

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 973 127**

51 Int. Cl.:

A61N 5/06 (2006.01)

A61L 2/08 (2006.01)

A61L 2/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.08.2019 PCT/FI2019/050607**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.03.2020 WO20043944**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.08.2019 E 19856194 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.12.2023 EP 3843793**

54 Título: **Sistema y método de reducción de microorganismos**

30 Prioridad:

27.08.2018 EP 18190952

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

18.06.2024

73 Titular/es:

**LED TAILOR OY (100.0%)
Lairolantie 11
24910 Halikko, FI**

72 Inventor/es:

**HÖGLUND, CAMILLA y
HUHTINEN, NIKO**

74 Agente/Representante:

IZQUIERDO BLANCO, María Alicia

ES 2 973 127 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

Sistema y método de reducción de microorganismos

5 CAMPO TÉCNICO

[0001] La presente divulgación se refiere en general a la reducción de microorganismos; y más específicamente, a sistemas y métodos para reducir microorganismos utilizando luz azul a dos o más longitudes de onda diferentes.

10 FONDO

[0002] Los microorganismos, como bacterias, hongos y virus, son omnipresentes y constituyen una parte importante de toda la biosfera. Una gran parte de estos microorganismos son patógenos responsables de numerosas infecciones y enfermedades, algunas de las cuales pueden ser muy peligrosas y potencialmente mortales. Estos patógenos pueden entrar en contacto con el ser humano a través de superficies contaminadas, alimentos contaminados, objetos, muebles, tejidos (es decir, fómites) o a través del aire (en forma de aerosol). Según el Centro Europeo para la Prevención y el Control de las Enfermedades (ECDC), el 6% (rango de países: 2,3%-10,8%) de todos los pacientes europeos se infectan con al menos una HAI (Infección asociada a la asistencia sanitaria) durante su estancia en el hospital. El número total anual de pacientes con una HAI en los hospitales de agudos europeos en 2011-2012 se estimó en 3,2 millones. Por lo tanto, mantener y mantener un cierto nivel de desinfección en las zonas y espacios públicos es esencial en la gestión y prevención de enfermedades, manteniendo así un entorno seguro y saludable.

[0003] El problema de la contaminación no se limita a los entornos hospitalarios, ya que la contaminación a través de superficies, objetos, aire, etc. también puede transferir patógenos a los alimentos y a los equipos de manipulación de alimentos, así como a los equipos de laboratorio. Por lo tanto, lugares como salas blancas industriales, instalaciones de procesamiento de alimentos, oficinas, escuelas y laboratorios, entre otros, necesitan una cantidad adecuada de higiene y un entorno controlado para la prevención de enfermedades infecciosas.

[0004] Por esterilización se entiende normalmente un proceso que destruye o elimina todas las formas de vida microbiana y que se lleva a cabo en las instalaciones sanitarias mediante métodos físicos o químicos. Por desinfección se entiende normalmente un proceso que elimina muchos o todos los microorganismos patógenos, excepto las esporas bacterianas, en objetos inanimados.

[0005] Los métodos convencionales para reducir los microorganismos o eliminarlos en un ambiente interior incluyen, entre otros, la esterilización térmica (por ejemplo, mediante autoclaves, calor seco y similares), el tratamiento químico (mediante iones metálicos (como la ionización cobre/plata), ozono, vapores de peróxido de hidrógeno, germicidas (por ejemplo antibióticos y biocidas), cloro y sus compuestos y similares), desinfección electroquímica, fotoinactivación de los microorganismos mediante luz ultravioleta (UV), etc. En concreto, la fotoinactivación de microorganismos ha suscitado una gran atención en todo el mundo para controlar el crecimiento de microorganismos en el medio ambiente. En concreto, la fotoinactivación de los microorganismos desarrollada recientemente mediante la tecnología HINS (Espectro Estrecho de Alta Intensidad), la tecnología de luz ultravioleta de espectro estrecho, etc. Sin embargo, las técnicas actuales de fotoinactivación sólo se dirigen a uno de los mecanismos de inactivación de los microorganismos. Además, la luz ultravioleta es perjudicial para las personas y los materiales, por lo que es preferible evitar su uso.

[0006] La fotoinactivación de microorganismos con luz azul de banda estrecha es de interés específico debido a la tecnología de diodos emisores de luz (LED) disponible, que proporciona medios rentables y energéticamente eficientes para generar dicha luz. Por ejemplo, las porfirinas fotorreactivas absorben la luz azul a una longitud de onda pico de 405 nanómetros (nm) para producir especies reactivas del oxígeno (ROS). Sin embargo, los diferentes microorganismos tienen diferentes cantidades de sustancias fotorreactivas, como por ejemplo porfirinas y/o flavinas, y por lo tanto reaccionan de manera individual a diferentes longitudes de onda de la luz.

[0007] Por lo tanto, las soluciones actuales no utilizan eficazmente todo el potencial antimicrobiano de la luz azul. Concretamente, no se dirigen a todos los mecanismos cruciales e importantes de inactivación de microorganismos que desencadenan una respuesta biológica cuando se activan por la luz azul. Además, las fuentes de luz de amplio espectro no están bien adaptadas para reducir y/o eliminar microorganismos, ya que gastan mucha energía en longitudes de onda que no tienen potencial antimicrobiano. Además, la tecnología de luz ultravioleta emplea un amplio espectro de luz ultravioleta (de 100 a 400 nanómetros) que daña los materiales y es perjudicial para otros organismos, como los humanos y los animales. Además, algunos microorganismos han desarrollado resistencia a la luz UV, por lo que los mecanismos convencionales resultan ineficaces.

[0008] La FIG. 1A (Estado de la Técnica) es un ejemplo de representación gráfica del espectro de absorción de las porfirinas en función de la longitud de onda de la luz. Como se muestra, el eje X representa la longitud de onda de la luz y el eje Y representa la absorbancia de la luz por las porfirinas. Como se ha visto, el máximo de absorción de las porfirinas se sitúa en torno a los 405 nm, es decir, en el rango de la luz azul. Además, a medida que la longitud de onda de la luz azul aumenta de 405 nm a 425 nm, se produce una disminución pronunciada de la absorbancia de la luz por las porfirinas.

[0009] La FIG. 1B (Estado de la Técnica) es un ejemplo de representación gráfica del espectro de absorción de las flavinas en función de la longitud de onda de la luz. Como se muestra, el eje X representa la longitud de onda de la luz y el eje Y representa la absorción de la luz por las flavinas. Como se ha descrito, las flavinas tienen un máximo de absorción en la región ultravioleta, pero como la luz ultravioleta es nociva para los seres humanos y los materiales, en esta invención sólo se tiene en cuenta el máximo de absorción en la región de la luz azul (alrededor de 442 nm).

[0010] Por lo tanto, a la luz de la discusión anterior, existe la necesidad de superar los inconvenientes antes mencionados asociados con la desinfección de materiales, objetos y aire dirigiéndose a más de un componente fotorreactivo del microorganismo simultáneamente.

[0011] El documento US 2017/014538 A1 enseña la iluminación mediante una fuente de luz azul y una fuente de luz blanca.

RESUMEN

[0012] La presente divulgación pretende proporcionar un sistema para reducir microorganismos. La presente divulgación también pretende proporcionar un método para reducir los microorganismos utilizando el sistema antes mencionado. La presente divulgación pretende proporcionar una solución al problema existente de reducir el crecimiento de microorganismos, para reducir la cantidad de número de microorganismos y para eliminar microorganismos. Un objetivo de la presente divulgación es proporcionar una solución que supere y mejore, al menos parcialmente, los problemas encontrados en el estado de la técnica y proporcione un sistema y un método eficaces y eficientes para reducir los microorganismos. De hecho, en la presente descripción, "reducir los microorganismos" significa reducir o disminuir el número o la cantidad de microorganismos, eliminando de forma más beneficiosa todos los microorganismos. El término "desactivación de patógenos" también se utiliza a veces en este contexto. La divulgación pretende proporcionar una solución para desinfectar superficies y objetos y el aire dentro de una habitación, como una sala de reuniones, un quirófano, un cuarto de baño o una nave ganadera, en la que el efecto desinfectante sea suficiente y se produzca con una cantidad relativamente pequeña de energía eléctrica. Las superficies incluyen el techo, las paredes y el suelo de cualquier habitación, así como cualquier objeto que se encuentre en ella, como sillas, mesas, asientos de váter, alfombrillas, ordenadores, teléfonos móviles, instrumentos, etc.

[0013] En un aspecto, una realización de la presente invención proporciona un sistema para reducir microorganismos, como se define en la reivindicación 1.

[0014] En otro aspecto, una realización de la presente invención proporciona un método para reducir microorganismos, tal como se define en la reivindicación 11.

[0015] Las realizaciones de la presente divulgación eliminan sustancialmente o abordan al menos parcialmente los problemas antes mencionados en el estado de la técnica para reducir el crecimiento de microorganismos utilizando sistemas y métodos convencionales de una luz azul de longitud de onda única y permiten reducir microorganismos utilizando longitudes de onda específicas de luz azul para dirigirse a más de un mecanismo de inactivación de los microorganismos. Aspectos adicionales, ventajas, características y objetos de la presente divulgación se harían evidentes a partir de los dibujos y la descripción detallada de las realizaciones ilustrativas interpretadas en conjunción con las reivindicaciones anexas que siguen.

[0016] Se apreciará que las características de la presente divulgación son susceptibles de combinarse en diversas combinaciones sin apartarse del alcance de la presente divulgación tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0017] El resumen anterior, así como la siguiente descripción detallada de las realizaciones ilustrativas, se comprenden mejor cuando se leen junto con los dibujos adjuntos. Con el fin de ilustrar la presente divulgación, en los dibujos se muestran construcciones ejemplares de la divulgación. Sin embargo, la presente divulgación no se limita a los métodos e instrumentos específicos aquí descritos. Además, los expertos en la materia comprenderán que los dibujos no están hechos a escala. Siempre que ha sido posible, los elementos similares se han indicado con números idénticos.

[0018] Las realizaciones de la presente divulgación se describirán ahora, a modo de ejemplo únicamente, con referencia a los siguientes diagramas en los que:

- La FIG. 1A (Estado de la Técnica) es un ejemplo de representación gráfica del espectro de absorción de una porfirina en función de la longitud de onda de la luz;
- La FIG. 1B (Estado de la Técnica) es un ejemplo de representación gráfica del espectro de absorción de una flavina en función de la longitud de onda de la luz;
- La FIG. 2 es un diagrama de bloques de un sistema para reducir microorganismos, de acuerdo con una realización de la presente divulgación;
- La FIG. 3 es una representación gráfica de las diferencias entre los sistemas de longitud de onda azul simple y doble, con una cantidad relativa (%) de microorganismos en función de la dosis de energía luminosa, de acuerdo con una realización de la presente divulgación;
- La FIG. 4 es un ejemplo de representación gráfica del espectro de absorción de un primer componente fotorreactivo

(como una porfirina) y un segundo componente fotorreactivo (como una flavina) en función de la longitud de onda de una luz azul, de acuerdo con una realización de la presente divulgación;

La FIG. 5A es una representación gráfica del número de microorganismos con respecto a la dosis de luz, en la que *Staphylococcus aureus* fue iluminado con luz azul de 405 nm; y

La FIG. 5B es una representación gráfica del número de microorganismos con respecto a la dosis de luz, en la que *Staphylococcus aureus* se iluminó con luz azul de 470 nm.

La FIG. 6 es un dibujo esquemático que muestra el área efectiva de desinfección.

