



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE CIENCIAS

Grado en Óptica y Optometría

MEMORIA TRABAJO FIN DE GRADO TITULADO

Comprobación experimental de la protección de productos
comerciales ante la radiación electromagnética azul

Presentado por Nerea Chimeno Zamorano

Tutelado por David Mateos y Ramiro González

Tipo de TFG: Revisión Investigación

En Valladolid, a 23 de abril de 2022

CONTENIDO

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. ESPECTRO VISIBLE	2
1.2. LUZ AZUL	3
1.2.1. BENEFICIOS DE LA LUZ AZUL.....	3
1.2.2. RIESGOS DE LA LUZ AZUL.....	4
1.3. OBJETIVOS.....	4
2. MATERIAL Y MÉTODO.....	5
2.1. MATERIAL.....	5
2.2. MÉTODO.....	9
3. RESULTADOS.....	11
3.1. MEDIDA INICIAL DE “OFFSET”.....	11
3.2. MEDIDA CON LENTES DE FILTRO AZUL	11
3.3. MEDIDA CON CREMAS DE FILTRO AZUL.....	12
3.3.1. USO DE DOS PLACAS DE CRISTAL	12
3.3.2. USO DE UNA PLACA DE CRISTAL	13
3.4. MEDIDAS CON CREMA SOLAR.....	16
4. DISCUSIÓN.....	17
CONCLUSIONES.....	18
BIBLIOGRAFÍA.....	19

RESUMEN

De todo el espectro electromagnético visible, la luz azul solo comprende un pequeño rango que va desde los 380 hasta los 475 nm aproximadamente. Dicha luz es emitida principalmente por el Sol, aunque también se puede recibir por parte de dispositivos electrónicos e iluminación artificial. Esta última puede llegar a ser dañina y generar ciertos problemas en la visión si nos exponemos a ella de manera prolongada, lo que últimamente ha supuesto más problemas debido a los cambios en los sistemas de iluminación y en los nuevos hábitos de vida. En este trabajo se comprueba la eficacia que tienen los distintos filtros de luz azul aplicados, tanto en forma de lentes oftálmicas como en forma de cremas protectoras, midiendo su transmitancia espectral. Se pretende comprobar si poseen las características que afirman tener. Además, se compara la actuación de dichas cremas con la de las cremas solares convencionales en el rango del ultravioleta, para estudiar si el rango de efectividad es el mismo.

ABSTRACT

Blue light spans between 380 and 475 nm of the entire electromagnetic spectrum. This light is mainly emitted by the Sun, although we can also receive it from electronic devices and artificial illumination. The last one can cause certain vision problems if we are exposed for a long time, which has recently caused more problems due to changes in illumination systems and new lifestyle habits. In this work we check the effectiveness of the different applied blue light filters, both in the form of ophthalmic lenses and in the form of creams, by means of experimental spectral transmittances. We can check if the creams have the offered protection against blue light. In addition, we compare the performance of these creams with that of conventional sunscreens in the ultraviolet range, to study if the range of effectiveness is the same.

1. INTRODUCCIÓN.

La luz azul es solo una pequeña parte de todo el espectro de luz que existe. Para poder hablar sobre ella, primero se debe tener un concepto general tanto de donde proviene como de donde se puede encontrar.

1.1. ESPECTRO VISIBLE

De todo el espectro de radiación electromagnética que existe, el ojo humano solo puede percibir una parte concreta a la cual llamamos espectro visible u óptico de luz [1,2], tal como se muestra en la Figura 1. Las ondas que emite este espectro son las que componen la luz visible. En relación con la energía y la frecuencia de las señales que emiten dichas ondas existe la longitud de onda de la luz, que es la que determina los colores que percibimos. Para cada color se ha establecido una longitud de onda diferente, aunque algunos como el blanco y el negro se entienden más como saturación o ausencia de la luz. El espectro de luz visible comprende una longitud de onda que va desde los 400 hasta los 700 nm aproximadamente. Fuera de este rango el ojo humano no percibe ningún color, tanto por debajo de 400 nm (donde se tendría la luz ultravioleta) como por encima de los 700 nm (donde estaría la luz infrarroja). Cuando se mezclan muchas longitudes de onda dentro del rango visible se obtiene la “luz blanca” y en torno a un 25% de esta es la que se corresponde con la luz azul.

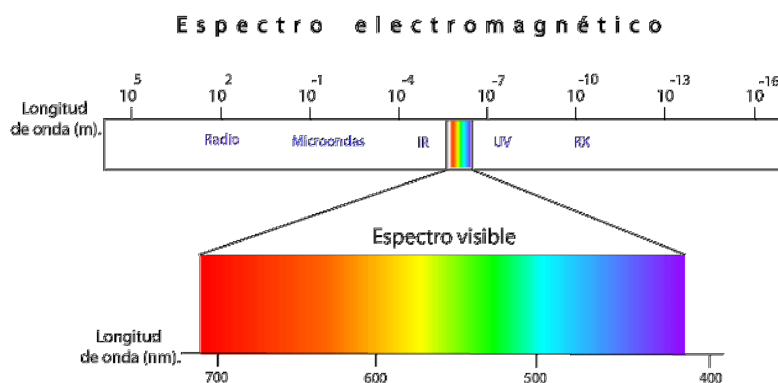


Figura 1: Espectro electromagnético y espectro visible. Imagen extraída de la página <https://images.app.goo.gl/XG57jGNSL7pdSMYH6>

1.2. LUZ AZUL

Como se ha mencionado, la luz azul [3] es uno de los componentes de la luz visible y ocupa un rango de longitud de onda que abarca desde los 380 hasta los 475 nm aproximadamente. Es emitida tanto por fuentes naturales (cuando proviene por ejemplo de el Sol) como por fuentes artificiales (cuando proviene de dispositivos electrónicos), siendo estas últimas las que mayor porcentaje de luz azul contienen.

