

FILTROS

De acuerdo con la Agencia Europea de Medicamentos (EMA) y la Food Drug Administration (FDA) los filtros son imprescindibles para la protección de los fotorreceptores en los pacientes con enfermedad de Stargardt. Esto se debe a que el producto que se acumula en las células pigmentarias y que no pueden desechar, se activa con la luz azul del espectro lumínico, intoxicando seriamente a estas células e induciendo el proceso apoptótico de las mismas hasta su muerte. Es por ello que la protección a la radiación debe ser un objetivo terapéutico imprescindible.

Existen muchísimos artículos científicos que confirman el mecanismo físico químico que termina provocando la muerte de las células pigmentarias, y por ende la de los fotorreceptores, activado por la luz.

Bibliografía:

Fishkin*, N.; Sparrow, J.; Allikmets, R. and Nakanishi, K. (2005).- Isolation and characterization of a retinal pigment epithelial cell fluorophore: An all-trans-retinal dimer conjugate. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 102 (20), 7091–7096

Sparrow, J.R., Nakanishi, K. and Parish, C.A. (2000) The lipofuscin fluorophore A2E mediates blue light-induced damage to retinal pigmented epithelial cells. Invest. Ophthalmol. Visual Sci., 41, 1981–1989.

Sun, H and Nathans, J.(2001).-ABCR, the ATP-binding Cassette Transporter Responsible for Stargardt Macular Dystrophy, Is an Efficient Target of All-*trans*-retinal-mediated Photooxidative Damage *in Vitro*. Implications for retinal disease. The Journal of Biological Chemistry, 276, 11766-11774.

Weng J, Mata NL, Azarian SM, Tzekov RT, Birch DG, Travis GH.(1999).-Insights into the function of Rim protein in photoreceptors and etiology of Stargardt's disease from the phenotype in abcr knockout mice. Cell. 1999 Jul 9;98(1):13-23

A continuación se cita un resumen del comportamiento de físico de los filtros de acuerdo con los textos del Laboratorio Argentino Foucault Acerbi, y el motivo de la selección de los mismos para esta patología pigmentaria.

Sistemas para Baja Visión

Laboratorio Foucault Acerbi. T.O. Matías Acerbi

Función y mecanismos de acción de los filtros oftálmicos

Introducción

Un filtro oftálmico consiste en un tratamiento que se realiza a una lente para lograr filtrar ciertas longitudes de onda indeseadas a través de la absorción (y en menor medida la reflexión) al tiempo que se mantiene la más alta transmisión de las radiaciones deseadas.

Los filtros oftálmicos son una herramienta muy difundida en la ayuda óptica para pacientes con baja visión. El conocimiento de los mecanismos de acción de los mismos permite lograr los mejores resultados, al comprender qué filtro puede ser más conveniente para cada paciente y en distintas situaciones.

En este artículo se analiza la relación de los filtros con el sistema neuro-retiniano -por su influencia sobre la sensibilidad luminosa retiniana- y el sistema óptico o refractivo ocular -por su influencia sobre fenómenos como la fluorescencia y el esparcimiento de Rayleigh-. Se describe también la influencia de los filtros sobre las radiaciones con propiedades actínicas en los tejidos del ojo.

Por último se describe el desarrollo de filtros Foucault de alta tecnología para filtrar radiaciones de distintos rangos de longitudes de onda según el efecto buscado, factibles de ser adaptados a cualquier graduación oftálmica y a todo tipo de monturas.

