), se va a considerar que va a ser la responsable de provocar esta alteración en el ciclo del sueño.

Tras numerosos estudios realizados se va a establecer que la alteración del ciclo del sueño va a estar provocada por la supresión de melatonina, así como determinar que puede haber una relación directa con la afectación de numerosas enfermedades.

En relación con los efectos indirectos que puede tener con el ámbito laboral es evidente que la repercusión de la falta de sueño puede provocar consecuencias negativas para el trabajador en el desempeño de su actividad, así como en el ámbito organizacional.

6.2. Removal of the blue component of light significantly decreases retinal damage after high intensity exposure (*la eliminación del componente azul de la luz reduce significativamente el daño retiniano después de una exposición de alta intensidad*) (4)

Con este estudio se puede comprobar cómo los fotorreceptores sensibles a la luz azul que se encuentran en la retina pueden verse afectados si no se activan los filtros de luz. El exceso de tiempo en la exposición a la luz puede provocar fototoxicidad en la retina.

Tras este estudio se puede comprobar cómo la exposición a la luz azul sin filtro provoca daño en las células del ojo por lo que es evidente que, debido a los avances de las

nuevas tecnologías (TICS) y la gran cantidad de tiempo al que están expuestos nuestros ojos, es necesario educar en una cultura preventiva y hacer buen uso de los recursos preventivos.

6.3. ¿Sirven para algo los filtros de protección de la retina? (5)

Con el avance de las nuevas tecnologías esta nota de prensa informa del desarrollo de un protector para reducir el daño ocular derivado del uso de dispositivos móviles y tablets.

Numerosos investigadores afirman que debido a los avances tecnológicos y a la cantidad de tiempo que pasamos delante de un dispositivo móvil, tablets, se ha desarrollado un protector para paliar el efecto nocivo que la luz va a causar en la retina.

Actualmente se está estudiando si los efectos de la luz en el ojo van a potenciar la degeneración macular. Hay numerosas hipótesis sobre la longitud de onda y su efecto en la retina

Algunos estudios indicados en este artículo sugieren que los filtros de luz azul podrían teóricamente paliar la degeneración macular y sugieren, pero no confirman, que la luz azul sea un factor de riesgo para la degeneración macular.

Es evidente que hay que tener presente el gran número de trabajadores que emplean muchas horas al día delante de la pantalla del ordenador o cualquier otro dispositivo sin conocer la repercusión que ello puede suponer. Por eso es necesario que el empresario tome conciencia de su buen uso y ponga medidas higiénicas saludables.

Basándonos en la medicina preventiva es obvio que hay que concienciar a las empresas y organizaciones de las repercusiones que puede tener el uso excesivo de las tecnologías e intentar establecer medidas higiénicas saludables.

6.4. El impacto de la luz azul en el cerebro (6)

Este artículo recopila varios estudios sobre los efectos de la luz azul en la alteración de los ritmos circadianos. Entre ellos cabe destacar:

- Blue light has a dark side (*la luz azul tiene un lado oscuro*) (3)
- The impact of bright artificial white and 'blue-enriched' light on sleep and circadian phase during the polar Winter (*el impacto de la luz artificial blanca y la luz azul en el sueño y ritmo circadiano durante el invierno polar*) (7)
- Acute exposure to evening blue-enriched light impacts on human sleep (*impacto en el sueño humano de la exposición nocturna a la luz azul*) (8)

Como síntesis podemos indicar esta cita del artículo:

“Los móviles, televisores, ordenadores, tablets y luces LED utilizan una iluminación comúnmente llamada “luz azul”, que es beneficiosa durante el día porque incrementa la atención, la capacidad de reacción y mejora el estado de ánimo”.

Por lo tanto, en este artículo se relaciona de forma directa la luz azul y la inhibición de la secreción de la melatonina influyendo negativamente en los ritmos circadianos con las consiguientes repercusiones de la falta de sueño en el desempeño de su vida laboral, e indica que la luz azul en un momento determinado puede ser beneficiosa al incrementar la capacidad de reacción, la atención y mejorar el estado de ánimo.

6.5. Circadian, neuroendocrine and neurobehavioral effects of polychromatic light in humans (*efectos circadianos, neuroendocrinos y neuroconductuales de la luz policromática en humanos*) (9)

En los últimos dieciocho años se ha identificado un nuevo fotorpigmento: la melanopsina en las células ganglionares de la retina con una elevada sensibilidad a la longitud de onda corta dentro del espectro visible (470 nm a 484 nm), capaz de producir una inhibición de la melatonina.

En el experimento se ha querido comprobar los efectos de la luz azul en los cambios neurocomportamentales, neuroendocrinos y en los ritmos circadianos. Utilizaron lámparas fluorescentes enriquecidas con luz azul y lámparas de luz blanca; se pudo comprobar que los efectos de la luz blanca produjeron la inhibición de la melatonina, un incremento del estado de alerta y el retraso de la fase ciclo-sueño, mientras que los efectos de la luz azul fueron más fuertes dando como resultado una somnolencia subjetiva más reducida aunque no fue tan significativa en poder provocar el retraso de la fase circadiana o incremento de las respuestas fisiológicas en el estado de alerta.

En definitiva, esta tesis indica que, si bien la luz azul inhibe la producción de melatonina y elimina parcialmente la somnolencia, por lo que las consecuencias para la salud laboral no son totalmente beneficiosas, es cierto que en determinadas horas de día tiene el poder de incrementar el estado de alerta y el nivel de atención.

6.6. Evaluation of blue light exposure, illuminance level and the associations with sleep/wake patterns in two populations living with sensory impairment (*evaluación de la exposición a la luz azul, el nivel de iluminación y las asociaciones patrones de sueño/vigilia en dos poblaciones que viven con discapacidad sensorial*) (10)

En el estudio de esta tesis se ha querido comparar dos poblaciones que sufren alteraciones del ritmo de sueño y la exposición a la luz ambiental y al nivel de iluminación. Se pretende comprobar la existencia de una relación causa-efecto entre la exposición a la luz azul, el nivel de iluminación y la actividad física/sueño/vigilia/sueño.

Tras el estudio se sugiere que la exposición a la luz azul, así como otros factores, como la actividad física y la función visual, podrían ser responsables de la calidad de sueño y de las repercusiones que en la vida laboral, social y familiar pueden producir.

6.7. Non-visual light responses in humans : melanopsin and cone involvement (*respuestas luminosas no visuales en humanos: implicaciones de la melanopsina y los conos*) (11)

En este estudio se quiere demostrar cómo la melanopsina, que se encuentra ubicada en las células ganglionares de la retina, muy fotosensibles al espectro de longitud de onda corta o luz azul (480 nm) van a tener una relación causa-efecto en la inhibición de la melatonina, así como cambios en el estado de alerta y de ánimo.

Se vuelve a demostrar con esta tesis la alteración que se produce y las repercusiones negativas que en el ámbito laboral puede tener. Hay numerosos trabajos en los que el estado de alerta y nivel de atención son imprescindibles para la realización de determinadas actividades, por lo que es necesario establecer unas medidas y patrones de comportamiento compatibles con la salud y la seguridad laboral.

6.8. How Blue Light Could Damage Cells In Your Eyes (*cómo la luz azul podría dañar las células de tus ojos*) (12)

En este estudio nos encontramos con dos vertientes: por un lado, la que determina que la luz azul durante el día va a ser beneficiosa provocando un mayor estado de alerta, incrementando la atención, el estado de ánimo, aumentando el rendimiento cognitivo; y la otra vertiente determina que la exposición a la luz azul puede provocar efectos nocivos en la retina.

Se realizó un experimento en la Universidad de Toledo y se determinó que la exposición de la retina a la luz azul provoca una serie de efectos nocivos destruyendo las células fotosensibles, observando por otro lado la ausencia de estas reacciones cuando se utilizó otro tipo de onda de luz (rojo, amarilla o verde).

Tras la evidencia científica podemos decir que la exposición a la luz azul durante el día tiene efectos beneficiosos en la regulación del ritmo circadiano, manteniendo un estado

de alerta y de ánimo, beneficiosa para el desempeño de la actividad laboral y por la noche inhibe la secreción de melatonina alterando el ritmo circadiano que en trabajos nocturnos va a provocar un efecto positivo ya que es necesario mantener un estado de alerta.

No obstante, a pesar de que la luz azul tiene efectos nocivos para la retina, no se puede olvidar un factor muy importante como la edad que contribuye a la degeneración macular.

6.9. Hicimos la luz... y perdimos la noche: efectos biológicos de la luz (13)

En este libro de un autor español se da cobertura a los posibles efectos dañinos que la luz nocturna artificial puede tener.

Por ejemplo, se indica que esta luz nocturna artificial al producir alteraciones del ritmo circadiano puede contribuir al cáncer mamario, a la obesidad, a la hipertensión arterial o a la depresión estacional como efecto secundario.

Vinculado directamente con el tema principal de este trabajo se menciona un experimento de la Universidad de Basilea donde los sujetos que fueron sometidos a radiación de luz azul presentaron menor disminución de la temperatura corporal (uno de los efectos que desencadena el sueño), una frecuencia cardíaca alta, menor grado de somnolencia, mayor estado de alerta y mayor rendimiento cognitivo que el resto de varones del experimento.

Una de las conclusiones que el autor obtiene al comentar este experimento es la recomendación del uso de luz azul para trabajos nocturnos en los que sea imprescindible mantener un elevado nivel de alerta, y en los períodos de descanso se desaconseja el uso de esta luz al hacer más difícil la conciliación del sueño.

Tras varios experimentos el autor determina que la luz azul es un importante regulador del reloj interno.

6.10. Blue light induced retinal damage (*daño retiniano provocado por la luz azul*) (14)

En este estudio se realizó un experimento con ratas albinas, las cuales se sometieron a una exposición de luz azul ya que la sensibilidad del ojo es la más parecida a la del humano. En dicho experimento se pudo comprobar cómo la luz azul provocó daño en la retina inmediatamente tras la exposición, manifestado por la apoptosis que sufren las células fotorreceptoras.

Este estudio sugiere la vulnerabilidad de los fotorreceptores a la luz azul, proporcionando una explicación del riesgo de luz azul en la retina. Al mismo tiempo respalda la necesidad de establecer unas medidas preventivas para todos aquellos trabajos vinculados con largas horas de exposición a dicha luz.

6.11. Circadian and homeostatic sleep regulation in humans : effects of age and monochromatic light (*regulación del sueño circadiano y homeostático en humanos: efectos de la edad y luz monocromática*) (15)

Esta tesis va a tratar en su primera parte de las modificaciones que surgen en el ritmo circadiano relacionadas con la edad, y la segunda parte se va a centrar en los efectos que va a producir la exposición a la luz azul durante la noche y sus consecuencias debidas a la alteración del ciclo de sueño.

A lo largo de la vida los seres humanos vamos experimentando diversos cambios en la estructura del sueño, comenzando a tener ciclos de sueño más cortos y menos consolidados. El objeto del estudio es comprobar la relación existente entre la edad y las alteraciones del ritmo circadiano que se producen.

Tras el estudio se observan los diferentes niveles de somnolencia junto con los distintos niveles de melatonina que experimentan los sujetos presentes en su estructura del sueño. Además, se habla de la presencia no sólo de los conos y bastones encargados de la percepción visual sino de unas células ganglionares de la retina (NIF) con una alta sensibilidad por la luz azul.

Se llega a la conclusión de los efectos que la luz azul va a tener en la regulación del ritmo circadiano sin olvidar la presencia de otros factores como la intensidad, duración y longitud de onda en los cambios fisiológicos. También se considera importante, en las alteraciones del ritmo circadiano, otro factor como la edad.

Podemos decir que los cambios que experimenta el ritmo circadiano tienen en cuenta varios factores, por un lado, la edad y por otro lado los efectos de la luz azul como potenciadora de esa alteración.

6.12. Ocular exposure to occupational non-ionising radiation in professional pilots (*exposición ocular a la radiación no ionizante ocupacional en pilotos profesionales*) (16)

En este estudio se trata de verificar la relación existente entre la exposición a la luz ultravioleta y la luz azul con lesión ocular. Para ello se han sometido a estudio pilotos profesionales y se ha querido comprobar si se encuentran realmente protegidos frente a los rayos UV y a la luz de longitud de onda corta durante el vuelo.

Durante el estudio se comprueba la gran variedad de gafas que utilizan para protegerse de las radiaciones solares, asegurando el efecto protector contra las cataratas y la degeneración macular.

Los consejos que se establecen en esta tesis para los pilotos profesionales son, por una parte, la utilización de gafas de sol adecuadas para conseguir suficiente protección contra los rayos UV y por otro lado aportar información sobre la necesidad y

obligatoriedad del empresario de velar por la salud de los trabajadores proporcionándoles los recursos necesarios.

6.13. A Comparison of Blue Light and Caffeine Effects on Cognitive Function and Alertness in Humans (*comparativa de los efectos de la luz azul y la cafeína en la función cognitiva y la alerta en humanos*) (17)

El ojo humano va a ejercer un doble papel en el desarrollo de respuestas fisiológicas y conductuales que no van a estar relacionadas con su función (la visión).