Existen diferentes tipos de luz azul según la energía de las radiaciones. Las más energéticas son las que se corresponden con una luz azul más extrema y se encuentran más cerca de la luz ultravioleta (tienen longitudes de onda más cortas). En cambio, las menos energéticas se asemejan más a una luz azul turquesa (sus longitudes de onda son más largas). Dependiendo de a cuál nos exponamos, existen una serie de beneficios y riesgos.

1.2.1. BENEFICIOS DE LA LUZ AZUL

Con la que más beneficios [3] se obtiene es la que tiene una longitud de onda más larga, es decir, la luz azul turquesa. Por lo general, la luz azul natural suele ser de este tipo.

- Con ella el cerebro es capaz de intervenir de mejor forma en la relación entre el ritmo biológico del cuerpo y los ritmos naturales obteniendo así un correcto ritmo circadiano y, por tanto, una mejora en el sueño.
- Interviene en el estado de ánimo, haciendo que las personas estén más felices y activas y por tanto se mejore la atención, el rendimiento y el aprendizaje estimulando la memoria y la función cognitiva.
- Ayuda a la protección ocular frente al sol gracias a que provoca constricción pupilar.
- En algunos artículos [4] existen evidencias de que una prolongada exposición ante este tipo de luz puede ayudar a frenar la miopía. Debido a esto se suele recomendar a personas miopes realizar más actividades al aire libre, sobre todo si son jóvenes.

1.2.2. RIESGOS DE LA LUZ AZUL.

Por el contrario, existen unos riesgos asociados a la luz azul que tiene una longitud de onda más corta y que se asemeja más a la luz ultravioleta. La luz artificial emitida por las fuentes digitales es de este tipo y si nos exponemos a ella de manera prolongada [5], se puede aumentar el riesgo de daño ocular. Además, puede llegar a generar otras complicaciones:

- Hace que se incremente notablemente la fatiga visual.
- Altera el ritmo circadiano del cuerpo, haciendo que se tengan más problemas a la hora de coger el sueño.
- Ante una elevada exposición a la luz azul emitida por pantallas se reduce la producción de la hormona que inicia el proceso del sueño (melatonina) por lo que no se recomienda el uso de dispositivos electrónicos antes de dormir.
- Aumenta el riesgo de tener degeneración macular asociada a la edad (DMAE) [6], la cual es un trastorno ocular que destruye de forma lenta la parte central de la visión y, por tanto, reduce la agudeza visual.
- Hace que los ojos tengan que realizar un mayor esfuerzo para enfocar, por lo que la exposición a este tipo de luz puede inducir dolores de cabeza, cansancio ocular, enrojecimiento y sequedad de los ojos.
- Según estudios [4] el exceso de bloqueo de la luz azul-violeta visible puede llegar a causar un aumento de la progresión de la miopía, por lo que se recomienda pasar el mayor tiempo posible expuestos a la luz natural de el Sol.

1.3. OBJETIVOS

Este trabajo tiene como finalidad estudiar el funcionamiento de los filtros de luz azul en forma de distintos tratamientos oftálmicos, bien aplicados a lentes oftálmicas o bien en forma de cremas protectoras, centrándonos fundamentalmente en estas últimas. Para ello, se realizarán medidas experimentales de transmitancia espectral. Analizando los resultados en la zona de la radiación azul se podrá determinar el grado de eficacia de los filtros aplicados.

2. MATERIAL Y MÉTODO.

2.1. MATERIAL.

Para evitar algunos de los riesgos descritos anteriormente y proteger a los ojos mediante la reducción de la cantidad de luz azul que les llega al utilizar pantallas, existen los llamados filtros de luz azul [7]. Suelen utilizarse en forma de tratamiento aplicado a las lentes oftálmicas, por lo que se tiene la ventaja de adaptar dichos filtros a la graduación de cada persona, tenga o no. Además, últimamente se ha descubierto que existen otro tipo de tratamientos en forma de crema para proteger no solo los ojos, sino también el cuerpo contra este tipo de luz. En este trabajo, se estudiará como de efectivos son los filtros de luz azul tanto en forma de lentes oftálmicas como en forma de tratamiento aplicando dichas cremas sobre las propias lentes.

• ESPECTRORADIÓMETRO “LI-COR”

El espectroradiómetro LI-COR [8] es un dispositivo con el que se puede medir la radiación espectral o irradiación en diferentes rangos espectrales. Es decir, con ellos se explora las diferentes regiones del espectro de luz obteniendo así representaciones de la amplitud en función de que longitud de onda tenga el espectro. La radiación espectral es medida en vatios por metro cuadrado por nanómetro. Cuentan con un sistema de medición óptica objetiva (Figuras 2 y 3) que puede medir la luz desde los 380 hasta los 780 nm aproximadamente. Gracias a su alta precisión, estos instrumentos son usados como referencia en muchos laboratorios de investigación. Con ellos se puede conseguir rápidos resultados incluso en condiciones reales mediante la eliminación del ruido tanto eléctrico como mecánico.

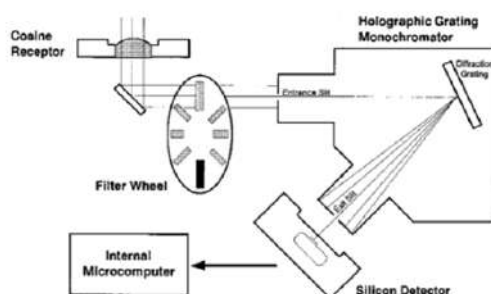


Figura 2: Esquema de la estructura interna del espectroradiómetro LI-COR. Imagen extraída de la página <https://licor.app.boxenterprise.net/s/k8mr6zd0h6bjndwmqn6h>



Figura 3: Estructura interna real del espectroradiómetro LI-COR

• FUENTE DE ILUMINACIÓN

En este caso se utilizará una lámpara FEL incandescente de 1000W (Figuras 4a y 4b), la cual es una fuente de iluminación que produce luz artificial. Funciona pasando la corriente eléctrica por un conductor eléctrico, llamado filamento, hasta que este se calienta y adquiere una luz amarillenta intensa. El filamento está encerrado en un bulbo de vidrio para protegerle de la oxidación. Hay que tener mucho cuidado en la instalación de esta lámpara [8] ya que su colocación es crítica. Además, para que el ciclo regenerativo halógeno de la lámpara funcione correctamente la lámpara debe funcionar a una temperatura muy alta.