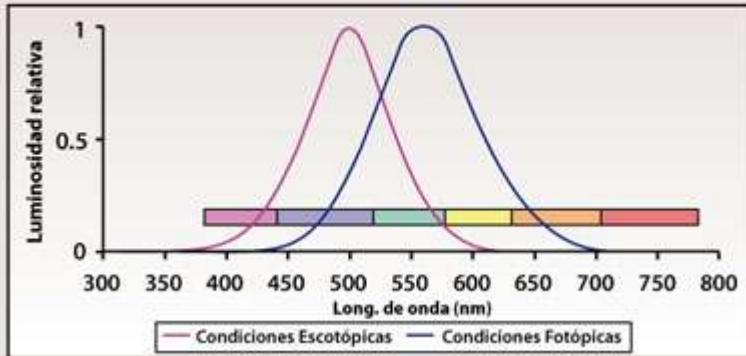
Retina y sensibilidad luminosa

La visión humana está directamente relacionada con la radiación electromagnética correspondiente al espectro luminoso comprendido entre las radiaciones de longitudes de onda de entre 380 nm y 780 nm. Sin embargo, el sistema sensorial visual no es uniformemente sensible a la energía proveniente de las distintas longitudes de onda del espectro visible.

La principal razón de esta diferencia sensorial reside en la distinta proporción de pigmentos fotosensibles ubicados en un tipo de células especializadas de la retina: los conos. La retina central presenta tres tipos de conos en una proporción desigual que se estima en aproximadamente: 20:40:1 de rojos, verdes y azules respectivamente. En condiciones fotópicas (luz día), el verde produce una sensación visual con una eficacia 10.000 veces superior a la del violeta.

La sensibilidad del ojo tricrómata normal en condiciones de buena luminosidad puede representarse mediante la curva de luminosidad fotópica (Fig. 1). En esta curva se puede apreciar que el área de mayor sensibilidad del ojo normal corresponde a aquella comprendida entre los 480 y los 680 nm, mientras que la sensibilidad es mínima en el rango 380-480 nm (correspondiente a la luz violeta y parte del azul) y en el rango 680-780 nm (luz roja y parte del naranja). El pico de máxima sensibilidad del ojo humano se encuentra aproximadamente en los 555-560 nm, porción correspondiente a la luz de color verde. La sensibilidad a los distintos colores por la retina es, de menor a mayor la siguiente: violeta-azul-rojo-naranja-amarillo-verde.

■ **Figura 1** Curva de Eficiencia Luminosa Relativa en condiciones Fotópicas y Escotópicas.



Según la luminosidad ambiente, la sensibilidad del ojo a las distintas longitudes de onda incidentes varía. La visión cromática se produce por los estímulos de los conos en visión fotópica y mesópica (luz tenue) mientras que permanece ausente en la visión escotópica (oscuridad). Si bien en condiciones escotópicas no se perciben los colores porque no actúan los conos, se pueden distinguir formas, figuras y contornos con distintos contrastes, gracias a la contribución de los bastones de la retina. La curva de sensibilidad de la retina a distintas longitudes de onda en condiciones escotópicas se puede observar en la figura 1; como se puede apreciar, existe un corrimiento de la sensibilidad hacia las longitudes de onda más cortas, encontrándose el máximo de sensibilidad cercano a los 500 nm (correspondiente al color azul).

Existen patologías que determinan una curva de sensibilidad a las radiaciones electromagnéticas que difiere de la del ojo tricromata normal. Personas con distintos tipos de dicromatismo, monocromatismo (acromatopsia) y tricromatismo anómalo, más allá de poder o no distinguir los colores, presentan curvas de eficiencia luminosa diferentes a las ya analizadas, pudiendo éstas estar desplazadas hacia longitudes de onda más corta o más larga, según la patología. Cuando una patología implica disfuncionalidad de los conos, si los bastones funcionan correctamente, la curva se verá desplazada hacia la izquierda (menores longitudes de onda) como ocurre con un ojo normal en condiciones escotópicas.

Hasta aquí hemos considerado las razones neuro-retinianas que determinan diferencias en la sensibilidad al contraste debidas a los distintos colores de la radiación incidente en el ojo humano. Sin embargo, también existen fenómenos ópticos que ocurren en el ojo antes de que entre en juego el sistema neuro-retiniano y que determinan en gran medida diferencias en la sensibilidad al contraste debidas a variaciones en la longitud de onda incidente en iguales condiciones de intensidad luminosa.