Estos efectos de la luz que no forman imágenes van a estar implicados en la modulación de numerosas respuestas del organismo como la inhibición de melatonina, elevación de la frecuencia cardíaca, incremento del estado de alerta, aumento del estado de ánimo y rendimiento. Todos estos cambios que se van a producir en el organismo van a estar mediados por un fotorreceptor (la melanopsina) que tiene una alta sensibilidad por la luz azul.

En este estudio se realiza una comparación de los efectos y respuestas producidas por la luz azul y la cafeína. Además, se planteó una hipótesis de que la combinación de luz azul y cafeína iban a producir efectos mayores que realizando las intervenciones por separado. Tras concluir se pudo demostrar que la luz azul y la cafeína producen efectos por separado.

Tras investigaciones en actividades deportivas realizadas en recintos interiores o durante la noche se ha podido comprobar cómo los sujetos que estaban sometidos a la luz azul presentaban un mayor estado de alerta y de rendimiento atlético frente a los que no estuvieron expuestos.

La respuesta que produce en el organismo durante el día la luz es beneficiosa por incrementar el estado de alerta, aumentar el rendimiento cognitivo, reducir la

somnolencia e incrementar la capacidad de atención, aunque durante la noche contribuya a la supresión de la melatonina y la alteración del ritmo circadiano.

Vinculando los efectos de la luz azul al ámbito laboral es necesario estudiar los efectos que produce la luz en aquellos trabajos nocturnos con actividades repetitivas y líneas de montaje donde es necesario mantener un estado de alerta.

6.14. Brain Responses to Violet, Blue, and Green Monochromatic Light Exposures in Humans: Prominent Role of Blue Light and the Brainstem (*respuestas cerebrales a la exposición a la luz monocromática violeta, azul y verde en seres humanos: papel prominente de la luz azul y el tronco cerebral*) (18)

Además de los efectos no visuales de la exposición a la luz azul nos encontramos con la regulación del estado de alerta y del estado cognitivo. Se piensa que en las células ganglionares de la retina se encuentra un fotorreceptor, la melanopsina; con una sensibilidad al espectro de luz de onda corta (420-480 nm). Este fotorreceptor se encuentra implicada en las respuestas no visuales a la luz.

En este estudio unos participantes fueron sometidos a luz azul y otros a luz verde mientras realizaban un estudio auditivo. Al inicio se pudo comprobar un aumento en la actividad de los participantes expuestos a la luz azul, pero luego, se pudo observar a medida que avanzaba el estudio cómo las diferencias entre ambos grupos ya no eran tan notables.

Los resultados determinan que el fotorreceptor que se encuentra ubicado en las células ganglionares de la retina (la melanopsina) produce un efecto respuesta a la exposición de luz azul, del mismo modo se va a determinar la implicación del tronco cerebral en la mediación de respuestas fisiológicas.

6.15. High Sensitivity of the Human Circadian Melatonin Rhythm to Resetting by Short Wavelength Light (*alta sensibilidad del ritmo de la melatonina circadiana humana al restablecimiento mediante luz de longitud de onda corta*) (19)

La melanopsina, el fotorreceptor que regula nuestro marcapasos circadiano, es sensible a la luz de una longitud de onda de entre 420 y 460 nm. Esta melanopsina genera una respuesta en el hipotálamo cuando percibe dicha luz en el ambiente, provocando la inhibición de la melatonina y con ello la alteración del ritmo circadiano manifestado en la alteración de las actividades diarias y repercutiendo en las relaciones interpersonales en el ámbito laboral.

6.16. Effects of blue light on the circadian system and eye physiology (*efectos de la luz azul sobre el sistema circadiano y la fisiología ocular*) (20)

Actualmente estamos viviendo los avances en las nuevas tecnologías. Los LED son ahora mismo la tecnología dominante, por lo que la luz azul se ha convertido en los sistemas de iluminación que no existían hace una década.

El cristalino de las personas mayores, con el paso de los años, se va tornando amarillento, por lo que la transmisión de la luz disminuye. Se está estudiando si los problemas de sueño que sufren están provocados por la falta de luz durante el día. Se plantea si es necesario proteger la retina con una lente amarilla o blanca, si bien es cierto que la lente amarilla protege la retina, la lente blanca deja pasar más luz durante el día. Al finalizar el estudio se determinó que no hay certeza en asegurar el uso beneficioso de una lente u otra.

Tras varias investigaciones se ha podido demostrar que las longitudes de onda corta pueden provocar daños en la retina en lo que se conoce como “daño inducido por la

luz". Estos daños pueden ser provocados a través de tres mecanismos: fotoquímico, fototérmico y fotomecánico.

Por ello, se está dando cada vez mayor importancia a los efectos de la luz azul en la población. Cada vez pasamos más tiempo delante de los ordenadores, tablets, pantallas sin tener en consideración las repercusiones que provoca en nuestro organismo. Esta luz presenta una serie de características: longitud de onda, intensidad, duración de la exposición, hora del día... que la hace completamente distinta a las demás por las connotaciones que en el organismo tiene en la regulación del ritmo circadiano, así como los efectos que a nivel de la retina puede acarrear.

Por ello, con los avances tecnológicos, se vuelve a considerar las repercusiones que de forma directa e indirecta tiene sobre la salud de los trabajadores y la importancia de establecer unos hábitos o medidas preventivos saludables.

6.17. Effects of blue light technology (*efectos de la tecnología de la luz azul*) (21)

En este estudio se pone de manifiesto la exposición a la luz azul a través de numerosas tecnologías (ordenadores, tablets, luces) sin tener en consideración los efectos y repercusión que provocan en el organismo.

Aunque son numerosas las personas que están expuestas a la luz azul, el estudio determinó que los niveles de acceso a las tecnologías van a variar según la edad. En estos momentos no se puede definir claramente si la alteración del ritmo circadiano va a provocar efectos nocivos para la salud.

Hoy en día el uso de la tecnología empieza a preocupar en el campo infantil por la susceptibilidad que ellos tienen y la cantidad de tiempo que lo utilizan. Un informe de la Comisión Europea concluyó que *"la exposición a la luz a última hora de la tarde, incluida la de las luces y/o pantallas LED, puede tener un impacto en el ritmo circadiano ... En este momento, aún no está claro si esta perturbación del sistema circadiano conduce a efectos adversos para la salud"*.

6.18. La temperatura de color para conseguir el ambiente ideal (22)

Este estudio nos informa de la importancia de estudiar los tonos y la temperatura de la luz para poder conseguir el ambiente que se pretende. Hay que tener presente las zonas de descanso y rendimiento de los usuarios para acondicionarla debidamente.



Ilustración 3: Temperatura de color.

En este artículo se da una serie de pautas de la temperatura de color que pueden establecerse en el momento de realizar un informe técnico de valoración de riesgos dependiendo del tipo de ambiente que se estudia:

- Centros de trabajo: hay que tener en cuenta la temperatura de color porque va a influir en la concentración y el estado de alerta. La temperatura alta o fría (6.000-6.500 K), se asemeja a la luz del día; sin embargo, una luz baja o cálida (2.900-3.000 K), que es más suave para los ojos.
- Locales comerciales: si el trabajo va a forzar la visión debe utilizarse iluminación con una temperatura de color frío (de 6.000 K a 5.600 K).
- En tiendas de ropa, fruterías o en panaderías se recomienda utilizar tonos más cálidos. En locales comerciales en los que es necesario la visualización correcta del producto, la temperatura de la iluminación deberá ser neutra.

No sólo debemos estudiar la temperatura interior, también debemos analizar la iluminación de las fachadas para poder sincronizar ambas y que los colores de aquellos comercios donde se exponen productos no se vean alterados.

6.19. All about light bulb colour temperature (*todo sobre la temperatura de color de las bombillas*) (23)

Es muy importante el color de la temperatura de la bombilla para conseguir crear en el ambiente un impacto significativo de confort y funcionalidad.

Hay que considerar que las temperaturas más cálidas son más relajantes y acogedoras mientras que las temperaturas de color más frías se utilizan para incrementar la concentración en lugares como escuelas u oficinas.

BLANCO CÁLIDO: 2,000-3,000K

Las bombillas blancas cálidas son ideales para usar en: dormitorios, baños, comedores, salones, iluminación de exterior, restaurantes.

BLANCO FRÍO: 3,100-4,500K

Las temperaturas más frías nos ayudan a estar alertas. Estas temperaturas son ideales para:

- Entornos de trabajo: las temperaturas más frías promueven el enfoque y la concentración.
- Iluminación de la tarea: la luz azul nos ayuda a concentrarnos en la tarea.

LUZ DEL DÍA: 4,600K-6,500K

Las bombillas de luz diurna emiten una luz similar a la luz solar. Son ideales para:

- Iluminación de la tarea.
- Áreas de visualización.
- Iluminación de seguridad.

6.20. Evening exposure to a light-emitting diodes (LED)-backlit computer screen affects circadian physiology and cognitive performance (*exposición nocturna a diodos emisores de luz (LED): la pantalla retroiluminada de la computadora afecta la fisiología circadiana y el rendimiento cognitivo*) (24)

En este estudio se va a investigar los efectos de la luz azul en la inhibición de la melatonina (reloj del ritmo circadiano), y sus repercusiones en el estado de alerta, así como las alteraciones que va a producir en el estado cognitivo.

Cada vez pasamos más tiempo frente a las pantallas con una luz LED, cuyo estudio espectral arroja un gran componente de longitud de onda corta (rango de luz azul= 450-495 nm).

Tras el estudio en el cual se expusieron a jóvenes bajo los efectos de una pantalla con retroiluminación de luz LED blanca y otros estuvieron bajo la exposición de una pantalla sin retroiluminación de LED se pudo comprobar cómo los niveles de atención, memoria de trabajo y rendimiento mejoraron en aquellos sujetos que estuvieron expuestos a la luz LED blanca frente a los que no estuvieron expuestos.

Numerosos estudios confirman la sensibilidad que tiene un fotorreceptor (la melanopsina), presente en las células ganglionares de la retina, por la longitud de onda corta responsable de las respuestas a la luz no visual, actuando como regulador del ritmo circadiano, inhibiendo la síntesis de melatonina y, alterando el estado de alerta y rendimiento cognitivo.

Por lo tanto, desde la perspectiva del ámbito laboral el uso frecuente de LED podría suponer una alteración en el funcionamiento fisiológico, ya que la luz es el regulador de nuestro reloj biológico interno.

La exposición a la luz en trabajos nocturnos nos va a ayudar a incrementar el estado de alerta y a obtener un mejor rendimiento, al mismo tiempo que este desajuste de nuestro reloj biológico va a provocar una alteración del ciclo del sueño, problemas de depresión y alteraciones cardiovasculares.

La solución que este texto indica es el diseño de una pantalla de ordenador con un perfil espectral que se pueda programar individualmente para agregar información de luz esencial y temporizada al sistema circadiano en humanos (que por otra parte, ya está incluida, como hemos indicado en repetidas ocasiones, en los sistemas Operativos Windows, MacOS y smartphones iPhone y Android, como se señala en el Anexo 10.2).

6.21. Exposure and Use of Mobile Media Devices by Young Children (*exposición y uso de dispositivos móviles por niños*) (25)

Este estudio informa del uso de las tecnologías desde edades muy tempranas entre niños pequeños pertenecientes a una comunidad de clase media-baja y con unos niveles de ingresos muy bajos.

Tras el período de estudio se observó una tendencia dominante por el uso de las tecnologías y sin embargo no se apreció la tendencia de una educación saludable en el ámbito familiar en lo referente al uso de dispositivos móviles.

Tras encontrar este estudio relacionado con el tema de mi búsqueda bibliográfica he considerado que es de gran importancia hacer una pequeña mención sobre el tema en cuestión que a día de hoy se está haciendo sobre el uso de las tecnologías y la necesidad urgente de establecer medidas correctoras.

Es necesario seguir investigando los efectos del uso de los dispositivos para poder establecer unas guías de recomendaciones orientadas a las familias y a los equipos especializados en la salud.

6.22. Opinion on Potential risks to human health of Light Emitting Diodes (LEDs) (*opinión sobre los riesgos potenciales para la salud humana de los LED*) (26)

Este Dictamen se centra en la evaluación de los riesgos potenciales para la salud humana asociados con el uso de diodos emisores de luz (LED).

El Comité concluyó que no hay evidencia de efectos adversos directos para la salud de los LED en el uso normal por parte de la población general.

Existe un bajo nivel de evidencia de que la exposición a la luz a última hora de la noche, incluida la de las luces y/o pantallas LED, puede tener un impacto en el ritmo circadiano. Por el momento, aún no está claro si esta perturbación del sistema circadiano produce efectos adversos para la salud.

Dado que el uso de la tecnología LED sigue evolucionando, el Comité considera que es importante monitorizar de cerca el riesgo de efectos adversos para la salud del uso a largo plazo de LED por parte de la población general.