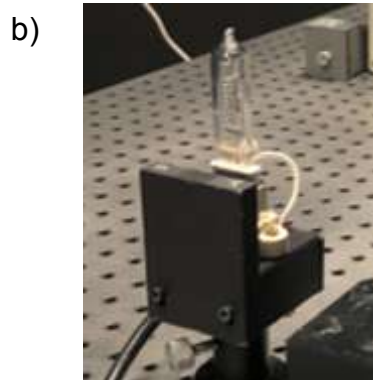
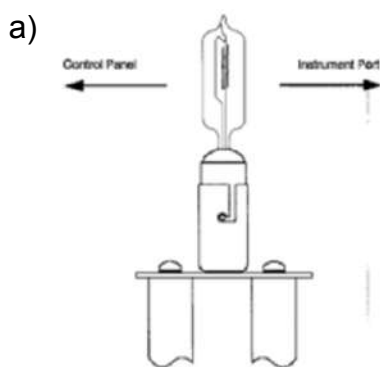


Figura 4: a) Esquema de la estructura de la fuente de iluminación. Imagen extraída de la página <https://licor.app.boxenterprise.net/s/k8mr6zd0h6bjndwmqn6h>. b) Fuente de iluminación real

• SOPORTES DE LENTES Y PLACAS

Los soportes (Figura 5a) servirán para sostener las placas y las lentes oftálmicas que se utilicen en una posición fija. Así nos aseguramos de que no hay cambios de posición ni desalineamiento mientras se realizan las medidas.

- **PLACAS DE CRISTAL**

Placas finas de vidrio (Figura 5b) sobre las que se dispondrán las diferentes cremas. Estas se colocarán en los soportes correctamente ancladas para realizar las medidas correspondientes.

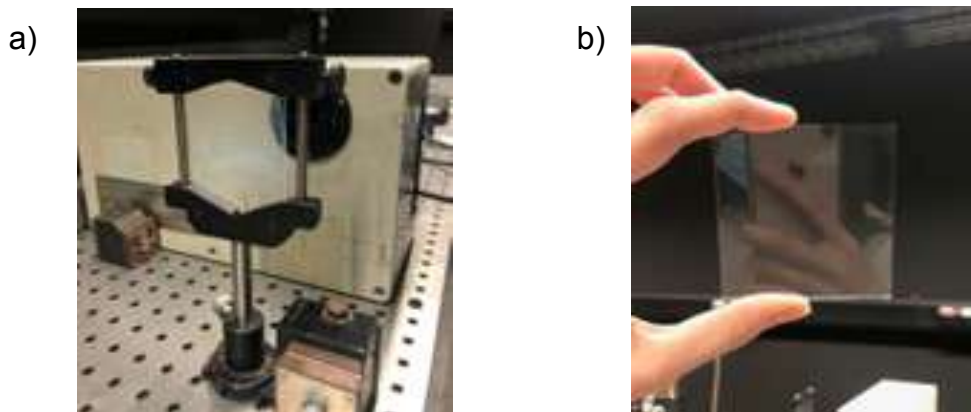


Figura 5: a) Soporte de lentes y placas b) Placa de cristal

- **LENTE OFTÁLMICA CON FILTRO DE LUZ AZUL**

Son lentes diseñadas específicamente para reducir la cantidad de luz azul que llega al ojo mediante el filtrado de esta. De esta forma se consigue una mejora tanto en la salud como en la agudeza visual. En este caso, se utilizará una lente de polímero sin graduación conocida como “Blue Zero” de la marca “Shamir” [9] (Figura 6). A pesar de tener integrado el filtro de luz azul, no se ven los reflejos residuales azules típicos, si no que es una lente transparente. También se colocará esta lente anclada de forma correcta y centrada en los soportes anteriormente descritos para realizar las medidas correspondientes.



Figura 6: Lente “Blue Zero” de la marca “Shamir”

- **CREMAS CON FILTRO DE LUZ AZUL**

Cremas de textura ligera que se aplican sobre la piel y proporcionan protección ante la luz azul de las pantallas y las radiaciones electromagnéticas de aparatos electrónicos, según su prospecto. Previenen el envejecimiento de la piel causado por la exposición a este tipo de luz y sirven de protección contra los posibles agentes externos. En este trabajo, se utilizarán dos cremas diferentes para contrastar resultados. La primera de ellas, llamada “Skin Defender” de la marca “Tempo Control” (Figura 7a) y la segunda, llamada “Protect your skin” de la marca “Nation of strong” (Figura 7b).

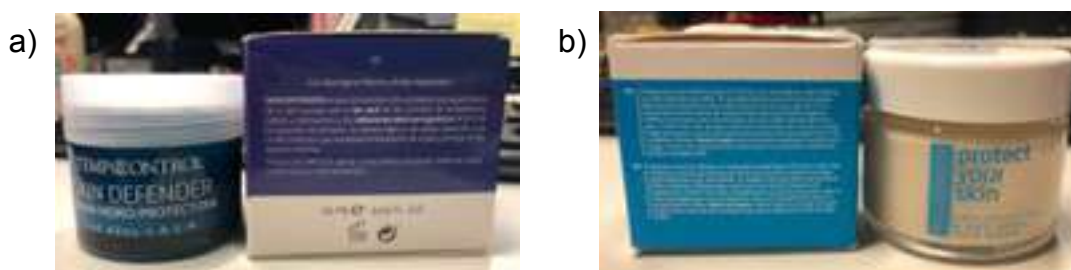


Figura 7: a) Crema con filtro azul “Skin Defender” de la marca “Tempo Control” b) Crema con filtro azul “Protect your skin” de la marca “Nation of Strong”

- **CREMA SOLAR**

Crema solar de uso convencional llamada “Delial Ambre Solaire” de la marca “Garnier” (Figura 8) que se usará para medir la transmitancia de la luz UV al ser aplicada.



