

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 995 472**

51 Int. Cl.:

H01L 33/00 (2010.01)

G02B 5/23 (2006.01)

G01J 9/00 (2006.01)

G09F 9/33 (2006.01)

G02B 5/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.04.2013** **E 21206422 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2024** **EP 3982426**

54 Título: **Elemento de bloqueo de las longitudes de onda corta en las fuentes de luz tipo LED**

30 Prioridad:

21.12.2012 ES 201201268

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

10.02.2025

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
(100.00%)**

**Avda. Seneca 2
28040 Madrid, ES**

72 Inventor/es:

SÁNCHEZ RAMOS, CELIA

74 Agente/Representante:

SAHUQUILLO HUERTA, Jesús

ES 2 995 472 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Elemento de bloqueo de las longitudes de onda corta en las fuentes de luz tipo LED

5 **Campo de la invención**

En general, la presente invención se inscribe en el ámbito de la óptica y, en particular, se refiere a un elemento de bloqueo de las longitudes de onda corta en las fuentes de luz de tipo LED (diodos emisores de luz).

10

Estado del arte

El espectro electromagnético (EEM) es la distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas que una sustancia emite (espectro de emisión) o absorbe (espectro de absorción). El EEM incluye una amplia gama de radiaciones, desde las de menor longitud de onda, como los rayos gamma y los rayos X, pasando por la radiación ultravioleta, la luz y los rayos infrarrojos, hasta las ondas electromagnéticas de mayor longitud de onda, como las ondas de radio.

15

El espectro luminoso es la región del espectro electromagnético que el ojo humano es capaz de percibir. La radiación electromagnética en esta gama de longitudes de onda también se denomina "visible" o simplemente luz. No hay límites exactos en el espectro visible; un ojo humano típico responde a longitudes de onda de 380 nm a 780 nm, aunque el ojo adaptado a la oscuridad puede ver en un rango mayor, que va de 360 nm a 830 nm.

20

La retina se autoprotege de las longitudes de onda cortas de dos maneras: con una distribución heterogénea de los fotorreceptores de forma que no existen fotorreceptores sensibles a las longitudes de onda cortas en la depresión macular y por la acción de los pigmentos amarillos existentes en la misma zona que también realizan una acción protectora. Además, el cristalino aumenta su proporción de cromóforos amarillos con la edad.

25

30

Estas protecciones naturales del ojo humano contra las longitudes de onda más cortas (el cristalino y las de la retina) pueden verse seriamente afectadas por ciertas patologías y/o intervenciones quirúrgicas, incluso exclusivamente con el paso del tiempo.

35

Se han desarrollado algunas técnicas para proteger de las longitudes de onda cortas a los ojos sanos, a los operados de cataratas y a los ojos en proceso de neurodegeneración de la retina:

40

- Aplicar filtros a los ojos humanos como medida terapéutica y preventiva para sustituir y/o mejorar la protección natural.
- Desde mediados de los años 90, se implantan lentes intraoculares provistas de un filtro amarillo en los ojos operados de cataratas. Esta alternativa implica una intervención quirúrgica con todos sus riesgos y dificultades evidentes. También existe un gran número de personas operadas de cataratas a las que se les ha implantado una lente intraocular transparente para sustituir la sustancia interna del cristalino que no tiene la necesaria protección de pigmentación amarilla. En estos casos, es necesario complementar el cristalino artificial, que está exento de pigmentación amarilla, con la inserción de un sistema de soporte de pigmentación amarilla.

45

Un elemento de bloqueo de las longitudes de onda cortas es un dispositivo diseñado para separar, pasar o eliminar un grupo de objetos o cosas de la mezcla total. Los elementos de bloqueo están diseñados para la selección de un rango particular de longitudes de onda de la luz. El mecanismo es siempre sustractivo, consiste en el bloqueo de longitudes de onda, permitiendo el paso de otras longitudes de onda.

50

Existen en el mercado diferentes tipos de filtros aplicados al ojo humano. Por ejemplo, la solicitud de patente WO 98/44380 describe un filtro aplicado en una lente de contacto que no cubre la totalidad de dicha lente de contacto, entendiendo por totalidad la zona del iris, la zona de la pupila y el cuerpo de la lente de contacto, siendo este hecho fundamental para evitar irregularidades en la visión. Por otro lado, el documento WO 91/04717 describe unas lentes intraoculares para el tratamiento de la DMAE que no es objeto de la presente invención.

55

También es conocido el hecho de utilizar filtros amarillos en las lentes oftálmicas, por ejemplo, a través del documento GB 1 480 492.

60

El filtro amarillo puede utilizarse en múltiples aplicaciones, como muestran los documentos situados en el estado actual de la técnica.

65

El documento DE 358 948 describe un filtro amarillo aplicado a un dispositivo de iluminación eléctrica, pero

combinado con un segundo filtro de color rojo, que se aleja del concepto inventivo descrito en la presente invención.

El documento ES 1 046 793 U describe un dispositivo de soporte externo de diferentes filtros de iluminación, con diferentes colores, que se aleja del concepto inventivo de la presente invención que radica en un único elemento de bloqueo de las longitudes de onda cortas, integrado en un material determinado, para eliminar las longitudes de onda cortas del espectro de luz visible antes de que llegue al usuario debido a los efectos perniciosos producidos por la alta energía de esta gama de luz, objetivo que, evidentemente, no se consigue con este documento.

El documento WO 90/05321 describe un filtro con una serie de características técnicas pero que define absolutamente una aplicación fisiopatológica y además, el filtro descrito en la solicitud de patente WO 90/05321 no es homogéneo en su absorbancia y puede producir efectos no deseados.

La Dra. Celia Sánchez-Ramos es la inventora de las patentes ES2247946, ES2257976, ES2281301, ES2281303, ES2289957, ES2296552, ES2298089, ES2303484 y ES2312284. Sin embargo, aunque estos documentos están referidos al tema de la luz ambiental, especialmente a las longitudes de onda cortas en el espectro de 380 a 500 nm, ninguno de estos documentos explica la problemática derivada del uso masivo y cotidiano de pantallas basadas principalmente en tecnología LED en sus diferentes variantes, como OLED, LCD-LED, AMOLED, entre otras tecnologías de vanguardia para smartphones, tabletas electrónicas, ordenadores portátiles y televisores, proyectores y en general cualquier pantalla con tecnología LED y/o retroiluminación LED.

Un ejemplo práctico de este tipo de pantallas de tecnología LED se encuentra en el documento US20120162156 de Apple Inc. en el que se describe cómo es internamente la conocida comercialmente como pantalla Retina® e implementada en diversos productos comercializados por Apple, como el MacBook Pro®, el iPad® 2, o el iPhone® 5. Aunque en dicho documento se describe ampliamente cómo es la emisión de luz por parte de los LEDs (más concretamente, los conocidos como LEDs orgánicos u OLED), en ningún momento se contempla la presencia de ningún medio o elemento para limitar la radiación emitida al usuario del dispositivo.

La Fig. 1 muestra los diferentes gráficos de emisión de los productos que se comercializan actualmente en la gama visible.

Está claro que hoy en día cualquier usuario particular pasa una media de 4-8 horas al día, o más, delante de pantallas de tipo LED, es decir, recibiendo una emisión de longitudes de onda cortas a una distancia normalmente muy pequeña (del orden de 30-50 cm), lo que afecta negativamente al ojo y a la visión humana. Este problema se describe en el estado de la técnica en [Behar-Cohen et al. "Light-emitting diodes (LED) for domestic lighting: Any risks for the eye?" *Progress in Retinal and Eye Research* 30 (2011)239-257]

Dicho documento, en sus conclusiones, hace hincapié en la necesidad de evaluar la toxicidad potencial de la luz emitida por los LED, en función de los distintos dispositivos disponibles en el mercado, para poder hacer recomendaciones eficaces a los fabricantes de luces domésticas, debido a la creciente presencia de la iluminación de tipo LED para ambientes interiores. Sin embargo, este documento no se compromete a una solución para combinar la evolución de la técnica LED con un uso cotidiano sin riesgos. Es decir, este documento aboga, directamente, por la limitación y regulación legal de las emisiones de luz, sin proponer ningún tipo de solución para los productos ya comercializados.

Otro documento que describe los problemas asociados en [Cajochen et al. 'Evening exposure to a light-emitting diodes (LED)-backlight computer screen affects circadian physiology and cognitive performance', *Journal of Applied Physiology* 110: 1432-1438, 2011, publicado por primera vez el 17 de marzo de 2011] donde se describe la necesidad de adaptar la emisión de luz al ciclo de sueño.

Este documento, sin embargo, indica que la toxicidad potencial de las pantallas de tipo LED es desconocida y que, en cualquier caso, sus problemas asociados pueden reducirse reduciendo la intensidad de la luz.

El problema técnico que subyace es la reducción del riesgo en el daño ocular debido al uso intensivo de pantallas de tipo LED. A partir del documento de Behar-Cohen, se sabe a qué tipo de daños está expuesto el ojo humano, pero en sus conclusiones se recurre a la vía más obvia, que es limitar el uso de ese tipo de pantallas y obligar a los fabricantes, de forma genérica, a restringir sus emisiones dentro de un rango concreto. Sin embargo, deja sin respuesta precisamente cómo reducir este tipo de emisiones de la forma más sencilla posible, no sólo en la fase de fabricación, que no siempre es posible, fácil o sencilla, sino también con los productos que existen actualmente en el mercado.

El documento WO2012/119158A1 se refiere en general a los filtros ópticos que proporcionan una regulación

y/o mejora de los aspectos cromáticos y luminosos de la apariencia del color de la luz para la visión humana, en general a las aplicaciones de dichos filtros ópticos, a las aplicaciones terapéuticas de dichos filtros ópticos, a las aplicaciones industriales y de seguridad de dichos filtros ópticos cuando se incorporan, por ejemplo, en gafas de protección contra la radiación, a los métodos de diseño de dichos filtros ópticos, a los métodos de fabricación de dichos filtros ópticos y a los diseños y métodos de incorporación de dichos filtros ópticos en aparatos que incluyen, por ejemplo, gafas e iluminadores.

Descripción de la invención

Partiendo del problema técnico descrito, y con el objetivo de que el elemento bloqueador de emisiones objeto de la invención no tenga por qué ser el mismo en todos los casos y sea de fácil implementación por cualquier usuario y no sólo por expertos, el objeto de la invención se consigue con el método definido en la reivindicación 1.

En las reivindicaciones dependientes se dan a conocer realizaciones de la invención.

En todos los aspectos de la invención se consigue por igual la protección de la retina, córnea y cristalino de la acción nociva de las longitudes de onda cortas, así como eliminar la fatiga visual, mejorar el confort y la función visual, objetos finales de la invención, ya que este daño en el ojo no protegido adecuadamente es un daño acumulativo e irreversible.

A lo largo de la descripción y las reivindicaciones, la palabra "comprende" y sus variaciones no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención surgirán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención. Los siguientes ejemplos y dibujos se proporcionan a modo de ilustración y no pretenden ser limitativos de la presente invención. Además, la presente invención abarca todas las posibles combinaciones de realizaciones particulares y preferidas aquí indicadas.

Breve descripción de los dibujos

A continuación, se describen muy brevemente una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención, y que se refieren expresamente a una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de la misma.

La Fig. 1 muestra diferentes gráficos de emisiones para productos electrónicos comerciales con pantalla tipo LED.

La Fig. 2 muestra la absorbencia selectiva del elemento de bloqueo de longitudes de onda corta de la presente invención para tres ejemplos de personas de diferente edad: 25 años (Fig. 2a), 45 años (Fig. 2b) y 76 años (Fig. 2c).

La Fig. 3 muestra una vista de la fuente de luz de tipo LED utilizada para el ejemplo que ilustra la presente invención. A. Representación esquemática del dispositivo de iluminación sin y con el elemento de bloqueo de longitudes de onda corta utilizado. B. Curvas de emisión espectral de cada uno de los LED utilizados. C. Diseño de la placa de pocillos donde se sembraron las células.

La Fig. 4 muestra un gráfico con el efecto de la luz LED y el efecto fotoprotector de un elemento de bloqueo que absorbe selectivamente las longitudes de onda cortas sobre la viabilidad celular, indicativo de la supervivencia celular en las células epiteliales pigmentarias de la retina humana.

La Fig. 5 muestra el efecto de la luz LED y el efecto fotoprotector de un elemento de bloqueo que absorbe selectivamente las longitudes de onda cortas sobre la activación de la histona humana H2AX, indicativa de daños en el ADN en las células epiteliales pigmentarias de la retina humana.

