



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE CIENCIAS

Grado en Óptica y Optometría

MEMORIA TRABAJO FIN DE GRADO TITULADO

ESTUDIO DE FILTROS ULTRAVIOLETA EN LENTES DE CONTACTO

Presentado por Andrea Remacha Carballo

Tutelado por: Roberto Román y David Mateos

Tipo de TFG: Investigación

En Valladolid a, 19 de Mayo de 2022

AGRADECIMIENTOS

- << A mis tutores por guiarme y facilitarme la preparación del TFG >>
- << A Elsa Manut y Federópticos Bulevar por todo el material cedido >>
- << A mis padres y mi hermana, por creer siempre en mí >>

ÍNDICE

RESUMEN	
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	[página 5]
1.1. LA LUZ	[página 6]
1.1.1. RADIACIÓN SOLAR	[página 6]
1.1.2. TRANSMITANCIA	[página 7]
1.2. EFECTOS DE LA RADIACIÓN EN EL OJO.....	[página 7]
1.3. LENTES DE CONTACTO	[página 8]
1.4. FILTROS EN LENTES DE CONTACTO	[página 9]
1.5. OBJETIVOS	[página 9]
CAPÍTULO 2: MATERIAL Y MÉTODO	[página 10]
2.1. INSTRUMENTACIÓN	[página 10]
2.1.1. ESPECTRORRADIÓMETRO	[página 10]
2.1.2. FUENTE DE LUZ	[página 10]
2.1.3. MONTAJE	[página 11]
2.1.4. MATERIAL DE ESTUDIO	[página 11]
2.2. METODOLOGÍA	[página 12]
CAPÍTULO 3: RESULTADOS	[página 14]
CAPÍTULO 4: DISCUSIÓN	[página 18]
CONCLUSIONES	[página 19]
BIBLIOGRAFÍA	[página 20]

RESUMEN

En este trabajo de fin de grado se estudia la transmitancia espectral de diferentes tipos de lentes de contacto frente a la radiación solar, debido a su importancia en la aparición de diferentes patologías oculares. El material estudiado incluye seis tipos de lentillas, habiendo una de ellas sin filtro UV. Para la toma de medidas de las transmitancias relativas, se ha utilizado un espectroradiómetro LI-COR 1800 en el intervalo de 300 a 1100 nm; y se ha empleado como fuente de luz una lámpara FEL.

Los resultados obtenidos están representados en distintas gráficas, diferenciándolas según el tipo de lente de contacto, para a continuación poder analizarlas y comprobar que cumplen lo que están comercializando, el filtro UV.

Se ha podido demostrar que la lente de contacto sin filtro UV presenta valores muy altos de la transmitancia en dicha región espectral; mientras que filtros en las otras lentes cortan el UV-B pero no cortan la misma cantidad de UV-A. Esto nos permite determinar la lente de contacto más protectora, teniendo en cuenta la necesidad de protección adicional para favorecer otras partes del ojo que no están cubiertas por la lente de contacto, como la conjuntiva y los párpados.

ABSTRACT

In this undergraduate thesis, the spectral transmittance of different types of contact lenses against solar radiation is studied, due to its importance in the appearance of different ocular pathologies. The material studied includes six types of contact lenses, one of which has no UV filter. A LI-COR 1800 spectroradiometer is used to measure relative transmittances in the range 300 to 1100 nm, using a FEL lamp as light source.

The results obtained are represented in different graphs, differentiating them according to the type of contact lenses, so we can check if they comply with what they are marketing, the UV filter/protection.

Contact lenses without UV filters display large transmittance values in this region; and all analysed filters block UV-B but they do not block the same amount of UV-A. This allows us to determine the most protective contact lens, taking into account the need for additional protection to promote other parts of the eye that are not covered by the contact lenses, such as the conjunctiva and eyelids.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 LA LUZ

Según la teoría del electromagnetismo, cuyas ecuaciones fundamentales fueron desarrolladas por el físico Clerk Maxwell, la luz es una onda formada por vibraciones eléctricas y magnéticas y que se puede propagar en el cualquier medio, incluido el vacío. Las ondas electromagnéticas pueden tener cualquier frecuencia, y dependiendo de su valor, se distingue entre ondas de radio, microondas, infrarrojas, visibles, ultravioletas, rayos X, e incluso rayos gamma (en orden creciente de frecuencia; ver Figura 1). [1]

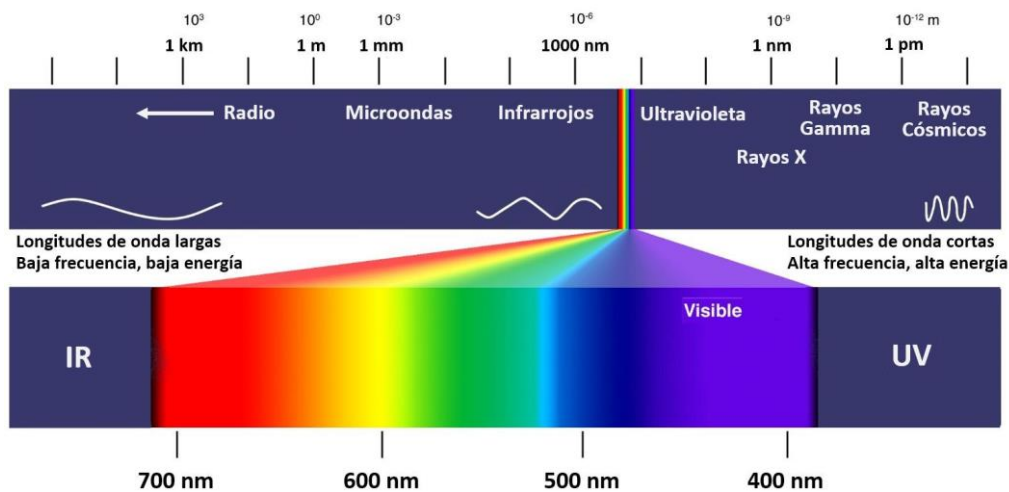


FIGURA 1: Espectro electromagnético [2]

El espectro visible, de inmensa importancia ya que es al único al que es sensible el ojo humano, ocupa una parte muy pequeña del espectro total, abarcando las longitudes de onda entre 400 y 780 nanómetros (Figura 1). [1]

Se califica longitud de onda, λ , a la distancia entre dos planos consecutivos del tren de ondas que se encuentran en el mismo estado de perturbación. Por otra parte, se llama frecuencia, f , al número de oscilaciones por unidad de tiempo. El período τ se define como la inversa de la frecuencia, esto es, el tiempo que necesita la onda para recorrer la distancia de una longitud de onda. Las relaciones básicas que asocian estas magnitudes son:

$$\lambda = c/f \quad \tau = 1/f = \lambda/c \quad (1)$$

donde c es la constante de la velocidad de la luz en el vacío. En el rango de frecuencias a las cuales es sensible el ojo humano, a una diferencia de frecuencias se la percibe como una diferencia en el color.