Existen diversos fenómenos ópticos que producen una reducción en el contraste de la imagen retiniana y por ende afectan la sensibilidad al contraste del paciente, estos son fundamentalmente: fluorescencia y esparcimiento.

Fluorescencia

Este proceso consiste en la absorción de energía electromagnética invisible por parte de ciertas sustancias y la reemisión de radiación electromagnética del espectro visible. La radiación con capacidad de producir fluorescencia es la luz ultravioleta y, en menor medida la violeta; es decir, radiación de baja longitud de onda o alta frecuencia en comparación con la correspondiente al espectro visible.

En el ojo, este fenómeno produce deslumbramiento entorpecedor en forma de velo, debido a que llega a la retina luz visible que no posee información del mundo exterior, de los objetos que deseamos ver. De esta manera, la luz ultravioleta no sólo es indeseada por sus propiedades actínicas sobre los tejidos, sino que también genera deslumbramiento entorpecedor debido a la fluorescencia.

Esparcimiento o dispersión de Rayleigh

El esparcimiento es un fenómeno submicroscópico que consiste en la absorción y rápida reemisión en múltiples direcciones de la radiación electromagnética por parte de electrones asociados con átomos y moléculas. Es un fenómeno similar a la fluorescencia pero producido por radiación correspondiente al espectro visible que es reemitida como radiación también visible de similar longitud de onda. Específicamente, el esparcimiento que lleva el nombre de Rayleigh se trata de aquel que es producido por partículas 15 veces más pequeñas que una longitud de onda, del orden de los 10 nm.

Cuando el medio en el que se propaga la radiación es denso, la radiación emitida en forma lateral interfiere con la de las ondas contiguas y por ende la radiación resultante no cambia la trayectoria, por lo que no se aprecia el esparcimiento lateral. Para que se observe el fenómeno de esparcimiento lateral el espaciado entre los dispersores moleculares debe ser de aproximadamente una longitud de onda o más. La disposición aleatoria de las partículas dispersoras contribuye más al esparcimiento lateral que un ordenamiento más preciso de dichas partículas.

En rigor de verdad, los procesos de transmisión, reflexión y refracción son manifestaciones macroscópicas del esparcimiento con mayor o menor incidencia de la interferencia entre las distintas ondas que conforman la radiación en cuestión. Este fenómeno explica el color azul en gran parte de las sustancias de la naturaleza que vemos a diario: el azul del cielo es un ejemplo clásico, al cual se puede agregar los ojos azules de una persona, las plumas de un ave azul, la cola de algunas lagartijas, etc.

En el ojo humano, además de poder ser el responsable de ciertos colores del iris, el fenómeno de esparcimiento puede producir efectos indeseados, de manera similar a lo que sucede con la fluorescencia, cuando existen tejidos con ciertas características. Como se puede deducir del estudio del fenómeno de

esparcimiento, estas características están fundamentalmente relacionadas a la densidad de los medios del ojo y al tamaño y ordenamiento de sus partículas componentes. Así, es muy común observar este fenómeno en cristalinos envejecidos, en casi todas las cataratas y en corneas dañadas. También se puede producir esparcimiento en el humor vitreo y el humor acuoso.

La cantidad de luz esparcida varía con la longitud de onda, produciéndose diferencias muy grandes en el grado de esparcimiento con pequeñas variaciones en la longitud de onda. Las radiaciones de mayor frecuencia (menor longitud de onda) son las que poseen mayor capacidad de producir esparcimiento. Es decir que las luces de color azul y violeta son las que poseen mayor capacidad de producir esparcimiento, mientras que las luces de color naranja y rojo son las de menor capacidad de producirlo.

Es importante mencionar y destacar aquí que las opacidades discretas de los medios densos causan poca reducción del contraste de la imagen si hay suficiente espacio a su alrededor, como ocurre en las cataratas zonulares, nucleares, polares anteriores o corticales. Sin embargo, cuando la opacidad es difusa, aún cuando no sea demasiado opaca, interfiere mucho en el contraste de la imagen.