Figura 8: Crema solar “Delial Ambre Solaire” de la marca “Garnier”

2.2. MÉTODO

Una vez conseguidos los materiales necesarios se procede a realizar el montaje, colocando los elementos en el banco óptico de manera correcta para poder realizar las medidas. A un lado del banco, se coloca la fuente de iluminación. Se dispone la lámpara con cuidado sobre su soporte correspondiente y se fija al banco para bloquear su posición. A unos 40 cm, se coloca el espectroradiómetro LI-COR. Esta distancia de separación ha sido elegida porque es a la que las personas suelen utilizar sus dispositivos electrónicos habitualmente. A unos pocos centímetros por delante de la lente del espectroradiómetro se sitúa el soporte de placas y lentes anclándolo también al banco. Una vez colocados los elementos, se ajusta en altura tanto la fuente de iluminación como el soporte de lentes para que queden en el mismo eje óptico que la lente del espectroradiómetro. Esto es posible gracias a que ambos soportes se pueden regular. Finalmente se comprueba la alineación de todos los componentes realizando los cambios necesarios para ello. Es muy importante que ninguno de estos elementos sufra variaciones tanto de posición como de altura a lo largo de la toma de medidas. De ser así, los valores se verían afectados y los resultados no podrían ser contrastados unos con otros.

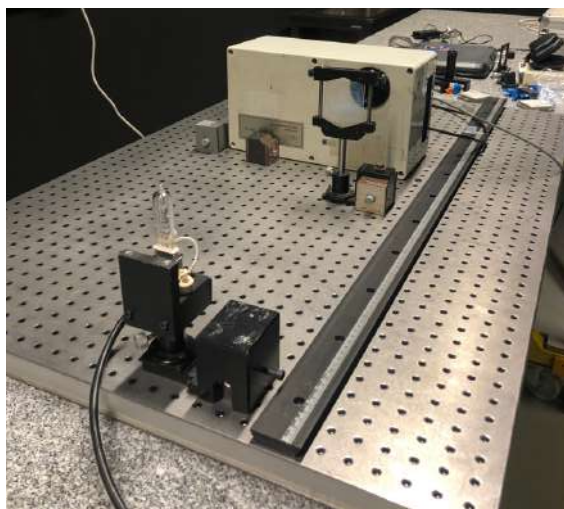


Figura 12: Montaje experimental del sistema de medición

Cuando todo el sistema está correctamente montado y alineado (como se muestra en la Figura 12), se procede a preparar la toma de medidas. Para ello es necesario eliminar la luz ambiente (laboratorio oscuro) para que al LI-COR solo le puede llegar radiación de la lámpara utilizada. A continuación, se conecta la fuente de iluminación. Hay que tener cuidado con esta luz ya que puede resultar dañina para los ojos, por lo que se utilizará en todo momento unas gafas especiales como protección.

Las medidas de las transmitancias (T) (Figura 13) se realizaron siguiendo un procedimiento común para todas ellas. Primero se midió un espectro de referencia proveniente de la fuente de iluminación colocando únicamente una placa de cristal limpia (I0). A continuación, se colocan las placas con la crema de filtro azul a medir en el soporte, obteniendo otro espectro (I). Una vez medidos ambos espectros, se calcula la transmitancia mediante la fórmula $T=I/I_0$ y su porcentaje correspondiente mediante $T\%=I/I_0 \times 100$. Finalmente se representan en una gráfica para poder valorar y comparar los resultados.



Figura 13: Montaje experimental del sistema durante la toma de medidas

Una de las primeras medidas que se hacen es la de la lente oftálmica con filtro de luz azul “Blue Zero” de “Shamir” para comprobar si los resultados son fiables. Una vez se realicen las medidas y los resultados sean analizados se podrá saber si la metodología es correcta y utilizarla para continuar con otro tipo de medidas más complejas como es la transmitancia de las cremas.

3. RESULTADOS

2.3. MEDIDA INICIAL DE “OFFSET”

La primera medida que se realizó fue una medida inicial de “offset”. Este es el valor más bajo que se encuentra en la medición en condiciones de oscuridad total, correspondiente al ruido tanto eléctrico como mecánico que pueda tener el espectroradiómetro. Dicho valor tiene que ser restado de cada medida que se haga posteriormente. Cabe destacar que en este trabajo no se realiza dicha corrección debido a los valores tan bajos que se obtenían, pero sí que fue medido y analizado en todo momento.

2.4. MEDIDA CON LENTES DE FILTRO AZUL

Se comenzó midiendo la transmitancia de la lente de filtro azul “Blue Zero” de la marca “Shamir”. Para ello lo primero que se hizo fue tomar una medida inicial de referencia. Una vez tomada esta medida, se realiza otra incorporando al montaje la lente con filtro azul. Con los datos obtenidos se calcula la transmitancia resultante y se genera una gráfica (Figura 14) para analizar los resultados.

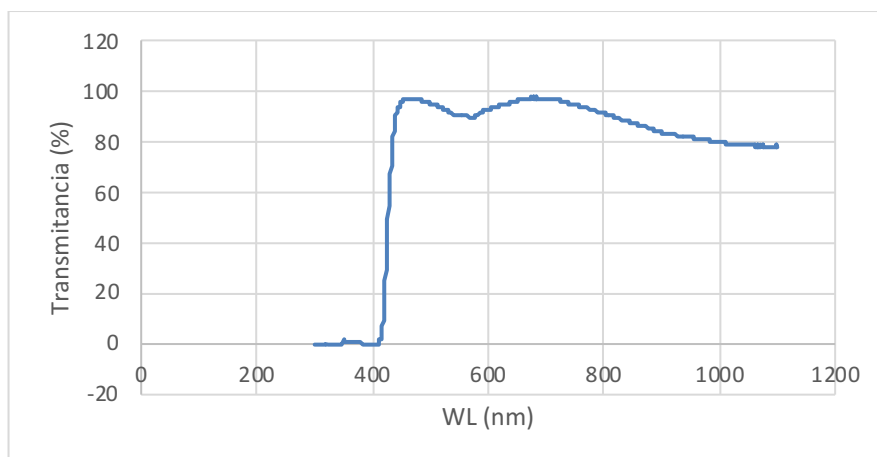


Figura 14: Transmitancia de la lente “Blue Zero” de “Shamir”

Como se puede ver la transmitancia del rango espectral correspondiente a la luz azul se ve bastante reducida con respecto al resto del espectro visible, de hecho, todo el rango espectral de radiación ultravioleta es bloqueado por completo, y la lente comienza a mostrar valores de transmitancia distintos de cero por encima de los 400 nm. Por lo tanto, tiene bastante eficacia para la reducción de las longitudes de onda más cortas.