6.23. Bluelight: the good and the bad (*luz azul: lo bueno y lo malo*) (27)

En este artículo se pretende dar respuesta a una variedad de preguntas. Por un lado se considera que la luz tiene un efecto beneficioso para el organismo pero, por otro lado, se considera que puede ser perjudicial para el ojo, por lo que cabe plantearse la pregunta: ¿es necesario protegernos de los efectos dañinos de la luz azul?

La luz participa no sólo en la formación de imágenes. También es el regulador de nuestro reloj biológico. Responsable de nuestro equilibrio hace que en un momento determinado nos podamos encontrar con un incremento en el estado de alerta, nos sintamos más enérgicos interviniendo en el ciclo sueño-vigilia. Durante el día la cantidad de luz que percibimos es mayor que durante la noche y esa luz a la que estamos expuestos en la

mañana es la responsable de nuestro regulador hormonal, nos ayuda a estar más despiertos, enérgicos, activos y, en cambio, durante la noche la secreción de la melatonina considerada “la hormona del sueño” es la responsable de activar el ciclo del sueño y nos sentimos más cansados.

Tras analizar el componente de la luz azul-violeta, (longitudes de onda entre 380-500 nm) van a ser consideradas como las más dañinas y posiblemente las causantes de provocar un efecto nocivo en la retina (cataratas, degeneración macular, inflamación en la conjuntiva...). Hay momentos y situaciones donde la cantidad de luz a la que estamos expuestos es muy elevada y por ello es necesario el uso de protecciones como gafas para atenuar el daño ocular, sin olvidar el tiempo al que estamos expuestos con las nuevas tecnologías que va a repercutir en nuestra visión provocando fatiga visual, ojos cansados e incluso llegando a producir efectos más dañinos.

En conclusión, nos podemos encontrar con una variedad de efectos directos que la luz azul va a provocar en el organismo: cansancio, picor de ojos, daños maculares, fatiga visual, ojos cansados y tensos, y efectos que de manera indirecta pueden manifestarse como consecuencia de la alteración del ritmo circadiano. Por ello, desde el ámbito de la prevención de riesgos laborales, es muy importante que se establezcan las medidas preventivas oportunas.

6.24. Research methods and neurophysiological mechanisms behind the alerting effects of daytime light exposure (métodos de investigación y mecanismos neurofisiológicos detrás de los efectos de alerta de la exposición a la luz diurna) (28)

En esta tesis se van a analizar los cambios neurofisiológicos que experimenta el organismo tras la exposición a la luz azul, sin olvidar los efectos producidos durante la noche.

En el estudio llevado a cabo, además de determinar la relación existente entre el estado de ánimo subjetivo y el estado de alerta, se observa una serie de aspectos interesantes.

Por un lado, se pudo demostrar cómo los estudiantes que se expusieron a la luz blanca enriquecida con luz azul sufrieron un incremento del estado de alerta en comparación con los no expuestos, y por otro lado se pudo observar cómo los sujetos que durante la exposición se vieron afectados por distintas variaciones de luz tuvieron un incremento en el estado de alerta que los sujetos sometidos a una luz constante no tuvieron.

Tras finalizar la investigación se vuelve a poner de manifiesto la relación directa entre la exposición a la luz y la alteración fisiológica que se produce en el organismo manifestada por un aumento del nivel de alerta, atención y rendimiento cognitivo.

6.25. Non-visual effects of light on human circadian physiology and neurobehavioral performance (*efectos no visuales de la luz sobre la fisiología circadiana humana y el rendimiento neuroconductual*) (29)

El objetivo general de esta tesis ha sido investigar el efecto de diferentes propiedades de la luz, como la intensidad, longitud de onda, duración, tiempo y dinámica, en el rendimiento neuroconductual, fisiología circadiana y posibles diferencias interindividuales.

La luz es el sincronizador biológico de nuestro ritmo circadiano, actuando de forma simultánea sobre diferentes variables fisiológicas y comportamentales.

Con el estudio se pretende, por un lado, comprobar si la exposición a la luz durante el día va a contrarrestar los efectos negativos del sueño, provocando una disminución en el estado de alerta, estado de ánimo y rendimiento cognitivo. Por otro lado se pretendió investigar si los efectos que puede producir la exposición a la luz durante el día se van a mantener constantes o si dichos efectos van a disminuir cuando se alcance un límite.

El ritmo es uno de las propiedades intrínsecas que rigen nuestro organismo, incluso cuando nos encontramos aislados del mundo exterior. Es conocido por los

cronobiólogos que la periodicidad de los ciclos en el cuerpo humano, incluso en completa oscuridad y sin contacto exterior, es de aproximadamente 24 horas.

En nuestro organismo tenemos una hormona, la melatonina, encargada de regular este ritmo biológico. Esta hormona es muy sensible a los cambios de luz ambientales. La hormona se libera durante la noche según nuestro reloj interno y es la encargada de controlar el ciclo del sueño. Estos cambios fisiológicos que suceden de forma periódica van a estar regulados por nuestro reloj circadiano.

Durante el estudio se observaron numerosas variables como el estado de ánimo, el estado de alerta, el bienestar, el rendimiento cognitivo y la somnolencia subjetiva que van a estar relacionados con las alteraciones del ritmo circadiano.

La alteración en el ciclo de sueño va a afectar de forma indirecta en el estado de ánimo, el estado de alerta y el rendimiento cognitivo, afectando a nuestra calidad de vida social, familiar y laboral.

En el ámbito laboral los efectos perjudiciales de la exposición a la luz azul en el trabajo nocturno provocando la inhibición de la melatonina va a suponer un retraso en los ritmos circadianos.

Por otro lado, se demuestra que la exposición a la luz del día puede mejorar la somnolencia subjetiva, el estado de ánimo y el rendimiento cognitivo. Algunas investigaciones han demostrado que al modificar la exposición a la luz en el momento de despertar es posible que reduzca la inercia del sueño.

Esta desalineación entre el reloj externo e interno se denomina “jet-lag social”. Este jet-lag social está relacionado con la carga mental, y conductas poco saludables.

6.26. How light intensity and colour impact nonvisual functions in humans: Effects of light on entrainment, sleep and pupil constriction (*cómo la intensidad de la luz y el color impactan las funciones no visuales en los humanos: efectos de la luz sobre el arrastre, el sueño y la constricción de la pupila*) (30)

Además de la percepción visual la luz tiene muchas más funciones, como la constricción de la pupila, la sincronización de nuestros relojes biológicos con el ciclo día-noche y nuestro ciclo sueño-vigilia.

En este estudio se investiga cómo responde el reloj biológico ante los efectos de la luz de manera individual. Tenemos unas células encargadas de transportar información al reloj biológico, así como de enviar órdenes para que se produzca la constricción de la pupila y aunque son las mismas, los efectos que producen en el organismo van a ser distintos.

Los resultados sugieren que los distintos colores que forman el espectro visible hacen que el reloj biológico responda de forma distinta. No obstante, se demuestra que las personas que están expuestas a luz durante el día van a tener una mejor regulación de ritmo circadiano que las no expuestas.

Tras finalizar el estudio se vuelve a poner de manifiesto la relación que tiene la luz azul y la alteración del ritmo circadiano; sin olvidar desde el aspecto laboral las repercusiones que ello conlleva para la empresa y para el trabajador, tanto de forma directa como indirecta.

6.27. Energetic, visual and non-visual aspects of office lighting (aspectos energéticos, visuales y no visuales de la iluminación de oficinas) (31)

Tras varias tesis leídas y demostrar los efectos visuales y no visuales que va a tener la exposición a la luz azul, se considera necesario valorar una serie de aspectos como el confort visual y los efectos que puede tener la luz a la hora de realizar un estudio sobre el sistema de iluminación en oficinas. La luz en el ambiente de trabajo debe de ser suministrada en cantidades suficientes y de calidad alta.

El objetivo de esta tesis es demostrar como a través del estudio y la combinación de las diferentes tecnologías de iluminación, junto con numerosos aspectos (confort visual, rendimiento, aspectos no visuales de la iluminación, etc.) se puede lograr un ambiente sostenible en oficinas.

No podemos olvidar según el REAL DECRETO 486/1997, del 14 de abril (referencia bibliográfica (32)), por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, que el empresario tiene que proporcionar a sus trabajadores un ámbito de trabajo saludable.

6.28. Age-related light effect on circadian physiology and alertness (efectos asociados a la edad de la luz en la fisiología circadiana y el estado de alerta) (33)

Este estudio se realizó en una residencia de ancianos para valorar el nivel de exposición a la luz y los factores que desencadenan la exposición, (alteración del ritmo circadiano, temperatura de la piel, niveles de cortisol, así como la actividad motora).

Para ello se seleccionó a personas mayores y a trabajadores de la residencia donde se observaron los niveles de exposición. Tras finalizar el estudio se pudo comprobar cómo los trabajadores, residentes de hogares, así como cualquier persona que se encuentre

bajo la exposición a la luz artificial, van a presentar una falta de luz sobre todo en los meses de invierno.

Una vez concluido el estudio se determinó que las personas sometidas a unos niveles de exposición constantes y muy comunes pueden tener efectos fisiológicos distintos sobre la alteración del ritmo circadiano.

6.29. Real Decreto 486/2010, de 23 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales. BOE nº 99 24/04/2010 (34)

En el artículo 2 se menciona:

“A efectos de este real decreto, se entenderá por: a) Radiación óptica: Toda radiación electromagnética cuya longitud de onda esté comprendida entre 100 nm y 1 mm. El espectro de la radiación óptica se divide en radiación ultravioleta, radiación visible y radiación infrarroja: 1.º Radiación ultravioleta: La radiación óptica de longitud de onda comprendida entre 100 y 400 nm. La región ultravioleta se divide en UVA (315 - 400 nm), UVB (280 - 315 nm) y UVC (100 - 280 nm). 2.º Radiación visible: La radiación óptica de longitud de onda comprendida entre 380 nm y 780 nm.”

El artículo 3 establece que únicamente están dentro del ámbito de aplicación del Real Decreto las exposiciones a radiaciones ópticas que cumplan las siguientes características: que sean de origen artificial, que se produzcan durante el trabajo y que sean nocivas para la piel o los ojos. Además, indica *“Las disposiciones de este real decreto se aplicarán a las actividades en las que los trabajadores estén o puedan estar expuestos a los riesgos derivados de radiaciones ópticas artificiales durante su trabajo”*.

En el artículo 4 se mencionan las instrucciones para evitar o reducir la exposición:

- 1. Los riesgos derivados de la exposición a radiaciones ópticas artificiales deberán eliminarse en su origen o reducirse al nivel más bajo posible, teniendo en cuenta*

los avances técnicos y la disponibilidad de medidas de control del riesgo en su origen.

La reducción de estos riesgos se basará en los principios generales de prevención establecidos en el artículo 15 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre.

2. *Sobre la base de la evaluación del riesgo mencionada en el artículo 6, si existe posibilidad de que se superen los valores límite de exposición, el empresario elaborará y aplicará un plan de acción, que se integrará en la planificación de la actividad preventiva, donde incluirá medidas técnicas y/u organizativas destinadas a impedir que la exposición supere dichos valores límite, prestando particular atención a los siguientes aspectos:*
 - a. *Otros métodos de trabajo que reduzcan el riesgo derivado de la radiación óptica;*
 - b. *la elección de equipos que generen menores niveles de radiación óptica, teniendo en cuenta el trabajo al que se destinan;*
 - c. *medidas técnicas para reducir la emisión de radiación óptica, incluyendo, cuando fuera necesario, el uso de sistemas de cerramiento, blindajes o mecanismos similares de protección de la salud;*
 - d. *programas apropiados de mantenimiento de los equipos de trabajo, del lugar de trabajo y de los puestos de trabajo;*
 - e. *la concepción y disposición de los lugares y puestos de trabajo;*
 - f. *la limitación de la duración y del nivel de la exposición;*
 - g. *la disponibilidad del equipo adecuado de protección individual;*
 - h. *las instrucciones del fabricante del equipo, cuando esté cubierto por una directiva comunitaria pertinente.*

En el artículo 6 se establece la evaluación de riesgos, pero existe una calculadora en la Web del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, dependiente del Ministerio de Empleo y Seguridad Social al que nos referiremos posteriormente en el que queda, a nuestro juicio, mejor explicado, aparte de poder calcular dicho riesgo de forma online (35).

Es interesante consultar el Anexo I en el que se indica que para radiaciones entre 300 y 700 nm existe riesgo de fotoretinitis, y además lo denomina “riesgo de luz azul”. Debemos recordar que la luz azul es aquella cuya longitud de onda se encuentra entre 450 y 495 nm, y que entre los valores mencionados en dicho cuadro se encuentra todo el espectro visible.

Además, en la tabla A.4, en la que se indican los valores de las curvas de ponderación $B(\lambda)$ y $R(\lambda)$, los mayores valores se encuentran en las longitudes de onda de 435 y 440 nm, que es la zona del espectro de color azul-violeta.

6.30. Calculadora de exposición a radiaciones ópticas (35)

En esta página se permite calcular el posible riesgo de un trabajador que está expuesto a radiaciones ópticas.

En una primera página se mencionan las fórmulas y datos necesarios para efectuar el cálculo siguiendo las directrices del Real Decreto 486/2010 (34).