Propiedades actínicas de las radiaciones de onda corta

Otro factor fundamental a considerar con respecto al efecto de radiaciones de distintas longitudes de onda sobre el ojo es el de las modificaciones histológicas que éstas pueden producir.

La radiación ultravioleta B (UVB: 280-315 nm) es la radiación ultravioleta biológicamente más perjudicial para la piel y los ojos, y aunque la mayor parte de esta energía es absorbida por la atmósfera, una porción llega a la superficie terrestre y es la más dañina para los tejidos. Poseen acción melanogénica y

eritematogénica. Su poder de penetración le permite alterar el ADN celular, por lo que puede resultar carcinogénica.

La radiación ultravioleta A (UVA: 315-380 nm) es la radiación ultravioleta que se encuentra normalmente en la mayoría de las lámparas (sobre todo en tubos fluorescentes) y es la más intensa que llega a la superficie terrestre desde el sol. No es tan biológicamente perjudicial como la UVB pues sus fotones poseen menos energía, pero posee una penetración mayor en los tejidos.

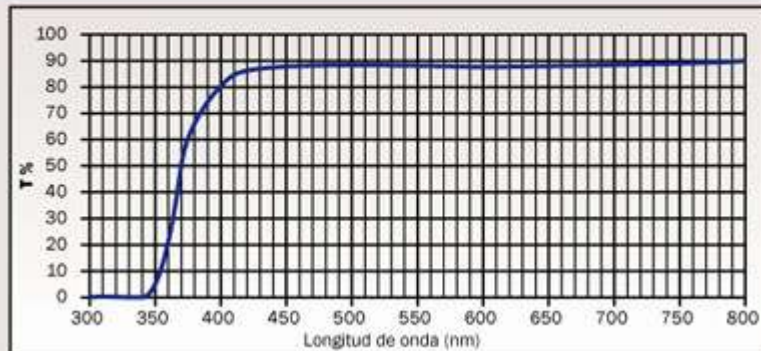
La radiación ultravioleta actínica es fuertemente absorbida por la córnea y la conjuntiva. La sobreexposición de estos tejidos provoca queratoconjuntivitis, conocida comúnmente como “golpe de arco” o “ceguera producida por la nieve”. La máxima sensibilidad de la córnea se produce a 270 nm, valor que difiere sensiblemente del máximo para la piel.

A diferencia de lo que ocurre en la exposición de la piel, la exposición repetida del ojo a niveles de RUV potencialmente peligrosa no incrementa la capacidad protectora del tejido afectado (la córnea), lo que conduce a la pigmentación y al engrosamiento del estrato corneal.

Función de filtros oftálmicos

Las lentes oftálmicas orgánicas transparentes que existen hoy en el mercado transmiten la totalidad de la luz visible, con una transparencia aproximada al 88%. Un tratamiento antirreflejo puede incrementar esa transparencia al eliminar la reflexión de superficie.

■ **Figura 2** Transmisión de radiación electromagnética de una lente transparente



Las lentes con filtro oftálmico tienen la propiedad de disminuir la transmisión de la radiación electromagnética de determinadas longitudes de onda. Es decir, su función es modificar la composición espectral de la luz incidente sobre el ojo humano. El objetivo fundamental de esta tecnología es eliminar la radiación dañina e incrementar la sensibilidad al contraste a través de distintos mecanismos interrelacionados: los vinculados con el sistema neuro-retiniano y los vinculados con el sistema óptico del ojo.