Una vez visto que los resultados obtenidos de medir la transmitancia de una lente oftálmica son fiables, podemos garantizar que la metodología que se está utilizando en este trabajo es correcta. Por lo tanto, lo siguiente que se hará será utilizar esta metodología a la hora de medir el comportamiento de distintas cremas.

2.5. MEDIDA CON CREMAS DE FILTRO AZUL

A la hora de medir las transmitancias de las cremas de filtro azul surgieron varias dudas sobre cómo se podría hacer mejor y de forma más correcta.

2.5.1. USO DE DOS PLACAS DE CRISTAL

Empezamos con la idea de aplicar una gota de crema en una de las placas y aplastarla con ayuda de otra para que esta se distribuyera uniformemente sobre la superficie. En este caso se utilizó como prueba la crema “Skin Defender” de “Tempo Control”. Antes de esto fue tomada también una medida inicial con dos placas unidas, pero sin crema entre medias para tener un valor de referencia. Una vez tomadas estas dos medidas se calculó la transmitancia y se realizó la gráfica correspondiente (Figura 15).

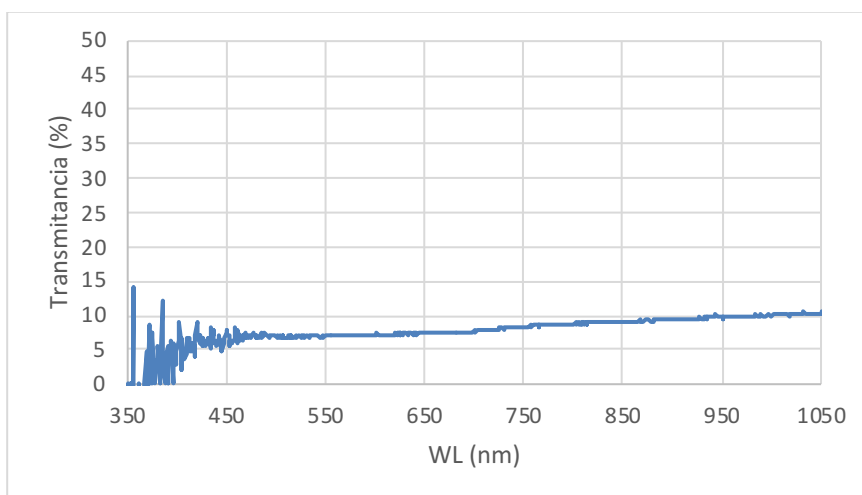


Figura 15: Transmitancia de la crema “Skin Defender” de “Tempo Control” con 2 placas

El problema de proceder de esta forma es que el espectro de luz tiene que atravesar una superficie bastante opaca (el sistema de placas más la crema resultaba un poco translúcido). Por lo tanto, el hecho de tener menor transmitancia podría deberse a este factor y no al efecto de la crema en sí.

2.5.2. USO DE UNA PLACA DE CRISTAL

Debido a los resultados anteriores se mide la transmitancia de la misma crema, pero esta vez aplicada únicamente sobre 1 placa para comparar y analizar los resultados. Intentamos esparcir la crema de la forma lo más uniforme posible, intentando simular la aplicación de la crema sobre la piel humana. Los resultados de dicha transmitancia se muestran en la Figura 16.

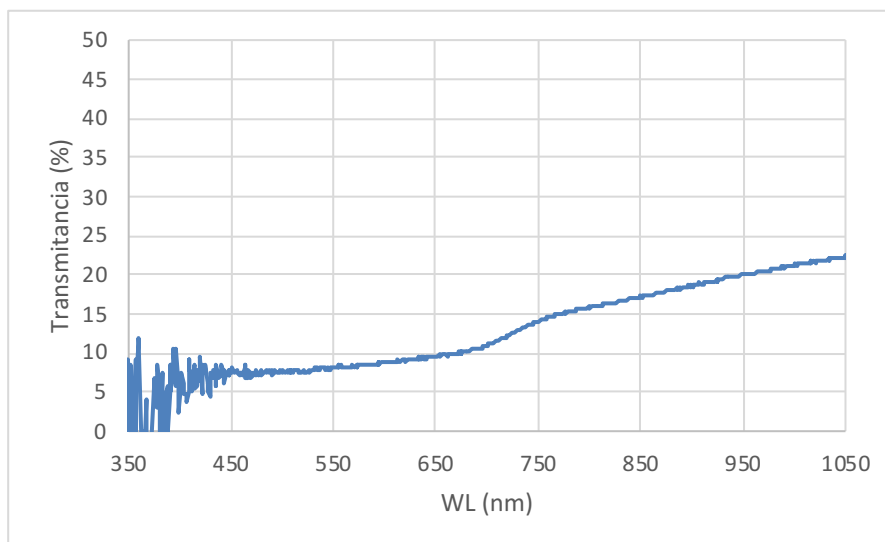


Figura 16: Transmitancia de la crema “Skin Defender” de “Tempo Control” con 1 placa

Como se puede ver en las Figuras 15 y 16, no existe mucha diferencia entre utilizar una o dos placas ya que la variación de transmitancia es mínima en todo el espectro visible. Sin embargo, al obtener unos resultados más aceptables con una placa que con dos se decidió utilizar solo una durante el resto del trabajo. Esto nos pareció la manera más correcta y natural de medir el paso de la luz a través de las cremas.