1.1.1 RADIACIÓN SOLAR

La energía solar es la mayor fuente de energía disponible en la Tierra. La radiación que emite la superficie del Sol tiene una potencia de alrededor de 60 MW/m², llegando a la atmósfera terrestre 1367 ± 7 W/m² [3]. Este valor es conocido como constante solar, I_{sc} , y se la califica como la energía proveniente del Sol, por unidad de tiempo y unidad de área, recibida por una superficie perpendicular a la radiación incidente ubicada en la parte más alta de la atmósfera terrestre y localizada a la distancia media Sol-Tierra de 1 UA (unidad astronómica).

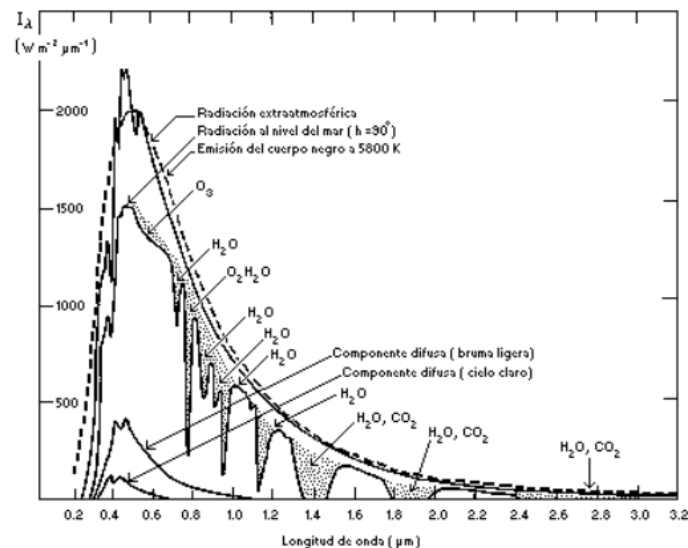


FIGURA 2: Distribución espectral de la radiación del sol que incide perpendicularmente sobre la atmósfera terrestre y su modificación por la interacción con sus componentes (según Chassériaux, 1990).[3]

Esta radiación que llega a la parte superior de la atmósfera se le conoce como radiación extraterrestre, o extra-atmosférica, y llega de forma espectral a distintas longitudes de onda (Figura 2). Esta radiación se suele clasificar en tres rangos espectrales: ultravioleta (UV) con las longitudes de onda más cortas, visible (VIS) entre 400 y 780 nm e infrarrojo para longitudes de onda mayores de 770 nm. La radiación UV solar representa menos del 8% de la radiación total en la parte superior de la atmósfera; mientras que los rangos visible e infrarrojo constituyen el 39% y el 53%, respectivamente.

La radiación UV se divide en tres rangos en cuanto a sus efectos biológicos: UV-C (100-280 nm), UV- B (280–315 nm) y UV-A (315-400 nm).

1.1.2. TRANSMITANCIA

Se puede definir la transmitancia óptica, T , como la fracción de luz incidente que consigue atravesar un material dado. Su expresión matemática viene dada en la siguiente ecuación (2):

$$T = \frac{I \cos \theta}{I_0 \cos \theta_0} \quad (2)$$

Donde I es la intensidad de la luz, a una longitud de onda específica, que atraviesa el material (intensidad de la luz transmitida), θ es el ángulo con el que la luz emerge, I_0 es la intensidad de la luz antes de que incida en el material (intensidad de la luz incidente) y θ_0 es el ángulo de incidencia de dicha luz [4]. La ecuación es dependiente tanto del ángulo de incidencia como del de emergencia; pero nuestro montaje está diseñado para que tanto el haz incidente, y por tanto el transmitido, incidan perpendicularmente a la superficie del material. Por lo tanto, los cosenos serían 1 y la ecuación se simplificaría como la siguiente ecuación (3):

$$T = \frac{I}{I_0} \quad (3)$$

La transmitancia de una muestra se da normalmente de manera porcentual, entonces se va a definir en este trabajo según la siguiente ecuación (4):

$$T(\%) = \frac{I}{I_0} 100\% \quad (4)$$

1.2. EFECTOS DE LA RADIACIÓN EN EL OJO

La Comisión Internacional de Iluminación (CIE), ha definido el espectro electromagnético en diferentes partes para poder determinar las diferentes absorciones que tienen lugar en los medios oculares. La clasificación de los efectos que vamos a ver, limitando la discusión a la llamada radiación óptica (radiación no ionizante), es el UV, visible e IR cercano (de 100 nm a 1 mm).[5]

Los ojos son susceptibles a dañarse si se someten a largas exposiciones o elevadas intensidades de radiación. El ojo tiene mecanismos de protección como el párpado o el iris que actúan cuando la radiación que incide sobre ellos les resulta excesiva. Sin embargo, estos mecanismos solo se activan con la radiación VIS y no con la invisible, por eso es tan importante protegerlos. Las lesiones oculares se pueden clasificar según si se deben a efectos térmicos y fotoquímicos, de los que son responsables las radiaciones UV e IR, y fisiológicos como el deslumbramiento y la fatiga ocular, que son causados por la radiación VIS.

La mayor parte de la radiación ultravioleta, sobre todo la que corresponde al UV-C, es filtrada por la atmósfera; sin embargo, la radiación UV-B y UV-A solo es filtrada parcialmente. La córnea y el cristalino actúan como protección natural frente al UV. La córnea absorbe las longitudes de onda inferiores a 290 nm y el cristalino las inferiores a 350 nm. En consecuencia, estos medios están expuestos a lesiones cuando se superan los límites normales de incidencia. Conviene evitar el paso de las radiaciones UV-A y UV-B a los ojos mediante lentes filtrantes que bloqueen esa franja del espectro. [6]

La zona visible del espectro no es especialmente dañina; sin embargo, unas intensidades elevadas de luz visible sí que pueden resultar molestas, e incluso peligrosas, si hubiese deslumbramiento. La principal causante del deslumbramiento, visión borrosa y fatiga es la luz azul. El cristalino es el mayor responsable de la disminución de luz por absorción en el visible y, a su vez, esta absorción es más importante en el azul que en el amarillo y aumenta con la edad. Estos aspectos contribuirán a aumentar la sensación de borrosidad. La finalidad de un filtro en este caso sería atenuar de forma selectiva la radiación correspondiente al visible.[5] [6]

En el caso de la radiación solar infrarroja, es poco perjudicial por lo que no es indispensable una lente de protección solar que filtre las longitudes de onda largas del espectro. Sin embargo, esta protección es esencial frente a fuentes artificiales de radiación. La parte posterior del iris tiene propiedades absorbentes de la radiación del IR cercano y, por eso, es susceptible a los daños si es expuesto a esta radiación. [6]