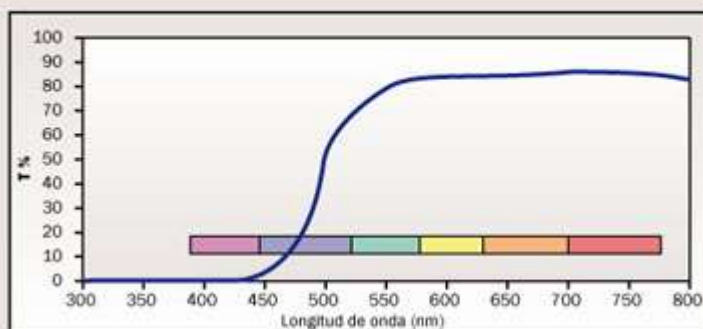
Contemplando el sistema óptico del ojo, la sensibilidad al contraste se incrementa reduciendo la incidencia de radiaciones de onda corta. Al disminuir la incidencia de radiaciones ultravioletas se reduce el fenómeno de fluorescencia. A su vez, el esparcimiento será menor cuanto menor sea la incidencia de longitudes de onda corta.

Al considerar el sistema neuro-retiniano, la acción de los filtros es algo más compleja debido a que, como hemos visto, no todas las retinas responden de igual manera a la incidencia de distintas longitudes de onda. En un ojo normal, la sensibilidad al contraste máxima se encontrará en longitudes de onda de 555 nm. Sin embargo, en ojos con distintas patologías, el punto de sensibilidad al contraste máxima se verá desplazado.

Cuando se contempla la utilización de un filtro óptico, los tres fenómenos considerados hasta aquí deben ser considerados en forma sistémica. En la

mayoría de las personas, se observa un beneficio con el uso de filtros de tonalidades amarillas y verdes (ver figura 3), debido a que estos filtros disminuyen la incidencia de longitudes de onda corta que producen fenómenos de fluorescencia y esparcimiento de Reileigh, al tiempo que son transparentes a las longitudes de onda a las que la retina es más sensible. Este beneficio se ve magnificado en pacientes con problemas de envejecimiento y engrosamiento marcado de las fibras del cristalino. Lo mismo sucede cuando existe alguna opacidad en la córnea.

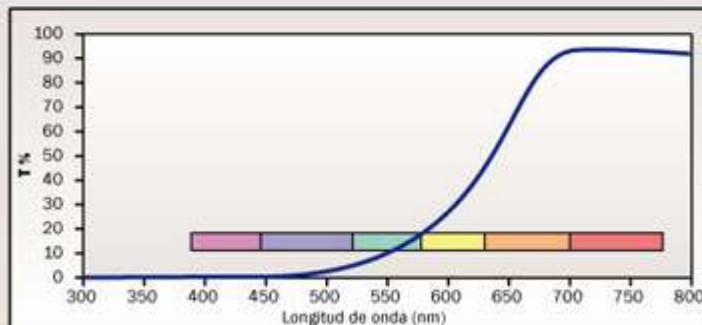
■ **Figura 3** Filtro Foucault FA 450



En pacientes que presentan patologías que afectan la sensibilidad normal de la retina, el problema es más complejo y se debe realizar la adecuada evaluación de distintos tipos de filtro en un compromiso entre la reducción de los fenómenos de fluorescencia y esparcimiento y lograr la incidencia en la retina de las radiaciones de longitudes de onda para las cuales esa retina posee más sensibilidad. Por ejemplo, en pacientes con distrofia de conos puede resultar conveniente el uso de filtros azules para lograr que la curva de radiaciones incidentes se desplace hacia las longitudes de onda para las cuales existe un pico de sensibilidad de los bastones; sin embargo no se debe dejar de contemplar que esto puede producir un marcado incremento de los fenómenos de esparcimiento, con lo que puede resultar conveniente que el filtro tenga un tinte más cercano al verde.

Otro factor a tener en cuenta cuando se contempla la adaptación de filtros es la intensidad luminosa a la cual estará expuesto el paciente. En términos generales, resulta ventajoso buscar filtros más oscuros para exterior y más suaves para el interior. Al mismo tiempo, en condiciones de alta luminosidad, resulta muy ventajoso en ojos tricrómatas normales, que el filtro tenga una tonalidad anaranjada (figura 4), para disminuir al máximo el deslumbramiento producido por las longitudes de onda más corta, al tiempo que permite la incidencia de longitudes de onda con buena sensibilidad relativa y con menor capacidad de generar deslumbramiento. En estas condiciones de alta irradiancia es muy importante el rol que cumple el filtro como protección por las propiedades actínicas sobre los distintos tejidos del ojo que posee la radiación de onda corta.

