



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE CIENCIAS

Grado en Óptica y Optometría

MEMORIA TRABAJO FIN DE GRADO TITULADO

MEDIDA DE LA ABSORCIÓN DE LA RADIACIÓN UV EN LENTES OFTÁLMICAS Y OTROS MATERIALES

Presentado por: Inés Valdivielso Rodrigo

Tutelado por: David Mateos /Carlos Toledano

Tipo de TFG: Investigación

En Valladolid a 18 de junio de 2019

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	página 5
1.1. Espectro electromagnético: radiación UV y efectos nocivos en tejidos oculares.....	página 5
1.1.1- factores que influyen en la radiación UV.....	página 7
1.1.2- filtros para la radiación UV.....	página 8
1.2. Luz azul.....	página 10
1.3. Transmitancia espectral.....	página 11
2. MATERIAL Y MÉTODO	página 12
2.1. Descripción del instrumento experimental	página 12
2.2. Medición de la transmitancia en diferentes materiales... ..	página 13
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	página 13
3.1. Transmitancia de lentes de protección solar	página 13
3.2. Transmitancia de otras lentes.....	página 17
4. CONCLUSIONES	página 18
5. BIBLIOGRAFÍA	página 19

RESUMEN:

En la siguiente memoria de trabajo de fin de grado se va a estudiar la transmisión de la radiación UV en diferentes materiales oftálmicos así como en otros materiales. Mediante un estudio llevado a cabo en un laboratorio con un instrumento diseñado para ofrecer resultados en término de transmitancia se han podido obtener diferentes conclusiones para cada material puesto a prueba. Este trabajo se centra en investigar la importancia de la protección ante la radiación UV exponiendo los daños y sistemas de protección de los que disponemos. Así pues una vez obtenidos los resultados se podrá verificar el cumplimiento de la función de cada material.

SUMMARY

In the present undergraduate thesis, the transmission of UV radiation in different ophthalmic materials as well as in other materials will be studied. By means of an experimental study carried out in a laboratory with an instrument designed to offer results in terms of transmittance, it has been possible to obtain different conclusions for each material tested. This study focuses on investigating the importance of UV protection by exposing the damage and protection systems available to us. Therefore, once the results have been obtained, it will be possible to verify the fulfilment of the function of each material.

1. INTRODUCCION.

1.1. Espectro electromagnético: radiación UV y efecto nocivos en tejidos oculares

La naturaleza de la luz puede describirse como onda y como partícula a la vez. Existen diferentes radiaciones dentro del espectro electromagnético que van desde las ondas de los rayos X, pasando por el UV, espectro visible, infrarrojo hasta las ondas microondas. Las frecuencias más estudiadas en la óptica son la radiación UV, espectro visible y la zona del infrarrojo. Así pues la radiación electromagnética que llega a la Tierra se puede definir como una combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes que vibran perpendicularmente entre si y lo hacen de manera perpendicular a su dirección de propagación, que se propagan en el espacio transportando energía de un lado a otro. Se denomina espectro electromagnético el rango de todas las radiaciones electromagnéticas posibles, ver Figura 1. Las longitudes de onda que se encuentran en el espectro visible son percibidas por el ojo del ser humano.



Figura 1: representación del espectro electromagnético con ampliación de la zona del visible especificado longitud de onda y frecuencia. Fuente: Wikipedia

Dicha zona abarca una extensión muy pequeña en comparación con todo el espectro y comienza en los tonos violetas con longitud de onda más corta (380-450nm) hasta los tonos rojos (620-750nm) con una longitud de onda más larga. Este trabajo se centra por tanto en el rango espectral de radiaciones que nos llegan desde el Sol.

La radiación que emite el sol incluye un amplio espectro de frecuencias. Pero las que son realmente esenciales para la vida en la tierra son sólo una pequeña parte del total: la radiación ultravioleta (UV), la luz visible y la radiación infrarroja (IR). La proporción de la radiación solar entre estas tres zonas espectrales es la siguiente: [1] UV = 8%, visible = 43%, infrarrojo = 49%.

La radiación UV son rayos invisibles al ojo humano que provienen del sol. La radiación UV se encuentra dividida en tres tipos: UV A, UV B y UV C.

* UV C comprende desde los 180 nm hasta los 280 nm, es la más energética y dañina de las tres pero es absorbida totalmente por la capa de ozono y no llega a la Tierra. [1]

* UV B comprende desde los 280nm hasta los 315 nm, es menos energética que la UV C pero es posible que cause quemaduras y solo una pequeña parte es absorbida por la atmosfera. [2]

* UV A comprende desde los 315 nm hasta 400 nm, corresponde a la radiación UV con mayor longitud de onda y por lo tanto de menor energía pero es la que posee mayor poder de penetración hacia los tejidos internos del ojo con lo que puede producir alteraciones del ADN celular. [3]

La capacidad de penetración es diferente para cada una de las radiaciones UV (ver Figura 2), así pues el UV A presenta mucha penetración, el UV B tiene una penetración media hacia los tejidos oculares y el UV C es la de menor valor de penetración, la capacidad de penetración se puede expresar como la inversa de la frecuencia o energía.