1.3. LENTES DE CONTACTO

Las lentes de contacto (LC) han recorrido un largo camino en los últimos años. Hasta la década de 1950, todos los avances en lentes de contacto estaban hechos de materiales rígidos y relativamente impermeables. Los científicos se dieron cuenta de que a la córnea no le llegaba suficiente oxígeno y reconocieron la necesidad de materiales permeables al gas. En 1952, la historia de las lentes de contacto mejoró drásticamente con la introducción de los materiales de hidrogel. Wichterle, un químico checoslovaco, descubrió que era un material ideal para estas lentes debido a su biocompatibilidad. Estas nuevas lentes de contacto son completamente diferentes a las lentes rígidas existentes, proporcionando una mayor comodidad en su uso y un mayor flujo de oxígeno a través de la lente hacia la córnea. Los desarrollos en el campo de las lentes de contacto continúan hoy en día con una variedad de materiales modernos. Pero siempre deben tener en cuenta tres cosas básicas: corregir el error de refracción, que sea cómoda de usar y que tenga los menores efectos adversos en los ojos. [8]

Las LC se pueden utilizar de forma continua durante 1, 7 o 30 días, según el tipo y el reemplazo para el que estén diseñadas. Hay muchas indicaciones para su porte, siendo las más comunes los defectos refractivos como anisometropía, miopía, hipermetropía, astigmatismo y los motivos estéticos. En cualquiera de los casos, el paciente debe ser evaluado para determinar si es un candidato adecuado. Las lentes de contacto pueden tener complicaciones médicas, tanto infecciosas como no infecciosas y la más dañina es la queratitis microbiana. Para evitar o reducir la incidencia de complicaciones su uso, existen unas pautas a seguir para el uso y manejo adecuado de las LC entre las que destaca la higiene.

Respecto al mecanismo de la lente de contacto sobre la córnea cabe decir que actúa como una lente delgada con poder convergente o divergente. Así corregirán los defectos refractivos del ojo cambiando la dirección de los rayos que incidirían sobre la córnea. [9]

1.4. FILTROS EN LENTES DE CONTACTO

Para averiguar el porcentaje de transmisión de una lente en el espectro que corresponde al UV, VIS e IR tenemos que recurrir a las curvas de transmisión. Estas curvas se obtienen a partir de un espectroradiómetro, del que hablaremos más adelante, y nos proporcionan suficiente información sobre las características de los filtros de protección solar. Si se analiza la curva se puede saber cuál es el porcentaje de radiación UV que la lente filtra y, por lo tanto, el grado de protección de la lente frente a estas nocivas radiaciones. [6] Esta protección es independiente a la coloración de la lente. Estamos acostumbrados a utilizar gafas de sol que por ser oscuras nos da mayor sensación de protección, pero está demostrado que una lente incolora puede presentar total protección al UV.

Actualmente los laboratorios están fabricando casi en su totalidad, lentes de contacto con filtro UV y lo informan en las cajas de sus productos. En este trabajo hemos querido comprobar que las LC cumplieran ese bloqueo de la radiación UV.

1.5. OBJETIVOS

El principal objetivo de este trabajo se basa en estudiar la transmitancia espectral de distintas lentes de contacto que han sido fabricadas por diferentes laboratorios y con diversos materiales y filtros. Vamos a analizar la protección que aportan al ojo humano y según los resultados explicaremos las recomendaciones necesarias para un buen uso de las lentes de contacto.

Para realizar este TFG ha sido necesario recoger información previamente sobre la radiación solar y sus efectos en el ojo y sobre lentillas. Se tuvo que obtener material óptico para poder realizar las medidas y disponer de un

laboratorio con instrumentos precisos para medir la transmitancia espectral de cada lente de contacto.

CAPÍTULO 2: MATERIAL Y MÉTODO

2.1. INSTRUMENTACIÓN

2.1.1. ESPECTRORRADIÓMETRO

El espectroradiómetro está diseñado para medir la irradiancia espectral de un haz incidente de luz de forma rápida y sencilla. En este trabajo hemos utilizado el espectroradiómetro LI-COR1800 que está compuesto por un receptor coseno y un difusor que consta de un anillo esférico de PTFE con un campo de visión de 180°. El monocromador es una rejilla holográfica de barrido motorizado que dispersa la radiación en sus componentes espectrales. En la entrada del monocromador hay una rueda de filtros con siete filtros y una tarjeta opaca que se coloca sobre la rendija de entrada antes y después de cada escaneo para proporcionar el monitoreo de la señal oscura. Esta señal se resta automáticamente de la señal medida después de cada exploración. El detector que se encuentra en la salida del monocromador, es un fotodiodo de silicio que funciona en modo fotovoltaico. [10]

En la Figura 3 se muestra un diagrama del LI-COR1800:

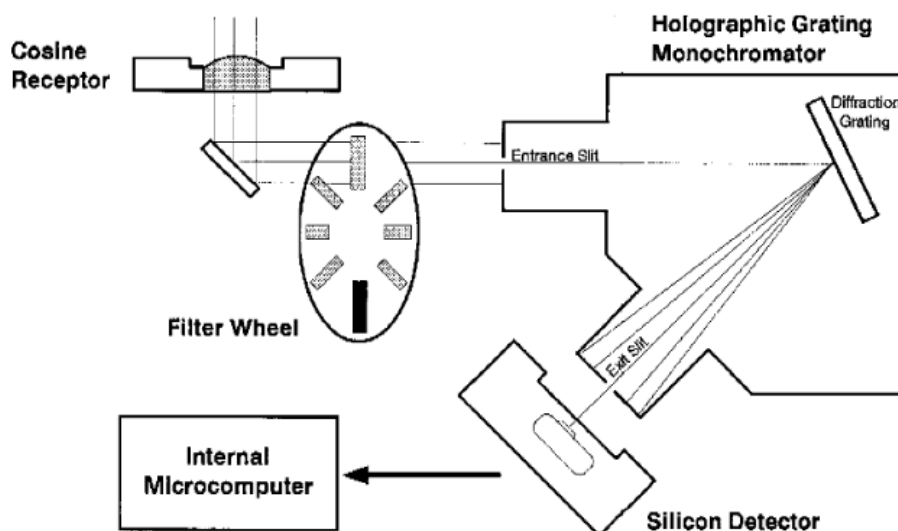


FIGURA 3: Diagrama del espectroradiómetro LI-COR 1800 [10]

2.1.2. FUENTE DE LUZ

Para este trabajo se ha utilizado una lámpara FEL (Figura 4), que es una lámpara halógena de cuarzo de 1000W compuesta por un filamento de Wolframio y un gas que puede ser bromo o yodo. Esta lámpara emite radiación desde el IR al UV y gracias a ella vamos a poder recrear radiación en las longitudes del espectro solar para estudiar su transmisión en nuestras lentes de

contacto. Hay que tener en cuenta que el término FEL es una designación ANSI (no un acrónimo). [11]

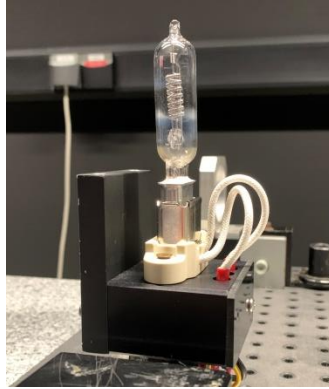


FIGURA 4: Lámpara FEL utilizada en el laboratorio para las medidas de transmitancia de este trabajo.