[0019] En los dibujos adjuntos, un número subrayado se emplea para representar un elemento sobre el cual el número subrayado está posicionado o un elemento al cual el número subrayado es adyacente. Un número no subrayado se refiere a un artículo identificado por una línea que une el número no subrayado con el artículo. Cuando un número no está subrayado y va acompañado de una flecha asociada, el número no subrayado se utiliza para identificar un elemento general al que apunta la flecha.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES

[0020] La siguiente descripción detallada ilustra realizaciones de la presente divulgación y formas en que pueden implementarse. Aunque se han divulgado algunos modos de llevar a cabo la presente divulgación, los expertos en la materia reconocerían que también son posibles otras realizaciones para llevar a cabo o practicar la presente divulgación.

[0021] En un aspecto, una realización de la presente divulgación proporciona un sistema para reducir microorganismos, el sistema comprende:

un conjunto luminoso capaz de emitir al menos dos de:

una primera luz azul a una primera longitud de onda de pico de 400-410 nm con una anchura media máxima de como máximo 25 nm, teniendo el primer pico una primera intensidad promediada en el tiempo t_1 , para apuntar a un primer componente fotorreactivo de los microorganismos;

una segunda luz azul a una segunda longitud de onda de pico de 440-464 nm con una anchura media máxima de como máximo 25 nm, teniendo el segundo pico una segunda intensidad promediada en el tiempo t_2 , para apuntar a un segundo componente fotorreactivo de los microorganismos;

una tercera luz azul a una tercera longitud de onda de pico de 465-490 nm con una anchura media máxima de 25 nm como máximo, teniendo el tercer pico una tercera intensidad promediada en el tiempo t_3 , para apuntar a un tercer componente fotorreactivo de los microorganismos; y

un procesador acoplado de forma comunicable al conjunto luminoso para controlar las intensidades medias en el tiempo de las luces azules emitidas por el conjunto luminoso de forma que, si se utilizan dos luces azules, la intensidad media en el tiempo de una luz azul sea entre 0,67 y 1,33 veces la intensidad media en el tiempo de otra luz azul; y si se utilizan tres luces azules, la intensidad media en el tiempo de una luz azul cualquiera sea entre 0,76 y 1,24 veces la intensidad media en el tiempo de la intensidad media en el tiempo de las otras dos luces azules.

[0022] En otro aspecto, una realización de la presente divulgación proporciona un método para reducir microorganismos, mediante un sistema que comprende un conjunto luminoso y un procesador, comprendiendo el método:

emitiendo al menos dos de

una primera luz azul a una primera longitud de onda de pico de 400-410 nm con una anchura media máxima de como máximo 25 nm, teniendo el primer pico una primera intensidad promediada en el tiempo t_1 , para apuntar a un primer componente fotorreactivo de los microorganismos;

una segunda luz azul a una segunda longitud de onda de pico de 440-464 nm con una anchura media máxima de como máximo 25 nm, teniendo el segundo pico una segunda intensidad promediada en el tiempo t_2 , para apuntar a un segundo componente fotorreactivo de los microorganismos;

una tercera luz azul a una tercera longitud de onda de pico de 465-490 nm con una anchura media máxima de 25 nm como máximo, teniendo el tercer pico una tercera intensidad promediada en el tiempo t_3 , para apuntar a un tercer componente fotorreactivo de los microorganismos; y

controlar las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules emitidas por el conjunto luminoso de forma que, si se utilizan dos luces azules, la intensidad promediada en el tiempo de una luz azul sea entre 0,67 y 1,33 veces la intensidad promediada en el tiempo de otra luz azul; y si se utilizan tres luces azules, la intensidad promediada en el tiempo de una luz azul cualquiera sea entre 0,76 y 1,24 veces la intensidad promediada en el tiempo de la intensidad promediada en el tiempo de las otras dos luces azules.

[0023] La presente divulgación proporciona el mencionado sistema y método para reducir microorganismos. Beneficiosamente, dicho sistema emplea luz azul de doble longitud de onda para dirigirse a más de un mecanismo de inactivación de microorganismos simultáneamente, para reducir los microorganismos de una manera más eficiente y rápida. En una realización, el sistema emplea tres longitudes de onda de pico diferentes. Específicamente, en una realización se emplean luces azules para activar dos o más componentes fotorreactivos, como porfirinas y flavinas, del microorganismo para que absorban bien la luz azul a una longitud de onda de alrededor de 405 nm y 450 nm, para liberar compuestos citotóxicos, como especies reactivas de oxígeno (ROS), que matan a los microorganismos. Los inventores también han observado en estudios recientes que algunos microorganismos se fotoinactivan con longitudes de onda de 464-490 nm. Actualmente se está estudiando el mecanismo subyacente.

[0024] En lo que sigue, aunque se utilice un singular para el término porfirina y/o flavina, debe entenderse que se trata de diferentes variantes, ya que típicamente los microorganismos producen varios tipos de porfirinas y/o flavinas. Además, los espectros de absorción de las diferentes porfirinas y/o flavinas no varían significativamente entre sí. Además, como se ilustra en la FIG. 1B, las flavinas tienen un máximo de absorción en la región ultravioleta, pero como la luz ultravioleta es nociva para los seres humanos y los materiales, en esta invención sólo se tiene en cuenta el máximo de absorción en la región de la luz azul.

[0025] Además, el uso de longitudes de onda específicas de luz azul evita el desperdicio de luz azul en longitudes de onda que no son absorbidas por los compuestos fotorreactivos del microorganismo, como se ilustra en la Fig. 6. Así, el sistema mencionado es además rentable y no requiere intervención manual o ésta es insignificante. Normalmente, ambas o las tres luces azules se utilizan al mismo tiempo, pero también pueden utilizarse alternativamente, o si se utilizan tres luces azules, dos de ellas cualesquiera pueden utilizarse al mismo tiempo y alternativamente con la tercera luz azul. También es posible utilizar más de dos luces azules, es decir, utilizar una tercera y posiblemente una cuarta luz azul con un ancho de banda estrecho y a una longitud de onda de pico específica. De hecho, el conjunto luminoso puede ser operable además para emitir una cuarta luz azul a una cuarta longitud de onda de pico, el cuarto pico que tiene un cuarto tiempo de intensidad promediada.

[0026] Según una realización, el sistema y el método utilizan las mencionadas primera y segunda luces azules, o la primera y tercera luces azules, o la segunda y tercera luces azules, o las tres luces azules. En caso de que las luces azules no estén todas encendidas al mismo tiempo, es posible elegir, por ejemplo, que la primera y la segunda luz azul estén encendidas alternativamente, que la primera y la tercera luz azul estén encendidas alternativamente, que la segunda y la tercera luz azul estén encendidas alternativamente, que la primera y la segunda luz azul estén encendidas al mismo tiempo mientras alternan con la tercera luz azul, que la segunda y la tercera luz azul estén encendidas al mismo tiempo mientras alternan con la primera luz azul, o que la primera y la tercera luz azul estén encendidas al mismo tiempo mientras alternan con la segunda luz azul.

[0027] La luz azul se produce normalmente con iluminadores que utilizan tecnología LED que puede utilizar una longitud de onda de excitación que se convierte con un fósforo en longitudes de onda objetivo. También pueden utilizarse otras tecnologías, como los diodos láser, opcionalmente combinados con fósforos, para producir la luz azul de banda estrecha.

[0028] Como se ha observado, diferentes microorganismos tienen diferentes cantidades de porfirinas y/o flavinas, y sus cantidades pueden incluso variar con el tiempo para un microorganismo dado. Utilizar sólo una longitud de onda de pico azul no es eficaz y no afectará a toda la gama de microorganismos. En efecto, se ha demostrado (más adelante en la parte Experimental) que el efecto antimicrobiano de la utilización de dos longitudes de onda diana es mejor que el efecto antimicrobiano conseguido cuando se utiliza una sola longitud de onda. Además, dado que algunos microorganismos pueden contener menos porfirinas que otros, las técnicas actuales de fotoinactivación que sólo se dirigen a este mecanismo requieren a su vez intensidades más elevadas y/o un tiempo de iluminación más largo para inactivar los microbios con menor contenido en porfirinas.

[0029] En lo anterior, la anchura total media máxima se define como el ancho de banda tomado desde la intensidad pico que incluye el rango hasta la mitad de la amplitud total. La intensidad media en el tiempo de la luz azul se define como la intensidad media de la luz azul durante un tiempo de tratamiento, en el que el tiempo de tratamiento se define como el tiempo en el que la dosis de luz (energía) alcanza una dosis de luz objetivo predefinida. En la presente descripción, la intensidad promediada en el tiempo puede a veces abreviarse simplemente como intensidad, mientras que se entiende por intensidad promediada en el tiempo. Esto se aplica a los casos en los que se discuten las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules. El término "intensidad" en general se refiere en esta descripción a la potencia de iluminación por área (W/cm^2). El término dosis de luz se refiere a la intensidad (W/cm^2) por el tiempo (segundos), es decir, Ws/cm^2 . El término alternativo para la dosis de luz utilizado en la descripción es cantidad de energía en una superficie (J/cm^2). La intensidad media temporal (I) debe entenderse como la suma de las intensidades luminosas a lo largo de un

periodo de tiempo. Por lo tanto, la intensidad media temporal es la misma durante un periodo de tiempo determinado, independientemente de si se utiliza una fuente de luz continua o si la luz es pulsada.

[0030] Las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules emitidas por el conjunto de luces son tales que si se utilizan dos luces azules, la intensidad promediada en el tiempo de una luz azul es entre 0,67 y 1,33 veces la intensidad promediada en el tiempo de otra luz azul, preferiblemente de modo que la relación de las dos intensidades promediadas en el tiempo sea aproximadamente 1:1; y si se utilizan tres luces azules, la intensidad promediada en el tiempo de cualquiera de las luces azules esté comprendida entre 0,76 y 1,24 veces la intensidad promediada en el tiempo de la intensidad promediada en el tiempo de las otras dos luces azules, preferiblemente de modo que la relación de las dos intensidades promediadas en el tiempo sea aproximadamente 1:1:1. Así, por ejemplo, I_1 es de $0,67 \times I_2$ a $1,33 \times I_2$; I_2 es de $0,67 \times I_3$ a $1,33 \times I_3$ o I_1 es de $0,67 \times I_3$ a $1,33 \times I_3$. Si se utilizan tres luces azules, las relaciones de las intensidades promediadas en el tiempo deben estar dentro del intervalo de I_1 e I_3 son $0,76 \times I_2$ a $1,24 \times I_2$. Las proporciones indicadas se basan en estudios de los inventores y representan la desviación máxima de las intensidades promediadas en el tiempo. Preferiblemente, las proporciones se aproximan a 1:1 en el caso de dos luces azules y a 1:1:1 en el caso de tres luces azules. En otro ejemplo, I_1 puede ser de $0,90 \times I_2$ a $1,08 \times I_2$; I_2 puede ser de $0,95 \times I_3$ a $1,02 \times I_3$ o I_1 puede ser de $0,92 \times I_3$ a $1,07 \times I_3$.

[0031] Se apreciará que la mayoría de los microorganismos son organismos diminutos que son típicamente visibles sólo bajo un microscopio de alta resolución. Los microorganismos (o microbios) incluyen, entre otros, bacterias, virus, mohos y levaduras. Generalmente, los microorganismos son omnipresentes y existen en la naturaleza en su forma unicelular (unicelular) o en una colonia de células e interactúan con los organismos presentes en su entorno. Normalmente, los microorganismos que existen en forma vegetativa o como biopelícula (colonias) se distinguen unos de otros. Según los conocimientos del inventor, la luz azul elimina los microorganismos en ambas formas (vegetativa y biopelícula), pero otros métodos de desinfección en general no funcionan bien con los microorganismos dentro de una biopelícula.