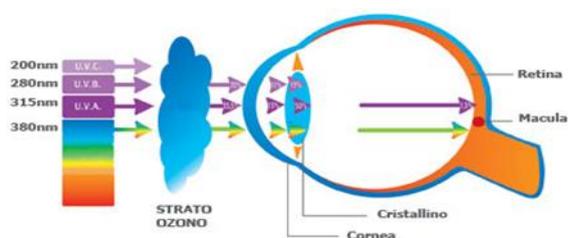


Figura 2: imagen ilustrativa de las radiaciones que penetran en el globo ocular

Esta radiación es capaz de producir daños en diferentes tejidos oculares y anejos ya que como anteriormente se ha mencionado la UV es muy energética. Los principales efectos se recogen en la Tabla 1 en función de los sub-intervalos implicados.

espectro	Tejido afectado	Lugar de absorción	Naturaleza del daño
UV C,B	párpado	piel	Melanoma maligno/ carcinomas
UV C,B	conjuntiva	epitelio	Fotoqueratoconjuntivitis/pinguécula/pterrigion
UV C, B	cornea	epitelio	Fotoqueratitis/opacidades
UV C, B	cornea	Bowman y estroma anterior	Degeneración esfenoidal
UV B	cornea	endotelio	Disminución del número de células
UV A, B	cristalino	núcleo	cataratas

Tabla 1: tabla donde se muestran los tres tipos de UV con el tejido afectado, lugar de absorción y el daño que produce

1.1.1- Factores que influyen en la radiación UV

La destrucción progresiva de la capa de ozono debido a las actividades humanas contaminantes influye en la manera en la que nos llega este tipo de radiación.

Si lo vemos desde el punto de vista de la cantidad de radiación que llega a la superficie podemos decir que intervienen diversos factores:

* latitud: hace referencia a la perpendicularidad de los rayos solares sobre cada zona del planeta, así pues en zonas cercanas al ecuador el ángulo de incidencia hacia la Tierra es prácticamente cero y por lo tanto la incidencia es muy elevada. [4,5]

* elevación solar: cuanto más perpendicular este el sol con respecto a la horizontal de la superficie terrestre, mayor será la incidencia de estos rayos, es decir, cuanto más verticales se sitúen, la radiación será más intensa. [6,7]

* capa de ozono: esta capa formada por tres átomos de oxígeno y es capaz de amortiguar la radiación UV C (ver Figura 3), correspondiendo con un porcentaje de absorción del 100 %, mientras que la UV B se absorbe un 90% y la UV A pasa libremente a través de ella. Esta capa no es regular en cuanto a grosor se refiere en todas las áreas geográficas, así pues en el ecuador se sabe que es más delgada y que varía también con las estaciones. [8,9]



Figura 3: imagen ilustrativa de la absorción de los tres tipos de radiación UV por la capa de ozono

* altitud: cabe decir que cuanto mayor altitud a la que se sitúe una persona sobre el nivel del mar, menor será el grosor de la capa atmosférica que tiene que atravesar la radiación y por lo tanto mayor intensidad de radiación. [10]

* nubosidad: lógicamente las nubes más oscuras y que presentan mayor desarrollo van a frenar más el paso de la radiación. Todo el espectro solar no se atenúa de igual forma ante la presencia de nubes, siendo la radiación UV la que consigue atravesar una capa nubosa de forma más efectiva [2,11]

* reflexión del suelo: dependiendo de la superficie de la que se refleje la radiación se va a producir una reflexión u otra, así pues la nieve presenta un porcentaje de reflexión del 80%, el agua en torno a un 25% y el asfalto un 5%. [10]

* aerosoles y gases contaminantes: las partículas que provienen de la contaminación suspendidas en la atmósfera influyen en la transmisión de la radiación UV provocando una dispersión de ésta que va a depender de la partícula en suspensión que se encuentre en la atmósfera. [12]

1.1.2. Filtros para la radiación UV: filtros naturales y artificiales

Un filtro, desde el punto de vista óptico, hace referencia a aquella superficie que es capaz de absorber o reflejar ciertas radiaciones e impedir su paso a través del propio material.

En cuanto a filtros naturales se refiere, el ser humano a lo largo de la evolución ha desarrollado sus propios filtros contra las radiaciones nocivas para el globo ocular. Así pues contamos con estructuras tan importantes como los párpados o la pupila para regular la cantidad de luz que llega a nuestro sistema óptico. Dentro del globo ocular también tenemos estructuras capaces de filtrar o reflejar la luz que presentan pigmentación como el iris, epitelio pigmentario de la retina. Por consiguiente también contamos con los filtros presentes en los dioptrios oculares como en cornea y en cristalino, estos filtros consiguen frenar un porcentaje de penetración de la radiación UV hacia el interior del ojo. Las estructuras como la pupila o los parpados responden ante la radiación del visible pero no se estimulan con el UV de tal manera que dejan pasar menos luz hacia el interior ocular y, por lo tanto, también se reduce la cantidad de radiación UV.

En cuanto a filtros artificiales, la filtración de la radiación UV se lleva a cabo

dentro del material de la propia lente independientemente de su grado de tinción.

Son diseñados por el ser humano para la protección del ultravioleta y otras radiaciones. En esta categoría entran las lentes de sol que pueden tener una amplia gama de colores, pueden ser lentes deportivas, lentes fotocromáticas, lentes polarizadas, filtros de absorción selectiva para ciertas patologías en baja visión (BV), filtros con efecto espejo o lentes de contacto (LC) con filtros especiales para esta radiación.