La Fig. 6 muestra el efecto de la luz LED y el efecto fotoprotector de un elemento de bloqueo que absorbe selectivamente las longitudes de onda cortas sobre la activación de la caspasa-3, -7, indicativa de apoptosis en las células epiteliales pigmentarias de la retina humana.

La Fig. 7 muestra un esquema de un dispositivo electrónico portátil como el utilizado en la presente invención.

La Fig. 8 muestra los gráficos de los resultados de la prueba de caracterización de la luz para el modelo Asus Memo Pad Smart.

La Fig. 9 muestra los gráficos de los resultados de la prueba de caracterización de la luz para el modelo Apple iPad 4.

La Fig. 10 muestra los gráficos de los resultados de la prueba de caracterización de la luz para el modelo Samsung Galaxy Tab 10.1.

Descripción detallada de la invención y ejemplo

En el estado de la técnica no se ha descrito el grado de toxicidad de las longitudes de onda cortas, producidas por la luz LED de diferente composición espectral, debido al uso de un dispositivo electrónico equipado con este tipo de pantallas (LED) sobre las células epiteliales pigmentarias de la retina.

Los objetivos específicos de la prueba de toxicidad y la solución proporcionada son los siguientes:

- Estudiar la viabilidad celular del tejido de la retina *in vitro* tras la exposición a diferentes LED que emiten radiaciones de diferente composición espectral, como se muestra en la Fig. 4.
- Evaluar el daño en el ADN del tejido de la retina *in vitro* tras la exposición a diferentes LED que emiten radiaciones de diferente composición espectral, como se muestra en la Fig. 5.
- Determine la apoptosis del tejido retiniano *in vitro* tras la exposición a diferentes LED que emiten radiaciones de diferente composición espectral, como se muestra en la Fig. 6.

Tras la evaluación y determinación de la toxicidad, se evalúan las soluciones propuestas en la presente invención.

Reactivo/Equipamiento y catálogo y número de lote	Proveedor
Células epiteliales pigmentarias de la retina humana #P10873	Sciencell
Poli-L-lisina # P4707 Lote N.º BCBC0503	Sigma Aldrich
Medio de células epiteliales #P60106	Sciencell
TMRM #T668	Invitrogen
CM-HSDCFDA #C6827	Invitrogen
Anticuerpo conejo anti caspasa3 anticuerpo #9661 Lote N.ºP42574	Cell Signalling
Anticuerpo ratón anti H2AX #ab22551 Lote N.º 820115	Abcam
Anticuerpo Goat anti-conejo Alexa 594 # A11012 Lote N.º 695244	Invitrogen
Anticuerpo Goat anti-ratón Alexa 633 # A21050 Lote N.º 690316	Invitrogen
Placa de 96 pocillos: 96well, placa de imagen negra y transparente #353219	Becton Dickinson
Albumina de suero bovino #A2153	Sigma
Paraformaldeído #16005	Sigma
BD Pathway 855	Becton Dickinson
Sol. Peróxido de Hidrógeno 3% Lote D401A	

Tabla 1

En la tabla 1, se encuentra un resumen de los reactivos, el equipo y el material suministrado utilizados en el estudio. Por otra parte, se ha diseñado un dispositivo de iluminación que comprende cinco zonas de iluminación diferenciadas y separadas entre sí por barreras discriminantes de un material blanco. Cada una de las zonas contiene un LED que produce una luz de irradiancia de 5 mW/cm² pero que emite una luz de composición espectral diferente:

- LED azul (468 nm)
- LED verde (525 nm)
- LED rojo (616 nm)
- LED blanco; Color T° = 5400 °K

En la Fig. 2A, el Ejemplo 1 es una persona de 25 años que utiliza un ordenador durante menos de tres horas al día en condiciones ambientales altas, el Ejemplo 2 es una persona de 25 años que utiliza varios dispositivos electrónicos (ordenador + mesa + teléfono inteligente) durante más de 10 horas al día en entornos de iluminación baja y alta, y el Ejemplo 3 es una persona de 25 años que tiene un estado de enfermedad de la retina moderado y ve la televisión de tres a cinco horas al día en condiciones de iluminación alta.

En la Fig. 2B, el Ejemplo 1 es una persona de 45 años que utiliza un ordenador durante menos de tres horas al día en condiciones ambientales altas, el Ejemplo 2 es una persona de 45 años que utiliza varios dispositivos electrónicos (ordenador + mesa + teléfono inteligente) durante más de 10 horas al día en entornos de iluminación baja y alta, y el Ejemplo 3 es una persona de 45 años que tiene un estado de enfermedad de la retina moderado y ve la televisión de tres a cinco horas al día en condiciones de iluminación alta.

En la Fig. 2C, el Ejemplo 1 es una persona de 76 años que utiliza un ordenador durante menos de tres horas al día en condiciones ambientales altas, el Ejemplo 2 es una persona de 76 años que utiliza varios dispositivos electrónicos (ordenador + mesa + teléfono inteligente) durante más de 10 horas al día en entornos de iluminación baja y alta, y el Ejemplo 3 es una persona de 76 años que tiene un estado de enfermedad de la retina moderado y ve la televisión de tres a cinco horas al día en condiciones de iluminación alta.

La figura 3 representa esquemáticamente el dispositivo de iluminación utilizado y las curvas de emisión espectral de cada uno de los LED. Este dispositivo se colocó en la placa de cultivo y las células se

expusieron a la luz de los LED durante 3 ciclos de luz-oscuridad (12 horas/12 horas) con y sin la interposición del elemento de bloqueo de longitudes de onda corta. Como se muestra, hay una zona no iluminada por los LED donde se colocan las células no expuestas a la luz que se utilizaron como control negativo.

En esta realización particular no limitativa, el elemento de bloqueo se define como un elemento de bloqueo de las longitudes de onda corta que consiste en un sustrato con un pigmento amarillo distribuido uniformemente en su superficie y, en el que dicho pigmento tiene una densidad óptica tal que permite la absorción selectiva de las longitudes de onda corta entre 380 nm y 500 nm en un rango entre el 1 y el 99%. Más concretamente, se trata de una lámina o película multicapa, en la que una de ellas está pigmentada.

Cultivo celular y diseño de placas

Las células epiteliales del pigmento de la retina (EPR) se descongelaron siguiendo las instrucciones del proveedor, en "Medio de cultivo de células epiteliales", complementado con suero fetal bovino (FBS) y factores de crecimiento. A las 72 horas y una vez que el cultivo alcanzó la confluencia, las células se levantaron con tripsina-EDTA y se sembraron a una densidad de 5000 células/pocillo en una placa de 96 pocillos previamente tratada con polilisina. El cultivo se mantuvo durante 24 horas, tras las cuales se sustituyó el medio por otro fresco (300 μ l/pocillo). Este procedimiento se repitió cada uno de los días en los que se realizó el experimento para evitar evaporaciones por el calor producido por las lámparas. La placa con el dispositivo de iluminación se colocó dentro de la incubadora a 37 °C en una atmósfera de 5% de CO₂.

El experimento de toxicidad se llevó a cabo después de incubar las células en presencia de luz de diferentes características espectrales durante 3 ciclos de exposición/descanso de 12 horas por ciclo.

Las muestras se lavaron con PBS y se fijaron con paraformaldehído al 4% durante 15 minutos. Tras la fijación, las células se permeabilizaron con Tritón al 0,3% durante 10 minutos. Una vez permeabilizadas las muestras, se bloquearon con BSA al 5% y a continuación se añadieron los anticuerpos anti-caspasa y anti-H2AX disueltos en PBS+BSA al 2,5% a una concentración de 1:400 para la determinación de la apoptosis y del daño en el ADN respectivamente.

Tras una hora de incubación, las muestras se lavaron con PBS y se añadieron anticuerpos secundarios, Alexa 594 y Alexa 633, a la misma concentración que el anticuerpo primario y se incubaron durante 30 minutos. Tras la incubación, se lavaron las muestras y se leyó la señal en el microscopio de fluorescencia BD Pathway 855. Para la activación de las caspasas, se capturaron imágenes a 633 nm de emisión y para H2AX a 594 nm.

Análisis estadístico

Cada experimento se repitió al menos dos veces. Los valores se dan como media \pm desviación estándar. Los datos se analizaron mediante la prueba estadística t de Student no emparejada utilizando el software estadístico Statgraphics versión Centurion XVI.I (EE.UU). Los valores P inferiores a 0,05 se consideraron significativos.

Resultados. Viabilidad celular

Tras un periodo de 3 ciclos de exposición a la luz durante 12 horas, alternados con 3 ciclos de recuperación durante otras 12 horas, los núcleos de las células epiteliales pigmentarias primarias de la retina humana se tiñeron con DAPI para contar el número de células por pocillo.

Las células no irradiadas crecieron bien en los pocillos, pero la irradiación con luz LED monocromática inhibió el crecimiento celular. La luz azul (468 nm) produjo una reducción muy significativa del número de células, aunque también hubo un efecto fototóxico observable para la luz verde (525 nm). En el caso de la luz blanca (T^o = 5400 °K) no se observaron diferencias estadísticamente significativas.

Con la presencia del elemento de bloqueo de las longitudes de onda cortas, se observó un aumento de la viabilidad celular, principalmente en las células expuestas a la luz blanca (T^o = 5400 °K) y al azul claro (468 nm), como se muestra en la tabla 2.

Viabilidad celular	Controlar	LED blanco (T ^a = 5400 °K)	LED azul (468 nm)	LED verde (525 nm)	LED rojo (616 nm)
Sin elemento de bloqueo (FU)	855 \pm 403	217 \pm 108	10 \pm 2	99 \pm 114	339 \pm 1
Con elemento de	1156 \pm 156	346 \pm 71	358 \pm 20	188 \pm 43	420 \pm 69

bloqueo (FU)					
Valor p	0.212	0.047*	0.000*	0.102	0.096
Aumento (%)	--	59	3480	--	--

Tabla 2

En la Fig. 4, se puede observar el efecto de la luz LED y el efecto fotoprotector de un elemento de bloqueo que absorbe selectivamente las longitudes de onda cortas sobre la viabilidad celular en las células epiteliales pigmentarias de la retina humana. FU significa unidad de fluorescencia.

Resultados: Daños en el ADN

Para examinar si la radiación tenía algún efecto sobre la integridad del ADN celular, se marcaron las células con el anticuerpo H2AX.

La H2AX es una variante de la histona H2A que interviene en la reparación del ADN, es decir, cuando hay daños en el ADN nuclear. Cuando se produce la rotura del ADN de doble cadena, la histona H2AX es rápidamente fosforilada en la serina 139 por la cinasa ATM y se convierte en Gamma-H2AFX.

Este paso de fosforilación puede extenderse a varios miles de nucleosomas desde el lugar de la rotura de la doble cadena y puede marcar la cromatina circundante en el reclutamiento de las proteínas necesarias para la señalización del daño y la reparación del ADN. Como parte de las modificaciones postraduccionales de la apoptosis, causadas por daños graves en el ADN, una alta expresión de H2AX fosforilado se considera un indicador preciso de apoptosis.

Los resultados de los experimentos mostraron que el anticuerpo anti-H2AX reconoce los sitios de histonas fosforiladas tras la irradiación con luz LED, lo que indica una activación de los mecanismos de reparación del ADN.

Al interponer el elemento de bloqueo de las longitudes de onda cortas, se observó una disminución significativa de la activación de la histona H2AX, indicativa de un menor daño al ADN. Esta disminución fue del 97% para la luz LED blanca ($T^{\circ} = 5400^{\circ}\text{K}$), azul (468 nm) y verde (525 nm), y del 95% en las células expuestas a la luz LED roja, como se observa en la tabla 3.

Activación de H2AX	Controlar	LED blanco ($T^{\circ} = 5400^{\circ}\text{K}$)	LED azul (468 nm)	LED verde (525 nm)	LED rojo (616 nm)
Sin elemento de bloqueo (FU)	131 \pm 41	2697 \pm 493	2537 \pm 589	2258 \pm 738	1920 \pm 286
Con elemento de bloqueo (FU)	47 \pm 1	83 \pm 20	76 \pm 7	63 \pm 10	91 \pm 15
Valor p	0.024*	0.000*	0.002*	0.001*	0.000*
Disminución (%)	--	97%	97%	97%	95%

Tabla 3

En la Fig. 5, se muestra el efecto de la luz LED y el efecto fotoprotector de un elemento de bloqueo que absorbe selectivamente las longitudes de onda cortas sobre la activación de la histona H2AX en las células epiteliales pigmentarias de la retina humana. FU significa unidad de fluorescencia.