2.1.3. MONTAJE

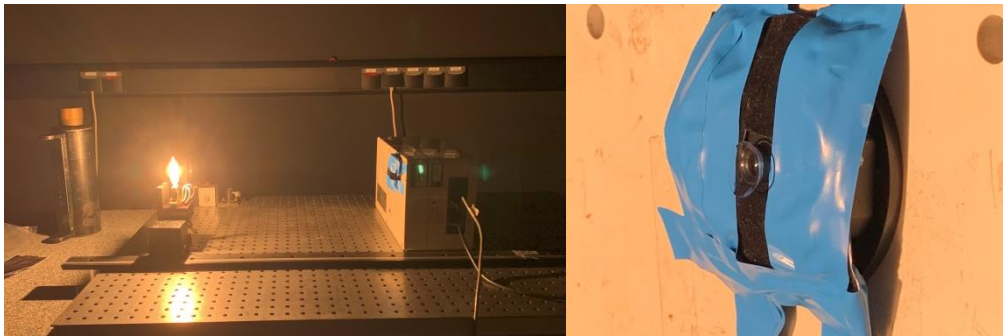


FIGURA 5: Montaje experimental. A la izquierda: fuente de luz, lente de contacto, soporte para LC y espectroradiómetro. A la derecha: ampliado el soporte de LC y la lente de contacto.

El montaje de este experimento consta en primer lugar de la fuente de luz descrita en el anterior apartado y a unos 60 cm, distancia que mantendremos constante durante todo el experimento, se encuentra el espectroradiómetro (Figura 5, izquierda). La lente de contacto que se va a estudiar se coloca de forma convexa respecto al soporte que irá montado en la entrada del espectroradiómetro. El soporte se colocó sobre la entrada de luz del espectroradiómetro de tal forma que el haz de luz incidente solo pudiera atravesar la entrada a través del agujero del soporte o cuando estuviera la LC, a través de ella (Figura 5, derecha).

El espectroradiómetro está conectado a un software particular del LI-COR1800 que almacena la información luminosa captada por éste y que permite representar la radiación espectral que mide. De esta manera pudimos interpretar la transmitancia de las distintas lentes de contacto.

2.1.4. MATERIAL DE ESTUDIO

Hemos trabajado con 6 tipos de LC que tenían potencias muy bajas (entre +0.50D y -0.50D) y que se diferenciaban en su contenido en agua, fabricante y en el tipo de hidrogel de silicona. De cada tipo hemos usado distinta cantidad de LC según el material del que dispusiéramos.

Los modelos han sido los siguientes:

TABLA 1: Identificador (ID) y propiedades de las seis LC utilizadas en este trabajo.

ID	NOMBRE Y LABORATORIO	MATERIAL	% AGUA	Rx (D)	Rb (mm)	∅ (mm)	FILTRO UV
L1	Clariti 1Day de Cooper Vision	Somofilcon A	56	+0.50	8.6	14.1	Sí
L2	My Day de Cooper Vision (asférica)	Stenfilcon	54	+0.50	8.4	14.2	Sí
L3	Acuvue Moist de Johnson & Johnson	Etafilcon A	58	+0.50	9	14.2	Sí
L4	Acuvue Oasys de Johnson & Johnson	Senofilcon A	38	-0.50	8.5	14.3	Sí
L5	Clariti 1Day de Cooper Vision	Somofilcon A	56	-0.50	8.6	14.1	Sí
L6	Lens 55 1Day de Servilens	Ocufilecon	55	+0.50	8.6	14.2	No

2.2 METODOLOGÍA

Para poder empezar con las medidas hicimos pruebas para comprobar que la distancia que habíamos determinado de trabajo (unos 60 cm) no saturara y llegaran cuentas suficientes en todas las longitudes de onda que queríamos estudiar.

Para obtener el offset del instrumento, hicimos 5 escaneos con todas las luces del laboratorio apagadas para comprobar que fuera constante. El resultado fue un ruido mínimo (Figura 6), por lo que se consideró insignificante respecto a la cantidad de cuentas que estábamos midiendo y no se ha tenido en cuenta en el resto del trabajo. Téngase en cuenta que estas medidas de offset no se realizaron hasta 1100 nm, sino que solo se alcanzó hasta 850 nm, pero aun así sigue siendo un resultado representativo del ruido del instrumento ya que no presenta ninguna dependencia espectral en el intervalo representado.

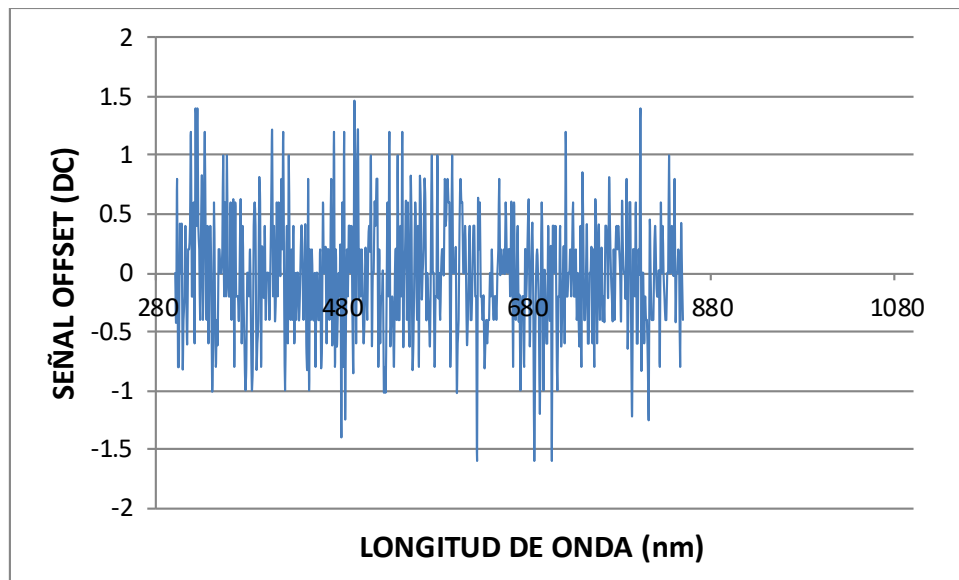


FIGURA 6: Señal de offset medida del instrumento en cuentas digitales (DC).

También comprobamos que el tiempo de secado de la lentilla no afectaba al estudio midiendo la irradiancia registrada por el espectroradiómetro con la misma lentilla varias veces esperando 1 minuto entre medidas. Con el paso del tiempo la lentilla lógicamente se secaba, ya no se sujetaba en el soporte y se caía. Pese a todas las pruebas y gracias a que disponíamos de suficientes lentillas de cada tipo; decidimos usar cada LC para dos medidas seguidas y calcular la media de las transmitancias de todas las que usáramos. Para el estudio de L1, L2 y L3 utilizamos 3 lentillas, para L5 usamos 4 lentillas y para L4 y L6, utilizamos 5.