El color de las *lentes de sol* no es muy relevante y tienen transcendencia en el hecho de dejar pasar unas u otras longitudes del espectro visible. Las lentes de sol tienen una amplia gama de colores y según el color la visión a través de ellas será diferente en cuanto a la percepción de colores y tonalidades.

Uno de los aspectos importantes a la hora de adquirir unas gafas de sol en un establecimiento es la categoría o factor de absorción de la luz visible, así pues tenemos cuatro grandes categorías recogidas en la Tabla 2:

categoría	transmitancia
0	80% - 100%
1	40% - 80%
2	20% - 40%
3	10% - 20%
4	0% - 10%

Tabla 2: Tabla en la que se compara cada categoría con su respectiva transmitancia del espectro visible

Las *gafas deportivas* pueden ser de varias tonalidades dependiendo de la actividad deportiva. Así pues para deportes en los que la superficie pueda reflejar gran cantidad de luz se recomendarán lentes con una categoría máxima para minimizar el daño.

Las *lentes fotocromáticas* son lentes aparentemente incoloras. Estas lentes proporcionan al usuario un oscurecimiento progresivo de sus lentes cuando incide solamente la radiación UV. Se trata de una reacción a nivel químico entre los átomos de plata presentes en su superficie. Normalmente los colores a los que tienden a oscurecerse son en la gama de los grises y marrones.

Las *lentes polarizadas* son aquellas que tienen en su superficie un polaroide. Un polaroide es un elemento que es capaz de hacer vibrar las partículas en una sola dirección. La luz solar está ligeramente polarizada. Estas lentes absorben un 98 % del deslumbramiento. Estas superficies tienen múltiples ventajas como la protección frente a la radiación UV, respeta los colores naturales del entorno, elimina los reflejos molestos, disminuye la fatiga ocular provocada por el deslumbramiento.

Los *filtros de absorción selectiva* son aquellos que dejan pasar una cierta longitud de onda. Así pues tenemos filtros de varios colores como el amarillo el cual absorbe la longitud de onda del azul y es útil en días luminosos, el color rojo se usa en BV para patologías como la retinitis pigmentosa, el color azul también se usa en BV para discromatopsias de los conos azules.

Los *filtros con efecto espejo* son aquella lentes que tienen un fina capa metálica que puede ser depositada de varias maneras y se encarga de reflejar la luz más que absorberla. Al igual que otras lentes estas tienen que ser sometidas al proceso de adherencia de un filtro para esta radiación UV. Con esta capa metálica conseguimos que refleje más cantidad de luz y por la tanto se transmitirá menos hacia el ojo, el espejado actúa como una ayuda más para frenar la incidencia de los rayos hacia el ojo y actúa junto con el filtro para el UV. Esta capa metálica proporciona varias ventajas similares a las que proporciona una lente polarizada. En la Figura 4 se muestran los distintos tipos de tratamientos mencionados.



Figura 4: imágenes de diferentes tipos de lentes: filtros de absorción selectiva, lentes espejadas, lentes polarizadas y fotocromáticas respectivamente.

1.2. Luz azul

La luz juega un papel fundamental para la visión tanto en la percepción de detalles, colores y formas. La luz azul es beneficiosa para la regulación de los ciclos circadianos de sueño- vigilia, estado de ánimo y rendimiento cognitivo.

La luz azul tiene efectos nocivos en nuestra salud ocular como un aumento de la producción de lipofucsina acumulándose en las células retinianas fomentando la formación de depósitos llamados drusas propias de la DMAE y en segundo lugar causa muerte de las células retinianas.

Hoy en día, cada vez más frecuentemente, las lentes introducen en su superficie filtros para este tipo de radiación. Con el avance de las tecnologías la sociedad está más digitalizada y el uso de pantallas digitales está a la orden del día. El problema de esto radica en que estas pantallas emiten grandes cantidades de esta longitud de onda de forma artificial. Cuando hay ausencia de luz solar se produce la segregación de la melatonina que es la hormona del sueño. En la retina

tenemos una célula ganglionar que es sensible a esta longitud de onda, de tal manera que si un usuario de pantallas hace uso en esta fase del día se cortará la producción de la hormona melatonina y por lo tanto tendrá problemas a la hora de conciliar el sueño, muchos usuarios de pantallas que cogen sus dispositivos antes de irse a la cama tienen problemas para conciliar el sueño, por este motivo los expertos recomiendan no hacer uso de estas pantallas antes de acostarse. En la Figura 5 se muestra un filtro de luz azul.

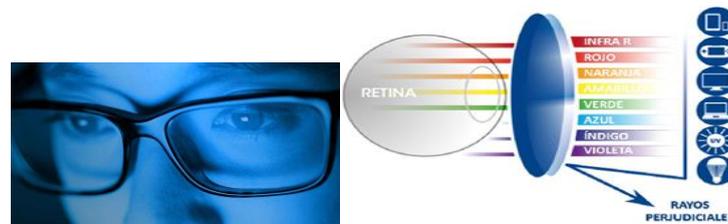


Figura 5: imagen ilustrativa de la radiación emitida por una pantalla a la izquierda y protección que ofrece una lente tratada para las longitudes cortas a la derecha. Fuente: www.opticalmeria.com

1.3. Transmitancia espectral

Es una de las propiedades ópticas de los filtros.

Se le asocia al concepto de transmisión y consiste en caracterizar la cantidad de radiación que es capaz de transmitir un material en cada longitud de onda.

$$T = 100 \cdot \frac{I}{I_0} \quad (1)$$

Donde I_0 es la intensidad del rayo incidente e I es la intensidad de la luz que se obtiene al pasar por la muestra. La transmitancia también puede calcularse para una región del espectro.