Como se ha mencionado en el comentario referido a este Real Decreto es reseñable, en el cuadro de valores límite de exposición (VLE), los “peligros” mencionados. Reproducimos dicho cuadro rodeando en rojo los valores destacables:

UNIVERSITAS
Miguel Hernández

Longitud de onda λ (nm)	Ángulo subtendido ¹ α (mrad)	Tiempo de exposición	Valor límite de exposición (VLE)	Parte del cuerpo / Riesgo
180 – 400 (UV A-B-C)	-	El VLE está referido a 8h	$H_{\text{eff}} = 30 = E_{\text{eff}} \cdot \Delta t$ (J/m ²)	OJOS Córnea → fotoqueratitis Conjuntiva → conjuntivitis Cristalino → cataratas PIEL Eritema, elastosis, cáncer de piel
315 – 400 (UVA)	-	El VLE está referido a 8h	$H_{\text{UVA}} = 10^4 = E_{\text{UVA}} \cdot \Delta t$ (J/m ²)	OJOS Cristalino → cataractogénesis
300 – 700 (luz azul) ²	$\alpha \geq 11$	$t \leq 10^4$ s	$L_B = 10^6/t$ (W/m ² ·sr)	OJOS Retina → Fotoretinitis
		$t > 10^4$ s	$L_B = 100$ (W/m ² ·sr)	
	$\alpha < 11$	$t \leq 10^4$ s	$E_B = 100/t$ (W/m ²)	
		$t > 10^4$ s	$E_B = 0,01$ (W/m ²)	
380 – 1400 (visible e IRA) ³	$1,7 \leq \alpha \leq 100$	$10 \mu\text{s} \leq t \leq 10$ s	$L_R = (5 \cdot 10^7)/(\alpha \cdot t^{0,25})$ (W/m ² ·sr)	OJOS Retina → Quemaduras
780 – 1400 (IRA) ⁴	$11 \leq \alpha \leq 100$	$t > 10$ s	$L_R = (6 \cdot 10^6)/\alpha$ (W/m ² ·sr)	OJOS Retina → Quemaduras
780 – 3000 (IRA e IRB)	-	$t \leq 1000$ s	$E_{\text{IR}} = 18000 \cdot t^{-0,75}$ (W/m ²)	OJOS Córnea → quemaduras Cristalino → cataratas
		$t > 1000$ s	$E_{\text{IR}} = 100$ (W/m ²)	
380 – 3000 (visible, IRA e IRB) ⁵	-	$t < 10$ s	$H_{\text{PIEL}} = 20000 \cdot t^{0,25}$ (J/m ²)	PIEL Quemaduras

Ilustración 4: Valores límite de exposición dependiendo de la longitud de onda.

Podemos apreciar que, al igual que en el Real Decreto, a pesar de que se refiere a todo el espectro visible más parte de los rayos UVB y todos los UVA (de 300 a 700 nm), el “peligro” se denomina “luz azul”, y el riesgo es el de fotoretinitis.

En la nota 2 al pie (que es a la que se refiere en las longitudes de onda de 300 a 700 nm) podemos leer: “El intervalo de 300 a 700 nm comprende parte de los rayos UVB, todos los UVA y la mayor parte de las radiaciones visibles, denominándose “riesgo de luz azul”. En sentido estricto, la luz azul corresponde únicamente al intervalo de 400 a 490 nm aproximadamente.”.

Si damos clic a “Siguiente” comenzará a solicitarnos los datos necesarios para efectuar los cálculos y determinar si existe riesgo o no para el trabajador.

7. Resultados

En primer lugar cabe reseñar que nos ha parecido extraño que, con toda la divulgación aparente que ha tenido y tiene el tema de la luz azul y el uso cada vez más frecuente de los dispositivos electrónicos que poseen pantallas LED y el interés que, desde nuestro punto de vista, tiene el tema, en España no se haya localizado ninguna tesis en la base de datos del Ministerio de Educación y Formación Profesional TESEO relacionado con este asunto (al menos en la fecha de comienzo de la redacción de este TFM).

Sí que se han visto revistas de divulgación científica y medios de prensa españoles en las que se ha tocado el tema ((1), (2)).

Y se observa que este tema preocupa en el resto de Europa, a tenor del volumen de tesis doctorales registradas en las Universidades, ya que muchas de las tesis son de Suecia y Suiza, principalmente.

Por otra parte, debido a los orígenes geográficos de los artículos y tesis referenciados, así como al lenguaje especializado que muchos de los textos utilizan, ha sido ardua la comprensión de los escritos.

Y hablando ya de las conclusiones referentes a los textos comentados, ha quedado suficientemente expuesto que la luz azul-violeta puede inducir a problemas retinales debido a su alta energía, pero en un uso normal y con fuentes de luz domésticas no debería ocasionar problemas oculares en los adultos.

Sin embargo, no debemos olvidar que los niños poseen un cristalino más transparente que los adultos y que, por lo tanto, la permeabilidad de éste en las longitudes de onda más cortas (espectro violeta y azul) es mayor (con la edad el cristalino se va tornando amarillento y actúa de filtro ante dicha luz), por lo que debería estudiarse más profundamente los efectos a corto, medio y largo plazo de la luz azul y/o azul-violeta en los niños.

En lo que respecta a los efectos en los ciclos circadianos ha quedado también probado que la exposición a luz azul en las horas cercanas a dormir produce alteraciones en el ciclo del sueño, e incluso puede producir insomnio (digamos que por mayoría absoluta ya que hay ciertos textos que lo niegan aunque indican que “puede” provocarlo, como el texto de la Comisión Europea (26)).

Por otra parte, hasta ahora nos hemos centrado en el aspecto “lúdico” de la luz azul, esto es, en los aparatos electrónicos como las televisiones, móviles, tablets. Pero centrémonos en el aspecto laboral.

Actualmente casi todos los puestos de trabajo hacen uso de Pantallas de Visualización de Datos (PVDs), y en casi todos los trabajos se utilizan móviles. Incluso hay trabajos que, debido a sus características, deben estar permanentemente conectados a través de los móviles para consultar el correo electrónico o, simplemente, estar disponibles por prestar un servicio 7x24. Pues bien, a todos estos colectivos les aplica lo que aquí se va a exponer, ya que es imposible eliminar el componente azul de las PVDs.

Por un lado, en lo que respecta a los usuarios de PVDs hay que dejar bien claro que deben aplicar las buenas prácticas del uso de PVDs (sin entrar en recomendaciones ergonómicas y centrándonos exclusivamente en el apartado óptico), es decir, hacer los descansos necesarios de forma periódica, si es posible mirando hacia lo lejos para relajar el cristalino y los músculos orbiculares, el entorno en el que se encuentre la PVD no debe tener excesiva diferencia de luminosidad entre el “fondo” de la PVD (lo que queda “detrás” de la pantalla) y el propio brillo de la PVD, debemos ajustar de forma correcta el brillo y el contraste del PVD...

Y relacionado con este TFM no debemos olvidar calibrar, si es posible, la temperatura de color de la PVD, siempre y cuando posea dicho ajuste (ver (22), (23) y (36)). Pero para dicho ajuste debemos tener en consideración ciertas conclusiones observadas en los textos analizados:

- La luz azul incrementa el estado de alerta.
- La luz azul produce alteraciones en los ritmos circadianos.
- La luz azul produce alteraciones en los ritmos del sueño, pudiendo llegar a producir insomnio.

- La luz azul-violeta y azul, en intensidad alta, “puede” producir lesiones fotoquímicas, fototérmicas y/o fotomecánicas en la retina (decimos lo de “puede” entre comillas ya que los tests realizados se efectuaron con ratones albinos, y la arquitectura del ojo del ratón no es exactamente igual al humano).
- La luz visible (y realmente parte de la UVB y toda la UVA), en alta intensidad o en exposiciones largas, produce retinitis, como puede deducirse del Real Decreto 486/2010 (34).

Por lo tanto, y teniendo en cuenta estas observaciones, el ajuste de la temperatura de color de la PVD debe ser:

- Si el uso de la PVD se realiza de forma diurna en una jornada “estándar” desde las 8:00 aproximadamente hasta las 18:00 ó 19:00 horas puede establecerse una temperatura más fría para que la propia luz azul desprendida nos mantenga en alerta e impida la fatiga (eso sí, si se establece una temperatura más fría deberemos bajar el brillo para que la intensidad sea menor).
- Si el uso de la PVD se realiza en horas cercanas al comienzo del sueño debemos establecer la temperatura del color en valores más cálidos para evitar que la luz azul nos altere el sueño y el ritmo circadiano.
- Si el uso de la PVD se realiza en horario nocturno en una jornada laboral de 8 horas (es decir, en aquellos trabajos nocturnos que utilizan PVDs), la temperatura de color puede establecerse a una temperatura fría para mantener el estado de alerta pero teniendo en cuenta que, al ser un trabajo nocturno, el brillo y el contraste deben ajustarse de acuerdo con dicha condición y que si la hora a la que el que el trabajador va a dormir dista dos horas o menos de la hora de finalización del trabajo deberá establecer la PVD a una temperatura de color más cálida con el fin de impedir la inhibición de la melatonina.
- Otra alternativa es la activación de los filtros de luz azul de los Sistemas Operativos Windows 10 o el Night Shift en MacOS. Pueden activarse para que la temperatura del color cambie de forma automática dependiendo de la hora que sea, pero siempre teniendo en cuenta las observaciones antes vistas (la luz azul incrementa el estado de alerta pero, en horas cercanas a dormir, altera el ciclo de sueño e incluso puede producir insomnio) (ver [Anexo 10.2](#)).

Del mismo modo que hemos hablado de la temperatura del color en las PVD podemos hablar de la luz ambiental en los lugares de trabajo. Teniendo en cuenta lo que hemos comentado la temperatura de color en ambientes laborales debería ser:

- Para entornos de trabajo en los que las tareas se desempeñan en horario diurno seleccionaremos iluminación con temperatura más fría para que nos mantengamos en alerta y nos concentremos más fácilmente, pero disminuirémos el brillo para que la intensidad sea menor.
- Para entornos de trabajo en los que las tareas se desempeñan en horario nocturno la iluminación ambiental debe establecerse a una temperatura fría para mantener el estado de alerta, pero ajustando la luminosidad de dicha fuente de luz.
- Si el trabajo necesita iluminación focalizada es preferente que sea de una temperatura fría para aumentar la concentración y estar alertas.

Recordamos también que existe la tecnología Lecology (36), que permite regular la temperatura de color e incluso la longitud de onda para adaptarla a las distintas hora del día, y que existen bombillas de espectro completo que desprenden una luz parecida a la del sol.

En lo que respecta a las connotaciones indirectas, dado que ha quedado demostrado que la luz azul provoca desórdenes circadianos, también debemos evaluar qué efectos a nivel laboral puede acarrear estos desórdenes.

La falta de sueño (bien por el posible insomnio generado por la luz azul, bien por la alteración del ciclo del sueño) produce, de forma indirecta, falta de concentración, adormecimiento, estrés, enojo, pérdida de reflejos, decaimiento... que en el terreno laboral puede tener efectos fatídicos: basta con pensar en una cadena de montaje en la que se trabaja con elementos cortantes las consecuencias que estos efectos pueden acarrear.

Para evitar los efectos laborales colaterales de la luz azul en horas cercanas al sueño en trabajadores que usan PVDs debemos seguir las pautas que hemos indicado para trabajadores que usan PVDs. Y, en el caso de trabajos en los que no puede prescindirse de elementos electrónicos con pantallas LED (móviles, tablets...) podemos usar el filtro

de luz azul que los últimos sistemas operativos incluyen entre sus características, como podemos consultar en el [Anexo 10.2](#).

Puede también paliarse dichos efectos siguiendo ciertas recomendaciones que se indican en artículos consultados en esta revisión bibliográfica:

- Evitar luz fría o azul por la noche, prefiriendo luz de temperatura cálida.
- Utilizar luces cálidas (rojas o amarillentas) tenues para la luz artificial nocturna. La luz roja está en el lado opuesto azul en el espectro electromagnético, y la melatopsina no es sensible a dicha longitud de onda.
- Evitar utilizar pantallas que tengan iluminación LED (monitores, móviles, tablets...) las dos o tres horas antes de acostarse.
- Exponerse a luz brillante durante el día, lo que hará que aumente la capacidad para dormir por la noche, además de aumentar el estado de alerta y el estado de ánimo durante el día.
- Si se trabaja en horario nocturno con PVDs o se utilizan dispositivos electrónicos por la noche pueden utilizarse lentes azules que filtren dicho espectro o como se ha mencionado, activar los filtros de luz azul presentes en los ordenadores y smartphones.
- Puede también consultarse el [Anexo 10.1](#) para observar las diferencias en la generación del espectro electromagnético de diferentes sistemas de iluminación y seleccionar la más adecuada para el fin que se pretende.