El fin de este experimento era obtener la transmitancia de cada lentilla, para lo que hemos necesitado tomar dos medidas en cada toma de datos. A la inicial la hemos llamado *referencia* “ I_0 ” y determina la cantidad de radiación que llega al receptor en ausencia de la lentilla; y la segunda, con la LC colocada, que mide la radiación que atraviesa la LC “ I ”. Estas dos medidas se han tomado dos veces por cada LC disponible.

Con las medidas I_0 e I y la ecuación (4) obtuvimos la transmitancia relativa de cada LC. Como se dispone de varias medidas de transmitancia para cada tipo de LC, se ha calculado, para cada longitud de onda, la transmitancia media, mínima, máxima, así como la desviación estándar que da cuenta de la variabilidad entre medidas.

Una vez completadas todas las medidas, utilizaremos un gráfico de Excel para representar y analizar la transmitancia espectral relativa de cada material en una curva espectral. En ellos representaremos la longitud de onda (λ) en el eje de abscisas y su respectiva transmitancia relativa (%) en el eje de ordenadas.

CAPÍTULO 3: RESULTADOS

i) Clariti 1 Day de Cooper Vision.

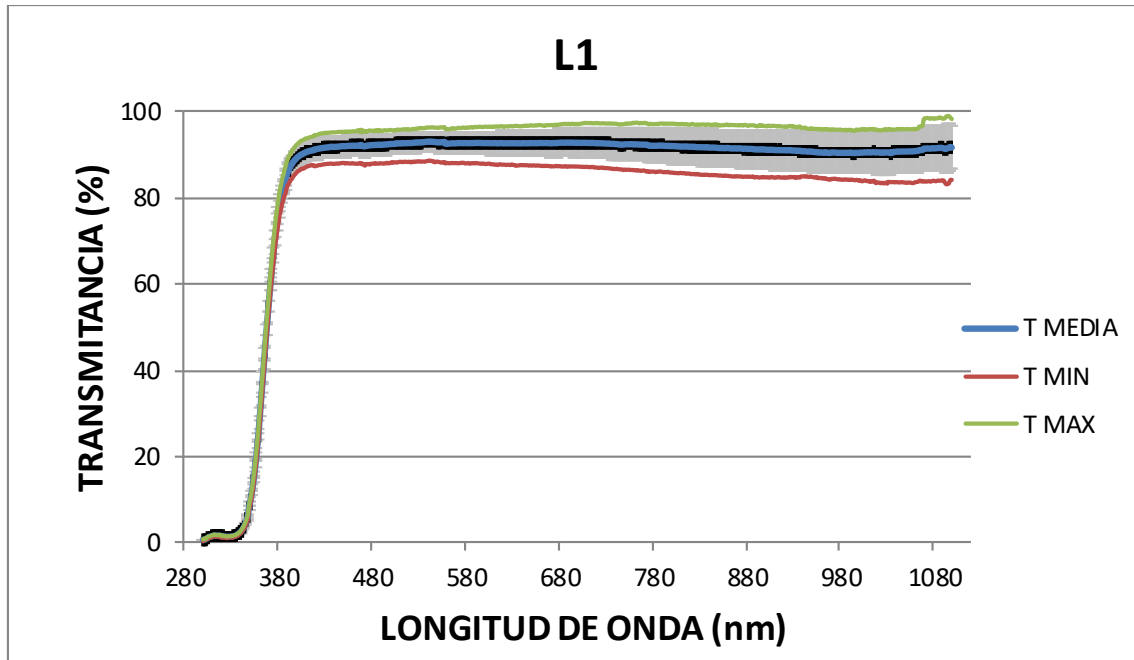


FIGURA 7: Transmitancia espectral media (línea azul), mínima (línea roja) y máxima (línea verde) de la L1. Las barras de color gris representan la desviación estándar.

La Figura 7 presenta la transmitancia media obtenida para la lente L1. Podemos observar que la transmitancia es prácticamente nula en el rango de los 300 nm hasta los 350 nm que es donde empieza a aumentar. Quedaría así comprobado que esta LC bloquea completamente la radiación UV-B pero la UV-A solamente se filtra de manera parcial. Desde los 350nm hasta los 450nm la transmitancia va aumentando hasta que llega al 92% y prácticamente no cambia hasta los 850 nm que disminuye levemente. Por lo tanto, todo el espectro de luz visible e IR (hasta lo medido, que son 1100 nm) se transmiten perfectamente.

ii) My Day de Cooper Vision.

En la L2 (Figura 8) la transmitancia es prácticamente nula en el rango de los 300 nm hasta los 355 nm desde donde aumenta hasta los 460nm que llega al 96% y se mantiene alrededor del 93% hasta los 1100nm. Por lo tanto, todo el espectro de luz visible e IR se transmiten perfectamente pero la radiación UV-B queda bloqueada. La desviación estándar es muy baja por lo que la medida obtenida fue muy precisa.

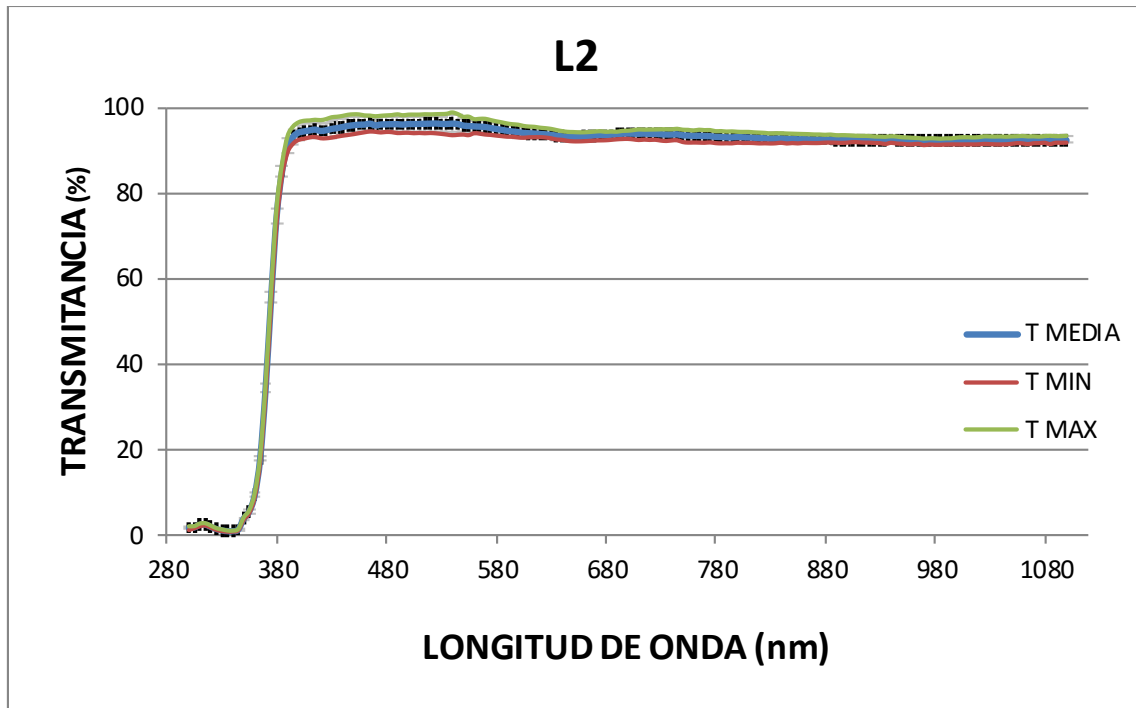


FIGURA 8: Transmitancia espectral media (línea azul), mínima (línea roja) y máxima (línea verde) de la L2. Las barras de color gris representan la desviación estándar.