Resultados: apoptosis

Se determinó la activación de la caspasa-3 y -7, ya que estas enzimas están implicadas en la regulación y ejecución de la apoptosis. Las células se marcaron con el anticuerpo anti-caspasa.

La irradiación con luz LED en las células provocó un aumento del porcentaje de células apoptóticas en el cultivo. La activación de las caspasas se observa como un color rosado alrededor del núcleo teñido de azul (DAPI).

La interposición del elemento de bloqueo de las longitudes de onda cortas indujo una disminución significativa de la activación de las caspasas, indicativa de apoptosis en las células expuestas a las diferentes fuentes de luz LED. Esta disminución fue del 89% para las luces blanca ($T^{\circ} = 5400^{\circ}\text{K}$) y azul (468 nm), del 54% para la luz verde (525 nm) y del 76% para la luz roja, como se muestra en la tabla 4.

Activación de las caspasas	Controlar	LED blanco ($T^{\circ} = 5400^{\circ}\text{K}$)	LED azul (468 nm)	LED verde (525 nm)	LED rojo (616 nm)
----------------------------	-----------	---	-------------------	--------------------	-------------------

Sin elemento de bloqueo (FU)	0,037± 0,02	0,888± 0,02	0,861± 0,03	0,839± 0,05	0,655± 0,07
Con elemento de bloqueo (FU)	0,114± 0,15	0,094± 0,03	0,094± 0,05	0,386± 0,48	0,155± 0,08
Valor p	0.541	0.000*	0.000*	0.312	0.006*
Reducción (%)	--	89%	89%	54%	76%

Tabla 4

En la Fig. 6, se muestra el efecto de la luz LED y el efecto fotoprotector de un elemento de bloqueo que absorbe selectivamente las longitudes de onda cortas sobre la activación de la caspasa-3, -7 en las células epiteliales pigmentarias de la retina humana. FU significa unidad de fluorescencia.

Tras un análisis del problema y un ejemplo de solución, la luz, especialmente la de longitudes de onda más pequeñas, en 3 ciclos de 12 horas de exposición alternando con 12 horas de recuperación, afecta al crecimiento de las células epiteliales pigmentarias de la retina humana. Se produce un aumento del número de células que expresan la histona H2AX (daño del ADN) y la caspasa-3 y -7 (apoptosis).

En todos los casos, el elemento de bloqueo que absorbe selectivamente las longitudes de onda cortas ejerce un efecto protector contra los efectos perjudiciales de la luz en las células epiteliales del pigmento de la retina humana.

Selección de la densidad óptica del elemento de bloqueo que absorbe las longitudes de onda cortas

Es obvio para un experto en la materia que pueden ser posibles otras realizaciones particulares, y no sólo la mostrada en el ejemplo anterior. Sin embargo, todas las realizaciones particulares deben tener en cuenta que la absorbancia que bloquea las longitudes de onda entre 380 y 500 nm debe ser seleccionada, así como reducir, vía software, dicha emisión de forma selectiva sin reducir la intensidad o cantidad de luz.

Por esta razón, la presente invención establece una serie de factores (tabla 5) a los que se les dota de un determinado peso máximo y mínimo para fijar con precisión la absorbancia máxima y mínima para cada individuo:

Factor	Grado	Límite máximo (%)	Límite mínimo (%)
Edad (años)	0-10	4	1
	10-20	5	2
	20-40	5	2
	40-60	7	4
	60-75	10	8
	>75	12	8
Tipo de dispositivos utilizados (distancia de trabajo)	Teléfonos inteligentes (25-40 cm)	2	1
	Tabletas (25-40 cm)	3	1
	Pantallas de ordenador (41-70 cm)	4	2
	Pantallas de televisión (>70 cm)	4	2
Tiempo total de exposición (horas)	<3	2	1
	3-5	3	2
	5-8	4	3
	8-10	5	3
	>10	5	3
Condiciones de menor iluminación ambiental durante el uso de los dispositivos (cd/m ²)	Fotópico (>5)	2	1
	Mesópico (0,005-5)	5	2
	Escotópico (<0,005)	10	4
Estado de la enfermedad	Estados de enfermedad de la retina		
	Etapa leve	50	30
	Etapa moderada	60	40
	Etapa severa	70	50
	Estados de enfermedad de la córnea		
	Etapa leve	20	10
	Etapa moderada	30	20
	Etapa severa	40	30

	Estados de enfermedad palpebral	5	2
	Estados de enfermedad conjuntival	5	2
	Estados de enfermedad escleral	5	2
	Glaucoma	20	10
	Pseudoafauquia/Afauquia	30	10

Tabla 5

La suma de los distintos factores enumerados a modo de ejemplo en la tabla 5 es lo que da como resultado un umbral de absorbencia máximo y mínimo correspondiente a la Fig. 2, donde, a modo de ejemplo, para un usuario de entre 25 años (máx. 5, mín. 2) que trabaja con un ordenador (4/2), con un tiempo de exposición a la fuente de luz por parte del usuario inferior a 3 horas (2/1), con una iluminación ambiental del lugar donde el usuario interactúa con la fuente de luz fotópica tipo LED (2/1) y sin estados de enfermedad, se afirma que tendríamos una absorbencia máxima en el rango de 380-500 nm de (5+2+2+2) del 13%, mientras que el mínimo de absorbencia sería del 6%, como se muestra, por ejemplo en la Fig. 2. Sin embargo, si el mismo individuo utiliza varios dispositivos electrónicos (ordenador, tableta y smartphone) durante más de 10 horas en entornos de alta y baja iluminación, el rango de absorbencia preferido estaría entre el 11-24%. Por otro lado, si el individuo tiene un estado de enfermedad retiniana moderado y se expone a la televisión durante 3-5 horas al día en condiciones de alta iluminación, el rango de absorbencia recomendado sería del 47-74%.

Algunos podrían pensar que no es necesario tener un rango de absorbencia máximo y bloquear completamente el paso de las longitudes de onda cortas entre 380-500. Sin embargo, el bloqueo total de la luz azul produce efectos tanto en la visibilidad de la pantalla como en el propio ciclo circadiano del individuo, por lo que es lógico establecer un rango de absorbencia mínimo y máximo, minimizando dichos efectos negativos.

Los ejemplos y las realizaciones prácticas para lograr esta absorbencia selectiva varían, ya que puede tratarse de un sustrato multicapa (el elemento de bloqueo utilizado en el ejemplo), de un revestimiento (gel, espuma, emulsión, solución, dilución o mezcla) con un pigmento de esta densidad óptica, o de la reducción mediante software de la emisión en el espectro de 380-500 nm.

En la Fig. 7 se muestra el dispositivo electrónico portátil (100) que puede utilizarse en la presente invención según algunas realizaciones prácticas. Más concretamente, el dispositivo electrónico portátil 100 de la invención incluye una memoria 102, un controlador de memoria 104, una o más unidades de procesamiento (CPU) 106, una interfaz de periféricos 108, un circuito de radiofrecuencia 112, un circuito de audio 114, un altavoz 116, un micrófono 118, un subsistema de entrada/salida (E/S) 120, una pantalla LED 126, otros dispositivos de entrada o control 128 y un puerto externo 148. Estos componentes se comunican a través de uno o más buses de comunicación o líneas de señal 110. El dispositivo 100 puede ser cualquier dispositivo electrónico portátil, incluyendo, pero sin limitarse a ello, un ordenador de mano, una tableta, un teléfono móvil, un reproductor multimedia, un asistente digital personal (PDA), o similares, incluyendo una combinación de dos o más de estos elementos. Debe apreciarse que el dispositivo 100 es sólo un ejemplo de dispositivo electrónico portátil 100, y que el dispositivo 100 puede tener más o menos componentes que los mostrados, o una configuración diferente de componentes. Los diversos componentes mostrados en la Fig. 1 pueden implementarse en hardware, software o una combinación de ambos, incluyendo uno o más circuitos integrados de procesamiento de señales y/o de aplicaciones específicas. Asimismo, se ha definido la pantalla LED 126, aunque la invención también puede implementarse en dispositivos con una pantalla estándar.

La memoria 102 puede incluir una memoria de acceso aleatorio de alta velocidad y también puede incluir una memoria no volátil, como uno o más dispositivos de almacenamiento en disco magnético, dispositivos de memoria flash u otros dispositivos de memoria de estado sólido no volátil. En algunas realizaciones, la memoria 102 puede incluir además un almacenamiento situado a distancia de uno o más procesadores 106, por ejemplo, un almacenamiento conectado a la red al que se accede a través del circuito de radiofrecuencia 112 o del puerto externo 148 y una red de comunicaciones (no mostrada) como Internet, intranet(s), redes de área local (LAN), redes de área local amplia (WLAN), redes de área de almacenamiento (SAN) y similares, o cualquier combinación adecuada de las mismas. El acceso a la memoria 102 por parte de otros componentes del dispositivo 100, como la CPU 106 y la interfaz de periféricos 108, puede ser controlado por el controlador de memoria 104.

La interfaz de periféricos 108 acopla los periféricos de entrada y salida del dispositivo a la CPU 106 y a la memoria 102. Los uno o más procesadores 106 ejecutan diversos programas de software y/o conjuntos de instrucciones almacenados en la memoria 102 para realizar diversas funciones para el dispositivo 100 y

procesar datos.

En algunas realizaciones, la interfaz de periféricos 108, la CPU 106 y el controlador de memoria 104 pueden implementarse en un único chip, como un chip 111. En algunas otras realizaciones, pueden estar implementados en chips separados.

El circuito de RF (radiofrecuencia) 112 recibe y envía ondas electromagnéticas. La circuitería de RF 112 convierte las señales eléctricas en/de las ondas electromagnéticas y se comunica con las redes de comunicación y otros dispositivos de comunicación a través de las ondas electromagnéticas. La circuitería de RF 112 puede incluir circuitos bien conocidos para llevar a cabo estas funciones, incluyendo, pero sin limitarse a ello, un sistema de antena, un transceptor de RF, uno o más amplificadores, un sintonizador, uno o más osciladores, un procesador de señales digitales, un conjunto de chips CODEC, una tarjeta de módulo de identidad de abonado (SIM), memoria, etc. La circuitería de RF 112 puede comunicarse con las redes, como Internet, también denominada World Wide Web (WWW), una Intranet y/o una red inalámbrica, como una red de telefonía celular, una red de área local inalámbrica (LAN) y/o una red de área metropolitana (MAN), y otros dispositivos mediante comunicación inalámbrica. La comunicación inalámbrica puede utilizar cualquiera de una pluralidad de normas, protocolos y tecnologías de comunicación, entre las que se incluyen, pero sin limitarse a ellas, el Sistema Global de Comunicaciones Móviles (GSM), el Entorno GSM de Datos Mejorados (EDGE), el acceso múltiple por división de código de banda ancha (W-CDMA), el acceso múltiple por división de código (CDMA), el acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), el Bluetooth, la Fidelidad Inalámbrica (Wi-Fi) (por ejemplo, IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g y/o IEEE 802.11n), voz sobre protocolo de Internet (VoIP), Wi-MAX, un protocolo para el correo electrónico, la mensajería instantánea y/o el servicio de mensajes cortos (SMS), o cualquier otro protocolo de comunicación adecuado, incluidos los protocolos de comunicación aún no desarrollados en la fecha de presentación de este documento.

El circuito de audio 114, el altavoz 116 y el micrófono 118 proporcionan una interfaz de audio entre un usuario y el dispositivo 100. El circuito de audio 114 recibe datos de audio de la interfaz de periféricos 108, convierte los datos de audio en una señal eléctrica y transmite la señal eléctrica al altavoz 116. El altavoz convierte la señal eléctrica en ondas sonoras audibles para el ser humano. La circuitería de audio 114 también recibe las señales eléctricas convertidas por el micrófono 116 en ondas sonoras. La circuitería de audio 114 convierte la señal eléctrica en datos de audio y transmite los datos de audio a la interfaz de periféricos 108 para su procesamiento. Los datos de audio pueden ser recuperados y/o transmitidos a la memoria 102 y/o al circuito de RF 112 por la interfaz de periféricos 108. En algunas realizaciones, la circuitería de audio 114 también incluye una toma de auriculares (no mostrada). La toma de auriculares proporciona una interfaz entre la circuitería de audio 114 y los periféricos de entrada/salida de audio extraíbles, como unos auriculares de sólo salida o unos auriculares con salida (auricular para uno o ambos oídos) y entrada (micrófono).