Desde el punto de vista del riesgo laboral en el entorno legislativo recordamos que, siguiendo las pautas del Real Decreto 486/2010, existe una calculadora para determinar si el trabajador se encuentra en riesgo por exposición de radiaciones ópticas en la página Web del INSHT a la que puede accederse haciendo clic [aquí](#) (35)

Los efectos colaterales generados “certificados” por la luz azul (es decir, insomnio cambio de fase circadiano y alteraciones del ciclo de sueño, descartando por los motivos antes vistos las alteraciones retinianas como la DMAE) pueden cuantificarse siguiendo los protocolos de PRL correspondientes a estrés, cansancio, somnolencia...

Por último, debemos reseñar que, bajo nuestro punto de vista, todavía quedan por determinar muchos elementos que pueden deducirse de todas estos estudios y conclusiones:

- Deben efectuarse estudios sobre los efectos en los niños del uso, cada vez más intensivo, de elementos electrónicos que generan una gran cantidad de luz azul debido a que su cristalino es más transparente y, por lo tanto, son más sensibles a dicha radiación.
- Deben efectuarse más estudios sobre el papel que dicha luz azul produce en los estados de alerta y concentración.
- Deben efectuarse estudios del uso de la luz azul y los viajes transmeridionales debido su capacidad de alterar los ritmos circadianos. Esta capacidad de alteración del ciclo biológico puede permitir reajustarlo en viajes en los que se produce el “jet lag”.
- Deben efectuarse estudios sobre las posibles alteraciones retinianas de la luz azul y azul-violeta en las dosis que los elementos electrónicos actuales proporcionan, tanto en el sentido fotomecánico como fotoquímico y fototérmico. Las pruebas efectuadas en ratones albinos no son extrapolables.
- Deben efectuarse estudios sobre el uso de esta luz azul y la regulación del ritmo circadiano en alteraciones del ritmo circadiano asociadas a la edad ya que, como se ha observado, el ritmo circadiano se altera con la edad, y la luz azul, como modificador del ciclo circadiano, puede contribuir a la regulación de dicho ciclo. Estos estudios pueden desempeñar un magnífico papel en actividades o acciones a desarrollar en residencias de mayores.
- Deben efectuarse estudios sobre la Degeneración Macular y la DMAE (Degeneración Macular Asociada a la Edad) asociada a los dispositivos y consumos actuales, ya que los estudios realizados no se efectuaron con las dosis que actualmente los usuarios consumen.
- Deben efectuarse estudios sobre la aplicación de luz azul y la mejora del tiempo de respuesta y rendimiento del sprint en entornos deportivos para su aplicación en entrenamientos.
- A pesar de que las multinacionales ópticas certifican que los filtros de luz azul que se aplican en sus lentes correctoras son eficaces para filtrar la luz azul y, por lo tanto, evitar los perjudiciales efectos de éste, todavía deben realizarse, por parte de organismos independientes, estudios de su efectividad.

Por último, tampoco debemos olvidarnos de los usuarios y trabajadores de centros que poseen un ambiente cerrado y permanentemente iluminado con luz artificial (por ejemplo, residencias, clínicas, hospitales...):

- Los responsables de este tipo de instituciones deberían tener en consideración la iluminación de estos centros para que los trabajadores no se vean afectados por los efectos de la iluminación. Por ejemplo, efectuando un correcto estudio de iluminación interior y estableciendo iluminación de diferente temperatura de color que varíe la tonalidad de acuerdo con las horas del día.
- El punto anterior también sería efectivo para que, en el caso de los mayores que viven en residencias, el desorden del ritmo circadiano que se produce de forma paulatina con la edad sea contrarrestado en parte mediante la correcta “dosis” de luz azul, en lugar de la luz constante que actualmente se posee en dichos centros.
- En lo que respecta a los mayores que viven constantemente en estos centros deberían estar “obligados” a salir al exterior ciertas horas del día con el fin de “ajustar” su reloj circadiano, siempre y cuando no tengan dolencias o impedimentos que lo hagan imposible.



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

8. Conclusiones

A partir de la lectura de todos los textos seleccionados pueden establecerse las siguientes conclusiones:

- La luz azul, a través de la melanopsina, inhibe la producción de la melatonina y desajusta el reloj biológico.
- La luz azul-violeta puede provocar problemas retinales, pero en un uso normal y con fuentes de luz domésticas no debería provocar problemas oculares en adultos.
- No está demostrada la contribución de la luz azul en la Degeneración Macular Asociada a la Edad (DMAE) ya que estos experimentos se realizaron con ratones albinos, que poseen una arquitectura ocular diferente a la nuestra.
- La luz azul aumenta el estado de alerta, el ritmo cognitivo y el estado de ánimo.
- Estos efectos pueden considerarse beneficiosos o perjudiciales dependiendo de la casuística. Por ejemplo, en el caso de la exposición a la luz azul en horas cercanas al sueño puede producir mayor dificultad para dormirse e incluso modifica los ciclos de sueño. Sin embargo, en trabajos nocturnos puede producir efectos beneficiosos ya que decreta el estado de somnolencia y aumenta el estado de alerta, como ya hemos dicho.
- Como efectos indirectos contraproducentes de la luz azul podemos destacar el aumento del cansancio, la pérdida de reflejos, falta de concentración, estrés, enojo, decaimiento... debido a los cambios de los patrones de sueño y a la dificultad de conciliar el sueño. Todo esto puede inducir a accidentes laborales con consecuencias fatídicas en ciertos trabajos (por ejemplo, en una cadena de montaje en la que se trabaja con elementos cortantes).

Desde el punto de vista laboral, tras haber expuesto los efectos directos e indirectos de la luz azul a tenor de los textos analizados, pueden obtenerse las siguientes conclusiones:

- Debe seleccionarse una luz ambiente adecuada dependiendo del tipo de trabajo y/o negocio.
- Es necesario que en todas las PVDs se ajuste tanto el brillo como el contraste y la temperatura de color dependiendo de la luz ambiente existente, el tipo de trabajo y horario en el que se van a utilizar para favorecer los efectos de la luz azul en el caso de trabajos nocturnos o en los que sea necesario un alto grado

de atención, o paliar dichos efectos si se va a utilizar en horas cercanas a la conciliación del sueño.

- Pueden utilizarse los filtros de luz azul que los desarrolladores de los Sistemas Operativos más utilizados (Microsoft Windows y Apple Mac OS en ordenadores, Google Android y Apple IOS en móviles, smartphones y tablets) ponen a disposición de los usuarios en la configuración de los dispositivos.
- El Real Decreto 486/2010 (34) es la base legal para determinar los riesgos y límites de los trabajadores a la exposición de radiaciones ópticas artificiales.
- Puede cuantificarse el nivel de riesgo del trabajador por exposición a las radiaciones ópticas utilizando la calculadora disponible en la página Web de INSHT (35).
- Los efectos secundarios de la luz azul antes vistos pueden cuantificarse utilizando los protocolos de PRL vinculados con el estrés, el cansancio, la somnolencia...



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

9. Referencias bibliográficas

1. **Antena 3.** La luz azul de las pantallas de los dispositivos digitales puede acelerar la ceguera. *Antena 3*. [En línea] 11 de agosto de 2018. https://www.antena3.com/noticias/ciencia/luz-azul-pantallas-dispositivos-digitales-puede-acelerar-ceguera_201808115b6ecd510cf2f2fa2ce53f57.html.
2. **Telecinco.** La luz azul-violeta es la más perjudicial para la retina y contribuye al desarrollo de la DMAE. *Telecinco*. [En línea] 14 de noviembre de 2013. https://www.telecinco.es/informativos/sociedad/azul-violeta-perjudicial-contribuye-desarrollo-DMAE_0_1700475534.html.
3. **Harvard Health Letter.** Blue light has a dark side. *Harvard Health Publishing- Harvard Medical School*. [En línea] 13 de Agosto de 2018. <https://www.health.harvard.edu/staying-healthy/blue-light-has-a-dark-side>.
4. **Vicente-Tejedor, Javier, y otros.** Removal of the blue component of light significantly decreases retinal damage after high intensity exposure. *Plos One*. [En línea] 15 de Marzo de 2018. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0194218>.
5. **La mentira está ahí fuera.** Sirven para algo los filtros reticare. *La mentira está ahí fuera*. [En línea] Septiembre de 2013. <https://www.lamentiraestaahifuera.com/2013/09/27/sirven-para-algo-los-filtros-reticare/>.
6. **cerebrum.la.** El impacto de la luz azul en el cerebro. *Cerebrum - Centro Internacional de Neurociencia para el Desarrollo Humano*. [En línea] 2016. <http://cerebrum.la/blog-post/el-impacto-de-la-luz-azul-en-el-cerebro>.
7. *The impact of bright artificial white and 'blue-enriched' light on sleep and circadian phase during the polar winter.* **Mottram, Victoria, y otros.** 1, Hoboken, Nueva Jersey, EEUU : Wiley, 2011, *Journal of sleep research*, Vol. 20.
8. *Acute exposure to evening blue-enriched light impacts on human sleep.* **Chellappa, Sarah L., y otros.** 5, Hoboken, Nueva Jersey, EEUU : Wiley, 2013, *Journal of sleep research*, Vol. 22.
9. **Hanifin, John P.** *Circadian, neuroendocrine and neurobehavioral effects of polychromatic light in humans*. Surrey, Reino Unido : University of Surrey, 2015. Tesis doctoral.

10. **Nioi, Amanda.** *Evaluation of blue light exposure, illuminance level and the associations with sleep/wake patterns in two populations living with sensory impairment.* Edimburgo, Escocia, Reino unido : Heriot-Watt University, 2016. Tesis doctoral.
11. **Papamichael, Christiana.** *Non-visual light responses in humans : melanopsin and cone involvement.* York Reino unido : University of York, 2012. Tesis doctoral.
12. **McMillan, Fiona.** How Blue Light Could Damage Cells In Your Eyes. *Forbes.* [En línea] 11 de Agosto de 2018. <https://www.forbes.com/sites/fionamcmillan/2018/08/11/how-blue-light-damages-cells-in-your-eyes/amp/>.
13. **Sánchez Barceló, Emilio J.** *Hicimos la luz...y perdimos la noche.* Santander : Ediciones Universidad Cantabria, 2017.
14. **Wu, Jiangmei.** *Blue light induced retinal damage.* Estocolmo - Suecia : Aulan, S:t Eriks ögonsjukhus, 2004. Tesis doctoral.
15. **Münch, Mirjam.** *Circadian and homeostatic sleep regulation in humans : effects of age and monochromatic light.* Basilea, Suiza : University of Basel, 2006. Tesis doctoral.
16. **Chorley, Adrian.** *Ocular exposure to occupational non-ionising radiation in professional pilots.* Londres, Reino Unido : London South Bank University, 2014. Tesis doctoral.
17. **Beaven, Martyn.** A Comparison of Blue Light and Caffeine Effects on Cognitive Function and Alertness in Humans. *Plos One.* [En línea] Octubre de 2013. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0076707>.
18. **Vandewalle, Gilles, y otros.** Brain Responses to Violet, Blue, and Green Monochromatic Light Exposures in Humans: Prominent Role of Blue Light and the Brainstem. *Plos One.* [En línea] Noviembre de 2007. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0001247>.
19. **Lockley, Steven W., Brainard, George C. y Czeisler, Charles A.** High Sensitivity of the Human Circadian Melatonin Rhythm to Resetting by Short Wavelength Light. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism - Oxford University Press.* [En línea] Septiembre de 2003. <https://academic.oup.com/jcem/article/88/9/4502/2845835>.
20. **Tosini, Gianluca, Ferguson, Ian y Tsubota, Kazuo.** Effects of blue light on the circadian system and eye physiology. *Molecular Vision.* [En línea] Enero de 2016. <http://www.molvis.org/molvis/v22/61/>.

21. **VVAA.** Effects of blue light technology. *Wikipedia*. [En línea] Mayo de 2019. https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_blue_light_technology.
22. **Estudio MatMata.** La temperatura de color para conseguir el ambiente ideal. *Estudio MatMata*. [En línea] Abril de 2016. <https://estudiomatmata.es/blog/materiales/la-temperatura-de-color-para-conseguir-el-ambiente-ideal>.
23. **Levison, Sarah.** All about light bulb colour temperature. *The LightBulb Company*. [En línea] https://www.thelightbulb.co.uk/resources/colour_temperature/.
24. *Evening exposure to a light-emitting diodes (LED)-backlit computer screen affects circadian physiology and cognitive performance.* **Cajochen, Christian, y otros.** 5, Rockville, MD, EEUU : American physiological society, Mayo de 2011, *Journal of Applied Physiology*, Vol. 110.
25. *Exposure and Use of Mobile Media Devices by Young Children.* **Kabali, Hilda K., y otros.** 6, Itasca, IL, EEUU : American Academy of Pediatrics, 2015, Vol. 136.
26. *Opinion on Potential risks to human health of Light Emitting Diodes (LEDs).* **Comisión Europea.** Luxemburgo : Scientific Committees, European Commission, 2018.
27. **Zeiss.** Blue Light: the good and the bad. *Zeiss*. [En línea] 16 de Octubre de 2017. <https://www.zeiss.com.au/vision-care/better-vision/understanding-vision/blue-light-the-good-and-the-bad.html>.
28. **Rautkylä, Emilia.** *Research methods and neurophysiological mechanisms behind the alerting effects of daytime light exposure.* Espoo, Finlandia : Aalto University, 2012. Tesis doctoral.
29. **Gabel, Virginie.** *Non-visual effects of light on human circadian physiology and neurobehavioral performance.* Basilea, Suiza : University of Basel, 2015. Tesis doctoral.
30. **Woelders, Tom.** *How light intensity and colour impact nonvisual functions in humans: Effects of light on entrainment, sleep and pupil constriction.* Groninga, Países Bajos : Univeristy of Gronongen, 2018. Tesis doctoral.
31. **Linhart, Friedrich y Scartezzini, Jean-Louis.** *Energetic, visual and non-visual aspects of office lighting.* Lausanne, Suiza : École Polytechnique Fédérale de Lausanne, 2010. Tesis doctoral.
32. **Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.** Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. *Boletín Oficial del Estado*. 1997, Vol. 1, 97.