Se comenzó con la medición de la primera crema llamada **“Protect your skin”** de la marca **“Nation of strong”**. Primero fue tomada una medida inicial de referencia con una placa de cristal transparente y después se distribuye sobre ella una pequeña película de crema con el dedo, hasta que queda de forma más o menos uniforme por toda la superficie. Con ella volvemos a realizar una nueva medida. Este procedimiento fue repetido un total de 5 veces, utilizando una nueva placa en cada medida. Una vez que se obtuvieron todos los datos, fueron calculadas las transmitancias de cada medición y se representaron en una gráfica (Figura 17) con el fin de comparar los resultados.

Chimeno N. Comprobación experimental de la protección de productos comerciales ante la radiación electromagnética azul.

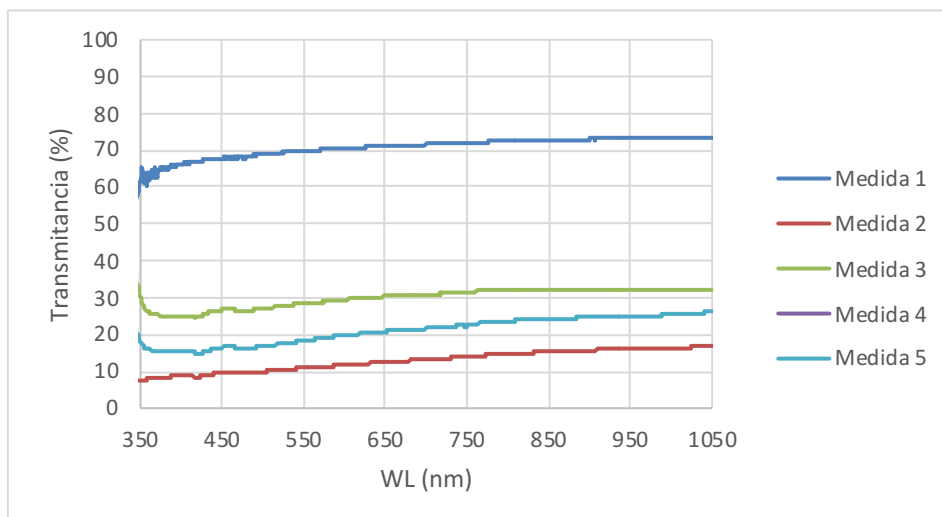


Figura 17: Transmitancia de las 5 medidas tomadas con la crema “Protect your Skin” de “Nation of strong”

Repetimos el mismo proceso con la segunda crema llamada **“Skin Defender”** de la marca **“Tempo Control”**. Sin embargo, en este caso fue utilizada una sola medida de referencia para las 3 medidas que se llevaron a cabo, esto se debe a que las tomas iniciales no distaban mucho entre sí. Se calcularon las transmitancias de cada una de las medidas y fueron representadas en una gráfica (Figura 18) para comprobar los resultados.

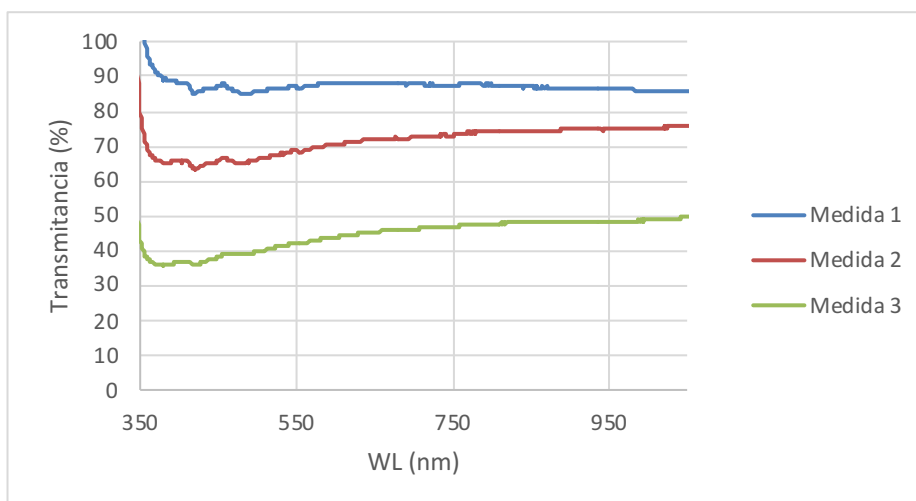


Figura 18: Transmitancia de las 3 medidas tomadas con la crema “Skin defender” de “Tempo Control”

Como se puede ver en las Figuras 17 y 18, las variaciones de transmitancia entre las medidas tomadas en el rango espectral de la luz azul varían muy poco tanto en una crema como en otra.

Otro de los problemas que surgieron en esta parte del trabajo fue que no se tuvo en cuenta la cantidad de crema dispuesta sobre las placas. Por lo tanto, no se sabía si los resultados podrían variar en base a si se aplicaba más o menos crema. Como solución a esto, intentamos aplicar la mínima cantidad posible en cada una de las pruebas siguientes. De esta forma se vería si los resultados variaban con respecto a los tomados anteriormente.

Además, nos dimos cuenta de que la transmitancia podría verse modificada según cuando fuera aplicada la crema. Es decir, las medidas podrían variar dependiendo de si se acababa de disponer la crema sobre la placa o si había pasado un tiempo desde entonces. Para comprobar esto se tomó una secuencia de dos medidas separadas 5 minutos entre ellas. Para las dos cremas a estudio, se han representados los cocientes de las señales medidas después del intervalo de tiempo indicado. Los resultados se muestran en la Figura 19. Como puede verse, no se aprecia variación significativa en la señal obtenida a través de la crema después de los 5 minutos de espera.