Para poder medir la cantidad de luz que transmite un material se recurren a las curvas de transmisión.

Estas curvas se pueden representar gracias a un instrumento llamado espectrofotómetro que proporciona una extensa información sobre el material con el que se está trabajando. A través de la interpretación de estas curvas, se puede conocer el porcentaje de una determinada longitud de onda que un material filtra y que longitudes deja pasar a través de él y por consiguiente podemos saber que tan seguras son esas lentes frente a la radiación UV. Los fabricantes de lentes proporcionan el punto de corte UV que es la longitud de onda por la cual la transmisión es del 1%.

2- MATERIAL Y METODO:

2.1. Descripción del instrumento experimental:

El montaje experimental utilizado para este trabajo consiste en una serie de elementos como muestra la Figura 9. En primer lugar tenemos una fuente de luz muy intensa que emite desde el UV hasta el infrarrojo, a la misma altura que la fuente luminosa se coloca un soporte para las lentes como se puede observar en la imagen y detrás de éste se coloca un dispositivo receptor de la energía luminosa que es conectado mediante un cable con el sistema encargado de darnos la información de la longitud de onda que ha atravesado la lente y estos datos se extrapolan a un ordenador mostrándonos una gráfica en función de la longitud de onda. El instrumento utilizado para las medidas espectrales es un espectroradiómetro USB650 de la casa Oceanoptics. Como puede verse en la Figura 6 consta de una red de difracción que envía la luz sobre un detector CCD.

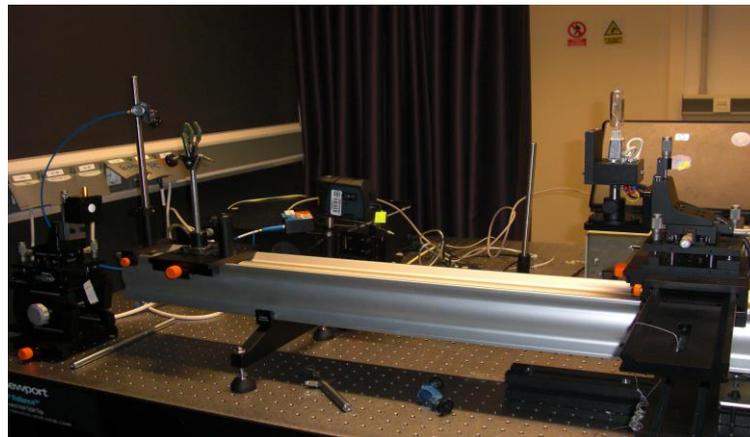


Figura 6: fotografía del montaje experimental.

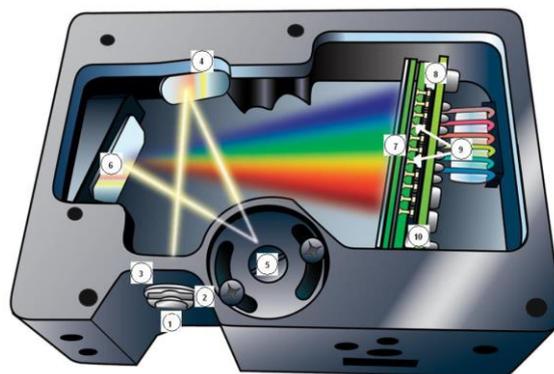


Figura 7. Esquema del interior del espectroradiómetro USB-650. Fuente: User Guide of USB650 Fiber Optic Spectrometer.

2.2. Medición de la transmitancia en diferentes materiales:

La medición de la transmitancia de cada material se ha realizado de una manera en concreto para llegar a los resultados que posteriormente se van a exponer. En primer lugar se procede a calibrar el instrumento para su puesta en marcha y poder hacer las mediciones lo más precisas posibles. Segundo se procede a hacer una medición sin lente y posteriormente con lente, estos resultados se introducen en el programa Excel y se procede a realizar el cociente entre el valor de la transmitancia con lente y sin la lente, de tal manera que se obtiene la transmitancia resultante (para cada longitud de onda). Por último, se realiza una representación gráfica adecuada del parámetro T (expresado en %).

3- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se va a proceder a exponer las gráficas obtenidas. Para una exposición más ordenada se mostraran las gráficas de las lentes con protección solar primeramente, seguido de la exposición de las gráficas de otras lentes como son la lente con filtro azul y el filtro de absorción selectivo.

A continuación de cada gráfica con su correspondiente fotografía de la lente o gafa se procederá a comentar los resultados obtenidos.

3.1- Transmitancia de lentes de protección solar:

Siguiendo el orden de la mención de cada tipo de lente empezamos con las gafas de sol. Dentro de las gafas de sol se han examinado tres tipos de gafas con lentes distintas: una gafa no adquirida en un establecimiento óptico (propaganda), una gafa de óptica sin espejo y una gafa de óptica con espejo. Ver Figuras 8-9-10.