[0032] Se apreciará que la luz es una radiación electromagnética que ocupa una porción predefinida del espectro electromagnético global. Específicamente, la luz se refiere a una luz visible que ocupa una región de luz visible del espectro electromagnético. El espectro electromagnético comprende un continuo de todas las ondas electromagnéticas, como las ondas de radio, las microondas, los infrarrojos, la luz visible, los rayos ultravioleta, los rayos X y los rayos gamma, dispuestas en un orden decreciente de longitud de onda, energía y/o frecuencia (en el que la energía y la frecuencia son inversamente proporcionales a la longitud de onda correspondiente). La Autoridad de Radiación y Seguridad Nuclear de Finlandia define la luz visible como la comprendida entre 400 y 780 nm, aunque algunas autoridades categorizan entre 380 y 780 nm como luz visual. En general, el ojo humano no puede ver longitudes de onda inferiores a 400 nm, por lo que la luz azul visual se define generalmente como 400-500 nm.

[0033] Específicamente, como todas las demás ondas electromagnéticas, la luz visible se propaga como ondas y las partículas de energía impartidas por la luz visible son absorbidas por metabolitos fotorreactivos dentro del organismo que está expuesto a la luz visible. Más concretamente, un rango específico de longitud de onda de la luz visible es absorbido por una parte específica del organismo. De hecho, los microorganismos producen compuestos sensibles a la luz azul como parte de su metabolismo natural. Los compuestos sensibles a la luz azul producidos en los microorganismos absorben eficazmente la luz azul de longitudes de onda muy específicas, mientras que otras longitudes de onda no ejercen ningún efecto antimicrobiano. Esto se muestra más adelante en la parte experimental. Los estudios demuestran que la luz azul no es perjudicial para el ser humano.

[0034] Además, la luz azul tiene propiedades antimicrobianas (o microbicidas). Concretamente, la luz azul inactiva fotodinámicamente las células de microorganismos, como hongos, bacterias y similares. Más concretamente, los microorganismos comprenden al menos dos componentes fotorreactivos que absorben luz azul en dos o más longitudes de onda específicas. El término "componente fotorreactivo" se refiere a las partes del interior de un microorganismo que absorben la luz.

[0035] La invención se refiere a un sistema para reducir microorganismos, en el que el sistema comprende un conjunto luminoso operable para emitir al menos dos de los tres picos de luz azul que tienen diferente longitud de onda de pico. Cada uno de los tres picos de longitud de onda debe tener una anchura media máxima (FWHM) de 25 nm como máximo. Como se muestra aquí, las longitudes de onda de absorción de los compuestos fotorreactivos en los microorganismos son estrechas. Esta es la zona de longitud de onda en la que se produce una respuesta biológica en los microorganismos. Por lo tanto, con una anchura total media máxima de 25 nm como máximo se puede garantizar que la energía del conjunto luminoso que se puede utilizar para reducir los microorganismos (la potencia de desinfección) se concentra en la longitud de onda en la que se produce una respuesta biológica.

[0036] Los resultados aquí mostrados confirman que existe una gran diferencia entre las diferentes longitudes de onda en el área azul cuando se trata de la eficacia de desinfección de la luz azul. La figura 6 muestra de forma esquemática que toda la energía (luz) que se emite en una zona (nanómetros), que no es absorbida por los compuestos fotorreactivos del microorganismo y que por tanto no tienen poder desinfectante será desperdiciada. Por lo tanto, para lograr un poder de desinfección lo suficientemente alto de una manera energéticamente eficiente, es crucial elegir las longitudes de onda azules adecuadas y apuntar sólo a estas longitudes de onda y no desperdiciar energía en iluminar con longitudes de onda que no añaden poder de desinfección. Esto puede lograrse con el conjunto de luces según la invención.

[0037] Los componentes fotorreactivos incluyen compuestos orgánicos tales como porfirinas, flavinas, etc., que absorben eficazmente la luz azul a longitudes de onda específicas (tales como 405 nm y 450 nm), dando lugar a la producción de especies reactivas de oxígeno citotóxicas (indicadas por "ROS" en lo sucesivo). Opcionalmente, la fotoinactivación puede producirse a través de cualquier otro mecanismo que resulte en la reducción y eliminación de microorganismos.

[0038] Generalmente, las ROS incluyen, por ejemplo, una de oxígeno singlete (O_{1O2}), un anión superóxido, un radical hidroxilo libre o una molécula de peróxido de hidrógeno, que dañan y destruyen la célula. La fotoinactivación de microorganismos mediante porfirinas (que comprenden, entre otras, la coproporfirina I, la coproporfirina III, la protoporfirina IX (PPIX) y la uroporfirina I, la uroporfirina III y sus derivados) y flavinas (que comprenden, entre otras, la riboflavina, el dinucleótido de flavina adenina (FAD), el mononucleótido de flavina (FMN) y sus derivados) ayuda a reducir o eliminar dichos microorganismos del entorno. De este modo, se puede establecer un alto nivel de higiene y eliminar los microbios patógenos del aire y las superficies en cualquier situación en la que se requiera un cierto nivel de desinfección. Además, el hecho de apuntar a más de uno de los componentes fotorreactivos de los microorganismos con longitudes de onda específicas potencia la actividad antimicrobiana de la luz azul.

[0039] El sistema para reducir microorganismos comprende el conjunto luminoso operable para emitir las al menos dos luces azules elegidas a longitudes de onda de pico dadas y una anchura media máxima completa de al menos 25 nm. Las distintas combinaciones son las que se han comentado anteriormente. Concretamente, la eficacia de la luz azul para reducir los microorganismos viene determinada principalmente por las longitudes de onda de la luz azul y las dosis de energía utilizadas (que viene determinada por la intensidad media de la luz y el tiempo de iluminación). Más concretamente, las porfirinas presentan una banda intensa de absorbancia de la luz azul con un pico de absorbancia próximo a 405 nm, mientras que las flavinas presentan una banda intensa de absorbancia de la luz azul con un pico de absorbancia próximo a 450 nm, y como se ha mencionado anteriormente, se está estudiando el mecanismo subyacente al efecto de la tercera luz azul. Además, concretamente, la luz azul con una longitud de onda máxima de unos 450 nm desencadena la fotoinactivación a través de las flavinas (entre otras FAD/FMN) iniciando posteriormente la producción de ROS. Se apreciará que la producción de ROS induce la escisión del ADN (destruye el ADN) en los microorganismos, así como destruye el ARN del microorganismo, la estructura proteica y la membrana celular, entre otros, lo que conduce a la destrucción y desactivación del microorganismo.

[0040] La primera luz azul tiene una primera longitud de onda de pico de 400-410 nm con una anchura media máxima de 25 nm como máximo, es decir, la longitud de onda de pico puede ser, por ejemplo, de 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408 o 409 nm hasta 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409 o 410 nm. La segunda luz azul tiene una segunda longitud de onda de pico de 440-464 nm con una anchura media máxima de 25 nm como máximo, es decir la longitud de onda de pico puede estar comprendida, por ejemplo, entre 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460 461, 462 ó 463 nm hasta 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463 ó 464 nm.

[0041] La tercera luz azul tiene una tercera longitud de onda de pico de 465-490 nm con una anchura media máxima de 25 nm como máximo, es decir, la longitud de onda de pico puede ser, por ejemplo, de 465-490 nm. la longitud de onda de pico puede ser, por ejemplo, de 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482 483 o 484 nm hasta 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489 o 490 nm.

[0042] La anchura media máxima de cada longitud de onda de pico puede ser independientemente por ejemplo de 1, 2, 5, 7, 9, 10, 12, 15 o 17 nm hasta 5, 7, 9, 10, 12, 15, 17, 18, 20, 23 o 25 nm.

[0043] A lo largo de la presente divulgación, el término "conjunto luminoso" utilizado en este documento se refiere a una disposición de al menos un medio de irradiación (o fuente de luz), dispuesto en posición horizontal, vertical o angular. Opcionalmente, el conjunto luminoso comprende un compartimento parcialmente cerrado, que tiene una sección superior, una sección inferior y al menos dos paredes. Además, el conjunto luminoso comprende un medio de fijación, como un clavo y una pinza, una ventosa de vacío, un tornillo, un gancho, una combinación de tornillo y tuerca, un soporte, etc., para fijarlo, por ejemplo, a una pared o al techo de un armario cerrado o de una habitación. El conjunto luminoso también puede comprender dos o más medios de irradiación, uno para cada longitud de onda.

[0044] En una realización, el conjunto luminoso comprende al menos una de las secciones superiores, la sección inferior, paredes con al menos una hendidura, al menos un orificio, un interruptor, etc. Específicamente, la al menos una rendija proyecta las luces azules emitidas por el conjunto luminoso en la zona objetivo del entorno. Además, el interruptor es operable para hacer que el conjunto luminoso emita las luces azules cuando está en funcionamiento o en un modo ON. El al menos un orificio permite el acceso al conjunto luminoso, por ejemplo, mediante una disposición de suministro de energía, operaciones y similares. En un ejemplo, el conjunto luminoso incluye una disposición de suministro de energía, dispuesta a través del al menos un orificio, para suministrar energía al conjunto luminoso. La disposición de la fuente de alimentación suministra energía utilizando métodos convencionales, incluyendo, entre otros, la energía solar, la energía eléctrica, la energía química, las baterías recargables, la energía basada en combustibles, la energía hidroeléctrica, etc. En otro ejemplo, el conjunto de iluminación incluye una varilla vertical, dispuesta a través del al menos un orificio, para la colocación segura del conjunto de iluminación dispuesto sobre la varilla vertical en la superficie o el suelo. La barra vertical

comprende un borde superior y una sección inferior fijada a una plataforma estable extendida, como un soporte de trípode, un soporte de base plana, etc. En otro ejemplo, el conjunto luminoso incluye una ventana (o una puerta) en una de las secciones del compartimento parcialmente cerrado, a efectos de mantenimiento del conjunto luminoso.

5 **[0045]** En una realización, el conjunto luminoso comprende una fuente de luz para irradiar. Específicamente, la fuente de luz es operable para emitir luz, concretamente luz azul, a una longitud de onda predefinida. En una realización preferida, la fuente de luz es un diodo emisor de luz (LED), pero puede ser cualquier otra fuente de luz adecuada, es decir, una
10 fuente de luz capaz de emitir luz en la zona de longitud de onda estrecha requerida y la intensidad promediada en el tiempo requerida, como un diodo láser. Las longitudes de onda deseadas pueden generarse utilizando fósforos y una fuente de luz de excitación. En una realización, el conjunto de iluminación incluye una pluralidad de fuentes de luz, preferiblemente LED, por ejemplo al menos dos LED, acopladas eléctricamente con la disposición de la fuente de alimentación dispuesta dentro de la disposición de iluminación.

15 **[0046]** En una realización, el conjunto luminoso es operable para emitir la primera luz azul a la primera longitud de onda de pico de 400-410 nm con una anchura media máxima de 25 nm como máximo, para apuntar al primer componente fotorreactivo de los microorganismos. El rango de las longitudes de onda de los picos primero, segundo y tercero se selecciona de forma óptima para reducir los microorganismos. Opcionalmente, el conjunto luminoso emplea la fuente de luz, preferiblemente LED, para emitir la primera luz azul a la primera longitud de onda de pico. En una realización, se puede utilizar más de un LED para emitir la primera luz azul. Además, la primera luz azul a la primera longitud de onda
20 de pico de 400-410 nm con una anchura media máxima de 25 nm como máximo, se dirige al primer componente fotorreactivo de los microorganismos, en el que el primer componente fotorreactivo es, por ejemplo, una porfirina. En efecto, la molécula de porfirina absorbe bien la primera luz azul en la longitud de onda de 400-410 nm.