El subsistema de E/S 120 proporciona la interfaz entre los periféricos de entrada/salida del dispositivo 100, como la pantalla LED 126 y otros dispositivos de entrada/control 128, y la interfaz de periféricos 108. El subsistema de E/S 120 incluye un controlador de la pantalla LED 122 y uno o más controladores de entrada 124 para otros dispositivos de entrada o control. Los uno o más controladores de entrada 124 reciben/envían señales eléctricas de/a otros dispositivos de entrada o control 128. Los otros dispositivos de entrada o control 128 pueden incluir botones físicos (por ejemplo, pulsadores, botones basculantes, etc.), diales, interruptores deslizantes, y/o medios de localización geográfica 201, como el GPS o similares.

En esta realización práctica, la pantalla LED 126 proporciona tanto una interfaz de salida como una interfaz de entrada entre el dispositivo y un usuario. El controlador de la pantalla LED 122 recibe/envía señales eléctricas desde/a la pantalla LED 126. La pantalla LED 126 muestra una salida visual al usuario. La salida visual puede incluir texto, gráficos, vídeo y cualquier combinación de los mismos. Una parte o la totalidad de la salida visual puede corresponder a objetos de la interfaz de usuario, cuyos detalles se describen a continuación.

La pantalla LED 126 también acepta entradas del usuario basadas en el contacto háptico. La pantalla LED 126 forma una superficie sensible al tacto que acepta la entrada del usuario. La pantalla LED 126 y el controlador de la pantalla LED 122 (junto con cualquier módulo asociado y/o conjunto de instrucciones en la memoria 102) detectan el contacto (y cualquier movimiento o ruptura del contacto) en la pantalla LED 126 y convierten el contacto detectado en una interacción con los objetos de la interfaz de usuario, como una o más teclas programables, que se muestran en la pantalla LED. En una realización ejemplar, un punto de contacto entre la pantalla LED 126 y el usuario corresponde a uno o más dígitos del usuario.

La pantalla LED 126 está o puede estar formada por una pluralidad de diodos emisores de luz, y más concretamente formada por LEDs blancos, aunque en otras realizaciones pueden utilizarse otro tipo de emisores LED.

La pantalla LED 126 y el controlador de la pantalla LED 122 pueden detectar el contacto y cualquier movimiento o ruptura del mismo utilizando cualquiera de una pluralidad de tecnologías de sensibilidad al tacto incluyendo, pero no limitándose, a tecnologías capacitivas, resistivas, infrarrojas y de ondas acústicas de superficie, así como otros conjuntos de sensores de proximidad u otros elementos para determinar uno o más puntos de contacto con la pantalla LED 126.

El dispositivo 100 también incluye un sistema de alimentación 130 para alimentar los distintos componentes. El sistema de alimentación 130 puede incluir un sistema de gestión de la energía, una o varias fuentes de alimentación (por ejemplo, batería, corriente alterna (CA)), un sistema de recarga, un circuito de detección de fallos de alimentación, un convertidor o inversor de energía, un indicador del estado de la energía (por ejemplo, un diodo emisor de luz (LED)) y cualquier otro componente asociado a la generación, gestión y distribución de energía en los dispositivos portátiles.

En algunas realizaciones, los componentes de software incluyen un sistema operativo 132, un módulo de comunicación (o conjunto de instrucciones) 134, un módulo de contacto/movimiento (o conjunto de instrucciones) 138, un módulo de gráficos (o conjunto de instrucciones) 140, un módulo de estado de la interfaz de usuario (o conjunto de instrucciones) 144, y una o más aplicaciones (o conjunto de instrucciones) 146.

El sistema operativo 132 (por ejemplo, Darwin, RTXC, LINUX, UNIX, OS X, WINDOWS o un sistema operativo embebido como VxWorks) incluye varios componentes de software y/o controladores para controlar y gestionar las tareas generales del sistema (por ejemplo, la gestión de la memoria, el control de los dispositivos de almacenamiento, la gestión de la energía, etc.) y facilita la comunicación entre varios componentes de hardware y software.

El módulo de comunicación 134 facilita la comunicación con otros dispositivos a través de uno o más puertos externos 148 y también incluye varios componentes de software para manejar los datos recibidos por el circuito de RF 112 y/o el puerto externo 148. El puerto externo 148 (por ejemplo, bus serie universal (USB), FIREWIRE, etc.) está adaptado para acoplarse directamente a otros dispositivos o indirectamente a través de una red (por ejemplo, Internet, LAN inalámbrica, etc.).

El módulo de contacto/movimiento 138 detecta el contacto con la pantalla LED 126, junto con el controlador de la pantalla LED 122. El módulo de contacto/movimiento 138 incluye varios componentes de software para realizar diversas operaciones relacionadas con la detección del contacto con la pantalla LED 122, como determinar si se ha producido el contacto, determinar si hay movimiento del contacto y seguir el movimiento a través de la pantalla LED, y determinar si el contacto se ha roto (es decir, si el contacto ha cesado). La determinación del movimiento del punto de contacto puede incluir la determinación de la velocidad (magnitud), la velocidad (magnitud y dirección), y/o una aceleración (incluyendo la magnitud y/o la dirección) del punto de contacto. En algunas realizaciones, el módulo de contacto/movimiento 126 y el controlador de la pantalla LED 122 también detectan el contacto en la almohadilla LED.

El módulo gráfico 140 incluye varios componentes de software conocidos para renderizar y mostrar gráficos en la pantalla LED 126. Obsérvese que el término "gráficos" incluye cualquier objeto que pueda mostrarse a un usuario, incluyendo, sin limitación, texto, páginas web, iconos (como objetos de la interfaz de usuario, incluidas las teclas programables), imágenes digitales, vídeos, animaciones y similares.

En algunas realizaciones, el módulo gráfico 140 incluye un módulo de intensidad óptica 142. El módulo de intensidad óptica 142 controla la intensidad óptica de los objetos gráficos, como los objetos de la interfaz de usuario, mostrados en la pantalla LED 126. El control de la intensidad óptica puede incluir el aumento o la disminución de la intensidad óptica de un objeto gráfico. En algunas realizaciones, el aumento o la disminución pueden seguir funciones predefinidas.

El módulo de estado de la interfaz de usuario 144 controla el estado de la interfaz de usuario del dispositivo 100. El módulo de estado de la interfaz de usuario 144 puede incluir un módulo de bloqueo 150 y un módulo de desbloqueo 152. El módulo de bloqueo detecta la satisfacción de una o más condiciones para que el dispositivo 100 pase a un estado de bloqueo de la interfaz de usuario y para que el dispositivo 100 pase al estado de bloqueo. El módulo de desbloqueo detecta el cumplimiento de una o más condiciones para que el dispositivo pase a un estado de desbloqueo de la interfaz de usuario y para que el dispositivo 100 pase al estado de desbloqueo.

Una o más aplicaciones 130 pueden incluir cualquier aplicación instalada en el dispositivo 100, incluyendo, sin limitación, un navegador, una libreta de direcciones, una lista de contactos, un correo electrónico, una mensajería instantánea, un procesador de textos, una emulación de teclado, widgets, aplicaciones habilitadas para JAVA, una encriptación, una gestión de derechos digitales, un reconocimiento de voz, una replicación de voz, una capacidad de determinación de la ubicación (como la proporcionada por el sistema de posicionamiento global (GPS)), un reproductor de música (que reproduce música grabada

almacenada en uno o más archivos, como archivos MP3 o AAC), etc.

En algunas realizaciones, el dispositivo 100 puede incluir uno o más sensores ópticos opcionales (no mostrados), como sensores de imagen CMOS o CCD, para su uso en aplicaciones de imagen.

Así, el dispositivo electrónico portátil (100) comprende esencialmente, una pantalla LED (126); uno o más procesadores (106); una memoria (102) y uno o más programas en los que el o los programas (132 a 146) están almacenados en la memoria (102) y configurados para ser ejecutados por al menos el o los procesadores (106), incluyendo los programas (132 a 146) instrucciones para calcular las emisiones de longitudes de onda cortas perjudiciales entre 380 y 500 nm y reducir selectivamente la emisión de longitudes de onda cortas entre 380-500 nm de al menos una parte de los LEDs contenidos en la pantalla (126). Todo ello como ya se ha indicado anteriormente.

La reducción selectiva se realiza modificando los colores en el sistema operativo (134) o en el módulo de intensidad de color (142). En cualquier caso, también existe la posibilidad de que dicha reducción selectiva sea temporalmente progresiva, de manera que cuanto mayor sea el tiempo de exposición a la pantalla (126) del dispositivo (100), mayor será la reducción.

Por último, el producto de programa de ordenador con instrucciones configuradas para ser ejecutadas por uno o más procesadores (106) que, al ser ejecutado por un dispositivo electrónico portátil (100) como se describe, dicho dispositivo (100) lleva a cabo el método según el método implementado por ordenador para bloquear las longitudes de onda corta en las fuentes de luz tipo LED caracterizado porque comprende los pasos de: (i) calcular las emisiones de longitudes de onda corta perjudiciales entre 380 y 500 nm; y (ii) reducir selectivamente la emisión de longitudes de onda corta entre 380-500 nm de los Leds contenidos en la pantalla en función del cálculo realizado en el paso (i).

El cálculo de las emisiones nocivas está en función de al menos una de las siguientes variables: la edad de un usuario de la fuente de luz de tipo LED, la distancia de separación a la fuente de luz de tipo LED, el tamaño de la fuente de luz de tipo LED, el tiempo de exposición a la fuente de luz por parte del usuario, la iluminación ambiental del lugar donde el usuario interactúa con la fuente de luz de tipo LED y el posible estado de enfermedad de la retina y/o la córnea.

Este producto de programa informático puede implementarse físicamente en el propio hardware de la pantalla o en el controlador de vídeo de un sistema informático que incluya una pantalla de tipo LED.

La protección de la retina, la córnea y el cristalino de la acción nociva de las longitudes de onda cortas, así como la eliminación de la fatiga visual, la mejora de la comodidad y la función visual, y la evitación del insomnio, objetos finales de la invención, se consiguen también tanto con el método implementado por ordenador como con el dispositivo electrónico portátil (100), y con el producto informático descrito.

Una de las posibilidades que ofrece la invención es la de cambiar el fondo de cualquier documento a uno menos agresivo para el ojo humano. En efecto, hoy en día, la mayoría de los documentos tienen un fondo blanco, mientras que su contenido suele ser de un color que ofrece un fuerte contraste, como el negro, el azul, el rojo o el verde. Esto está condicionado por el hecho de que los documentos electrónicos, en general, tratan de imitar los documentos escritos en papel, además de minimizar el coste de impresión de dichos documentos.

Sin embargo, ese contraste, tal y como se ha descrito, implica una fuerte emisión de luz con un contenido nocivo para el ojo humano. Por lo tanto, y gracias al método descrito, el método implementado por ordenador, el dispositivo y el producto informático implementan un paso adicional de detección del fondo del documento mostrado al usuario, y un segundo paso de cambio de dicho fondo a uno con una emisión reducida en el espectro indicado.

Prueba de caracterización de la iluminación de los dispositivos electrónicos portátiles del tipo de las tabletas con pantallas retroiluminadas por LED.

Para justificar la conveniencia de la invención, se ha realizado una prueba de caracterización lumínica de varias tabletas del mercado y con retroiluminación LED.

En la prueba se definen los siguientes conceptos:

- El espectro de emisión es el conjunto de frecuencias de las ondas electromagnéticas que se obtienen al descomponer la radiación emitida por la fuente de luz.
- Irradiancia (mW/cm²): Magnitud radiométrica utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de todos los tipos de radiación electromagnética.

El objetivo de la prueba es determinar las características de iluminación de 3 pantallas de tabletas con retroiluminación LED que proyectan diferentes imágenes en su pantalla:

- 5
- Determinar el espectro de emisión de las fuentes de luz
 - Determinar la irradiación de las fuentes de luz
 - Calcule la irradiancia para cada longitud de onda a partir de la medición del espectro de emisión de la pantalla y de la irradiancia total.