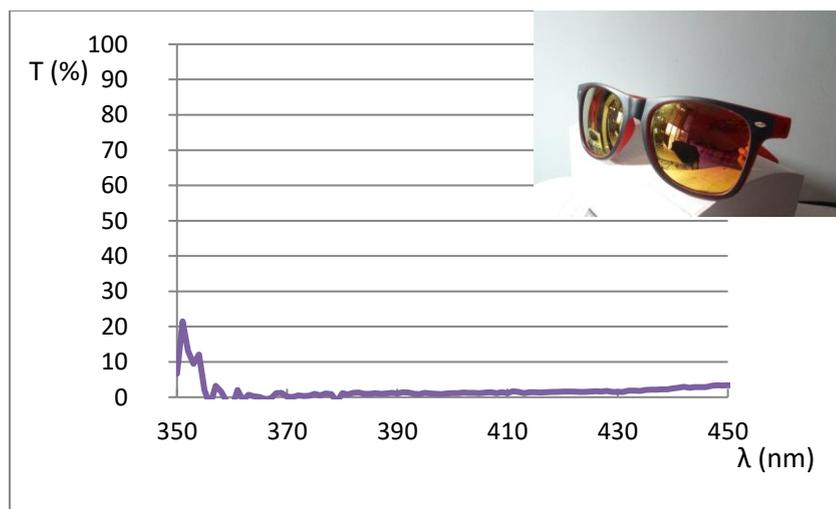


Figura 8: gráfica correspondiente a la gafa de baja calidad

La primera lente puesta a prueba es la gafa de propaganda (Figura 8) y como podemos observar sus lentes son capaces de absorber toda la radiación UV y las longitudes de onda cortas. En este caso empieza a transmitir una pequeña cantidad de radiación a partir de 430 nm. En la varilla de esta gafa incluía una reseña en cuanto a la protección que ofrecía y garantizaba una protección hasta los 400 nm. Con lo que se obtiene un resultado bastante cercano al mencionado con el fabricante. El peligro potencial de esta lente está en el límite inferior, ya que hay una zona bastante ancha de transmisión en torno a 350 nm. Aunque dicha zona corresponde al comienzo de la toma de datos del instrumento y aumenta el error experimental, el hecho de que sea tan ancha, puede causar que la protección contra la radiación UV no sea la más adecuada.

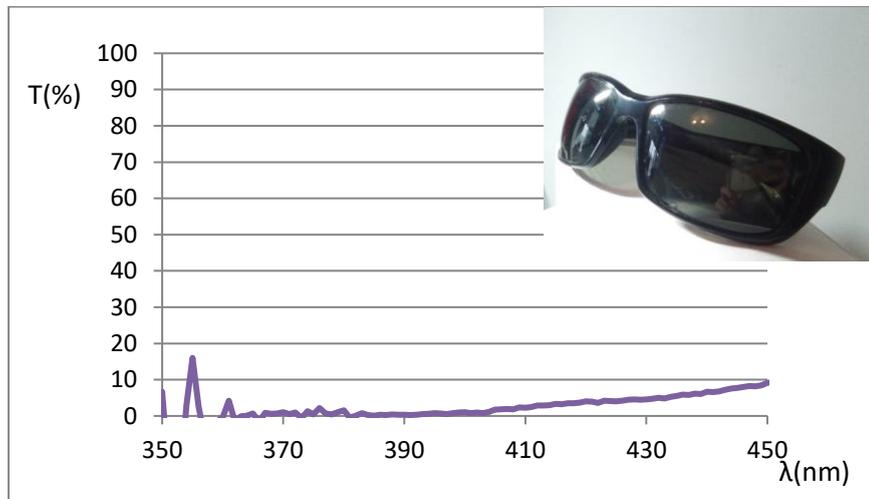


Figura 9: gráfica correspondiente a la gafa de óptica sin espejo

La segunda lente puesta a prueba se trata de una gafa adquirida en un centro óptico sin espejo (Figura 9), esta lente es de coloración negra pero también debe proteger del UV como todas las gafas de sol independientemente de su coloración. Pues bien analizando su gráfica podemos observar perfectamente que protege de la radiación nociva, es decir, del UV. Empieza a transmitir una pequeña cantidad en 400 nm aprox.

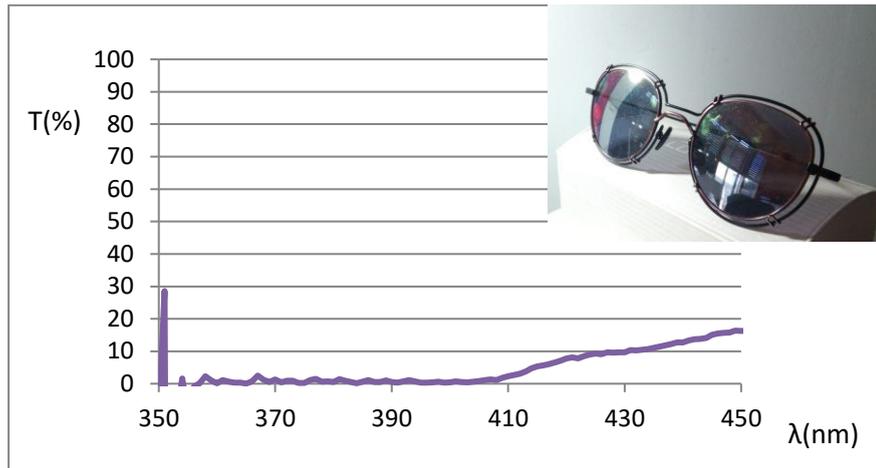


Figura 10: gráfica correspondiente a la gafa de óptica con espejo

La tercera gafa puesta a prueba se trata de una gafa adquirida en una óptica con un espejo rosado (Figura 10). Pues bien analizando su grafica correspondiente podemos observar que también protege de la radiación UV y que también empieza a transmitir entorno a los 410 nm aprox. al igual que la gafa de óptica sin espejo, a partir de los 410 nm transmite un poco más que la anterior pero hay muy poca diferencia.