33. **Cajochen, Christian.** *Age-related light effect on circadian physiology and alertness.* Basilea, Suiza : University of Basel, 2016. Anexo de Tesis doctoral ("Non-visual effects of light on human circadian physiology and neurobehavioral performance, Gabel, Virginie").
34. **Ministerio de Trabajo e Inmigración.** Real Decreto 486/2010, de 23 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales. *Boletín Oficial del Estado.* 23 de Abril de 2010, Vol. 1, 99.
35. **Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.** Calculadora de exposición a radiaciones ópticas. *INSST (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo).* [En línea] <http://calculadores.inssbt.es/Exposici%C3%B3nradiaciones%C3%B3pticas/Introducci%C3%B3n.aspx>.
36. **VVAA.** Temperatura de color. *Wikipedia.* [En línea] Febrero de 2019. https://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura_de_color.
37. **Alzieu, Florent.** COMPARATIF / Basse consommation : bien choisir les lampes à LED. *Les numeriques.* [En línea] 11 de septiembre de 2010. <https://www.lesnumeriques.com/lampe-ampoule-led/basse-consommation-bien-choisir-lampes-led-a1072.html>.
38. **Gonzaga, Luis.** Índice de Reproducción Cromática (IRC). *Aprender a iluminar en fotografía.* [En línea] Octubre de 2016. <https://www.aprenderailuminar.com/2016/10/indice-de-reproduccion-cromatica-irc.html>.
39. **Soporte de Apple.** Cómo usar Night Shift en el Mac. *Soporte de Apple.* [En línea] Julio de 2018. <https://support.apple.com/es-es/HT207513>.
40. —. Utiliza Night Shift en el iPhone, iPad y iPod touch. *Soporte de Apple.* [En línea] Abril de 2019. <https://support.apple.com/es-es/HT207570>.

10. Anexos

10.1. Efectos del ahorro energético

Inicialmente los humanos no disponíamos de iluminación artificial para aportar luz durante la noche, la única luz disponible era la de la luna.

Posteriormente la luz del fuego nos acompañó vespertinamente en diferentes formas y recipientes: la hoguera, la antorcha, el candil, la vela... hasta que surgió la luz de gas. Posteriormente dicha luz de gas se propagó por las calles de las ciudades mientras que Edison inventa la bombilla de incandescencia. Y es esta bombilla la que nos ha acompañado domésticamente hasta hace bien poco.

Desde el punto de vista doméstico esta bombilla ha tenido rivales: primero, la fluorescente, después la de “bajo consumo” y las halógenas, y actualmente las bombillas LED.

Pero comparemos la luz que genera cada una de ellas. Antes de nada veamos la luz que desprende el Sol (es decir, el espectro de luz visible que desprende) (37).

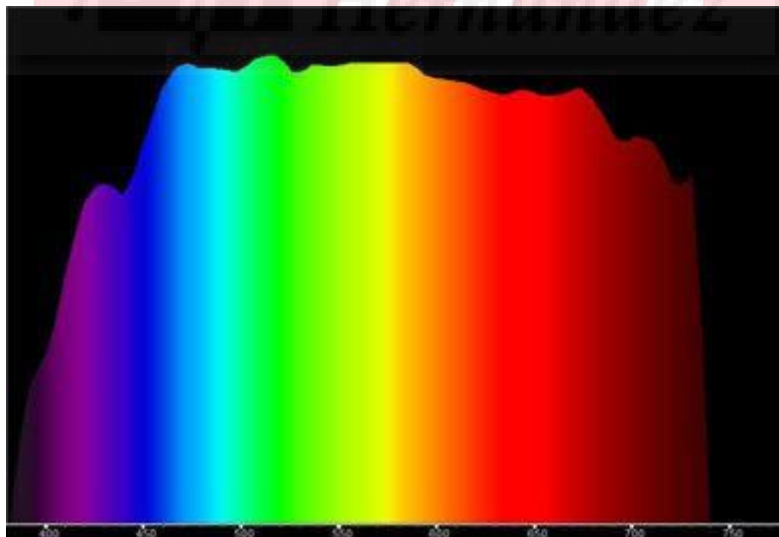


Ilustración 5: Espectro del Sol a las 13:00 horas el 30 de agosto.

Vemos que es un espectro más o menos uniforme en la zona central, y que en las zonas exteriores decreciente de forma regular su intensidad.

En una bombilla incandescente de 60 W el espectro electromagnético en la zona visible que genera es (37):

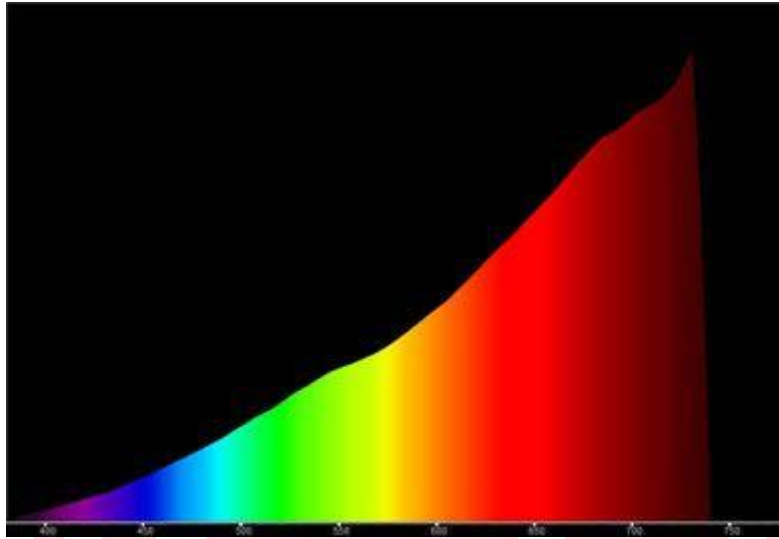


Ilustración 6: Espectro electromagnético en la zona visible de una bombilla incandescente de 60W.

Vemos que el espectro generado es creciente en el sentido de la longitud de onda, partiendo de casi nulo en la zona del violeta hasta llegar al máximo en la zona roja.

En una bombilla de bajo consumo (cuya denominación real es fluocompacta) el espectro visible que genera es (37):

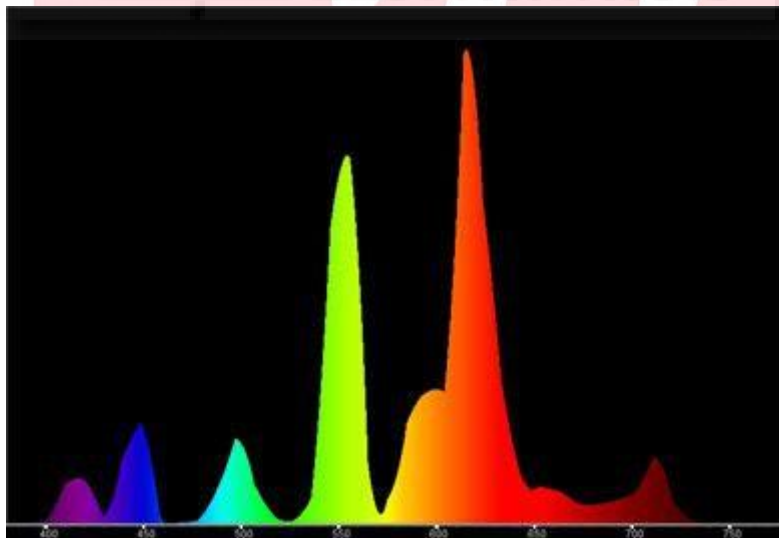


Ilustración 7: Espectro de una bombilla de bajo consumo de 20W.

Una bombilla fluorescente de espectro completo genera (37):

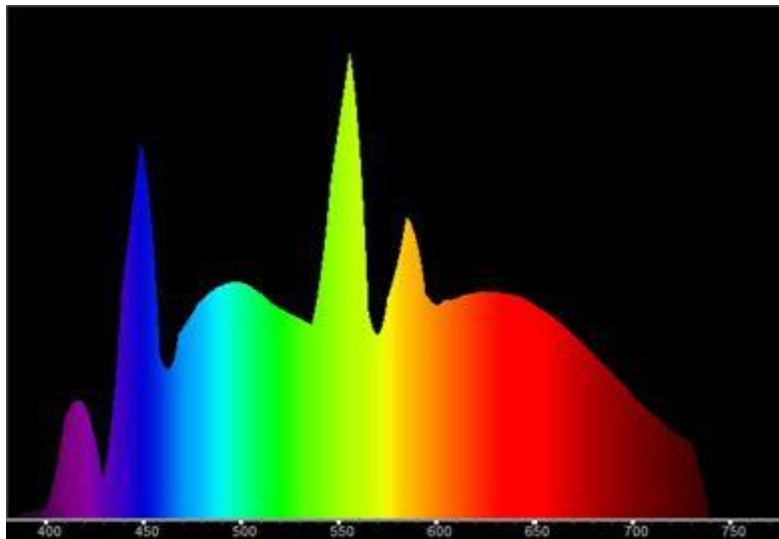


Ilustración 8: Espectro de una bombilla fluorescente de espectro completo de 26 W.

En una bombilla LED de alta gama el espectro generado es (37):

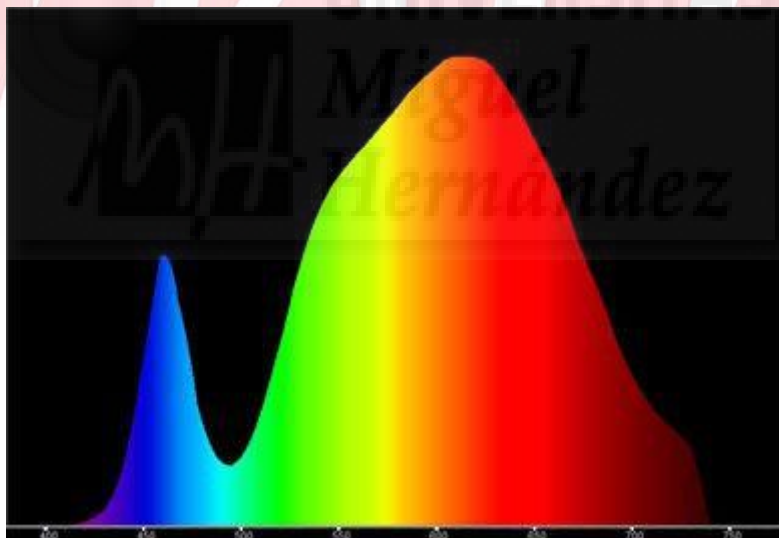


Ilustración 9: Espectro de una bombilla LED de alta gama de 8W.

En definitiva, comparando en una imagen los espectros de las bombillas más comunes (38):

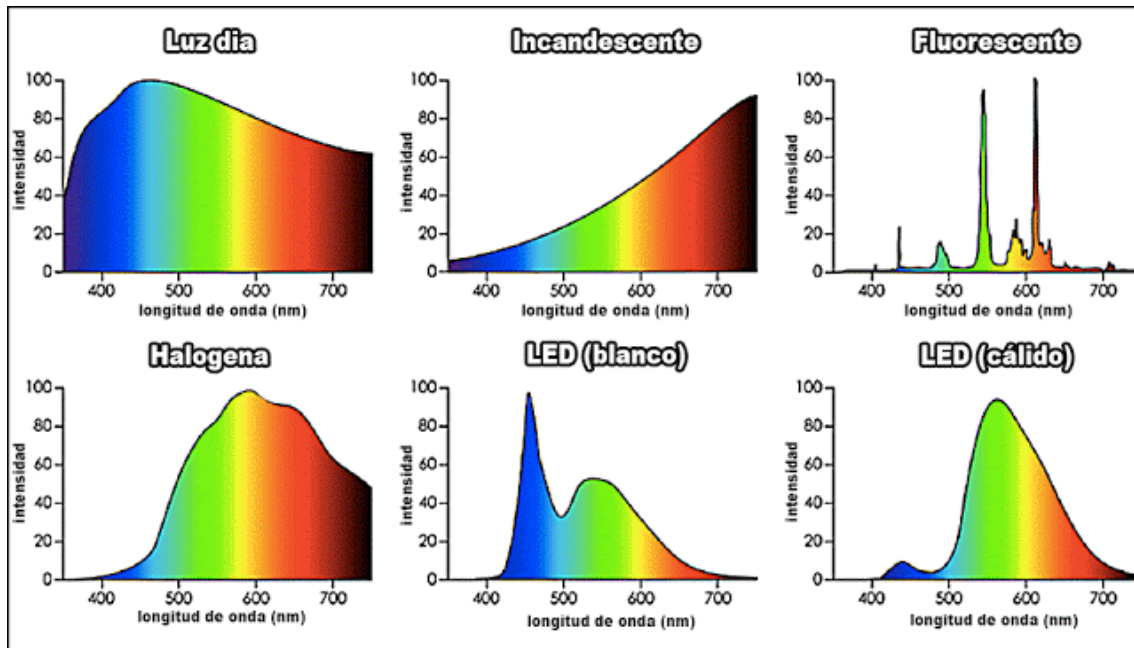


Ilustración 10: Espectro de las bombillas más comunes.