25 **[0047]** Según una realización, el conjunto luminoso es además operable para emitir la segunda luz azul a la segunda longitud de onda pico de 440-464 nm con una anchura media máxima de 25 nm como máximo, para apuntar al segundo componente fotorreactivo de los microorganismos. El rango de la segunda longitud de onda de pico se selecciona de forma óptima para reducir los microorganismos, aunque a través de un mecanismo diferente al de la primera longitud de onda de pico. Opcionalmente, el conjunto luminoso emplea la fuente de luz, preferiblemente LED, para emitir la segunda luz azul a la segunda longitud de onda de pico. En una realización, se puede utilizar más de un LED para emitir la segunda luz azul. Además, la segunda luz azul a la segunda longitud de onda de pico de 440-464 nm con una anchura media
30 máxima de 25 nm como máximo, se dirige al segundo componente fotorreactivo de los microorganismos, en el que el segundo componente fotorreactivo es, por ejemplo, una flavina. En efecto, la molécula de flavina absorbe bien la segunda luz azul en la longitud de onda de 440-464 nm.

35 **[0048]** Según otra realización, el conjunto luminoso es además operable para emitir la tercera luz azul a la tercera longitud de onda de pico de 465-490 nm con una anchura media máxima de 25 nm como máximo, para apuntar al tercer componente fotorreactivo de los microorganismos. El rango de la tercera longitud de onda de pico se selecciona de forma óptima para reducir los microorganismos, aunque a través de un mecanismo diferente al de la primera y/o segunda longitud de onda de pico. Opcionalmente, el conjunto luminoso emplea la fuente de luz, preferiblemente LED, para emitir la tercera luz azul a la tercera longitud de onda de pico. En una realización, se puede utilizar más de un LED para emitir la tercera luz azul. Además, la tercera luz azul a la tercera longitud de onda de pico de 465-490 nm con una anchura media máxima de 25 nm como máximo, se dirige al tercer componente fotorreactivo de los microorganismos.

45 **[0049]** El sistema para reducir microorganismos comprende el procesador acoplado comunicablemente al conjunto luminoso para controlar las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules emitidas por el conjunto luminoso. Opcionalmente, el procesador regula el sistema, aumentando o disminuyendo la intensidad promediada en el tiempo de las luces azules emitidas por el conjunto de luces para reducir los microorganismos. Concretamente, la intensidad media temporal de la luz azul se mide como potencia y tiempo por unidad de superficie. Por ejemplo, la intensidad media en el tiempo de la luz azul puede ser de 10 vatios-segundo por centímetro cuadrado (en lo sucesivo, "Ws/cm²"). La intensidad media temporal de la luz azul varía en función de la fuente de luz azul. Concretamente, las diferentes intensidades de luz azul promediadas en el tiempo tienen aplicaciones específicas en distintos campos.

50 **[0050]** Opcionalmente, el sistema comprende además al menos un sensor de luz, acoplado de forma comunicable al procesador, configurado para detectar las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules emitidas por el conjunto de luces, en el que el procesador está configurado para controlar las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules cuando la energía de la luz azul en la superficie supera un límite umbral predefinido. El límite umbral predefinido puede fijarse, por ejemplo, entre 1 y 100 Ws/cm². Específicamente, el al menos un sensor de luz se utiliza para detectar con precisión las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules emitidas por el conjunto de luces. Más concretamente, el al menos un sensor de luz registra las intensidades promediadas en el tiempo detectadas de las luces azules emitidas por el conjunto luminoso como datos del sensor de luz. En caso de que se utilicen tres luces azules, el sensor de luz está configurado para detectar la intensidad promediada en el tiempo de todas las luces azules y el procesador está configurado para controlar la intensidad promediada en el tiempo de todas las luces azules, etc. El sensor de luz envía al procesador los datos del sensor de luz, que comprenden información relacionada con las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules emitidas por el conjunto de luces. El procesador está configurado para recibir los datos del sensor de luz del sensor de luz y regular las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules cuando la energía de la luz azul en la superficie supera un límite umbral predefinido. Dado que la
55
60
65

presente divulgación se refiere a la fotoinactivación selectiva de microorganismos, es esencial alcanzar y mantener niveles óptimos de energía de luz azul en la superficie para garantizar un nivel suficiente de desinfección. En caso de que se disponga de poco tiempo para utilizar el presente sistema y método, es posible aumentar el tiempo medio de intensidad de las luces azules para obtener un nivel óptimo de desinfección.

[0051] En una realización, las luces azules son emitidas por el conjunto luminoso a una intensidad promediada en el tiempo que proporciona energía de luz azul en una superficie que excede más de 1 vatio x segundo por centímetro cuadrado (Ws/cm²). Concretamente, una energía de luz azul superior a 1 Ws/cm² garantiza que se produzca una cantidad citotóxica mínima de ROS en el microorganismo como resultado de la absorción de luz azul por los correspondientes compuestos fotorreactivos del microorganismo.

[0052] Por el momento, no se sabe si habría un límite superior para la energía de luz azul necesaria para activar los compuestos fotorreactivos y producir suficientes especies reactivas de oxígeno (ROS) que sean altamente citotóxicas y maten al microorganismo. Sin embargo, existe un límite práctico de intensidad promediada en el tiempo de salida continua de los componentes del conjunto luminoso relacionado con la producción de calor y la vida útil. Así pues, el límite superior suele ser de 100 kW/cm² en funcionamiento continuo.

[0053] Por otra parte, cabe señalar que la energía de la luz azul a 1 Ws/cm² o inferior puede dar lugar a la propiedad antimicrobiana inversa de la luz azul y potenciar el crecimiento de microorganismos (como se muestra en las Figuras). Además, proporcionar una fuente de luz con una longitud de onda amplia, como la luz blanca o la luz ambiental, o algunas longitudes de onda específicas, podría potenciar el crecimiento de microorganismos, reduciendo así la propiedad de desinfección del conjunto luminoso según la invención. Según una realización, si la relación relativa de las intensidades promediadas en el tiempo se mantiene a un nivel sustancialmente constante en la superficie objetivo, es decir, si se altera la intensidad de una luz azul, también se altera la intensidad promediada en el tiempo de otra luz azul. La dosis (cantidad de energía) se controla preferentemente ajustando el tiempo que dicha luz está encendida con dicha intensidad promediada en el tiempo. Si la dosis se controla controlando la intensidad promediada en el tiempo, se controlan los valores de intensidad promediada en el tiempo de ambas luces azules (o de todas las luces azules).

[0054] En una realización, el conjunto luminoso comprende al menos dos fuentes de luz operables para emitir las luces azules en las longitudes de onda deseadas, y el procesador es operable para controlar la fuente de luz para emitir alternativamente las luces azules de una manera periódica. Opcionalmente, puede utilizarse una única fuente de luz, preferiblemente LED, para emitir luz azul de dos (o tres) longitudes de onda diferentes. Más opcionalmente, el procesador es operable para controlar la fuente de luz para emitir alternativamente la luz azul de dos o tres longitudes de onda diferentes. Específicamente, el procesador opera el LED para emitir primero una luz azul a una longitud de onda y una segunda luz azul a su longitud de onda dada de manera periódica. Por ejemplo, durante los primeros cinco segundos, sólo se emite luz azul con la primera longitud de onda de pico de 400-410 nm, preferiblemente 405 nm, con una anchura media máxima de 25 nm como máximo, y después, durante los siguientes 5 segundos, sólo se emite luz azul con la segunda longitud de onda de pico de 440-464 nm, preferiblemente 450 nm, con una anchura media máxima de 25 nm como máximo. En este caso se aplican las mismas combinaciones que en el caso anterior, mientras que los tiempos pueden ser los que se consideren oportunos.

[0055] En otra realización, el conjunto luminoso comprende dos fuentes de luz, cada una operable para emitir una luz azul determinada. El conjunto luminoso también puede comprender tres fuentes luminosas, cada una de ellas capaz de emitir una luz azul determinada. En otra realización, el conjunto luminoso puede comprender dos fuentes de luz, una de ellas capaz de emitir dos luces azules diferentes y la otra de emitir la tercera luz azul. El procesador puede controlar las fuentes de luz primera y segunda para que emitan simultáneamente las luces azules. Opcionalmente, pueden utilizarse dos fuentes de luz distintas, preferiblemente dos LED, para emitir luz azul de dos longitudes de onda diferentes, de forma que cada una de las fuentes de luz emita una luz azul u otra luz azul. Más opcionalmente, el procesador es operable para controlar cada una de las dos fuentes de luz para emitir simultáneamente las luces azules. Específicamente, por ejemplo, el procesador opera la primera fuente de luz LED para emitir la primera luz azul a la primera longitud de onda y la segunda fuente de luz LED para emitir la segunda luz azul a la segunda longitud de onda simultánea o alternativamente. Por ejemplo, la primera fuente de luz LED puede emitir luz azul con una primera longitud de onda de 400-410 nm, preferiblemente 405 nm, con una anchura media completa máxima de 25 nm como máximo, durante los primeros cinco segundos, y al mismo tiempo la segunda fuente de luz LED puede emitir luz azul con una segunda longitud de onda de 440-464 nm, preferiblemente 450 nm, con una anchura media completa máxima de 25 nm como máximo.

[0056] Opcionalmente, el procesador es operable para controlar la(s) fuente(s) de luz para emitir luces azules simultáneamente en una de las formas: continuamente, en pulsos cortos (ráfagas) o en pulsos largos. Específicamente, la primera fuente de luz y la segunda fuente de luz pueden emitir respectivas luces azules de longitudes de onda específicas de forma continua para reducir los microorganismos.

[0057] Opcionalmente, el sistema comprende además al menos un sensor, comunicablemente acoplado al procesador, donde el al menos un sensor es operable para detectar la presencia o movimiento de un objeto dentro de un área objetivo sometida a las luces azules emitidas por el conjunto de luces, y donde el al menos un sensor es operable para instruir al procesador para controlar las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules en el área objetivo. El objeto en movimiento puede ser una persona o un animal. Opcionalmente, el al menos un sensor incluye, pero no se limita a, un

sensor de movimiento, un sensor de infrarrojos, un dispositivo de formación de imágenes, etc. En concreto, el sensor de movimiento es un tipo de sensor de infrarrojos que detecta la proximidad de un objeto en movimiento, como un ser humano o un animal, dentro de la zona sometida a las luces azules emitidas por el conjunto de luces. Más concretamente, el sensor de movimiento puede, por ejemplo, detectar un cambio en los patrones de calor térmico infrarrojo en la zona próxima al sensor de movimiento. Además, el sensor de movimiento puede utilizar un par de elementos piroeléctricos para detectar el cambio de temperatura debido a patrones de calor térmico infrarrojo. En consecuencia, las diferencias instantáneas en una salida generada en los dos elementos piroeléctricos se detectan como movimientos, concretamente de los objetos que irradian calor, como personas o animales.

[0058] En una realización, el al menos un sensor es operable para ordenar al procesador que controle las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules en el área objetivo. Específicamente, el al menos un sensor se utiliza para detectar con precisión la presencia o el movimiento de un objeto dentro del área objetivo sometida a las luces azules emitidas por el conjunto de luces. Más concretamente, el al menos un sensor registra la información sobre el objeto en movimiento como datos del sensor. El al menos un sensor envía al procesador los datos del sensor, que comprenden información relacionada con la presencia del objeto en movimiento dentro de la zona objetivo sometida a las luces azules emitidas por el conjunto de luces. El procesador está configurado para recibir los datos del sensor de al menos un sensor y controlar las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules en el área objetivo basándose en los datos recibidos del sensor.