También se han realizado mediciones de la transmisión para otros tres tipos de lentes de gafas de protección solar (Figuras 11-12), que se corresponden con una lente para gafa deportiva con tonalidad negra, una lente fotocromática y una lente polarizada.

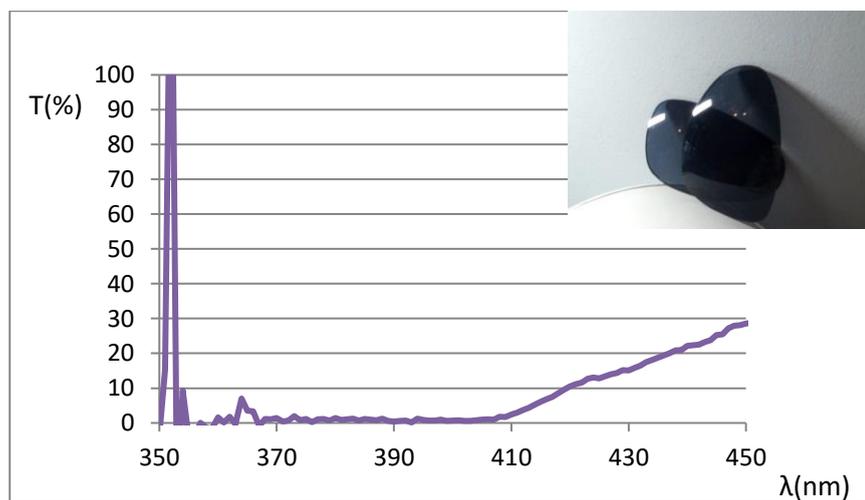


Figura 11: gráfica correspondiente a la gafa deportiva con tonalidad negra

La cuarta lente examinada ha sido la lente deportiva con tonalidad negra (Figura 11), una gafa deportiva también debe de proteger del UV, al igual que dependiendo del color de la lente transmitirá una forma u otra en el espectro visible. Pues bien observando su grafica podemos decir que protege totalmente del UV cumpliendo su función y su transmitancia en este rango es de casi 0%, así pues empieza a transmitir un poco cuando llega a los 410 nm que se correspondería con la tonalidad violeta del espectro visible. En este caso se aprecia como en el límite superior de 450 nm, esta lente transmite un 30% mientras que en el caso anterior de una lente espejada estaba por debajo del 20%.

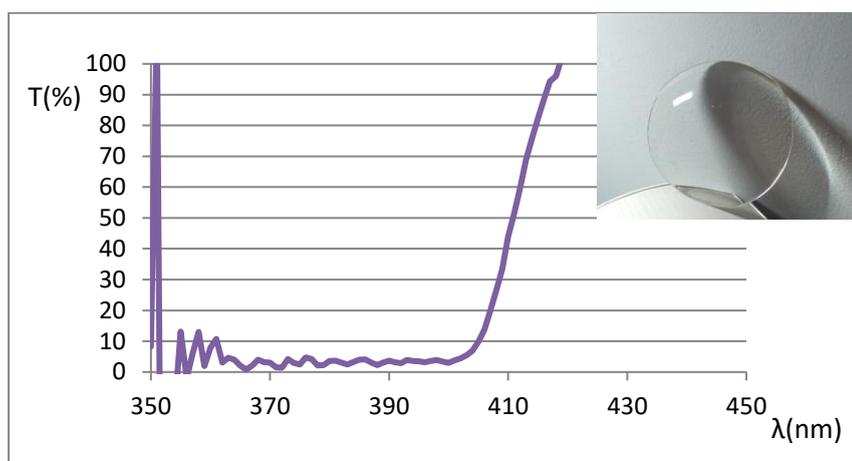


Figura 12: gráfica correspondiente a la lente fotocromática

La quinta lente examinada es una lente fotocromática (Figura 12), las lentes fotocromáticas se caracterizan porque se oscurecen cuando incide solamente radiación UV de tal manera que cuando se produzca el oscurecimiento máximo de la lente, actúe como una lente de sol, es decir, protegiendo del UV. Observando la gráfica podemos decir que esta lente necesita un poco de tiempo para que nos proteja del UV, a la hora de ponerla a prueba no se esperó el tiempo oportuno para que se llevara a cabo este proceso y por este motivo se explica porque esta lente transmite algo del UV.