iii) Acuvue Moist de Johnson & Johnson.

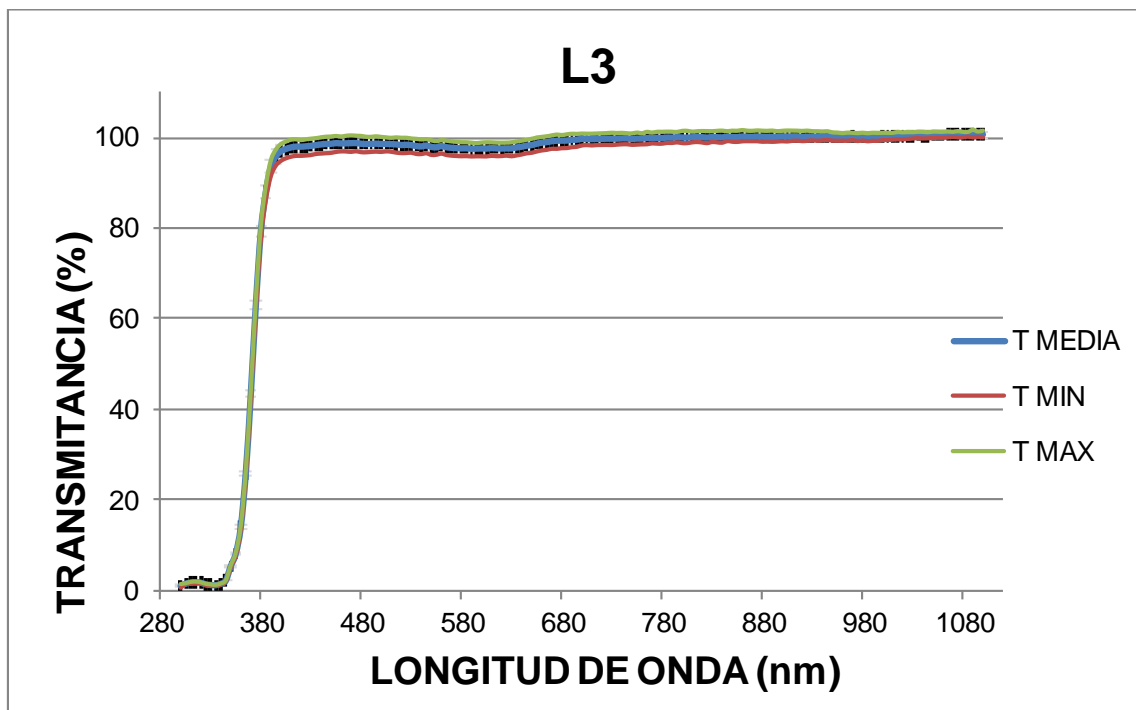


FIGURA 9: Transmitancia espectral media (línea azul), mínima (línea roja) y máxima (línea verde) de la L3. Las barras de color gris representan la desviación estándar.

En la Figura 9 se puede observar que la transmitancia de la L3 está muy cerca de cero hasta los 350 nm. A partir de ese momento empieza a crecer hasta que

llega al cerca del 100% en los 400nm y se mantiene hasta los 1100 nm. Podemos decir entonces que con esta lente de contacto la transmitancia es total en el visible e IR, parcial en el UV-A y nula en el UV-B. Al igual que con la lente L2, la transmitancia de L3 presenta una desviación estándar muy baja, lo cual nos indica que las medidas se realizaron con mucha precisión.

iv) Acuvue Oasys de Johnson & Johnson.

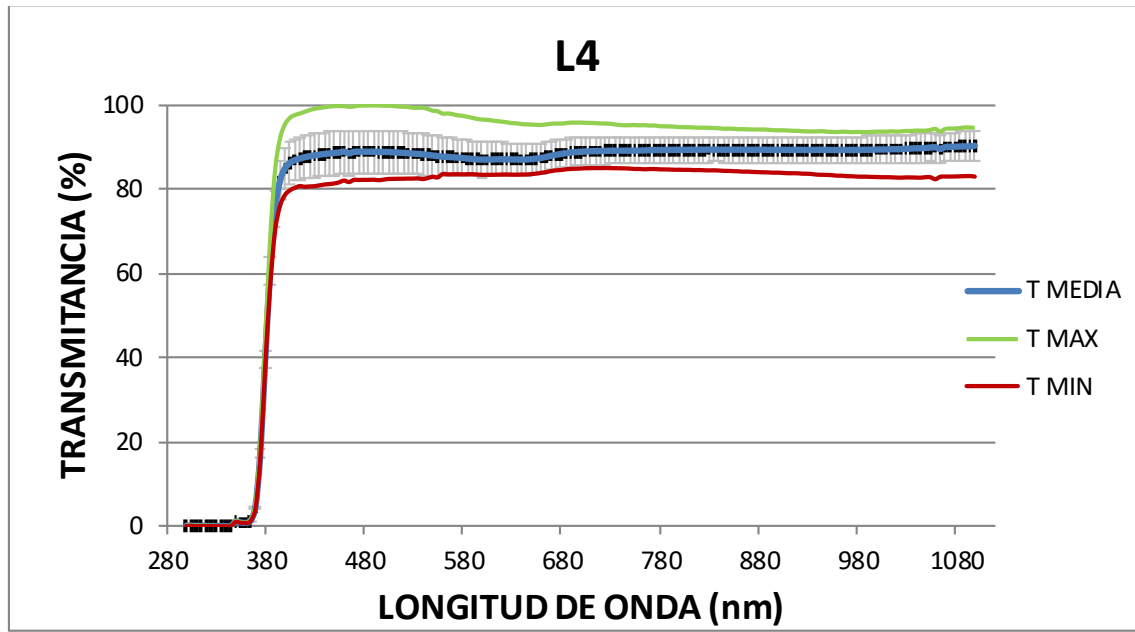


FIGURA 10: Transmitancia espectral media (línea azul), mínima (línea roja) y máxima (línea verde) de la L4. Las barras de color gris representan la desviación estándar.