[0059] Opcionalmente, el procesador es operable para controlar las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules simultáneamente en una de las formas: continuamente, en pulsos cortos (ráfagas) o en pulsos largos. Específicamente, las intensidades promediadas en el tiempo de las luces pueden ser controladas para emitir las respectivas luces azules continuamente para reducir los microorganismos.

[0060] Opcionalmente, la primera fuente de luz y la segunda fuente de luz pueden emitir luces azules respectivas de longitudes de onda específicas en pulsos cortos o largos para reducir los microorganismos. Concretamente, las luces azules se emiten en pulsos cortos o largos si el al menos un sensor detecta la presencia de un objeto en movimiento, como un ser humano o un animal. Más específicamente, el procesador es operable para reducir las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules en presencia de un objeto en movimiento, en cierto punto en el tiempo, dentro del área objetivo sometida a las luces azules emitidas por el conjunto luminoso.

[0061] Opcionalmente, instruir al procesador basándose en la detección de la presencia o movimiento de un objeto comprende conmutar el conjunto luminoso entre un modo de desinfección y un modo ambiente. Específicamente, el procesador recibe los datos del sensor, que comprenden información sobre la detección de la presencia o el movimiento de un objeto, desde el al menos un sensor. Más específicamente, basándose en las instrucciones recibidas de los datos del sensor, el procesador opera el conjunto luminoso para cambiar entre el modo de desinfección y el modo ambiente. El término "modo de desinfección" se refiere a un estado de funcionamiento del conjunto luminoso de manera que la reducción del microorganismo sea máxima. Específicamente, la primera y segunda fuentes de luz pueden encenderse para irradiar las luces azules para reducir los microorganismos. El sistema también puede configurarse para estar continuamente en el modo de desinfección, o puede ponerse manualmente en el modo de desinfección cuando se desee. Alternativamente, el sistema puede estar equipado con un programa de desinfección predeterminado (incluyendo los tiempos para tener el sistema ON y los tiempos para tenerlo OFF).

[0062] Opcionalmente, cuando el conjunto luminoso está dispuesto para ser operado en el modo de desinfección, el procesador está configurado para controlar el conjunto luminoso para emitir las luces azules a una intensidad promediada en el tiempo que proporciona más de 1 Ws/cm² de energía de luz azul en la superficie para reducir los microorganismos. Específicamente, cuando la presencia o el movimiento de un objeto no es detectado por el al menos un sensor, las fuentes de luz funcionan normalmente, irradiando continuamente la luz azul de longitudes de onda correspondientes para reducir los microorganismos. En una realización, el procesador puede aumentar las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules para reducir los microorganismos basándose en los datos del sensor generados por el al menos un sensor, es decir, cuando la presencia de un objeto en movimiento no es detectada por el al menos un sensor. No obstante, cabe señalar que la dosis de luz por debajo de un valor umbral, en este caso 1 Ws/cm², puede tener un efecto estimulante sobre el crecimiento del microorganismo, incluso mientras se encuentra bajo el efecto de la primera y segunda luces azules. Las fuentes de luz de longitudes de onda distintas de la primera y segunda luz azul o la luz de longitud de onda amplia, como la luz blanca, también pueden tener un efecto estimulante sobre el crecimiento de microorganismos, por lo que deben evitarse para una desinfección óptima.

[0063] Se apreciará que un umbral óptimo de intensidad promediada en el tiempo de la luz que proporciona la dosis de luz o energía de luz azul y la longitud de onda de la luz azul es esencial para la actividad antimicrobiana de la luz azul.

[0064] Además, la presente divulgación utiliza doble longitud de onda (o dos/tres longitudes de onda efectivas). Ventajosamente, la tecnología LED azul de doble longitud de onda (por ejemplo, 405 nm + 450 nm) es más eficaz en la reducción de microorganismos que el uso de una sola longitud de onda azul de, por ejemplo, 405 nm. Esto se ilustra en la sección Experimental.

[0065] Se apreciará que existen variaciones dentro de las especies de microorganismos. Tales variaciones dan lugar a

diferencias en su respuesta a la luz azul. Concretamente, la diferencia en la respuesta a la luz azul se debe a las variaciones en los metabolitos o los compuestos fotorreactivos de los microorganismos que responden a la luz azul. En un ejemplo, si un microorganismo contiene menos porfirina que otros, y de forma similar si otro microorganismo contiene menos flavina que otros, su susceptibilidad a ser reducido por la luz azul es muy variada respecto a otros microorganismos con mayores niveles de porfirina y/o flavina en ellos. Beneficiosamente, la presente divulgación proporciona, según una realización, una tecnología que se dirige a todos los metabolitos biológicamente relevantes utilizando la luz azul de doble longitud de onda (405 nm + 450 nm) para dirigirse a los compuestos fotorreactivos o metabolitos de los microorganismos, inactivándolos así independientemente de sus variaciones individuales.

[0066] El término "*modo ambiente*" se refiere a una etapa en la que las intensidades promediadas en el tiempo de la(s) fuente(s) de luz se ajustan de tal manera que la energía de luz azul impartida en la superficie del área objetivo no es visualmente poco práctica o desagradable. Opcionalmente, el modo ambiente se caracteriza porque la luz emitida tiene una temperatura de la luz comprendida entre 3000-10000 K.

[0067] El sistema puede estar configurado para apagar automáticamente la(s) fuente(s) de luz azul cuando se detecta una presencia o movimiento dentro de un espacio. Alternativamente, el sistema puede configurarse para reducir la intensidad media temporal de las luces azules cuando se detecta presencia o movimiento.

[0068] Opcionalmente, en tal caso, el conjunto luminoso comprende además una fuente de luz operable para emitir luz blanca a una determinada longitud de onda en el modo ambiente basándose en los datos del al menos un sensor. En concreto, la fuente de luz blanca puede ser un LED. Más específicamente, la fuente de luz blanca puede ser operable para emitir la luz blanca sólo cuando el conjunto luminoso está dispuesto para ser operado en el modo ambiente, basado en la detección de presencia o movimiento de un objeto dentro del área objetivo. Además, el procesador puede estar configurado para controlar las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules y la luz blanca basándose en la detección de la presencia o el movimiento de un objeto por el al menos un sensor. Más concretamente, en presencia o movimiento de un objeto, el procesador puede estar configurado para reducir las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules para que la luz parezca blanca. Beneficiosamente, la disminución de las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules evita que la presencia o el objeto en movimiento queden expuestos a la luz azul potencialmente desagradable.

[0069] En una realización, el procesador está configurado para aumentar gradualmente las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules y disminuir la intensidad promediada en el tiempo de la luz blanca para mantener la intensidad promediada en el tiempo general de la luz, basándose en los datos del sensor, específicamente, cuando la presencia de un objeto en movimiento ha dejado de existir dentro del área objetivo. Por ejemplo, el procesador puede aumentar gradualmente las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules cada una en un 10-50 por ciento por minuto y disminuir la intensidad promediada en el tiempo de la luz blanca en un 10-50 por ciento por minuto.

[0070] Opcionalmente, el sistema comprende además un módulo de detección de microbios, acoplado de forma comunicable al procesador, configurado para detectar la presencia de microorganismos, en el que el procesador está configurado para controlar las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules emitidas por el conjunto de luces basándose en la detección de la presencia de microorganismos. En concreto, el módulo de detección de microbios puede incluir al menos un detector fluorescente, un sensor infrarrojo, un dispositivo de formación de imágenes y similares. Más concretamente, el módulo de detección de microbios detecta eficazmente la presencia de microorganismos dentro de la zona objetivo sometida a las luces azules emitidas por el conjunto luminoso. Además, el módulo de detección de microbios puede detectar un cambio en los patrones de calor térmico infrarrojo a nivel microscópico en la zona próxima al módulo de detección de microbios.

[0071] En una realización, el módulo de detección de microbios está acoplado operativamente al procesador. En concreto, el módulo de detección de microbios se utiliza para detectar con precisión la presencia de microorganismos en la zona objetivo. Más concretamente, el módulo de detección de microbios registra la información sobre la presencia de microorganismos como datos de detección de microbios. El módulo de detección de microbios envía los datos de detección de microbios, que comprenden información relacionada con la presencia de microorganismos dentro del área objetivo, al procesador. El procesador está configurado para recibir los datos de detección de microbios del módulo de detección de microbios y controlar las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules emitidas por el conjunto de luces basándose en la detección de la presencia de microorganismos.

[0072] Además, el procesador es operable para controlar las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules emitidas por el conjunto luminoso basándose en la detección de la presencia de microorganismos. En una realización, el procesador está configurado para aumentar gradualmente las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules en presencia de microorganismos dentro del área objetivo. Por ejemplo, el procesador puede aumentar gradualmente las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules cada una en un 1 por ciento por minuto para mantener la intensidad global promediada en el tiempo de la luz proporcionando así más de 1 Ws/cm² de energía en la superficie o en una sección transversal de aire. Sin embargo, se supone que un aumento rápido (es decir, prácticamente inmediato) es mejor en la práctica.

[0073] En este contexto, por sección transversal de aire se entiende una sección transversal de aire que debe

desinfectarse. Esto significa que el sistema actual también funciona en el aire, no sólo en las superficies. Debe entenderse que principalmente la solución está destinada y dimensionada para desinfectar superficies y objetos, sin embargo, hay un volumen de aire entre la superficie y el conjunto luminoso. A medida que la luz azul penetra en el aire, los microbios ligados al aire también absorben la luz azul. Además, como la intensidad media en el tiempo de la luz azul está dimensionada para desinfectar la superficie, y el volumen de aire está más cerca del conjunto luminoso, por lo que recibe una dosis mayor de la energía de la luz azul por unidad de tiempo.

[0074] En una realización, el sistema comprende además al menos un elemento óptico dispuesto con el conjunto luminoso, y el al menos un elemento óptico está configurado para dirigir las luces azules emitidas por el conjunto luminoso. El término "elemento óptico" utilizado aquí se refiere a los componentes ópticos para dirigir la luz a una zona objetivo. Típicamente, el al menos un elemento óptico incluye, pero no se limita a, una lente, un dispositivo de apertura, un espejo, un prisma, una guía de ondas y similares. En concreto, al menos un elemento óptico está dispuesto de tal manera que el haz estrecho de luz azul, que comprende la luz o luces azules elegidas, emitido por el conjunto luminoso se concentra aún más en la zona objetivo. Más concretamente, el haz concentrado de luz azul, que comprende la(s) luz(es) azul(es) elegida(s), emitida(s) por el conjunto luminoso puede ser más eficaz para reducir los microorganismos en la zona diana sometida a la luz azul emitida por el conjunto luminoso. El sistema también puede comprender un elemento óptico para cada fuente de luz, o puede comprender un elemento óptico para todas las fuentes de luz.

[0075] Opcionalmente, el sistema comprende además un módulo de reloj comunicablemente acoplado al procesador, y el módulo de reloj es operable para proporcionar un plan de tiempo para ajustar las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules emitidas por el conjunto luminoso para reducir los microorganismos. El módulo de reloj puede ser un hardware, un software, un firmware o una combinación de estos, operable para proporcionar un plan de tiempo para ajustar las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules. En una realización, el módulo de reloj está dispuesto con el procesador. En otra realización, el módulo de reloj puede estar dispuesto en una ubicación remota. En tal realización, el módulo de reloj se comunica con el procesador a través de una red cableada, una red inalámbrica o cualquier combinación de las mismas. Ejemplos de la red entre el módulo de reloj y el procesador incluyen, pero no se limitan a, redes de área local (LAN), redes de área amplia (WAN), red de radio, Internet, redes de radio y redes de telecomunicaciones.