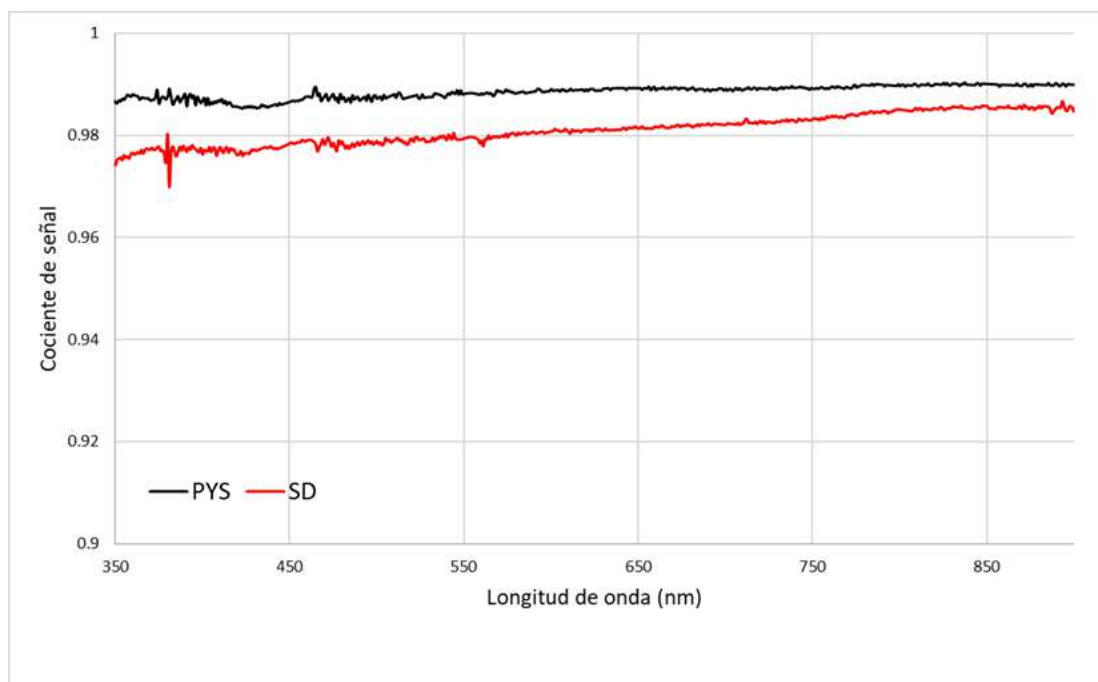


Figura 19: Cociente de dos medidas consecutivas separadas 5 minutos para las cremas “Protect your Skin” (PYS, en negro) y “Skin Defender” (SD, en rojo)

2.6. MEDIDAS CON CREMA SOLAR

Para ver la efectividad que tienen las cremas de filtro azul en cuanto a absorción de luz se refiere, se compara con la luz ultravioleta que es capaz de filtrar una crema solar de uso habitual. En este caso fue utilizada la crema “Delial” de “Garnier”. Lo primero que se hace es tomar una medida inicial de referencia con una placa de cristal limpia. Después, sobre ella, se aplica una cantidad mínima de esta crema solar y se realiza la medida. Posteriormente sobre otra placa también limpia fue aplicada la misma crema, pero en una proporción mayor para ver si hay variaciones. Una vez hecho esto se calculan las transmitancias correspondientes, las cuales se pueden ver en la Figura 21.

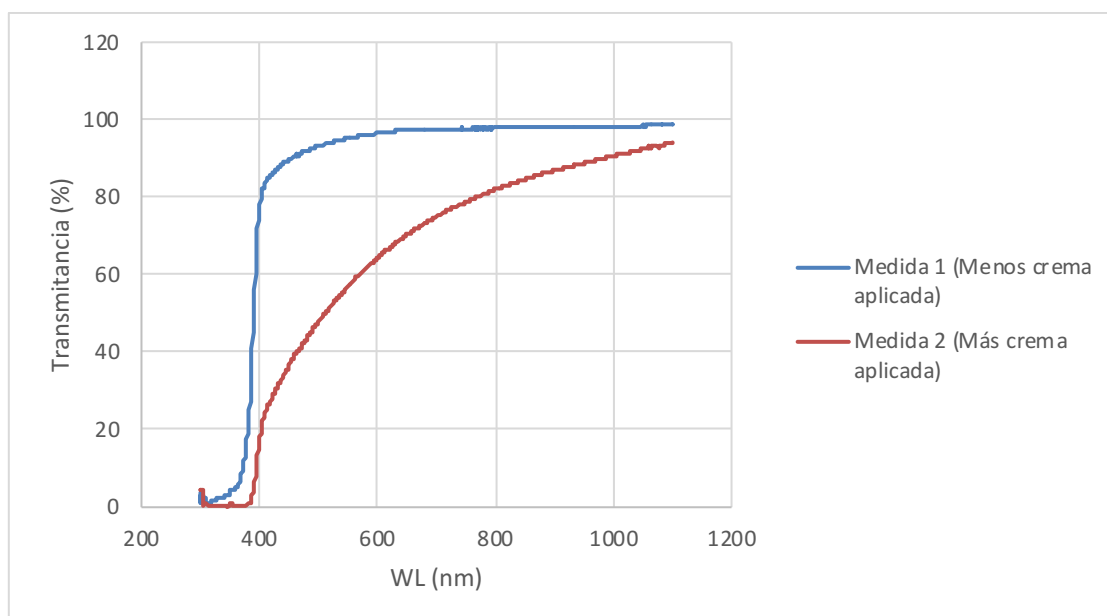


Figura 21: Transmitancia de las 2 medidas tomadas con la crema “Delial” de “Garnier”

Como se puede comprobar con respecto al valor de referencia inicial, la crema solar utilizada tiene un gran porcentaje de absorción de luz ultravioleta. A diferencia del poco efecto que tienen las cremas de filtro azul respecto al suyo. Es de destacar como los valores de la transmitancia espectral se mantienen cercanos al 0% (bloqueo total) hasta una longitud de onda en torno a los 380 nm.