En el caso de la L4 (Figura 10) esta lente la transmitancia es próxima a cero de los 300 nm hasta los 370, es decir, bloquea completamente la radiación UV-B pero la UV-A solamente de manera parcial. De los 370nm a los 430nm la transmitancia va aumentando hasta que llega al 88% y prácticamente se mantiene en todo el rango estudiado (hasta los 1100nm). Además se puede observar una diferencia notable entre el mínimo y el máximo de las medidas obtenidas.

v) Clariti 1 Day de Cooper Vision.

La L5 es la misma lente que la L1, su única diferencia es la potencia. Suponemos entonces que todo cambio que encontremos entre una y otra va a depender del mínimo cambio que se haya podido dar a la hora de realizar la medida o en la manipulación de la lente; y de la potencia (diferencia de 1.00D). Se observa que la transmitancia (Figura 11) también es prácticamente nula de los 300 a los 350 nm, desde donde aumenta bruscamente hasta los 400nm. A partir de los 400 nm, donde su transmitancia es del 85%, seguirá aumentando lentamente hasta llegar al 90% en los 1100nm.

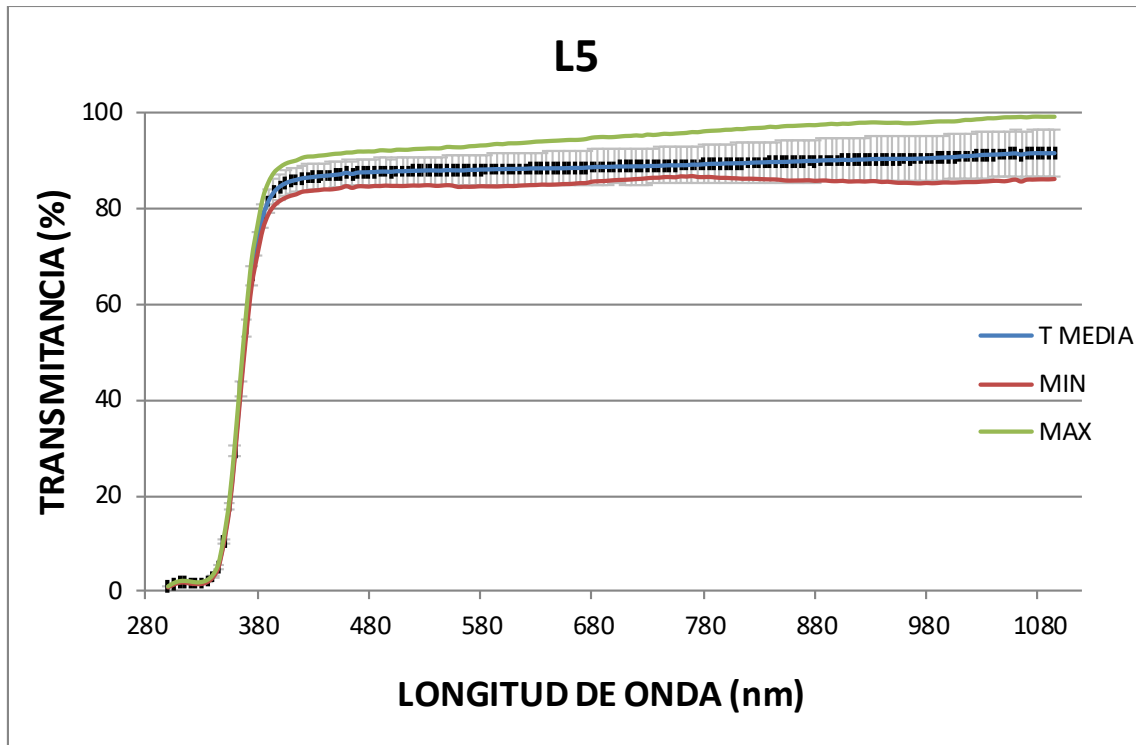


FIGURA 11: Transmitancia espectral media (línea azul), mínima (línea roja) y máxima (línea verde) de la L5. Las barras de color gris representan la desviación estándar.

vi) Lens 55 1 Day de Servilens Fit & Cover.

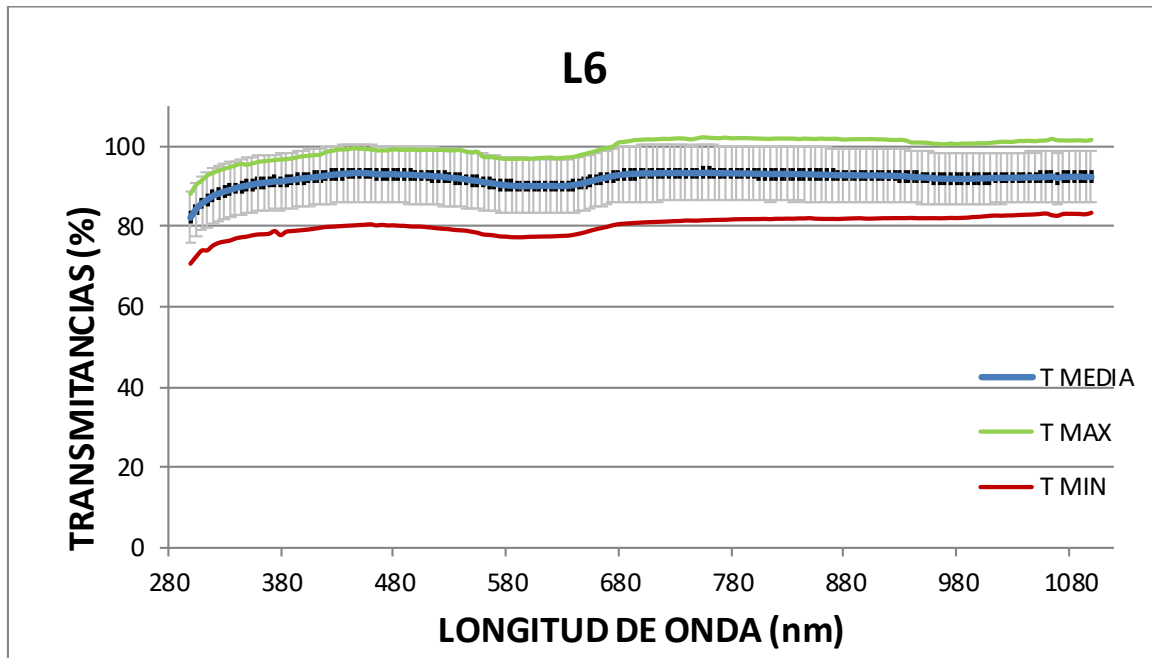


FIGURA 12: Transmitancia espectral media (línea azul), mínima (línea roja) y máxima (línea verde) de la L6. Las barras de color gris representan la desviación estándar.

La Figura 12 muestra la transmitancia de la lente L6. Esta LC al no tener filtro que bloquee el UV, su transmitancia en este espectro es muy parecida a la de la luz visible. En todo momento la transmitancia media está en torno al 88%.