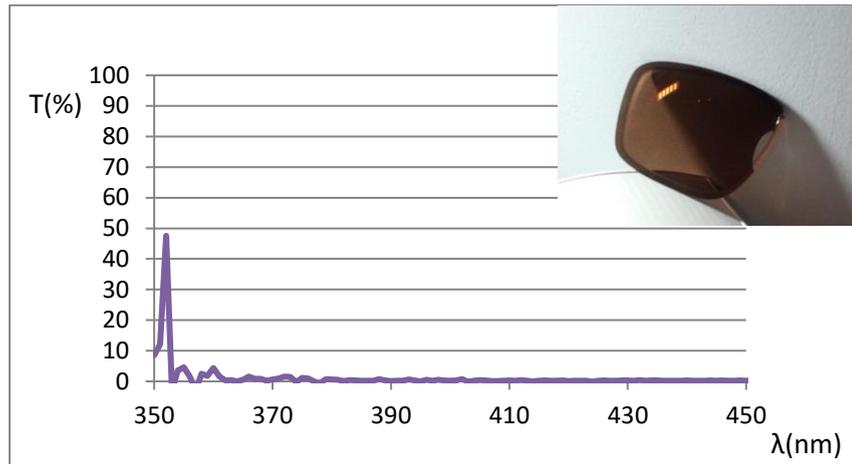


Figura 13: gráfica correspondiente a la lente polarizada

La sexta lente puesta a prueba es una lente polarizada (Figura 13), estas lentes tienen la misión de eliminar el ruido producido por los rayos luminosos o reflejos indeseados del espectro visible pertenecientes a longitudes cortas así que lo esperado sería que transmitiera muy poca radiación en todo el espectro del UV así como en las longitudes cortas del espectro visible que son las que producen más dispersión de la luz. Pues bien observando su gráfica podemos ver que absorbe todo el espectro UV y además no transmite nada hasta los 450 nm donde empieza el azul. Los tratamientos que lleva la lente al margen del filtro de polarización consiguen bloquear las radiaciones de longitudes de onda más corta que nos ofrece el espectro solar

3.2. Transmitancia de otras lentes:

Por consiguiente también es importante conocer la transmitancia espectral de una lente con filtro azul y una lente que tiene un filtro de absorción selectiva.

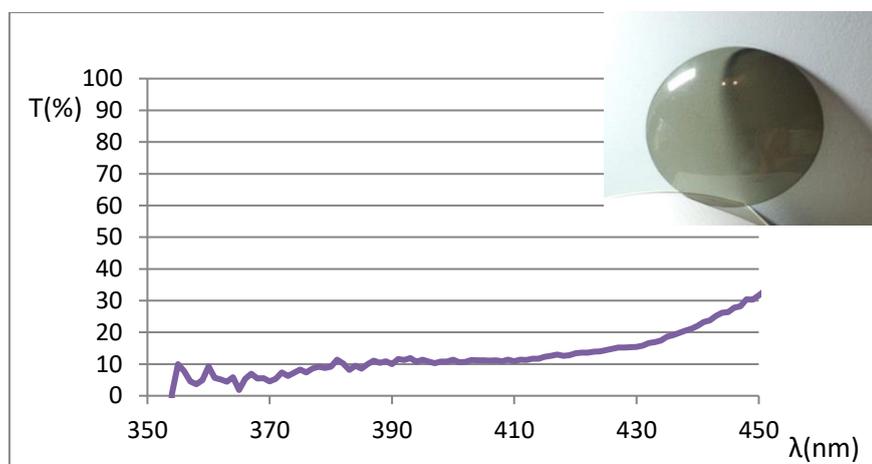


Figura 14: gráfica correspondiente a la lente con filtro selectivo color verde

La séptima lente puesta a prueba es una lente con filtro de absorción selectiva de color verdoso (Figura 14), en teoría estos filtros con esta coloración atenúan las longitudes de onda corta como las violetas y azules. Pues bien observando la gráfica vemos como atenúa o deja pasar en torno al 10% de radiación UV, llegando al 30% su factor de transmisión para 450 nm.

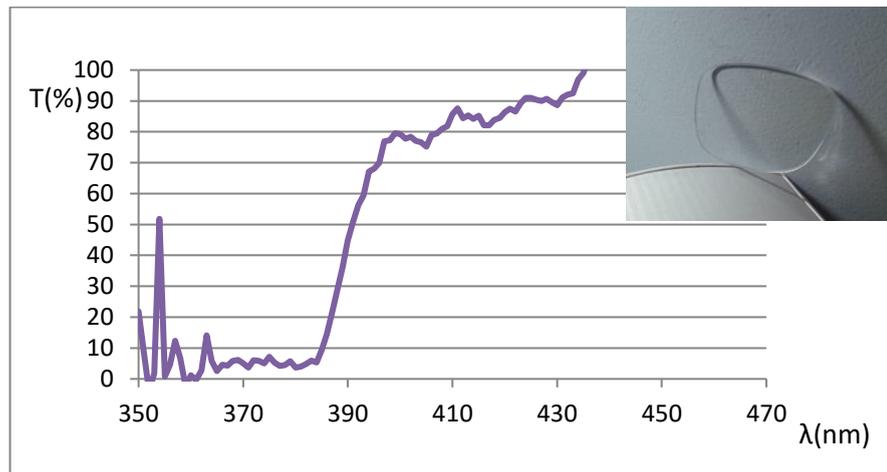


Figura 15: gráfica correspondiente a la lente con filtro para la luz azul

La octava lente y última puesta a prueba es una lente con filtro para la radiación azul (Figura 15). Se supone que la función de estos filtros es protegernos ante esta longitud de onda o al menos dejar pasar una pequeña cantidad ya que la luz azul también es necesaria en pequeñas cantidades para el buen funcionamiento del organismo. Pues bien observando la gráfica podemos ver claramente que protege de la radiación UV en su gran mayoría pero a partir de 380 nm se observa un aumento de la transmisión. En concreto, se consigue transmitir entre el 80-90% entre los 400-430nm. Luego el filtro consigue reducir entre un 10-20% la radiación azul que conseguiría llegar a la córnea. Cabe notar que una mayor reducción afectaría a la percepción de color por parte del usuario.