4. DISCUSIÓN.

Las medidas de transmitancia que presentan las cremas no han sido fáciles de obtener en el laboratorio. Se han tenido que medir de diferentes formas, probando con una y dos placas, con distinta cantidad de crema aplicada sobre cada placa y con distinto tiempo de aplicación. Finalmente, los resultados que aquí se discuten han sido obtenidos con la aplicación de una cantidad mínima de producto repartida homogéneamente por la placa y se ha repetido el número suficiente de veces como para poder considerar fiables las principales conclusiones obtenidas. Además, se ha comprobado el mínimo efecto que algunos parámetros como el tiempo de aplicación de la crema juega en estos resultados.

Los dispositivos electrónicos tienen un pico de emisión en torno a los 450 nm correspondiente al color azul, por lo que esta zona espectral es de especial interés para comprobar la protección que ofrecen los productos ante este tipo de radiación.

Los resultados obtenidos durante el trabajo muestran que la transmitancia de las distintas cremas analizadas en el rango espectral de la luz azul nociva no tiene mucha variación porcentual con respecto al resto del espectro. Se ha cuantificado unas diferencias que pueden oscilar en valores del 5-10 % entre la región del azul y el resto del espectro medido en el laboratorio.

Comparando dichos resultados con el funcionamiento de una crema solar de uso habitual, se puede ver como, por el contrario, esta sí que resulta bastante más eficaz. El rango espectral, en este caso de la luz ultravioleta, se ve muy reducido con la aplicación de dicha crema sobre las placas. Por tanto, hace ver de forma más clara la poca eficacia de las cremas de filtro azul en su espectro correspondiente.

Al realizar las medidas de transmitancia con la lente oftálmica de filtro azul utilizada durante este trabajo, se puede ver que tiene una eficacia mayor que la de las cremas, reduciendo la transmitancia en el rango espectral en torno a los 400 nm. Sin embargo, la protección que generan al rango en torno a los 450 nm no es tan efectiva. Existen resultados similares a los obtenidos en otros estudios anteriores [10], pero como novedad, en este trabajo se incluye la medida de las cremas con este mismo filtro, viendo que tienen un resultado aún más alto de transmitancia y por lo tanto son menos eficaces aún.

Tal y como se nombra en otros estudios [10], no es tan raro que la transmitancia de dichas lentes sea tan elevada. Esto es debido a que, si se quiere filtrar la luz azul en gran medida, se tendrían que alterar el resto de los colores, pero esto no es posible. Tiene que existir un balance para no alterar ninguna parte del rango visible y esto es lo que hace que solo sea posible filtrar poca cantidad de luz azul.

Finalmente cabe recordar que este trabajo está realizado con la medición de la luz azul nociva de dispositivos electrónicos e iluminación artificial. La luz azul natural tiene muchos aspectos que pueden resultar beneficiosos en la salud y ritmo de vida, por lo que su excesivo filtrado podría llegar a causar efectos negativos.

CONCLUSIONES.

En este trabajo Fin de Grado se han realizado medidas en el laboratorio de transmitancia espectral utilizando cremas protectoras a la radiación azul. Se ha podido comprobar experimentalmente, que apenas cuentan con un filtro efectivo para bloquear la luz azul. La transmitancia de las cremas medidas tiene un pequeño porcentaje de variación con respecto a la de las lentes y placas sin tratamiento. En contraste, se ha comprobado que una crema protectora ante la radiación ultravioleta, si que presenta un filtro eficaz hasta los 380 nm. Por lo tanto, a la hora de hacer una valoración final no creemos que dichos filtros sean la solución mas eficaz ya que no proporcionan una reducción significativa de la radiación de la luz azul emitida por pantallas.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Definición de espectro electromagnético y visible:
Coluccio Leskow E. Espectro visible. <https://concepto.de/espectro-visible/#ixzz7SueVPjXB> (19 de mayo de 2022).
2. Definición de espectro visible:
Univision. El espectro visible de luz. <https://www.univision.com/explora/el-espectro-visible-de-luz> (20 de mayo de 2022).
3. Definición de luz azul:
Linazasoro I. Que es la luz azul y por qué debería importarte. <https://linazasoro-optika.eus/la-luz-azul-deberia-importarte/> (20 de mayo de 2022).
4. Riesgos asociados a la miopía:
Torii H, Ohnuma K, Kurihara T, Tsubota K, Negishi K. Violet Light Transmission is Related to Myopia Progression in Adult High Myopia. *Scientific Reports*; 2017;7;1.
5. Pardhan S, Sapkota R. Complicaciones en la vista por exposición a la luz ultravioleta y azul – violeta. *Points de Vue – Internal Review of Ophthalmic Optics*. 2016;1-5.
6. Riesgos de la luz azul:
Smick K, Villette T, Boulton ME, Brainard GC, Jones W, Karpecki P, Melton R, Thomas R. Riesgo de la luz azul: nuevos hallazgos y nuevos enfoques para preservar la salud ocular. *Points de Vue*. 2013; 1:1-13.
7. Lentes de filtro de luz azul:
Leung TW, Li RW-h, Kee C-s. Blue-Light Filtering Spectacle Lenses: Optical and Clinical Performances. *PLoS ONE*. 2017; 12:1-15.
8. Definición del espectroradiómetro LI-COR y la fuente de iluminación
Manual de usuario LI-COR. <https://licor.app.boxenterprise.net/s/k8mr6zd0h6bjndwmqn6h> (18 de mayo de 2022).
9. Definición de la lente “Blue Zero” de “Shamir”:
Shamir. Shamir Blue Zero. https://shamir.com/es/lenses_and_more/shamir-blue-zero (20 de mayo de 2022).
10. Definición de luz azul y relación con dispositivos electrónicos:
Arines J, Rodríguez O. Suitability of blue filter ophthalmic lenses with respect to the use with mobile devices and computers. *Optica Pura y Aplicada*. 2021;54(1):1-11.