[0076] Opcionalmente, el término "plan temporal" utilizado aquí se refiere al programa basado en el cual se ajustan las intensidades promediadas en el tiempo de la luz azul emitida desde la(s) fuente(s) de luz para reducir los microorganismos. Puede apreciarse que el plan temporal se proporciona basándose en los datos del sensor de luz, los datos de al menos un sensor y los datos de detección de microbios. En un primer ejemplo, el plan de tiempo puede comprender un período de tiempo en un día, tal como de 22:00 a 06:00. En tal ejemplo, cuando el conjunto luminoso está dispuesto para funcionar en el modo de desinfección, el plan de tiempo se puede proporcionar de 10 PM a 6 AM cuando el área de destino, como un hospital, una escuela, una oficina, un laboratorio, una biblioteca, o una sección de la misma, no es accesible por los seres humanos. Además, cuando las personas acceden a la zona de destino, el módulo de reloj puede programar un plan de tiempo de tal manera que el conjunto de luces esté dispuesto para funcionar en el modo ambiente en esos momentos.

[0077] Además, opcionalmente, el módulo de reloj es además operable para medir una duración de tiempo cuando el conjunto luminoso está dispuesto para ser operado en el modo de desinfección. Como se ha comentado en el primer ejemplo, cuando el conjunto de luces está preparado para funcionar en el modo de desinfección de 22:00 a 6:00, el módulo de reloj puede medir la duración de 8 horas (de 22:00 del día 1 a 6:00 del día 2).

[0078] Opcionalmente, el módulo de reloj es operable además para determinar un tiempo necesario para reducir sustancialmente los microorganismos para generar un tiempo-datos basado en el plan de tiempo y el tiempo de duración medido. El término "datos de tiempo" utilizado en el presente documento se refiere al tiempo efectivo necesario para reducir sustancialmente los microorganismos. Además, cuando el área objetivo está siendo accedida por humanos, el módulo de reloj puede generar un dato de tiempo basado en la detección de la presencia de un objeto en movimiento por el al menos un sensor. Opcionalmente, si las personas acceden regularmente a la zona objetivo a la misma hora del día, el módulo del reloj puede restablecer el plan horario.

[0079] En una realización, el sistema comprende además una disposición de servidor acoplada de forma comunicable al procesador, en la que la disposición de servidor es operable para proporcionar un plan de tiempo para ajustar las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules emitidas por el conjunto luminoso para reducir los microorganismos. Opcionalmente, el procesador es operable para recibir el plan de tiempo de la disposición de servidor y controlar las intensidades promediadas de tiempo de las luces azules emitidas por el conjunto luminoso basado en el plan de tiempo.

[0080] En otra realización, la disposición del servidor es operable para proporcionar un plan de tiempo para ajustar las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules y la intensidad promediada en el tiempo de la luz blanca emitida por el conjunto luminoso para reducir los microorganismos. Opcionalmente, el procesador es operable para recibir el plan de tiempo de la disposición de servidor y controlar las intensidades promediadas de tiempo de las luces azules y la intensidad promediada de tiempo de la luz blanca emitida por el conjunto luminoso basado en el plan de tiempo y los datos del sensor. Más opcionalmente, el procesador disminuye las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules y aumenta la intensidad promediada en el tiempo de la luz blanca si el al menos un sensor detecta la presencia de

un cuerpo en movimiento en la zona objetivo.

5 **[0081]** En un ejemplo, cuando el conjunto de luces está dispuesto para funcionar en el modo ambiente, el plan temporal puede comprender un periodo de tiempo en un día en el que las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules y la intensidad de la luz blanca se ajustan para reducir los microorganismos y mantener simultáneamente la temperatura de color dentro del rango deseado.

10 **[0082]** La disposición de servidor puede estar acoplada de forma comunicable al procesador a través de una red de comunicación, incluyendo pero no limitándose a, redes de área local (LAN), redes de área amplia (WAN), redes de área metropolitana (MAN), redes LAN inalámbricas (WLAN), redes WAN inalámbricas (WWAN), redes MAN inalámbricas (WMAN), Internet, redes de telecomunicaciones de segunda generación (2G), redes de telecomunicaciones de tercera generación (3G), redes de telecomunicaciones de cuarta generación (4G), redes de telecomunicaciones de quinta generación (5G), redes de interoperabilidad mundial para acceso por microondas (WiMAX) y similares.

15 **[0083]** Opcionalmente, la disposición de servidor comprende una base de datos, en la que la base de datos está configurada para almacenar el plan temporal. Más opcionalmente, la base de datos está configurada para recibir el plan temporal preconfigurado, correspondiente al modo de desinfección y al modo ambiente, de la disposición del servidor.

20 **[0084]** La presente divulgación también se refiere al método descrito anteriormente. Varias realizaciones y variantes divulgadas anteriormente se aplican *mutatis mutandis* al método.

25 **[0085]** Opcionalmente, el método comprende detectar la presencia del objeto en movimiento, utilizando el al menos un sensor, para ordenar al procesador que controle las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules emitidas en el área objetivo, donde ordenar al procesador basándose en la detección de la presencia del objeto en movimiento comprende conmutar el conjunto de luces entre el modo de desinfección y el modo ambiente.

30 **[0086]** Opcionalmente, cuando el conjunto luminoso está dispuesto para funcionar en el modo de desinfección, el método comprende además controlar el conjunto luminoso para que emita las luces azules a la intensidad promediada en el tiempo que proporciona más de 1 vatio segundo por centímetro cuadrado de energía de luz azul en la superficie para reducir los microorganismos.

35 **[0087]** Opcionalmente, el método comprende además proporcionar un plan de tiempo para ajustar las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules emitidas por el conjunto luminoso para reducir los microorganismos, medir la duración del tiempo cuando el conjunto luminoso está dispuesto para funcionar en el modo de desinfección, y determinar el tiempo necesario para reducir sustancialmente los microorganismos para generar los datos de tiempo basados en el plan de tiempo y la duración del tiempo medido.

SECCIÓN EXPERIMENTAL

40 **[0088]** En una realización ejemplar, una luz LED azul de doble longitud de onda (405 nm + 450 nm) es más eficaz en términos de su actividad antimicrobiana en comparación con luces LED azules de una sola longitud de onda (405 nm o 450 nm) para reducir la cantidad de *Escherichia coli* (*E. coli*).

45 **[0089]** Puede observarse en la Tabla 1 que la luz LED azul de doble longitud de onda (405 nm + 450 nm) proporcionó una inactivación de casi el 100 % (reducción de $2\log_{10}$) a una dosis de luz muy baja, es decir, a 10 Ws/cm² y una reducción de $3\log_{10}$ a 15 Ws/cm², mientras que ninguna de las luces LED azules de longitud de onda única (405 nm o 450 nm) pudo proporcionar resultados similares. Se apreciará que el logro de una reducción de $2\log_{10}$ - $3\log_{10}$ a una dosis de luz muy baja (10-15 Ws/cm²) establece la alta eficiencia y eficacia de las luces LED azules de doble longitud de onda (405 nm y 450 nm) en la reducción de microorganismos en comparación con la luz LED azul de longitud de onda única (405 nm) que requiere una dosis de luz de 270 Ws/cm² para lograr un nivel similar de reducción.

Tabla 1, donde AR significa reducción media, todas las reducciones son porcentajes

55

Energía (dosis de luz) (Ws/cm ²)	Reducciones (en porcentajes)							
	Longitud de onda única, 450 nm			Doble longitud de onda, 405 nm + 450 nm				Longitud de onda única, 405 nm
	Caso 1	Caso 2	AR	Caso 3	Caso 4	Caso 5	AR	AR
5	78	64	71	89	85	90	88	-
10	79	86	83	100	99	100	99.7	-
15	82	84	83	99.5	100	100	99.9	-
21								82.3
50-100								90-97.3
270								99.8

60

65

[0090] Opcionalmente, la intensidad óptima y las longitudes de onda correspondientes de la primera y segunda luces azules activan la porfirina y los compuestos de flavina para producir ROS que resultan en la reducción de microorganismos en el área objetivo sometida a la luz azul emitida por el conjunto luminoso. En una realización ejemplar, la diferencia en la eficacia antimicrobiana entre diferentes longitudes de onda de la luz azul se proporciona en la Tabla 2. Además, la reducción Log₁₀ y la reducción de microorganismos (η) para la inactivación de *Staphylococcus aureus* tras su exposición a una luz azul de longitud de onda comprendida entre 400 y 430 nm a una dosis de luz de 23,5 Ws/cm² muestra que la eficacia máxima de la actividad antimicrobiana de la luz azul se alcanza a 405 ± 5 nm (donde ± indica el ancho de banda, la misma abreviatura que se utiliza más adelante).

Tabla 2 Reducción de *Staphylococcus aureus* en función de las longitudes de onda con la misma dosis de energía

Longitud de onda	Población inicial, N ₀ (Log ₁₀ CFU mL ⁻¹)	Población final, N (Log ₁₀ CFU mL ⁻¹)	Reducción Log ₁₀ (N/N ₀)	η) (Log ₁₀ (N/N ₀) / 23,5 Ws/cm ²)
400 ± 5 nm	5,36 (± 0,02)	3,83 (± 0,01)	1,5	0,064
405 ± 5 nm	5,29 (± 0,01)	2,89 (± 0,07)	2,4	0,102
410 ± 5 nm	5,31 (± 0,03)	4,16 (± 0,18)	1,1	0,047
415 ± 5 nm	5,20 (± 0,03)	4,65 (± 0,07)	0,5	0,021
420 ± 5 nm	5,26 (± 0,01)	4,99 (± 0,01)	0,3	0,013
430 ± 5 nm	5,35 (± 0,03)	5,25 (± 0,05)	0,1	0,004

[0091] Se puede observar que a una longitud de onda de 405 nm, la cantidad de *Staphylococcus aureus* se reduce significativamente en comparación con las otras longitudes de onda probadas, estableciendo así que la luz azul a una longitud de onda de 405 nm tiene la máxima actividad antimicrobiana.

[0092] En otra realización ejemplar, la importancia de la longitud de onda y la intensidad de la luz azul requerida para reducir los microorganismos se proporciona en la Tabla 3. Además, los microorganismos *Porphyromonas gingivalis* y *Staphylococcus aureus resistente a la meticilina (MRSA)* requieren dosis de luz variables para reducir la cantidad de microorganismos en un nivel de 1log₁₀ (es decir, más del 90 %). Se apreciará que una pequeña diferencia en la longitud de onda de la luz azul puede dar lugar a una gran diferencia de energía de luz azul necesaria para reducir el número de microorganismos.

[0093] Como se representa, a una longitud de onda de 405 nm, la energía de luz azul requerida para *Porphyromonas gingivalis* es la más baja, lo que significa que se necesitaría menos energía de luz azul si *Porphyromonas gingivalis* fuera el objetivo con una longitud de onda de 405 nm. Además, a una longitud de onda de 450 nm, la energía de la luz azul necesaria para el *Staphylococcus aureus resistente a la meticilina (MRSA)* es la más baja, lo que significa que la energía de la luz azul se necesitaría menos si se atacara el *MRSA* con una longitud de onda de 450 nm. Por tanto, estas longitudes de onda son las más eficaces para eliminar los microbios mencionados.