10 Las medidas se realizaron en los modelos Apple iPad 4, Asus Memo Pad Smart y Samsung Galaxy Tab 10.1 (todas las marcas registradas por sus respectivos propietarios) para un total de 22 fondos de pantalla de diferentes colores. Se utilizaron los 3 colores primarios (rojo, verde y azul) a los que se realizaron variaciones de tono y saturación. Asimismo, las medidas se realizaron con un fondo blanco. En la siguiente tabla se exponen el tono, la saturación y el brillo de cada uno de los colores de la imagen proyectada en la pantalla de las tabletas que se han evaluado:

15

	Matiz	Saturación	Luminosidad	Rojo	Verde	Azul
Rojo Puro	0	240	120	255	0	0
Rojo 1	3	240	120	255	19	0
Rojo 2	5	240	120	255	32	0
Rojo 3	7	240	120	255	45	0
Rojo A	0	220	120	244	11	11
Rojo B	0	200	120	234	21	21
Rojo C	0	180	120	223	32	32

Verde Puro	80	240	120	0	255	0
Verde 1	83	240	120	0	255	19
Verde 2	85	240	120	0	255	32
Verde 3	87	240	120	0	255	45
Verde A	80	220	120	11	244	11
Verde B	80	200	120	21	234	21
Verde C	80	180	120	32	223	32

Azul Puro	160	240	120	0	0	255
Azul 1	163	240	120	19	0	255
Azul 2	165	240	120	32	0	255
Azul 3	167	240	120	45	0	255
Azul A	160	220	120	11	11	244
Azul B	160	200	120	21	21	234
Azul C	160	180	120	32	32	223

Blanco	160	0	240	255	255	255
--------	-----	---	-----	-----	-----	-----

Tabla 6

- 20 Para determinar el espectro de emisión de las fuentes de luz LED se utilizó el espectrofotómetro Ocean Optics Redtide USB 650. Los datos se analizaron con el software SpectraSuite de Ocean Optics y se trazaron con el software Sigmaplot.

El protocolo de adquisición utilizado para la toma de medidas fue:

- 25
- Tiempo de exposición: 200 milisegundos
 - Nº de exploraciones de intensidad: 5 (Cada medición de la emisión de intensidad se obtiene de una media de 5 mediciones realizadas por el instrumento).

- 30 La irradiación total de las fuentes de luz se determinó con un radiómetro Thorlabs PM100USB a una distancia de 35 cm.

Para el cálculo de la irradiación en función de su longitud de onda, se realizó el siguiente análisis matemático:

$$I(\lambda) = I_T \frac{E(\lambda)}{E_T}$$

Dónde:

$I(\lambda)$ es la irradiancia en función de la longitud de onda.

5 I_T es la irradiancia total medida en el procedimiento experimental.

$E(\lambda)$ es el espectro electromagnético relativo en función de la longitud de onda medida en el procedimiento experimental.

E_T es el espectro electromagnético total medido en el procedimiento experimental.

10 Resultados de las pruebas del modelo Asus Memo Pad Smart

En el gráfico de la Fig. 8A se representa la irradiación (mW/cm^2) en función de la longitud de onda de la tableta Asus Memo Pad Smart, utilizando como fondo los colores primarios (rojo, verde y azul) y una imagen blanca. En la figura 8 y en los gráficos siguientes, se representa la variación de las características de iluminación de la pantalla de la tableta debido a un cambio en el tono (fig. 8B) o en la saturación de la imagen de cada uno de los colores primarios (fig. 8C).

Por otro lado, en la Fig. 8D, se representa la irradiancia (mW/cm^2) en función de la longitud de onda de la tableta Asus Memo Pad Smart con y sin la interposición de un filtro protector que absorbe parcialmente las longitudes de onda cortas del espectro visible, según el objeto de la invención. En la tabla 7 se indican los valores representados:

Longitud de onda (nm)	Absorción del filtro (%)
410	18
415	24
420	28
425	23
430	23
435	24
440	23
445	24
450	20
455	17
460	15
465	14
470	15
475	12
480	12
485	10
490	11
495	12
500	10

Tabla 7

25 Resultados de las pruebas del modelo de iPad 4 de Apple

En los gráficos de la Fig. 9 se representa la irradiación (mW/cm^2) en función de la longitud de onda de la tableta iPad 4, utilizando como fondo los colores primarios (rojo, verde y azul) y una imagen blanca (Fig. 9A).

En los gráficos siguientes, se representa la variación de las características de iluminación de la pantalla de la tableta debido a un cambio en el tono (Fig. 9B) o en la saturación de la imagen de cada uno de los colores primarios (Fig. 9C).

Por otro lado, en la Fig. 9D se representa la irradiancia (mW/cm^2) en función de la longitud de onda de la tableta iPad 4 con y sin la interposición de un filtro protector que absorbe parcialmente las longitudes de onda cortas del espectro visible, según el objeto de la invención. En la tabla 8 se indican los valores representados:

Longitud de onda (nm)	Absorción del filtro (%)
410	22
415	14
420	15
425	21
430	22
435	22
440	19
445	20
450	20
455	17
460	15
465	13
470	14
475	12
480	13
485	9
490	11
495	11
500	11

Tabla 8

Resultados de las pruebas del modelo Samsung Galaxy Tab 10.1

- 5 En los gráficos de la Fig. 10 se representa la irradiancia (mW/cm^2) en función de la longitud de onda de la tableta Samsung Galaxy Tab 10.1, utilizando como fondo los colores primarios (rojo, verde y azul) y una imagen blanca (Fig. 10A).
- 10 En los gráficos siguientes se representa la variación de las características de iluminación de la pantalla de la tableta debida a un cambio en el tono (Fig. 10B) o en la saturación de la imagen de cada uno de los colores primarios (Fig. 10C).
- 15 Por otro lado, en la Fig. 10D se representa la irradiancia (mW/cm^2) en función de la longitud de onda de la tableta Samsung Galaxy Tab 10.1 con y sin la interposición de un filtro protector que absorbe parcialmente las longitudes de onda cortas del espectro visible, según el objeto de la invención. En la tabla 9 se indican los valores representados:

Longitud de onda (nm)	Absorción del filtro (%)
410	11
415	14
420	29
425	28
430	20
435	22
440	23
445	17
450	15
455	17
460	13
465	10
470	11
475	9
480	8
485	10
490	10
495	5
500	7

Tabla 9

- 5 De acuerdo con los resultados obtenidos en todas las pruebas anteriores, se demuestra que la reducción de la emisión provocada por las pantallas de tipo LED en el espectro comprendido entre los 380-500 nm es beneficiosa y puede corregirse fácilmente también mediante hardware y software.

REIVINDICACIONES

1. Método de bloqueo de longitudes de onda cortas en fuentes de luz de tipo LED que comprende las etapas de:
- 5 seleccionar una densidad óptica media de un pigmento entre un porcentaje máximo de absorción y un porcentaje mínimo de absorción en el rango de longitudes de onda cortas entre 380 nm y 500 nm; y
- 10 pigmentar un sustrato sobre toda su superficie de tal forma que la absorción media se encuentre entre dichos porcentajes máximo y mínimo de absorción entre el 1 y el 99% de absorción selectiva en el rango de longitudes de onda cortas entre 380 nm y 500 nm;
- 15 **caracterizado porque** la densidad óptica media se basa en la suma de un porcentaje máximo predeterminado de absorción y un porcentaje mínimo predeterminado de absorción de al menos dos de los siguientes factores:
- 20 la edad de un usuario de una fuente de luz de tipo LED, el tamaño de la fuente de luz de tipo LED, el tiempo total de exposición de un usuario a la fuente de luz de tipo LED, la iluminación ambiental del lugar donde el usuario interactúa con la fuente de luz de tipo LED, el tipo de fuente de luz de tipo LED o un estado patológico de la retina o la córnea del usuario.
- 25 2. El método según la reivindicación 1 en el que el pigmento se distribuye uniformemente sobre la superficie del sustrato.
3. El método según la reivindicación 1 en el que el sustrato es un sustrato multicapa en el que al menos una de las capas está pigmentada sobre su superficie.
- 30 4. El método según la reivindicación 1 en el que el sustrato es un revestimiento que contiene un pigmento en todo el revestimiento.
5. El método según la reivindicación 4, en el que el recubrimiento es uno seleccionado entre gel, espuma, emulsión, solución, dilución o una combinación de los anteriores.