■ **Figura 4** Filtro Foucault FA 500



Para usar la filtración con mayor eficacia, deben determinarse con detalle las propiedades espectrales del filtro mediante un análisis espectrofotométrico. Conocer sólo el color o la longitud de onda dominante de la luz transmitida resulta insuficiente porque los filtros pueden tener estrechas bandas de transmisión que no cambian significativamente su “color” pero que admiten luz en la región invisible de UV y violeta, luz que puede convertirse en deslumbramiento por esparcimiento y fluorescencia. El conocimiento de las propiedades de transmisión de cualquier filtro en esa región no puede valorarse por inspección visual, sino que requiere un análisis espectrofotométrico.

Bibliografía

Bioing. J.. 2004. “Radiaciones no ionizantes”. <http://www.bioingenieria.edu.ar>

Herranz, R. M.. 2002. “Guía Clínica para la Exploración de la Visión de los Colores”. Suplemento de la Revista Gaceta Óptica n.º 362. Madrid, España.

Hecht, E.. 2000. “Optica”. Addison Wesley Iberoamericana, Madrid, España.

Perez. H.. 2008. “Tres tratamientos (sin trabalenguas)”. Revista Opticos, Edición N°9. CADIOA. Buenos Aires, Argentina.

Rosemberg, R.. 1997. “Luz, deslumbramiento y contraste en el cuidado de la baja visión”. Clínica de la baja visión. Libro de ELEANOR E. FAYE. Editorial SS Manuales.

Filtros disponibles en el mercado:

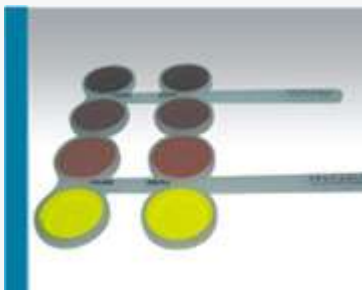
Filtros Essilor Orma ®

Las lentes Orma presentan coloraciones específicas para pacientes con anomalías particulares:

BLX: Color rojo anaranjado. Absorbe 100% de UV. Filtra los rayos de longitud de onda de 500nm.

RT Uniforme: Color castaño rojizo. Aumenta contraste para retinitis pigmentaria. Filtra rayos de longitud de onda de 530nm.

Kiros: Color amarillo. Aumenta contraste. Ambliopes y visión nocturna. Filtra rayos de longitud de onda de 350nm.



Filtros Corning Desmontables

Lentes de 54mm en montura de zilo con clip que se adapta a cualquier antejojo del paciente.

Bloquean el 100% de UVA y UVB. Además proveen un excelente filtrado de luces violetas y azules.



Filtros de la línea Zeiss

Diseñados para aplicaciones médicas, desarrollados y testeados por institutos internacionales de oftalmólogos. La transmisión de la luz ha sido optimizada para que se absorva parte del espectro según la necesidad del paciente.

Clarlet F 60: marrón rojizo, 60% de absorción en 600 nm

Clarlet F 80: marrón, 80% absorción en 600 nm

Clarlet F 90: marrón oscuro, 90% absorción en 600 nm

Clarlet F 540: naranja brillante, 50% de absorción en 540 nm

Clarlet F 560: naranja, 50% de absorción en 560 nm

Clarlet F 580: rojo, 50% de absorción en 580 nm

Clarlet F 451: azul, 80% de absorción de 550 nm a 650 nm

Filtros de la línea Eschenbach

Es una línea de filtros específicamente diseñada para pacientes de baja visión. Proveen un 40% más de protección del sol que los anteojos de sol ordinarios por el especial diseño de su montura.

Existen 4 tintes distintos para adaptar según la necesidad del paciente: gris, amarillo, naranja y ambar. Para cada color se ofrecen dos tamaños de montura.