Podemos observar que la calidad del espectro generado ha ido tornándose hacia la zona del espectro azul-violeta.

En el caso de la luz del Sol el espectro era en forma de “sombrero”, teniendo poca intensidad en las zonas altas y bajas de longitud de onda (zonas violeta y rojo), y constante en el resto de zonas.

Posteriormente, en la luz incandescente, se conservó la baja intensidad de la zona violeta-azul, pero se incrementó la intensidad de la zona de espectro rojo.

La bombilla fluorescente tiene picos en la zona azul, verde, amarillo y rojo y la suma de dichos picos es lo que produce a nuestro cerebro el efecto de que es blanca su luz.

La luz halógena es la más parecida al espectro que genera el Sol, siendo de una intensidad baja en los extremos y regular en la zona media de longitud de onda.

La luz LED blanca vemos que tiene un pico de intensidad importante en la zona azul, decremента en la zona azul-verde y vuelve a incrementar su intensidad en la zona verde para decremंतर de forma gradual hasta llegar a la zona roja no visible.

La luz LED cálida posee un pequeño pico de intensidad en la longitud de onda correspondiente al azul para luego incrementar de forma gradual hasta llegar al pico de intensidad en la zona verde y decremंतर de nuevo de forma progresiva hasta llegar a la zona roja no visible.

Por lo tanto, como consecuencia del ahorro de energía hemos ido eliminando zonas del espectro y desplazando el espectro de las bombillas que iluminan nuestra casa hacia el azul, produciendo que no sólo los aparatos electrónicos generen una luz que altera el ritmo circadiano. Incluso las bombillas que iluminan nuestra casa producen este efecto ya que tienen picos de intensidad en la longitud de onda en la que la melanosina es sensible.



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

UNIVERSITAS
Miguel Hernández

10.2. Activar el filtro de luz azul en los productos electrónicos

Ya se ha comentado que actualmente los dispositivos electrónicos permiten modificar la luz que desprenden para evitar que, en horas nocturnas, el espectro lumínico del dispositivo sea tan azul.

En este anexo se indicará cómo habilitar dichas propiedades en los dispositivos.



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

10.2.1. Ordenadores

10.2.1.1. Windows

En Windows 10, a partir de la versión 1703 (también llamada Windows Creators update), existe la posibilidad de activar lo que Microsoft llama “luz nocturna”. Para activarlo iremos a Configuración y, en esta ventana, haremos clic en “Sistema”:

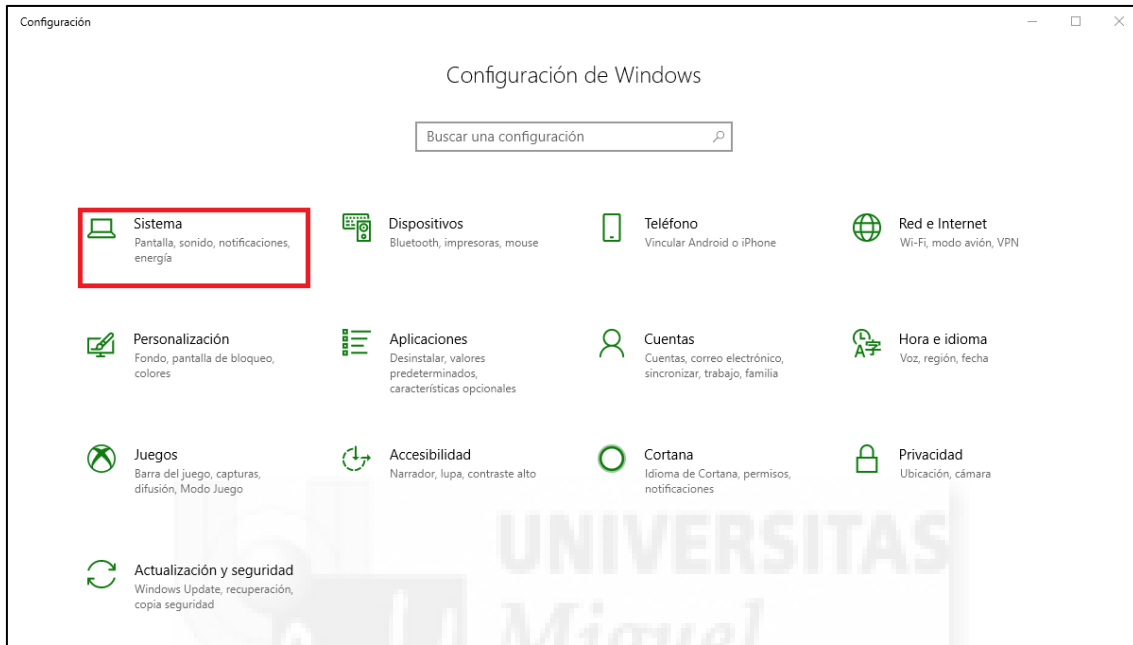


Ilustración 11: Ventana de configuración de Windows 10.

UNIVERSITAS
Miguel Hernández

Dentro de “Sistema”, si no estamos en el apartado de “Pantalla”, haremos clic en “Pantalla”, en el lado izquierdo (1), y vemos el apartado “luz nocturna” (2):

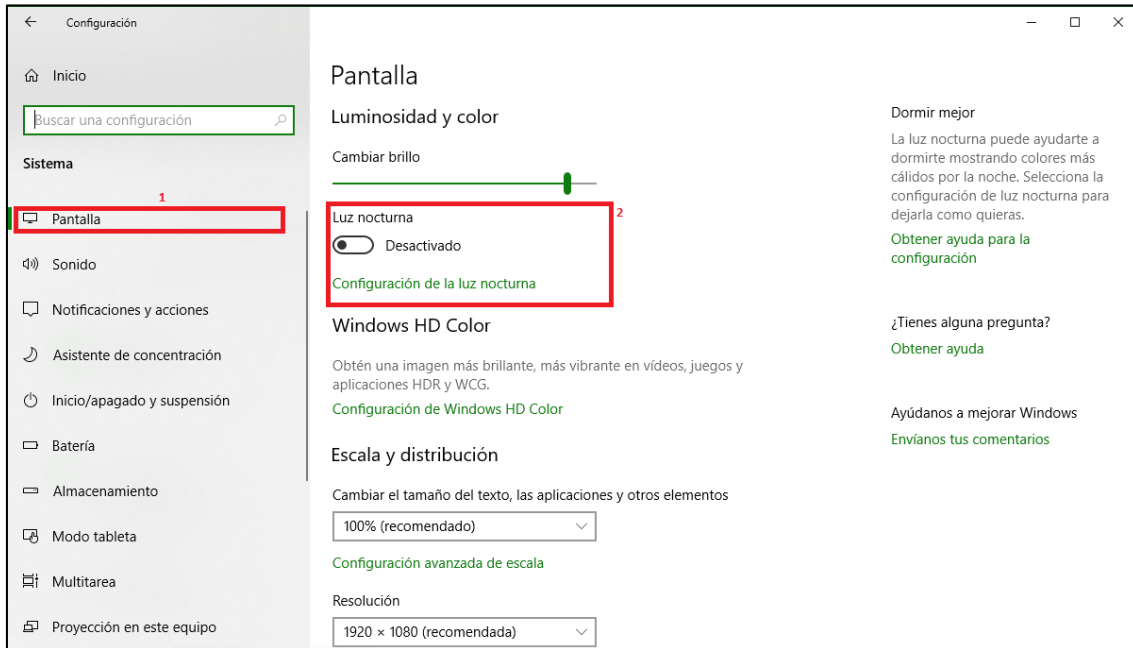


Ilustración 12: Apartado Pantalla en Windows 10.

En este caso esa funcionalidad se encuentra desactivada. Para ver su configuración haremos clic en “Configuración de luz nocturna”, y se desplegarán las opciones de dicha funcionalidad:



Ilustración 13: Configuración de luz nocturna en Windows.

Las opciones permiten, por una parte, activar la funcionalidad en ese momento (haciendo clic en el botón “Activar ahora”), cambiar la tonalidad de la pantalla deslizando el control bajo el rótulo “Temperatura de color de noche” haciéndola más rojiza (desplazando el espectro de luz que desprende hacia el rojo y, por lo tanto, disminuyendo el componente azul) o más blanca (haciendo que la pantalla sea más blanca agregando componente azul a la luz desprendida). Además, permite que el ordenador entre automáticamente en este modo programando esta funcionalidad. Para ello haremos clic en el conmutador que se encuentra bajo el rótulo “Programar luz nocturna”. Si lo hacemos veremos que aparecen las opciones de activación y desactivación nocturna:



Ilustración 14: Activación automática de luz nocturna en Windows.

Nos da la posibilidad de que se active y desactive automáticamente a la hora que le digamos. En este caso se activará automáticamente a las 21:00 horas y se desactivará a las 07:00 horas.

10.2.1.2. Mac OS (39)

En Mac OS la activación del filtro de luz azul se denomina “Night Shift”. De hecho, en la página de Apple relativa a esta característica, se apunta: “Hay estudios que apuntan a que la exposición a la luz azul de una pantalla por la noche puede afectar al ritmo circadiano y hacer que nos cueste conciliar el sueño. Night Shift usa el reloj y la geolocalización de tu ordenador para saber a qué hora se pone el sol en el sitio donde estás. Cuando llega el momento, cambia automáticamente los colores de la pantalla al extremo más cálido del espectro. Y por la mañana, la pantalla vuelve a su ajuste habitual.”.

Night Shift necesita de MacOS Sierra 10.12.4 o posterior, y uno de los ordenadores siguientes:

- Modelos de MacBook de principios de 2015 o posteriores.
- Modelos de MacBook Air de mediados de 2012 o posteriores.
- Modelos de MacBook Pro de mediados de 2012 o posteriores.
- Modelos de Mac mini de finales de 2012 o posteriores.
- Modelos de iMac de finales de 2012 o posteriores.
- Modelos de Mac Pro de finales de 2013 o posteriores.
- Aple LED Cinema Display.
- Apple Thunderbolt Display.
- Pantalla UltraFine 5k de LG.
- Pantalla UltraFine 4k de LG.

Para activar el Night Shift haremos clic en el menú Apple (🍏) → “Preferencias del sistema” y, dentro de éste, en “Pantallas”. En esta pantalla seleccionamos la pestaña “Night Shift”:

Miguel Hernández

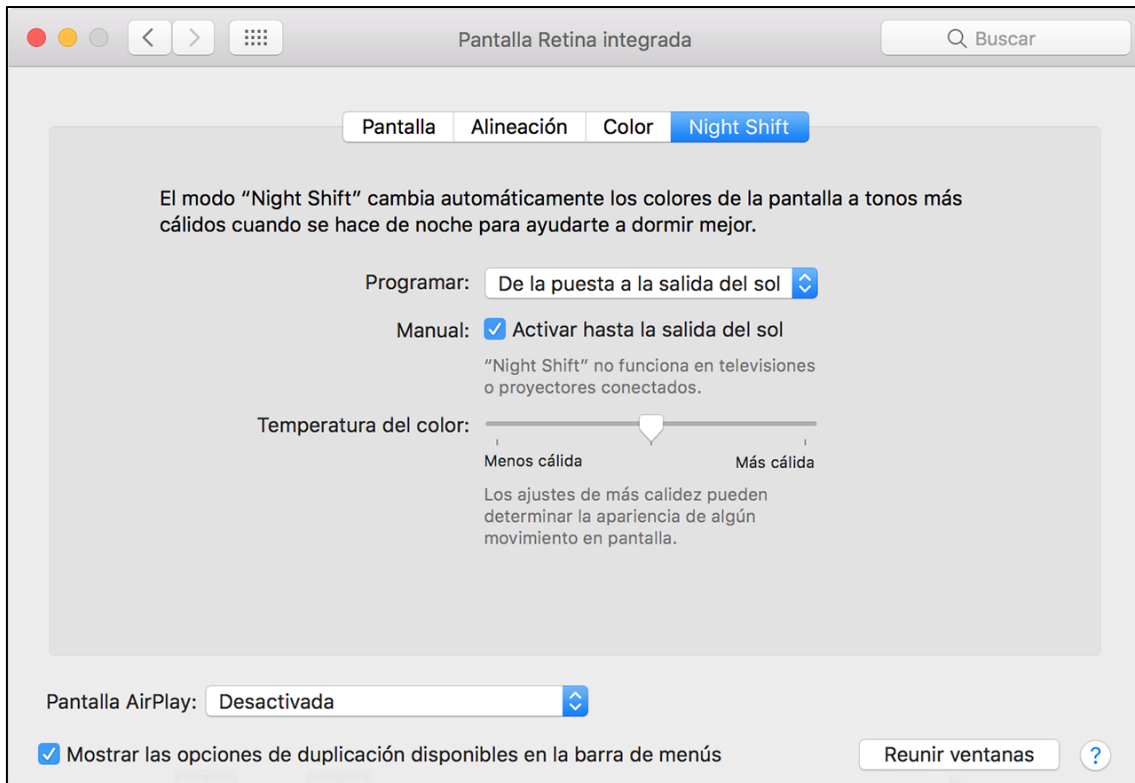


Ilustración 15: Pestaña Night Shift en ordenadores Mac OS.