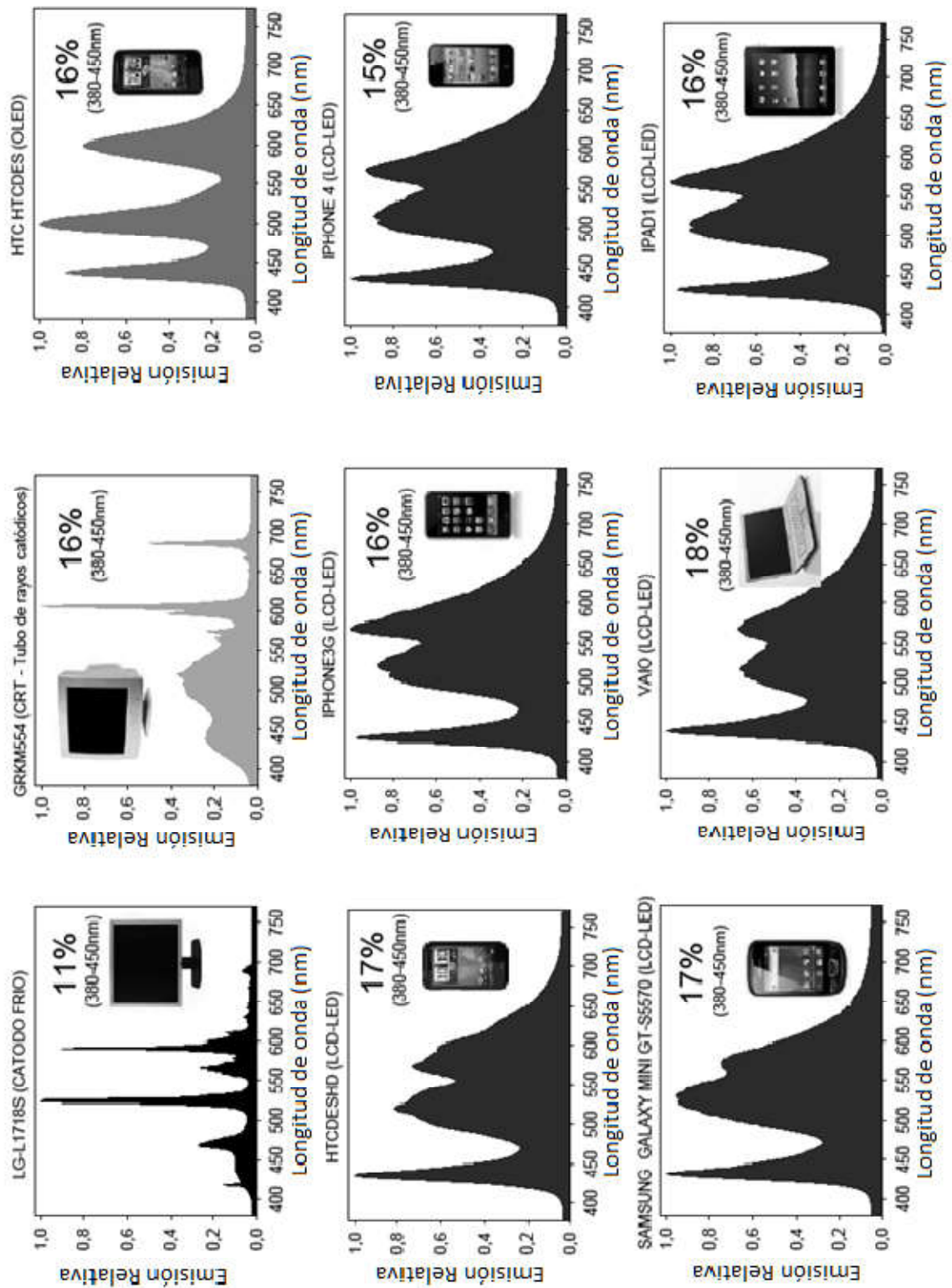


FIG.1

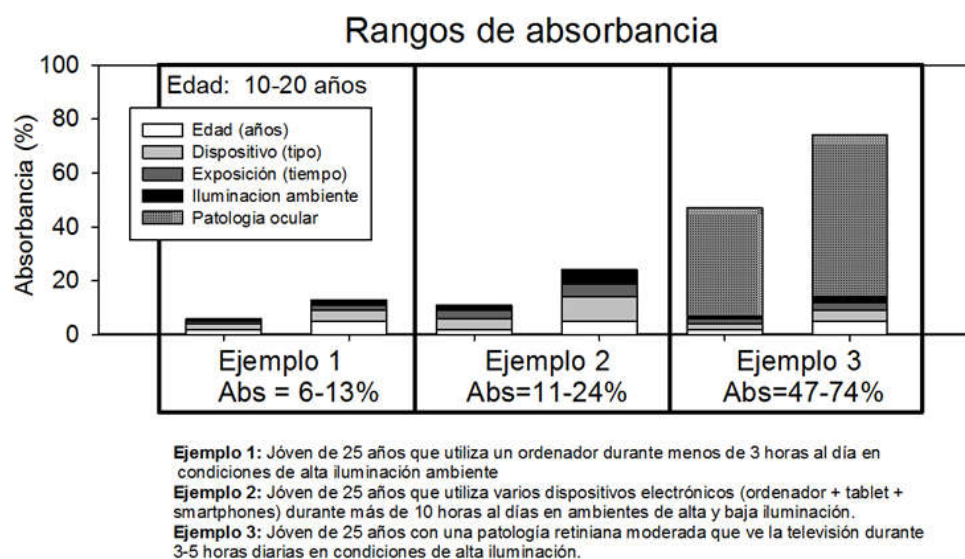


FIG.2A

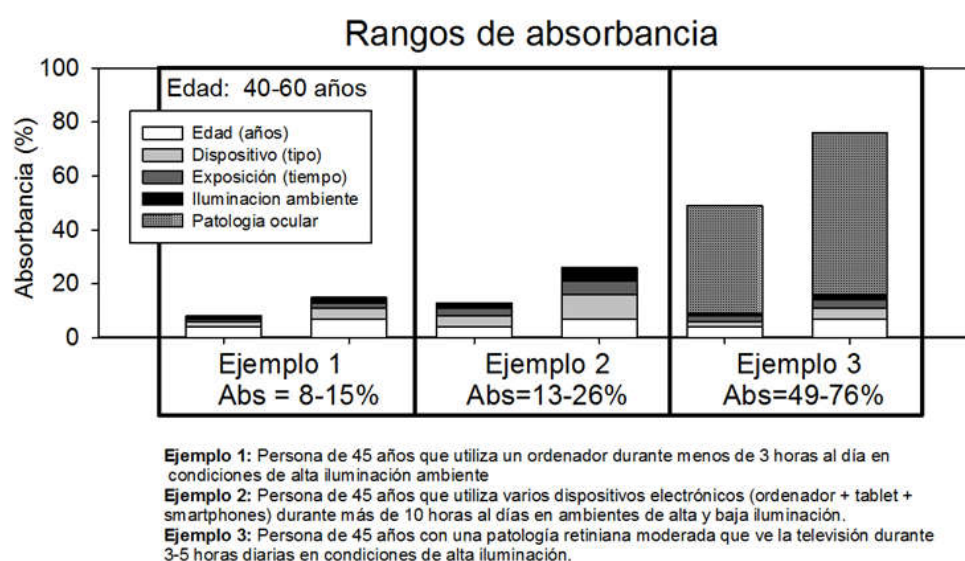
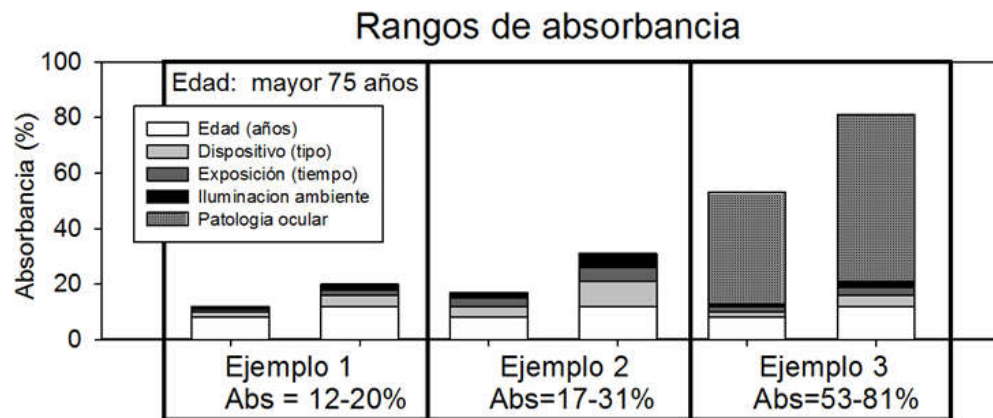


FIG.2B



Ejemplo 1: Persona de 76 años que utiliza un ordenador durante menos de 3 horas al día en condiciones de alta iluminación ambiente

Ejemplo 2: Persona de 76 años que utiliza varios dispositivos electrónicos (ordenador + tablet + smartphones) durante más de 10 horas al día en ambientes de alta y baja iluminación.

Ejemplo 3: Persona de 76 años con una patología retiniana moderada que ve la televisión durante 3-5 horas diarias en condiciones de alta iluminación.