Filtros Foucault (Nacionales)

El Laboratorio Optico Foucault Acerbi ha desarrollado una serie de filtros de excelentes características y que surgen de años de trabajo con pacientes con baja visión y de la prueba en laboratorio de los mejores pigmentos, lacas y tratamientos antirreflejos disponibles en el mercado internacional.

El resultado es una familia de filtros muy completa que permite su adaptación en distintos pacientes según su patología y necesidades particulares. El nombre de cada uno de estos filtros posee un número que indica un límite superior en nanómetros de la longitud de onda dentro del espectro visible, de

manera tal que por debajo de esa longitud de onda se filtra el 95% o más de las radiaciones incidentes.

Estos nuevos filtros poseen la particularidad de estar disponibles para todo tipo de corrección oftálmica y en cristales con un amplio rango de bases ópticas para poder adaptarlos a armazones con todo tipo de curvatura (planos o envolventes). (figs. 3 y 4).

El siguiente es el detalle de cada uno de los Filtros Foucault:

FFA450

Filtra el 100% de las radiaciones electromagnéticas de longitud de onda inferior a 400 nm (radiación ultravioleta y parte de la luz violeta), filtra más del 95 % de las radiaciones de entre 400 y 450 nm (parte de luz violeta y azul). Filtra el 90% de las radiaciones de longitud de onda 470 nm (parte de luz azul). Transmite más del 80% de la luz visible comprendida entre longitudes de onda de 520 a 780 nm (parte de luz verde, amarilla, naranja y roja).

Usos: mejora sensibilidad al contraste, recomendado fundamentalmente en pacientes con maculopatías, degeneración macular asociada a la edad, distrofia corneal y afaquias. Para usar en interior o en momentos de baja intensidad luminosa en exterior.

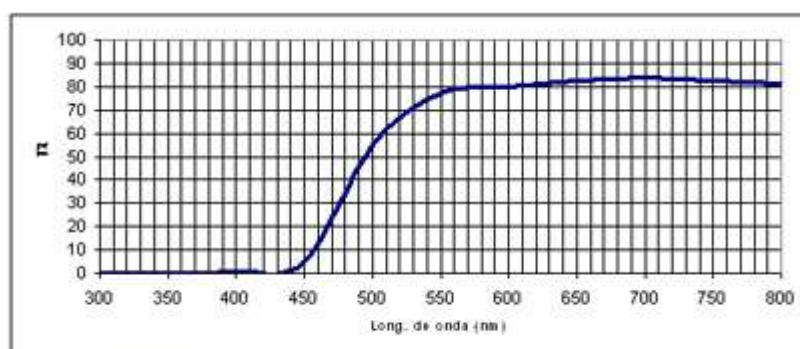


Figura 1. Curva de transmitancia del filtro FFA 450 en función de la longitud de onda de la radiación electromagnética incidente.

FFA500

Filtra el 100% de las radiaciones electromagnéticas de longitud de onda inferior a 400 nm (luz ultravioleta y parte de luz violeta). Filtra más del 95% de las radiaciones comprendidas entre 400 y 480 nm (porción de luz violeta y azul). Filtra entre el 90 y 95% de las radiaciones comprendidas entre 480 y 520 nm (parte de la luz azul). Transmite más del 85% de las radiaciones comprendidas entre 670 y 780 nm (parte de la luz naranja y roja).

Usos: reduce el deslumbramiento de la luz natural (intensidad media) y la proveniente de tubos fluorescentes. Recomendado para pacientes con degeneración macular, albinismo, pseudofaquia y cataratas.