Tabla 3

Microorganismo	Longitud de onda	Dosis de luz necesaria para reducir 1log ₁₀ (> 90 %)
<i>Porphyromonas gingivalis</i>	405 nm	41 Ws/cm ²
	425 nm	524 Ws/cm ²
	450 nm	47 Ws/cm ²
	455 nm	49 Ws/cm ²
	465 nm	94 Ws/cm ²
<i>Staphylococcus aureus resistente a la meticilina (MRSA)</i>	405 nm	62 Ws/cm ²
	450 nm	32 Ws/cm ²
	460 nm	120 Ws/cm ²
	464 nm	61 Ws/cm ²

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS DIBUJOS

[0094] En referencia a la FIG. 2, se ilustra un diagrama de bloques de un sistema 100 para reducir microorganismos, de acuerdo con una realización de la presente divulgación. Como se muestra, el sistema comprende un conjunto luminoso 102 y un procesador 104 acoplado de forma comunicable al conjunto luminoso 102. El conjunto luminoso 102 emite una primera luz azul a una primera longitud de onda de pico de 400-410 nm con una anchura media máxima de 25 nm como máximo, para apuntar a un primer componente fotorreactivo de los microorganismos, y una segunda luz azul a una segunda longitud de onda de pico de 440-464 nm con una anchura media máxima de 25 nm como máximo para apuntar a un segundo componente fotorreactivo de los microorganismos. Opcionalmente, el conjunto luminoso 102 comprende la emisión de una tercera luz azul a una segunda tercera longitud de onda de pico de 465-490 nm con una anchura media máxima de 25 nm como máximo para dirigirse a un tercer componente fotorreactivo de los microorganismos. Opcionalmente, el conjunto luminoso 102 incluye una cuarta luz blanca para proporcionar un modo de iluminación ambiental. El procesador 104 está configurado para controlar las intensidades promediadas en el tiempo de la primera luz azul, la segunda luz azul, y la tercera luz azul y la cuarta luz blanca opcionales emitidas por el conjunto luminoso 102.

[0095] En referencia a la FIG. 3, se ilustra una representación gráfica de una cantidad relativa de microorganismo en función de la dosis de energía luminosa, de acuerdo con una realización de la presente divulgación. Como se muestra, el eje X representa la dosis de energía utilizada para la reducción de microorganismos, mientras que el eje Y representa la cantidad de microorganismos en porcentaje. La línea continua representa la cantidad de microorganismos cuando se utiliza una luz azul con una longitud de onda de 450 nm y la línea discontinua representa la cantidad de microorganismos cuando se utiliza una primera luz azul y una segunda luz azul con longitudes de onda de 405 y 450 nm respectivamente (como en la Tabla 1).

[0096] Como se muestra, el uso de luz azul de longitud de onda única de 450 nm es menos eficaz en la reducción de microorganismos en comparación con el uso de luz azul de longitud de onda dual (la primera luz azul y la segunda luz azul, de longitudes de onda 405 y 450 nm respectivamente). Como se muestra, cuando se expone una superficie a la luz azul de longitud de onda 450 nm de forma que se alcance una dosis de energía de 5 Ws/cm², se produce una reducción del 70 % de los microorganismos de la superficie en comparación con el control. En comparación, cuando la superficie se expone a la primera y segunda luz azul de longitud de onda 405 y 450 nm respectivamente hasta alcanzar una dosis total de energía de 5 Ws/cm², se produce una reducción del 90 % de los microorganismos en la superficie. Además, cuando se expone una superficie a la luz azul de longitud de onda 450 nm hasta que se alcanza una dosis de energía de 10 Ws/cm², se produce una reducción del 80 % de los microorganismos presentes en la superficie, mientras que cuando se expone la superficie a la primera y segunda luz azul de longitud de onda 405 y 450 nm, respectivamente, hasta que se alcanza una dosis de energía de 10 Ws/cm², se elimina aproximadamente el 99 % de los microorganismos presentes en la superficie. Con una dosis de energía de 15 Ws/cm², la cantidad de microorganismos se ha reducido ligeramente con el sistema de doble longitud de onda azul. Por lo tanto, debe entenderse que una luz azul de doble longitud de onda (405 nm + 450 nm) es más antimicrobiana que utilizar una luz azul de longitud de onda única.

[0097] En referencia a la FIG. 4, se ilustra un ejemplo de representación gráfica del espectro de absorción de un primer componente fotorreactivo (como la porfirina) y un segundo componente fotorreactivo (como la flavina) en función de la longitud de onda de una luz azul, de acuerdo con una realización de la presente divulgación. Como se muestra, el eje X representa la longitud de onda de la luz y el eje Y representa la absorción de la luz azul por el primer componente fotorreactivo y el segundo componente fotorreactivo. La línea de puntos representa el espectro de absorción del primer componente fotorreactivo y la línea de puntos representa el espectro de absorción del segundo componente fotorreactivo, mientras que la línea continua representa el espectro de emisión asociado a la luz azul emitida por el conjunto luminoso. Como se muestra, la absorbancia máxima de luz azul por el primer componente fotorreactivo y el segundo componente fotorreactivo es de aproximadamente 405 nm y 450 nm, respectivamente. Por lo tanto, la primera luz azul se proporciona a una primera longitud de onda de pico de 400-410 nm con una anchura media máxima de 25 nm como máximo, para apuntar al primer componente fotorreactivo de los microorganismos con una absorbancia máxima de luz azul a unos 405 nm, y una segunda luz azul a una segunda longitud de onda de pico de 440-464 nm con una anchura media máxima de 25 nm como máximo, para apuntar al segundo componente fotorreactivo de los microorganismos con una absorbancia máxima de luz azul a unos 450 nm.

[0098] En referencia a la FIGS. 5A y 5B, se ilustran representaciones gráficas de una cantidad de microorganismos con respecto a la dosis de luz (en Ws/cm²), de acuerdo con diferentes realizaciones ejemplares de la presente divulgación. Como se muestra, el eje X representa la dosis de luz proporcionada por un conjunto luminoso y el eje Y representa la cantidad de microorganismos. Como se muestra en la FIG. 5A, una dosis luminosa de 1 Ws/cm² de luz azul de 405 nm tiene un efecto estimulante sobre *Staphylococcus aureus*. Respectivamente en FIG. 5B se muestra un efecto estimulador similar sobre *Staphylococcus aureus* cuando se expone a luz azul de 470 nm a dosis de luz de 1Ws/ cm². En ambos casos, cuando se aumenta la dosis de luz, se reduce la cantidad de microorganismos.

[0099] En referencia a la FIG 6, que es un dibujo esquemático que muestra el área efectiva para la desinfección. El eje y es la intensidad luminosa (I) medida en W/cm² y el eje x es la longitud de onda (nm) de la fuente luminosa. En el diagrama también se muestra la FWHM (Anchura de Banda a Media Altura) de 25 nm como máximo. La zona situada dentro de las dos "barras" rojas verticales de puntos (zona denominada A y A' respectivamente) está representada por la longitud de onda de la luz que ha demostrado tener una respuesta biológica. En el caso de los microbios, se ha demostrado que estas longitudes de onda activan cascadas de reacciones que, como producto final, producen especies reactivas de oxígeno en el interior de la célula microbiana, lo que en última instancia la destruye. La intensidad luminosa emitida por la fuente luminosa fuera de las zonas A y A' no tendrá el mismo efecto sobre las células microbianas y son inútiles en términos de poder de desinfección o de efecto antimicrobiano. El diagrama muestra la importancia de tener una FWHM máxima tan estrecha como 25 nm, que concentra la intensidad luminosa en la zona de respuesta biológica de los microbios.

[0100] Una fuente de luz LED (u otra fuente de luz que emita un pico de luz azul con un ancho FWHM tendrá mucha energía desperdiciada en longitudes de onda que no tienen un efecto biológico. Cuanto más estrecha sea la FWHM, menos energía se desperdiciará. El objetivo es que toda la luz azul se emita sólo en las zonas relevantes para la desinfección.

[0101] Las modificaciones a las realizaciones de la presente divulgación descritas en lo que antecede son posibles sin apartarse del alcance de la presente divulgación tal como se define en las reivindicaciones adjuntas. Expresiones como "incluye", "comprende", "incorpora", "tiene", "es" utilizadas para describir y reivindicar la presente divulgación deben interpretarse de manera no exclusiva, es decir, permitiendo que elementos, componentes o elementos no descritos

explícitamente también estén presentes. La referencia al singular también debe interpretarse en relación con el plural.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para reducir microorganismos en una superficie o una sección transversal de aire, el sistema comprende:
- 5 - un conjunto luminoso que comprende:
- una primera fuente de luz azul distinta que tenga una primera longitud de onda de pico de 400-410 nm con una anchura media máxima de 25 nm como máximo, teniendo el primer pico una primera intensidad promediada en el tiempo I_1 , para dirigirse a un primer componente fotorreactivo de los microorganismos;
 - 10 - una segunda fuente de luz azul distinta con un segundo pico de longitud de onda de 440-464 nm y una anchura media máxima de 25 nm como máximo; el segundo pico tiene una segunda intensidad promediada en el tiempo I_2 , para apuntar a un segundo componente fotorreactivo de los microorganismos; y
 - 15 - un procesador acoplado de forma comunicable al conjunto luminoso para controlar las intensidades promediadas en el tiempo de las fuentes de luz azul de forma que la intensidad promediada en el tiempo de la primera luz azul sea de 0,67 a 1,33 veces la intensidad promediada en el tiempo de la segunda fuente de luz azul.
2. Un sistema según la reivindicación 1, en el que el procesador está configurado para controlar el conjunto luminoso para proporcionar una dosis de energía de luz azul de más de 1 Ws/cm² en una superficie o una sección transversal.
- 25 3. Un sistema según la reivindicación 1, en el que el procesador es operable para controlar la primera y segunda fuentes de luz para emitir simultáneamente las luces azules en las longitudes de onda elegidas.
4. Un sistema según la reivindicación 1, en el que el procesador es operable para controlar la fuente de luz para emitir alternativamente las luces azules elegidas en las longitudes de onda elegidas de una manera periódica.
- 30 5. Un sistema según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además al menos un sensor, acoplado de forma comunicable al procesador, en el que el al menos un sensor es operable para detectar la presencia o el movimiento de un objeto dentro de un área objetivo sometida a la luz azul emitida por el conjunto de luces, y en el que el al menos un sensor es operable para ordenar al procesador que controle las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules en el área objetivo.
- 35 6. Un sistema según la reivindicación 5, en el que la instrucción al procesador basada en la detección de la presencia o el movimiento de un objeto comprende conmutar el conjunto luminoso entre un modo de desinfección y un modo ambiente.
- 40 7. Un sistema según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el conjunto luminoso comprende además una tercera fuente de luz azul distinta que tiene un tercer pico de longitud de onda de 465-490 nm con una anchura media máxima de 25 nm como máximo, teniendo el tercer pico una tercera intensidad media temporal I_3 , para apuntar a un tercer componente fotorreactivo del microorganismo.
- 45 8. Un sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el sistema comprende además:
- al menos un sensor de luz, comunicablemente acoplado al procesador, configurado para detectar las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules emitidas por el conjunto de luces, en el que el procesador está configurado para controlar las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules cuando la energía de la luz azul en la superficie supera un límite umbral predefinido, y
 - un módulo de detección de microbios, acoplado de forma comunicable al procesador, configurado para detectar la presencia de microorganismos, en el que el procesador está configurado para controlar las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules emitidas por el conjunto luminoso basándose en la detección de la presencia de microorganismos.
- 50 9. Un sistema según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, el sistema comprende además un módulo de reloj acoplado comunicablemente al procesador, y en el que el módulo de reloj es operable para:
- 60 - proporcionar un plan temporal para ajustar las intensidades promediadas en el tiempo de las luces emitidas por el conjunto luminoso para reducir los microorganismos;
 - medir una duración de tiempo cuando el conjunto luminoso está dispuesto para funcionar en modo de desinfección; y
 - 65 - determinar un tiempo necesario para reducir sustancialmente los microorganismos para generar un tiempo-datos basado en el plan de tiempo y el tiempo de duración medido.