FIG.2C

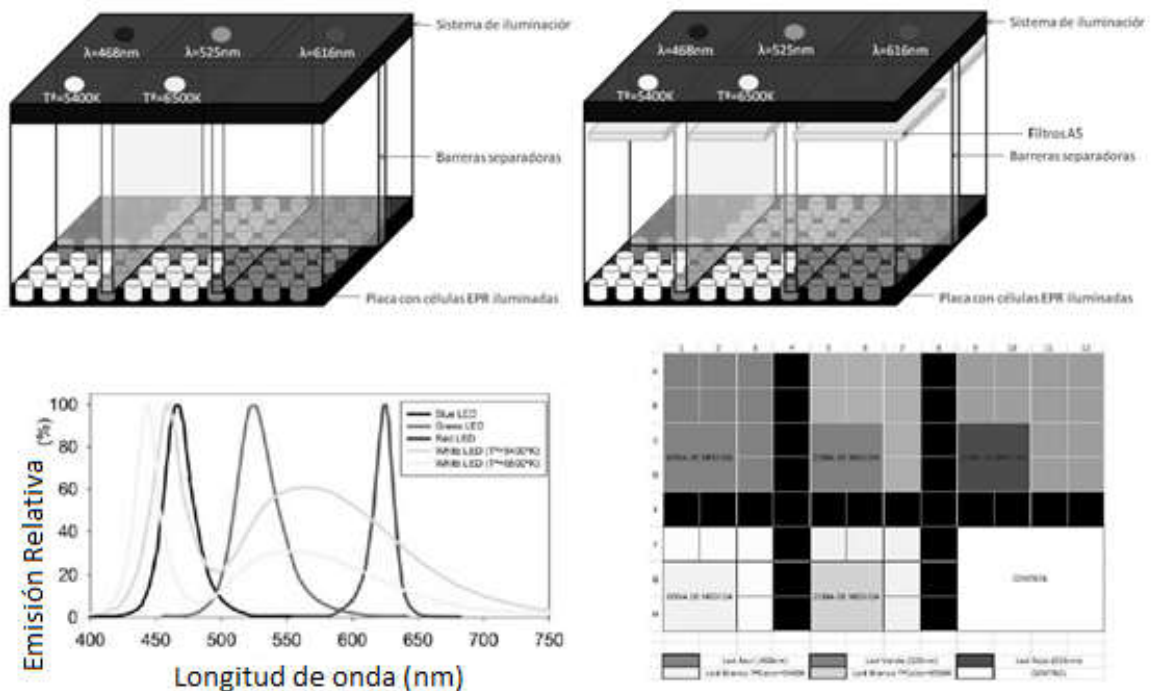


FIG.3

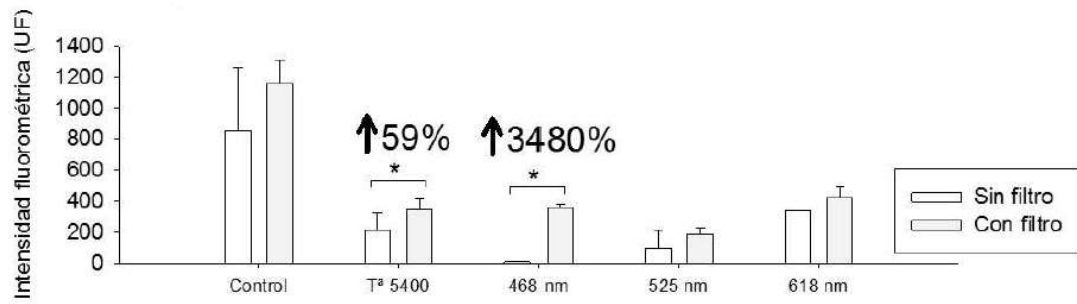


FIG.4

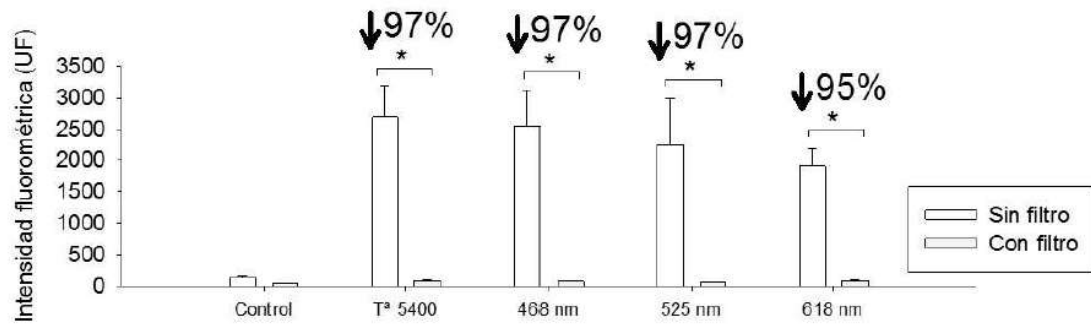


FIG.5

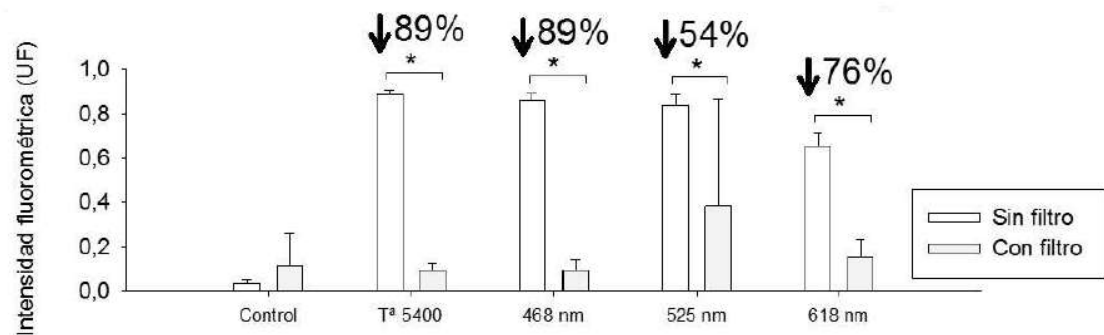


FIG.6

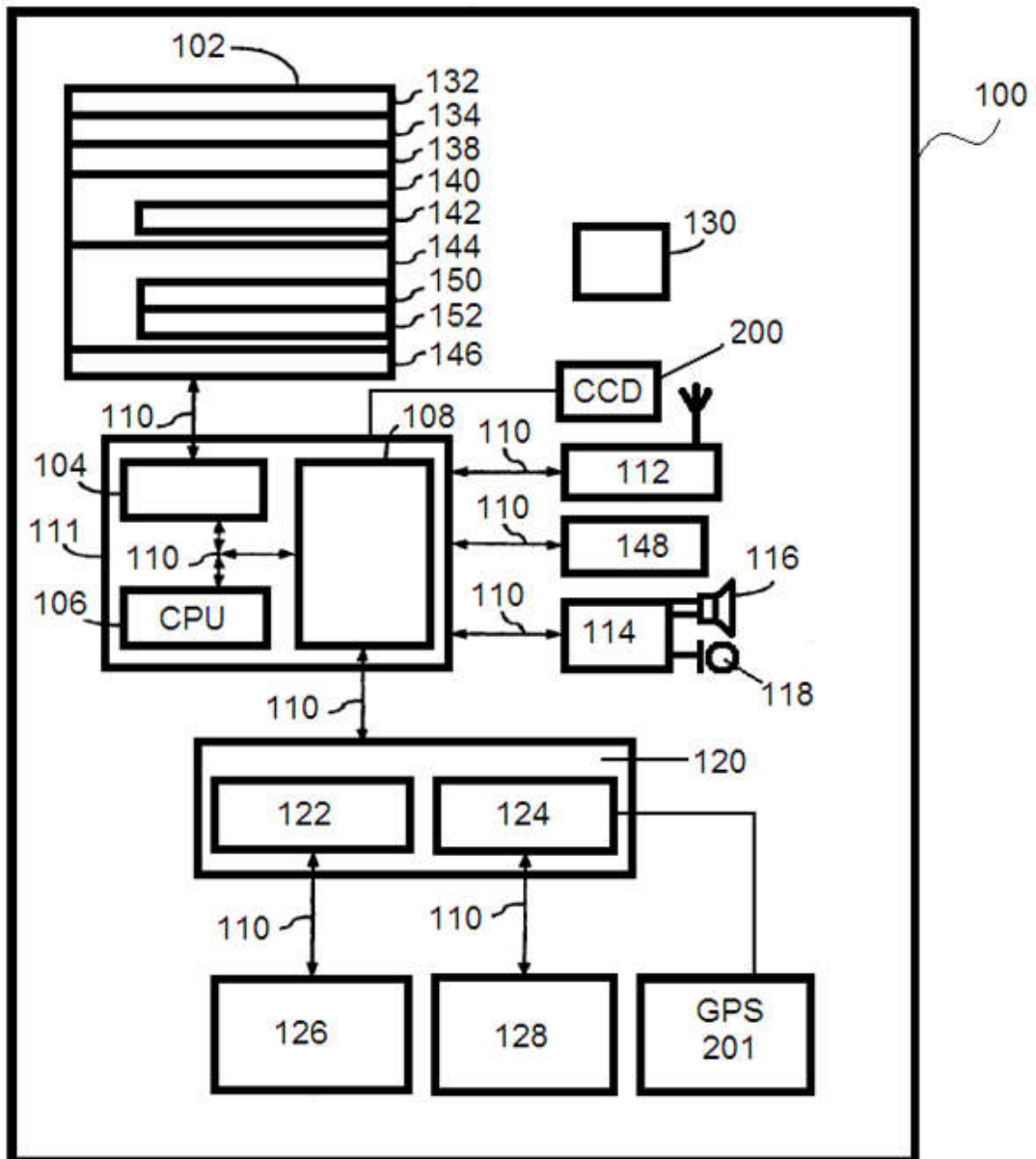


FIG.7

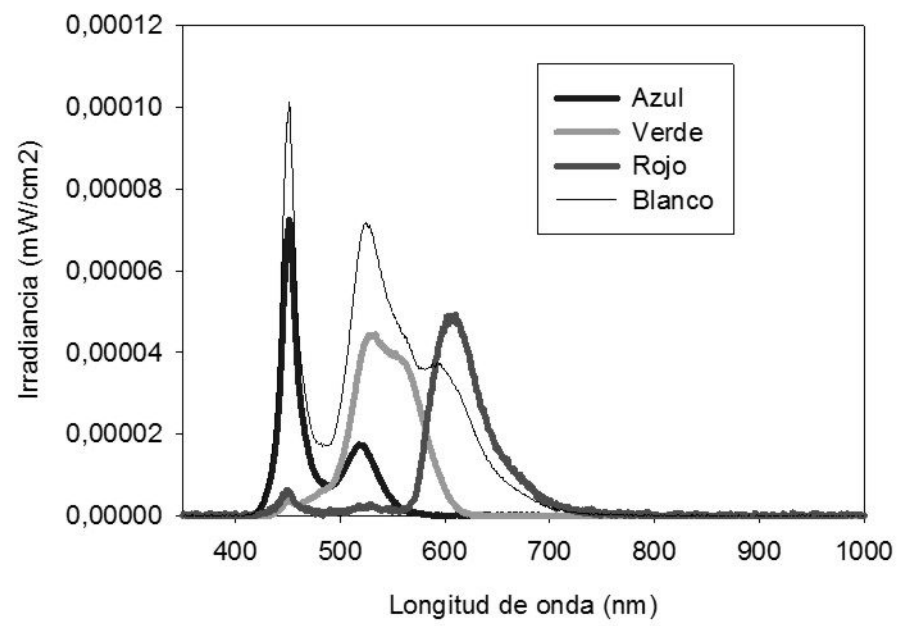


FIG.8A

FIG.8B

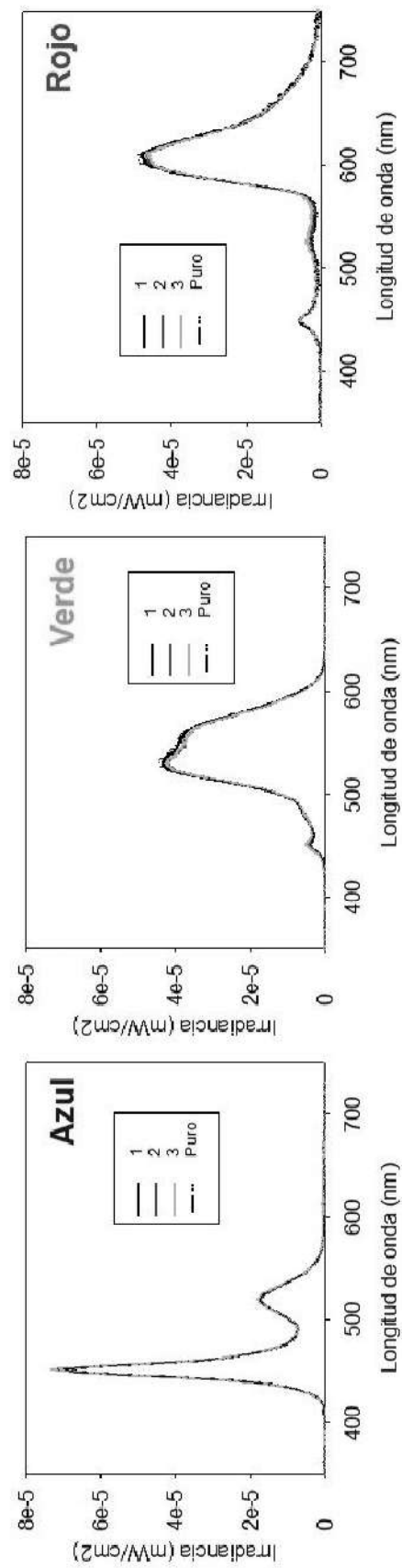


FIG.8C

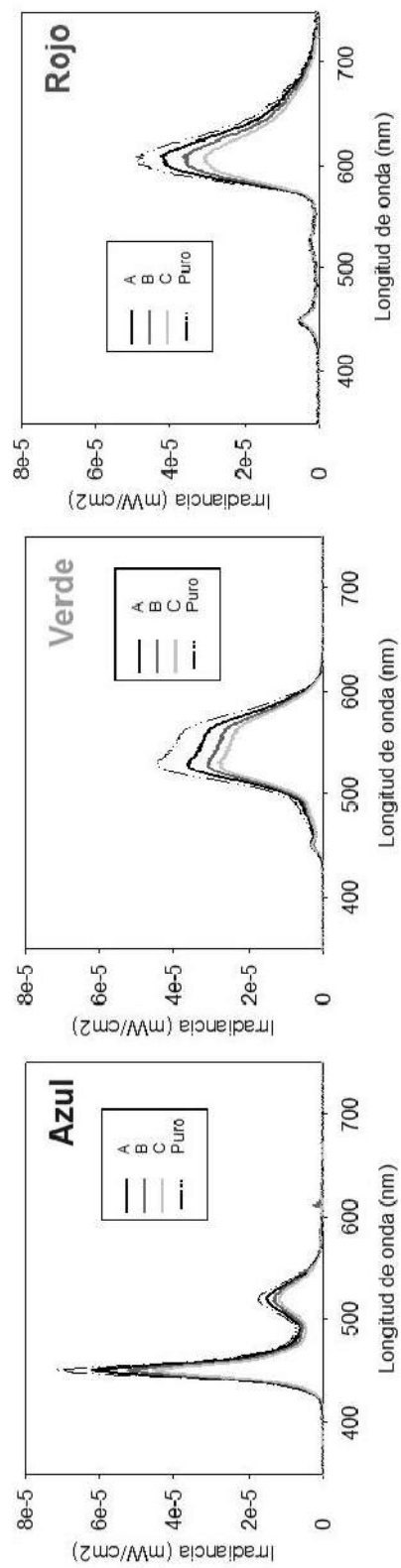


FIG.8D