4. CONCLUSIONES

Este trabajo se ha centrado en estudiar la transmitancia espectral de las lentes oftálmicas en el intervalo de radiación UV y radiación azul. Esta zona espectral resulta ser la radiación más energética que consigue llegar al ojo, y presentan un gran impacto en la salud humana, afectando también al sistema visual.

Para medir la transmitancia se han realizado medidas en el laboratorio del Grupo de Óptica Atmosférica de la Universidad de Valladolid. Con un espectralradiómetro se mide radiación entre 350 y 450 nm. Se ha calculado la transmitancia espectral como el cociente de radiación incidente sobre una lente oftálmica y la radiación que deja pasar dicha lente.

Se han testado diversas lentes con distintos tratamientos. Algunas de las conclusiones obtenidas han sido las siguientes:

En primer lugar cabe destacar que la gafa de propaganda cumple con la marca impuesta por el comercial de proteger al menos hasta los 400 nm. A excepción de la parte dudosa del UV mencionada anteriormente, cabe decir que los resultados han sido bastante buenos con respecto a esta gafa.

En cuanto a la parte de gafas de sol se refiere, las gafas adquiridas en un centro óptico también protegen del UV y tienen una transmitancia muy parecida tanto con espejo como sin espejo.

La gafa deportiva también tiene la misión de protegernos ante la radiación nociva del UV y también lo cumple.

De la lente fotocromática se esperaba que pasado un lapso de tiempo corto se pudiera observar en la gráfica el bloqueo de la radiación UV en mayor medida. En el proceso experimental, sin embargo, no se respetó ese lapso de tiempo y esto causó una pequeña fracción de radiación transmitancia en el intervalo UV-A.

La gafa polarizada se esperaba que no dejara pasar casi nada de UV y además que las longitudes cortas las anulara y cabe mencionar que así ha sido según los resultados encontrados en este trabajo.

La lente que posee un filtro con coloración verdosa se esperaba que atenuara la transmitancia de las longitudes cortas y también el UV y se han cumplido las expectativas.

Por último, para la lente con filtro para la luz azul se han obtenido los resultados esperados. Se ha observado que bloquea una fracción considerable de la radiación azul que consigue llegar a la córnea, cumpliendo por lo tanto la función de estos filtros y cumpliendo con las expectativas.

5. BIBLIOGRAFIA:

[1] Asociación Estatal de Meteorología [Sede Web]. Madrid. AEMET. Disponible en: <http://www.aemet.es/>

[2] Mateos D, di Sarra A, Meloni D, Di Biagio C, Sferlazzo DM. Experimental determination of cloud influence on the spectral UV irradiance and implications for biological effects. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*. 2011;73: 1973-1746. doi:10.1016/j.jastp.2011.04.003

[3] Martínez Morillo M, Pastor Vega JM, Portero Sendra F. *Manual de Medicina Física*. Madrid. Ed. Harcourt: 2000

[4] Instituto Meteorológico Nacional [Sede Web]. San José. Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica; 2009. Factores que influyen en la radiación UV en la superficie. Disponible en:

<http://www.imn.ac.cr/educacion/UV/UVB1.html>

[5] González Sánchez LR. Conocimiento sobre el daño ocular causado por Radiaciones Ultravioleta en la población estudiantil en el Colegio Departamental de Cucaita-Boyaca.[Monografía en Internet]. Bogotá: Facultad de Optometría. 2007. Disponible en:

[http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/8572/50012000.pdf?sequence=](http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/8572/50012000.pdf?sequence=1)

[1](http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/8572/50012000.pdf?sequence=1)

[6] Agencia Estatal de Meteorología [Sede Web]. Madrid. Interpretación: Radiación Ultravioleta (UVI). Disponible en:

<http://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/radiacionuv/ayuda>

[7] Public Health [Sede Web]. Brussels: European Commission; 2006 . How can the eyes be damaged by solar UV radiation? Disponible en:

http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/en/sunbeds/1-2/2-health-effects-sun.htm

[8] Agencia Estatal de Meteorología [Sede Web]. Madrid. Interpretación: Radiación Solar, Índice Ultravioleta y Capa de Ozono. Disponible en:

http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/vigilancia_clima/radiacion_ozono/ayuda

[9] González Sánchez LR. Conocimiento sobre el daño ocular causado por Radiaciones Ultravioleta en la población estudiantil en el Colegio Departamental de Cucaita-Boyaca. [Monografía en Internet]. Bogotá: Facultad de Optometría. 2007.

[10] Global Solar UV Index: A Practical Guide. ISBN 92 4 159007 6. World Health Organization 2002. Disponible en:

<http://www.who.int/uv/>

[11] Mateos D, Román R, Bilbao J, de Miguel A, Pérez-Burgos A. Efecto de las nubes en la radiación solar de onda corta y ultravioleta en superficie. ÓPTICA PURA Y APLICADA. 2012;45:29-32.

[12] Mateos D, Antón M, Toledano C, Cachorro VE, Alados-Arboledas L, Sorribas M, Costa MJ, Baldasano JM. Aerosol radiative effects in the ultraviolet, visible, and near infrared spectral ranges using long-term aerosol data series over the Iberian Peninsula. Atmospheric Chemistry and Physics. 2014;14: 13497-13514.

doi:10.5194/acp-14-13497-2014