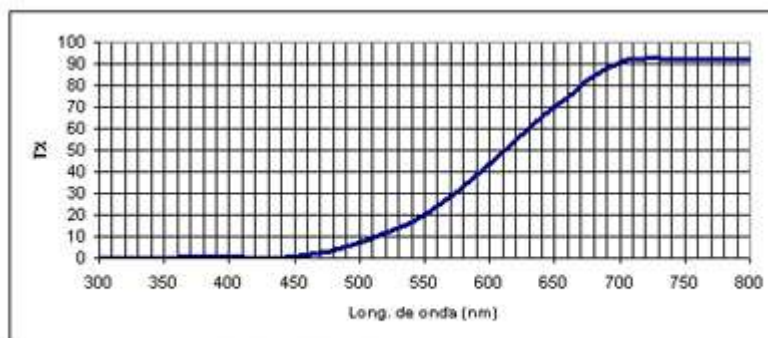


Figura 2. Curva de transmitancia del filtro FFA 500 en función de la longitud de onda de la radiación electromagnética incidente.

FFA550

Filtra el 100% de las radiaciones electromagnéticas de longitud de onda inferior a 400 nm (luz ultravioleta y parte de luz violeta). Filtra más del 95% de las radiaciones comprendidas entre 400 y 550 nm (parte de luz violeta, azul y verde). Filtra el 80% de la luz de 600 nm (amarillo/anaranjado). Transmite más del 85% de la luz de 700 a 780 nm (luz roja).

Usos: reduce el deslumbramiento y protege de radiación dañina en ambientes con intensidad luminosa media alta, recomendado para pacientes con retinopatía diabética, atrofia óptica, degeneración senil macular, retinitis pigmentaria y distintos casos de fotofobia.

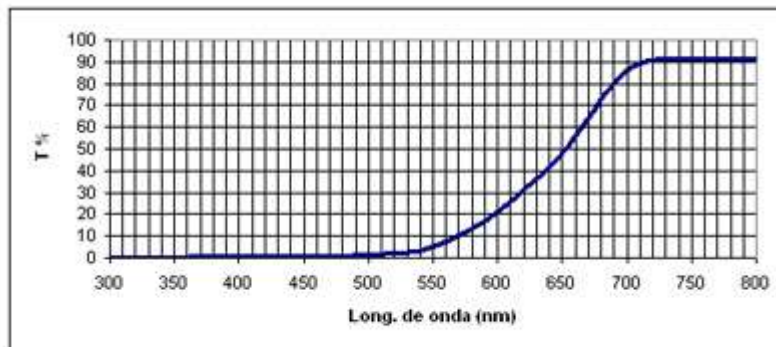


Figura 3. Curva de transmittancia del filtro FFA 550 en función de la longitud de onda de la radiación electromagnética incidente.

FFA570

Filtra el 100% de las radiaciones electromagnéticas de longitud de onda inferior a 500 nm (luz ultravioleta, violeta y azul). Filtra el 95% de la luz de 570 nm. Filtra el 85% de la luz de 600nm (amarillo anaranjado). Transmite el 90% de la luz de 700 a 780 nm (luz roja).

Usos: reduce el deslumbramiento y protege de radiación dañina en ambientes con radiación luminosa alta. Recomendado en pacientes con retinopatía diabética, degeneración macular senil, retinitis pigmentaria, albinismo, aniridia y distintos casos de fotofobia.

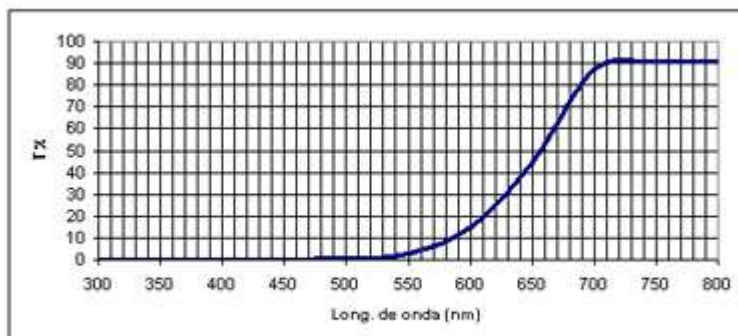


Figura 4. Curva de transmittancia del filtro FFA 570 en función de la longitud de onda de la radiación electromagnética incidente.