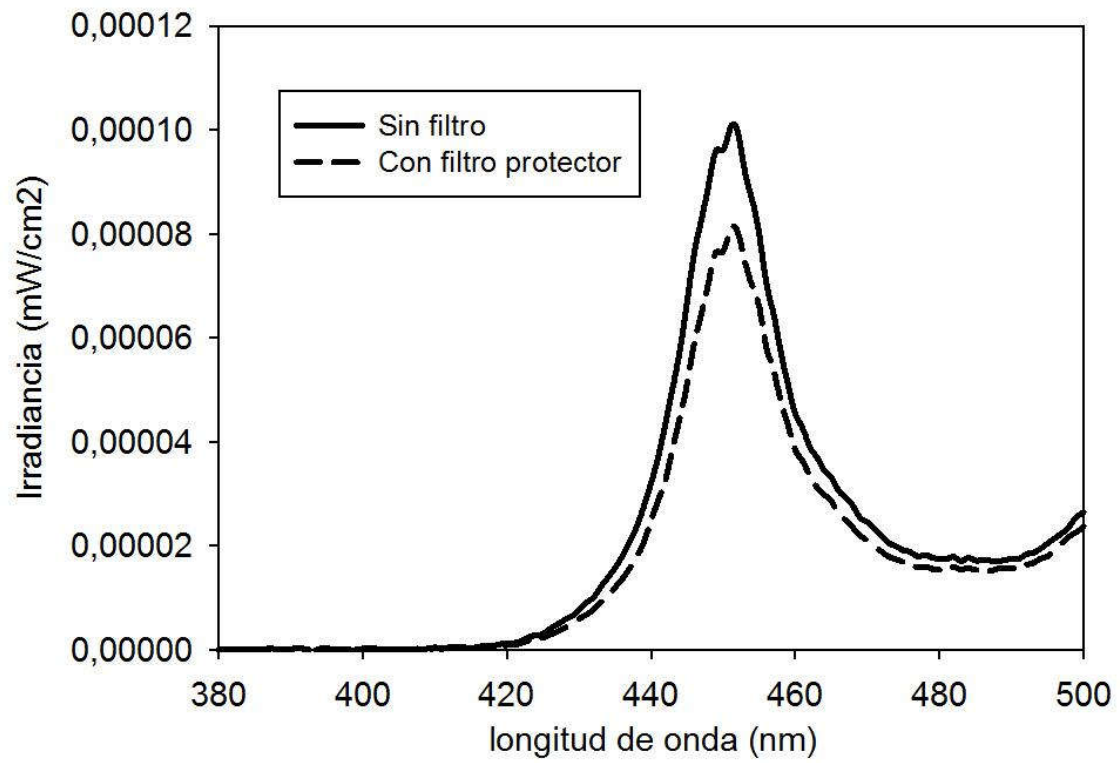


FIG.9A

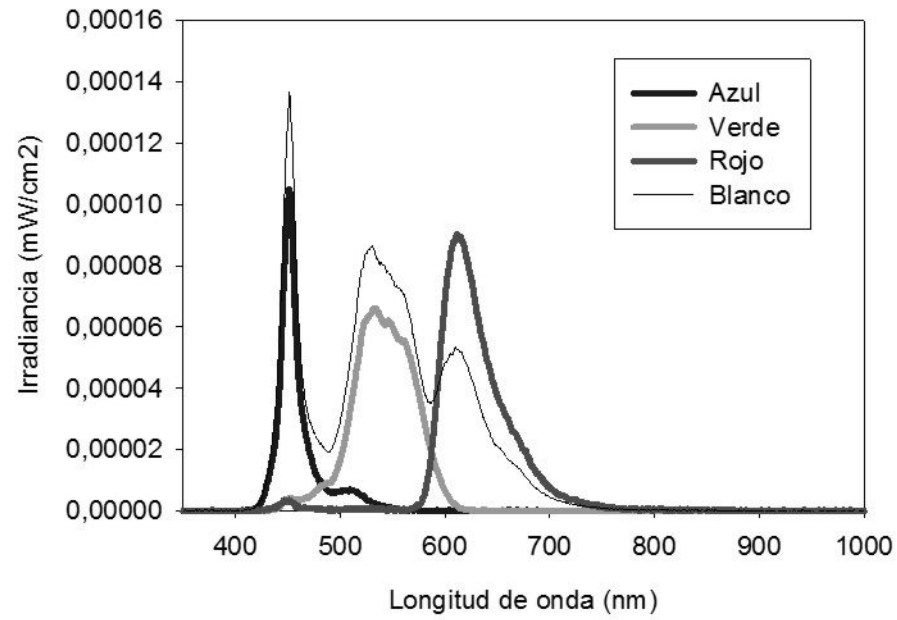


FIG.9B

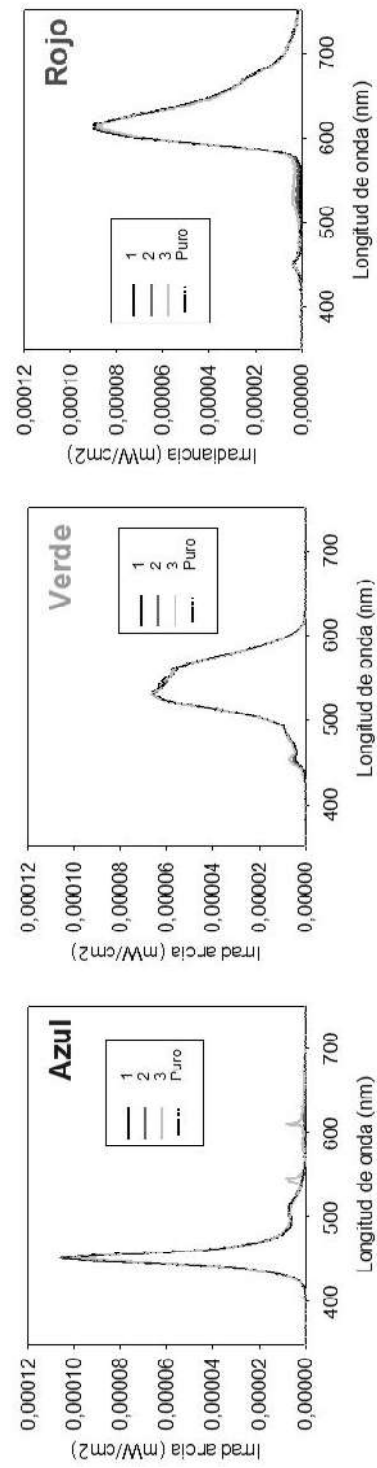


FIG.9C

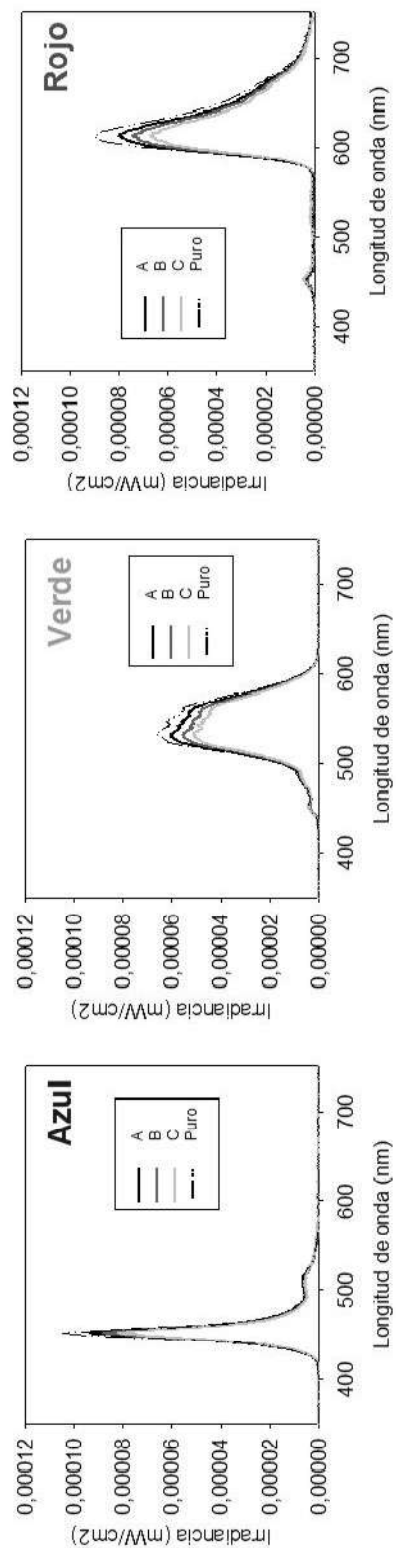


FIG.9D

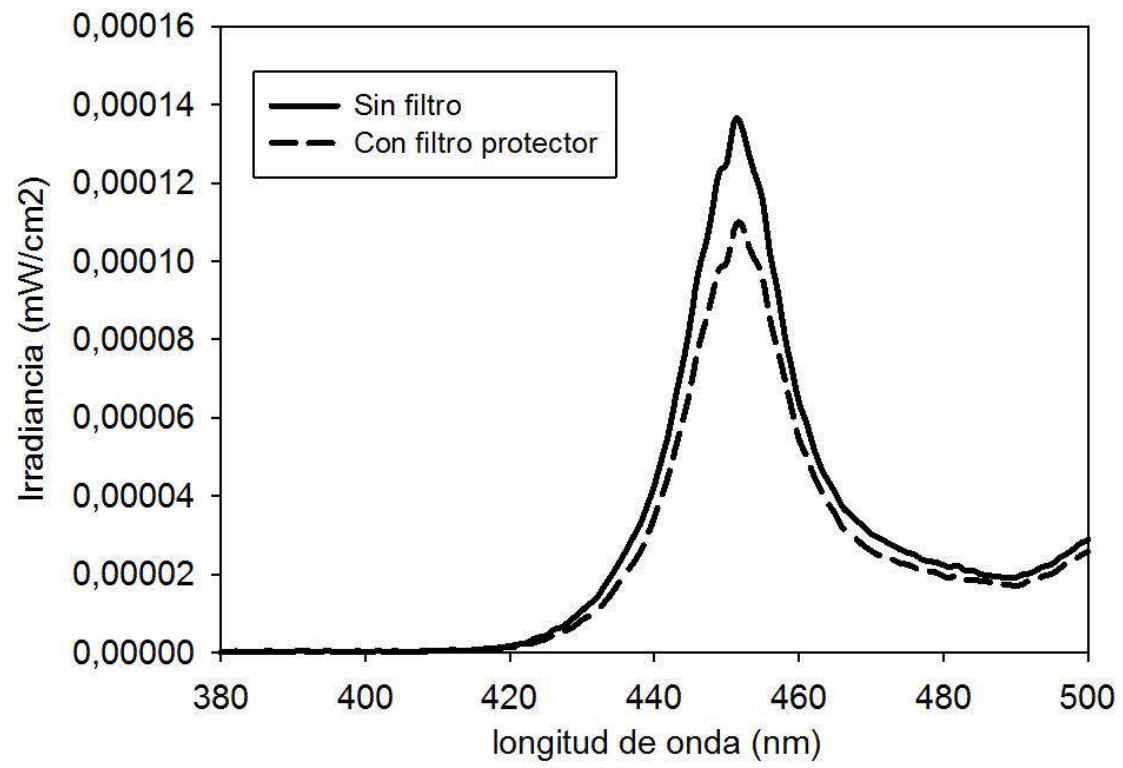


FIG.10A

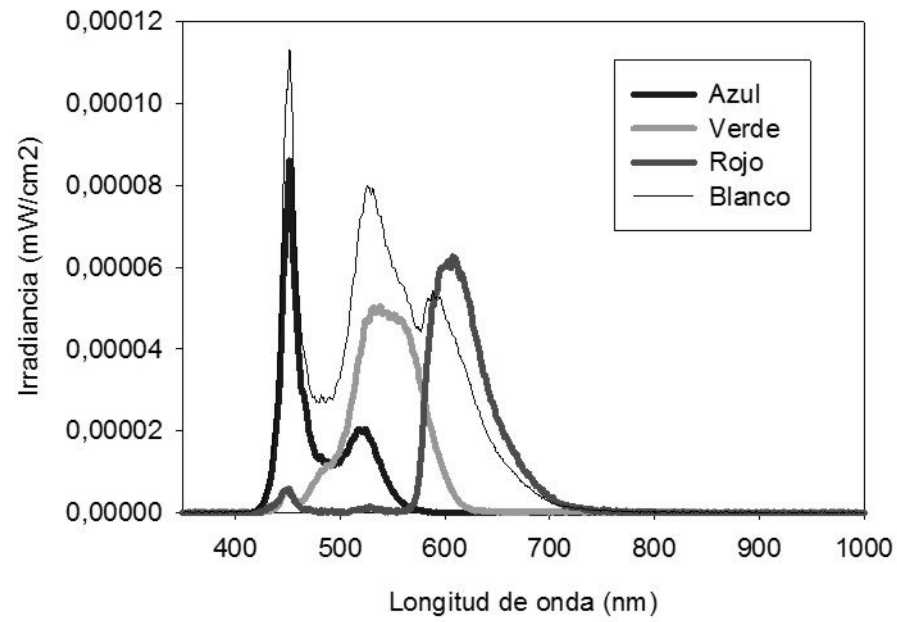


FIG.10B

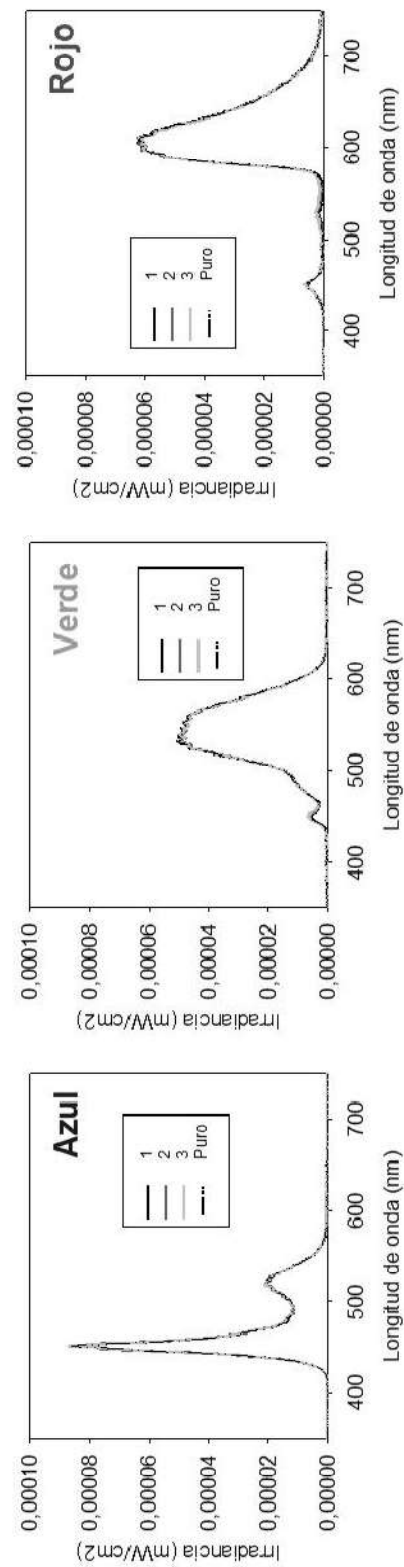


FIG.10C

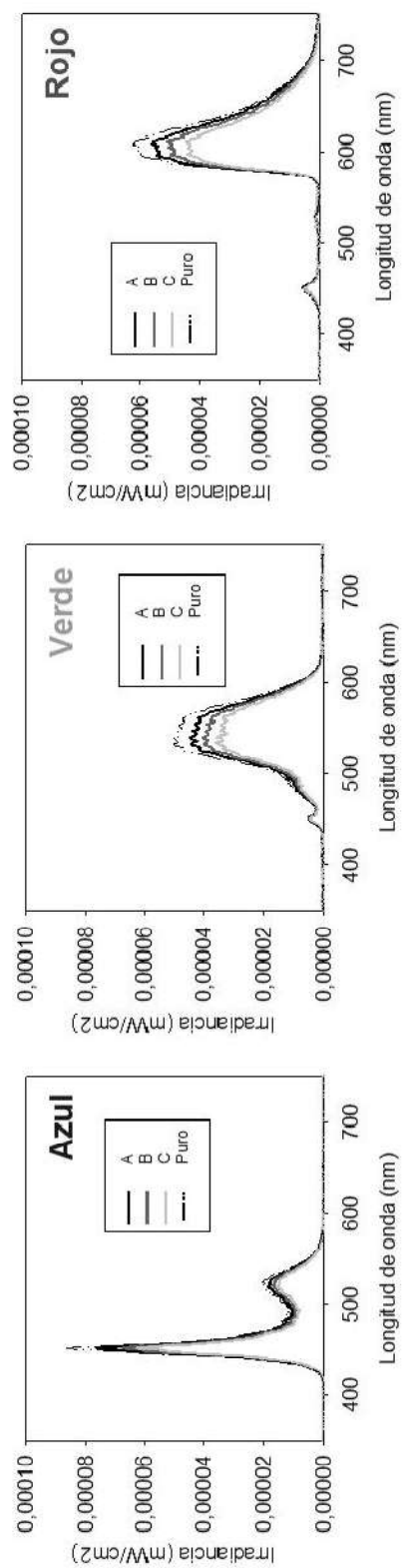


FIG.10D