“Programar” permite que el filtro de luz azul se establezca desde una hora determinada hasta otra hora. Por ejemplo, desde la puesta de sol hasta la salida de sol.

“Manual” permite que el filtro de luz azul se establezca de forma manual, esto es, que sea el usuario quien lo activa (puede establecerse el encendido de forma manual y que la desactivación se realice de forma automática, por ejemplo, a la salida del sol, si se utiliza el modo programado):

- Si Night Shift está desactivado, para activarlo hasta las 7:00 se marcará la casilla. Si se está usando el modo programado Night Shift se desactivará automáticamente a la hora que se ha programado.
- Si está activado se desactivará al desmarcar esta casilla. Si se está usando el modo programado Night Shift se activará de nuevo a la hora establecida en la programación.

“Temperatura del color”: Este regulador permite establecer el color más o menos cálido en el modo Night Shift desplazando el color al amarillo (más cálido) o al azul (menos cálido).

10.2.2. Móviles y tablets

10.2.2.1. Android

Aunque la activación de esta funcionalidad depende de la versión de Android y de la marca, en casi todos se realiza de una forma más o menos similar.

En el caso de un Asus Zenfone 5z accedemos a los ajustes y, dentro del menú, seleccionamos “Pantalla”:

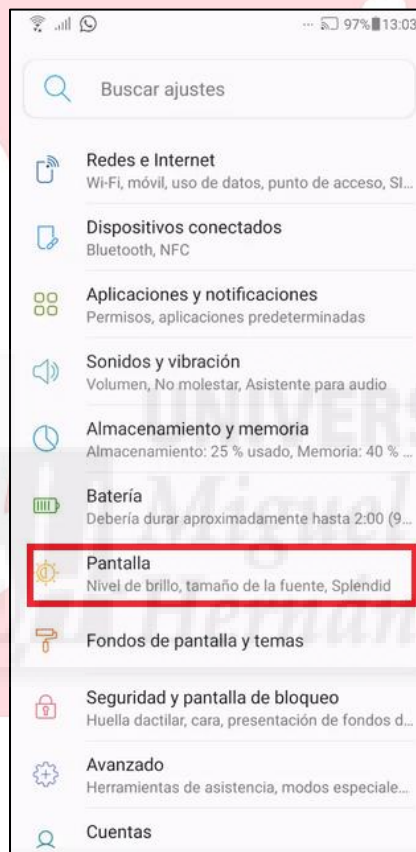


Ilustración 16: Menú de ajustes de un Asus.

UNIVERSITAT
Miguel Hernández

En el submenú de “Pantalla”, en la parte inferior, seleccionamos “Modo de color de la pantalla”:

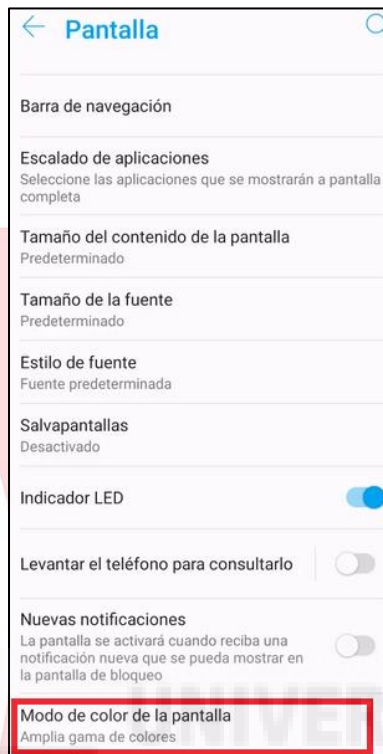


Ilustración 17: Menú Pantalla de un Asus.

Y es en este submenú en el que aparecen todas las opciones del filtro de luz azul:



Ilustración 18: Opciones de filtro de luz azul en dispositivos Asus.

Por una parte, en la zona superior, tenemos una barra deslizante que nos permite modificar la tonalidad de la pantalla (a la izquierda, etiquetado con un “-”, mayor componente de luz azul, y a la derecha, etiquetado con un “+”, menor componente de luz azul).

Justo debajo, etiquetado con “Activar ahora”, nos permite activar el filtro de luz azul.

También se nos permite que se active y desactive de forma automática, en la opción inferior, pudiendo seleccionar la hora en la que se active de forma automática, así como la hora en que se desactive.

En el caso de un Samsung Galaxy S9, dentro de “Ajustes”, seleccionamos el apartado “Pantalla”:

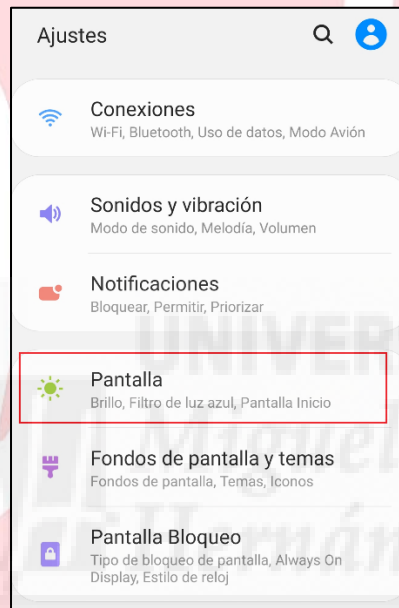


Ilustración 19: Menú de Ajustes de un Samsung Galaxy S9.

UNIVERSITAS
Miguel Hernández

En el submenú de “Pantalla” vemos la opción de “Filtro de luz azul”:

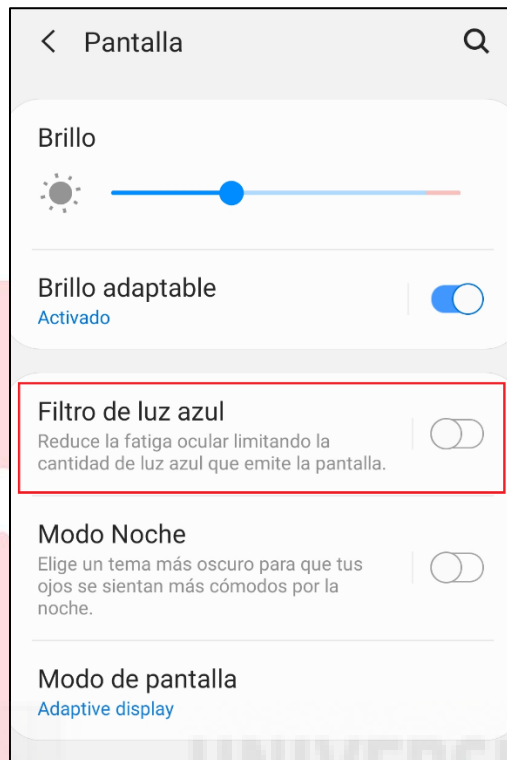


Ilustración 20: Menú Pantalla de un Samsung S9.

Si accedemos a dicha opción:

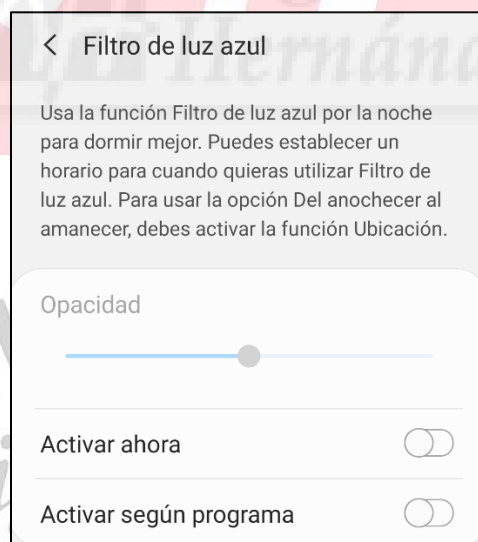


Ilustración 21: Filtro de luz azul en un Samsung S9.

Vemos las opciones existentes para esta funcionalidad. Por una parte, la barra deslizante con la etiqueta “Opacidad” nos permite indicar la cantidad de luz azul filtrada. Si ponemos la barra deslizante a la izquierda no eliminamos componente azul de la pantalla, y si ponemos la barra deslizante a la derecha estaremos haciendo que la

pantalla se torne anaranjada dado que estaremos haciendo que se elimine mucho componente azul.

La opción “Activar ahora” permite activar el componente azul en este momento.

La opción “Activar según programa” permite que se active y desactive de forma automática. Activar esta opción hace que se accedan a otras opciones:

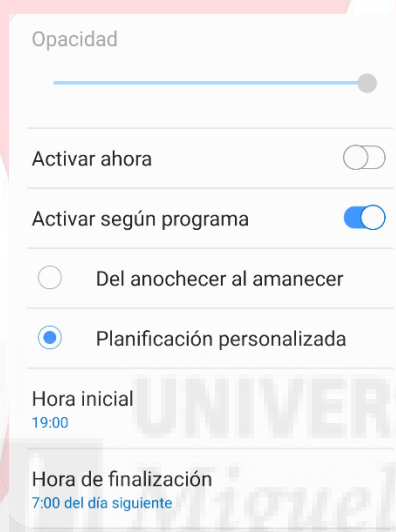


Ilustración 22: Opciones de programación del filtro de luz azul en el Samsung S9.

La opción “Del anochecer al amanecer” permite que se active de forma automática desde que se pone el sol hasta que sale al día siguiente. Esta opción requiere que esté activada la ubicación para que el teléfono determine la hora en la que el sol sale y se pone.

La opción “Planificación personalizada” permite establecer, de forma manual, la hora en la que se activa esta opción y la hora en la que dicha opción se deshabilitará.

10.2.2.2. iPhone (40)

Al igual que en el Mac OS, en los iPhone esta funcionalidad se denomina “Night Shift”. Esta funcionalidad está disponible en los siguientes modelos:

- iPhone 5s o modelos posteriores.
- iPad Pro.
- iPad (5ª generación y modelos posteriores).
- iPad Air o modelos posteriores.
- iPad mini 2 o modelos posteriores.
- iPod touch (6ª generación).

En estos móviles puede accederse a esta funcionalidad de dos formas:

- Desde el “Centro de Control”.
 - En el Centro de Control pulsamos y lo mantenemos pulsado el control del brillo hasta que cambie la pantalla:



Ilustración 23: Control de brillo en iPhones.

- En la pantalla de selección del nivel de brillo pulsamos sobre el icono inferior izquierdo que tiene el título “Night Shift”. Si Night Shift está activado (debajo del título “Night Shift” pondrá “Sí” y el icono tendrá color amarillo), al pulsarlo se desactivará, y si está activado (pondrá “No” y el icono tendrá color oscuro) se desactivará al pulsar dicho icono.



Ilustración 24: Activación o desactivación de Night Shift desde el control de brillo en iPhones.

- A través de la pantalla “Ajustes”:
 - Accedemos a “Ajustes” y seleccionamos el submenú “Pantalla y brillo”:

UNIVERSITAS
Miguel Hernández



Ilustración 25: Menú pantalla y brillo de los ajustes de un iPhone.

UNIVERSITAS
Miguel
Hernández

UNIVERSITAS
Miguel Hernández

- Hacemos clic en “Night Shift”:



Ilustración 26: Opciones de Night Shift en un iPhone.

- Tenemos las mismas opciones que en Mac OS, es decir:
 - “Programado” permite que el filtro de luz azul se establezca desde una hora determinada hasta otra hora.
 - “Activar manualmente hasta mañana” permite que el filtro de luz azul se establezca de forma manual, esto es, que sea el usuario quien lo activa (puede establecerse el encendido de forma manual y que la desactivación se realice de forma automática, por ejemplo, a la salida del sol, si se utiliza el modo programado):
 - Si Night Shift está desactivado, para activarlo hasta las 7:00 se marcará la casilla. Si se está usando el modo programado Night Shift se desactivará automáticamente a la hora que se ha programado.
 - Si está activado se desactivará al desmarcar esta casilla. Si se está usando el modo programado Night Shift se activará de nuevo a la hora establecida en la programación.
 - “Temperatura del color”: Este regulador permite establecer el color más o menos cálido en el modo Night Shift desplazando el color al amarillo (más cálido) o al azul (menos cálido).