CAPÍTULO 4: DISCUSIÓN

Para facilitar la discusión de los resultados obtenidos en este trabajo, en la Figura 14 se muestran las transmitancias espectrales medias de los 6 tipos de lentillas que hemos estudiado. En cuanto a las 5 primeras lentes, que ofrecen filtro UV, hay que puntuar que la protección a esta radiación no es del 100%. Si bien bloquean por completo la radiación UV-B, que es la radiación más dañina procedente del Sol que llega a la superficie, no filtran una gran parte del UV-A. Esta radiación también puede ser causante de la aparición de distintas patologías oculares. Por ejemplo, el desarrollo de la degeneración macular se ha relacionado con el daño de los rayos UV-A en la parte central de la retina. Además se ha relacionado con algunos tipos de cataratas.

Por todo esto, podemos asegurar que llevar este tipo de LC no es suficiente para protegernos del sol y deberíamos aconsejar utilizar lentes especializadas en la protección de dichos rayos.

Sin embargo, en comparación con la L6, que son lentillas sin ningún filtro, el resto son mucho más recomendables. Con este tipo de lentes de contacto, los tejidos oculares están expuestos a los rayos UV y necesitaremos siempre de una protección complementaria.

Fijándonos en la Figura 13, podemos observar que la L4 es la lente de contacto que más protege del UV-A, ya que su longitud de onda de corte es más grande, mientras que el resto son todas muy parecidas. Además podemos decir que la L3 es prácticamente transparente al Visible e IR, mientras que las demás LC no dejan pasar alrededor del 10%.

Como se ha descrito en el apartado de resultados (V), L1 y L5 son el mismo tipo de lentilla pero con distinta graduación, y respecto a sus transmitancias podemos decir que son parecidas y sus diferencias entran dentro del margen de error observado con la desviación estándar en ambos casos.

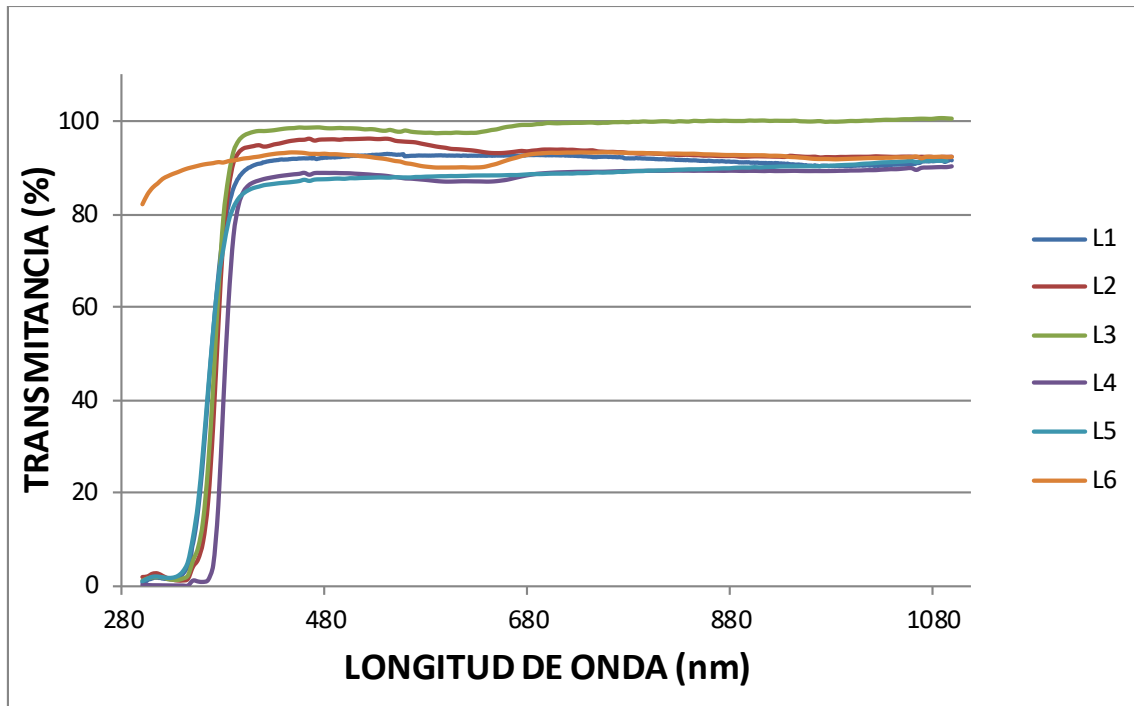


FIGURA 13 Transmitancias medias de las seis LC de estudio.

CONCLUSIONES

En este trabajo se ha comprobado mediante la medida de transmitancias espectrales, que las lentes de contacto que llevan filtro UV, absorben por completo el UV-B pero permiten el paso de gran parte del UV-A. Con este resultado se considera que se debería informar sobre esto al usuario de LC con este filtro, para que lo tenga en cuenta a la hora de usar protección solar adicional.

Sería interesante completar este estudio con mayor cantidad de LC y ver el efecto con más detalle que tiene la graduación sobre la transmitancia del material. También otra manera de ampliar el estudio sería estudiando diferentes lentillas que fueran del mismo material, ya que en este trabajo tenemos muchas variables que pueden influir en esa diferencia de transmitancias.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto de Física y L. de la Peña, «La naturaleza de la luz», *Rev. Digit. Univ.*, vol. 19, n.º 3, may 2018, doi: 10.22201/codeic.16076079e.2018.v19n3.a1.
- [2] «Comprender La Luz - Carrete Digital». <https://carretedigital.com/comprender-la-luz/> (accedido 24 de abril de 2022).
- [3] H. Grossi Gallegos, *Notes on Solar Radiation (en español)*. 2002.
- [4] R. A. A. Cusme, J. J. C. Edgar, y C. O. V. Heredia, «INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES», p. 80.
- [5] J. M. A. Verde, «1.- EFECTO DE LAS RADIACIONES EN EL OJO», p. 27.
- [6] L. Guisasola, «Capítulo 16 Lentes de protección a las radiaciones», p. 25.
- [7] A. V. Sánchez Ferreiro y L. Muñoz Bellido, «Evolución histórica de las lentes de contacto», *Arch. Soc. Esp. Oftalmol.*, vol. 87, n.º 8, pp. 265-266, ago. 2012, doi: 10.1016/j.ofal.2012.04.009.
- [8] S. M. García Ramirez, *Lentes de contacto. Teoría y Práctica*, N°1. Universidad de La Salle, 2017.
- [9] «1800_Manual_8210-0030.pdf | Con la tecnología de Box». <https://licor.app.boxenterprise.net/s/k8mr6zd0h6bjndwmqn6h> (accedido 26 de abril de 2022).
- [10] hmong.wiki, «Lámpara FEL». https://hmong.es/wiki/FEL_lamp (accedido 26 de abril de 2022).