10. Un método para reducir microorganismos en una superficie o una sección transversal de aire, utilizando un sistema que comprende un conjunto luminoso y un procesador, el método comprende:

5 - que emite al menos

- una primera luz azul a una primera longitud de onda de pico de 400-410 nm con una anchura media máxima de como máximo 25 nm, teniendo el primer pico una primera intensidad promediada en el tiempo t_1 , para apuntar a un primer componente fotorreactivo de los microorganismos;

10 - una segunda luz azul a una segunda longitud de onda de pico de 440-464 nm con una anchura media máxima de como máximo 25 nm, teniendo el segundo pico una segunda intensidad promediada en el tiempo t_2 , para apuntar a un segundo componente fotorreactivo de los microorganismos;

15 - controlar las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules emitidas por el conjunto luminoso de forma que la intensidad promediada en el tiempo de la primera luz azul esté comprendida entre 0,67 y 1,33 veces la intensidad promediada en el tiempo de la segunda luz azul.

20 11. Un método según la reivindicación 10, que comprende además detectar la presencia o el movimiento de un objeto, utilizando al menos un sensor, para ordenar al procesador que controle las intensidades promediadas en el tiempo de las luces azules emitidas en la zona objetivo, donde ordenar al procesador basándose en la detección de la presencia o el movimiento de un objeto comprende conmutar el conjunto de luces entre un modo de desinfección y un modo ambiente.

25 12. Un método según la reivindicación 11, en el que cuando el conjunto luminoso está dispuesto para funcionar en el modo de desinfección, el método comprende además controlar el conjunto luminoso para que emita una dosis de energía de luz azul de más de 1 Ws/cm² en la superficie o en una sección transversal de un volumen de aire para reducir los microorganismos.

30 13. Un método según la reivindicación 11 o 12, que comprende emitir además una tercera luz azul a una tercera longitud de onda de pico de 465-490 nm con una anchura media máxima de 25 nm como máximo, teniendo el tercer pico una tercera intensidad media temporal I_3 , para apuntar a un tercer componente fotorreactivo del microorganismo.

14. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, que comprende además:

35 - proporcionar un plan temporal para ajustar las intensidades promediadas en el tiempo de las luces emitidas por el conjunto luminoso para reducir los microorganismos;

- medir un tiempo de duración cuando el conjunto luminoso está preparado para funcionar en modo de desinfección; y

40 - Determinar el tiempo necesario para reducir sustancialmente los microorganismos a fin de generar un tiempo-datos basado en el plan de tiempo y el tiempo de duración medido.

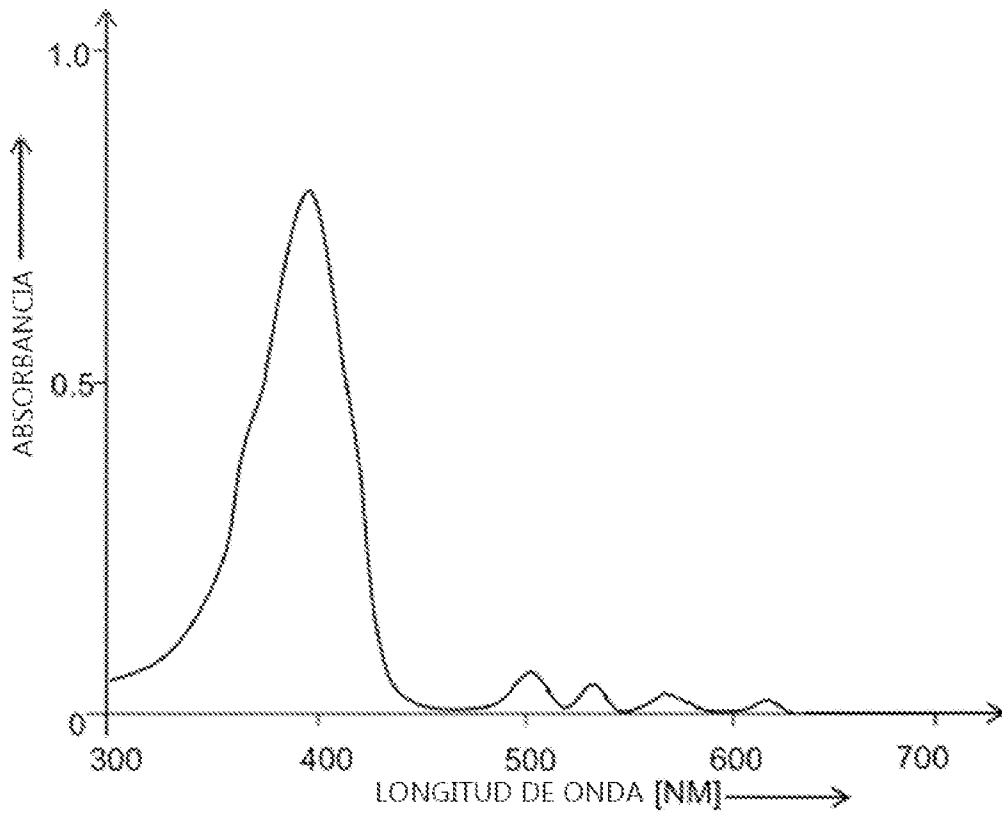


FIG. 1A (Estado de la Técnica)

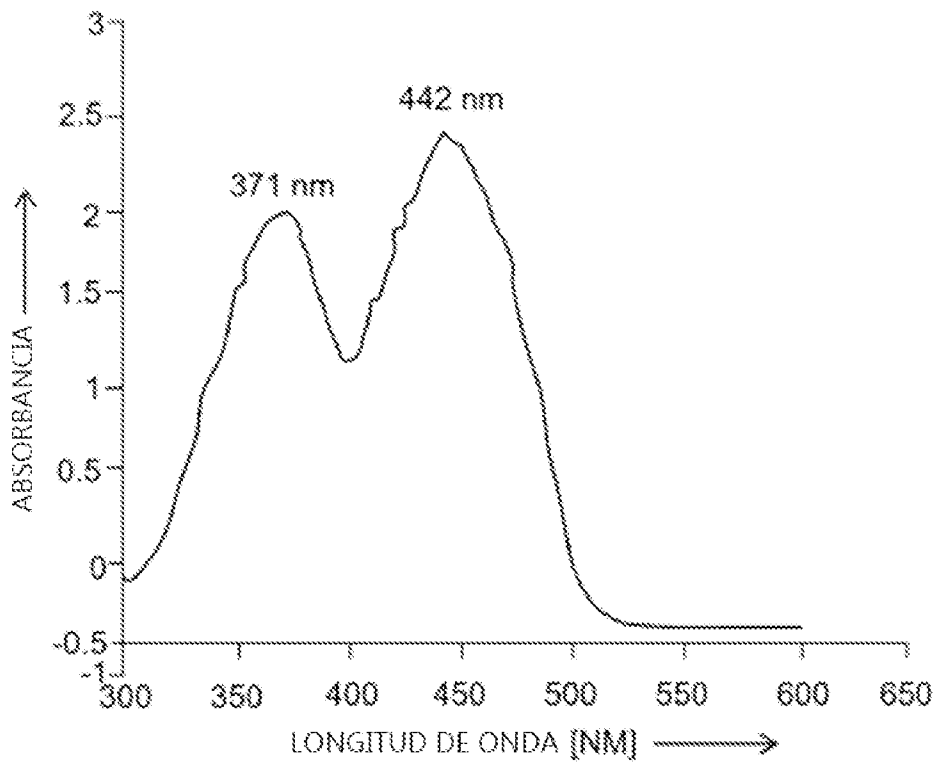


FIG. 1B (Estado de la Técnica)

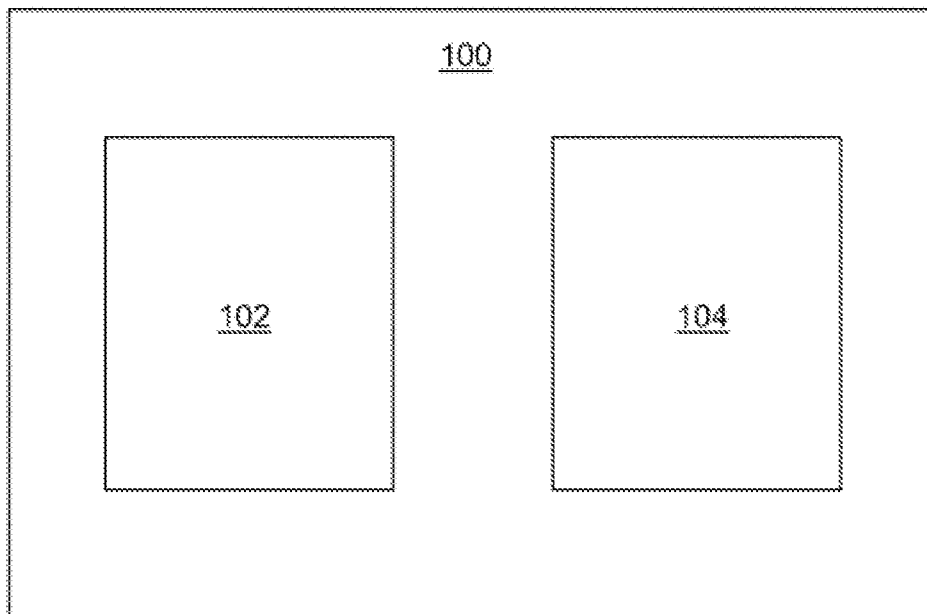


FIG. 2

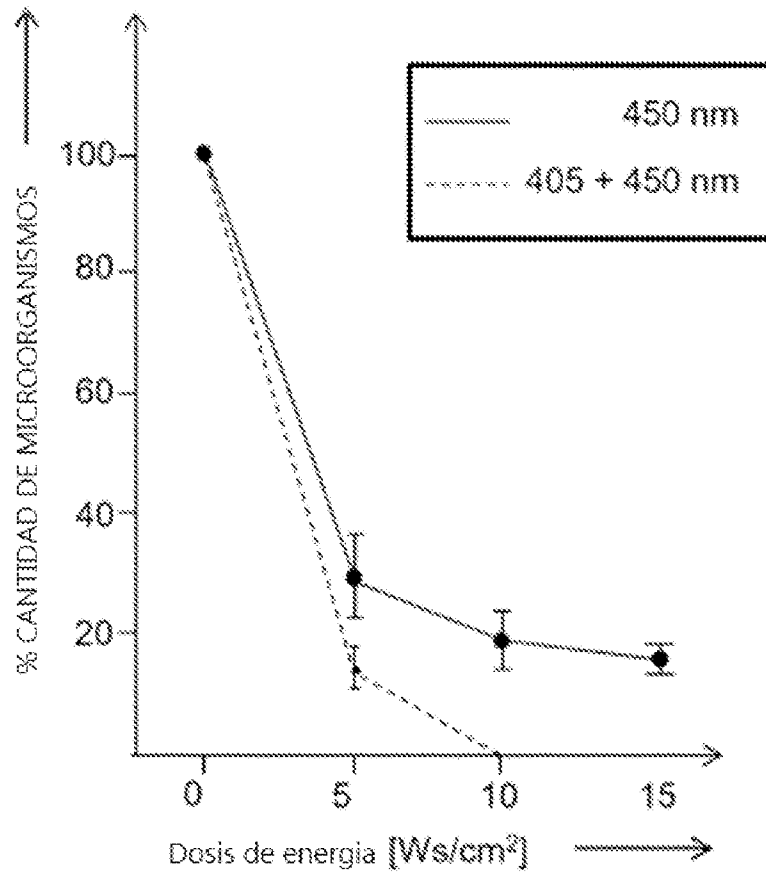


FIG. 3

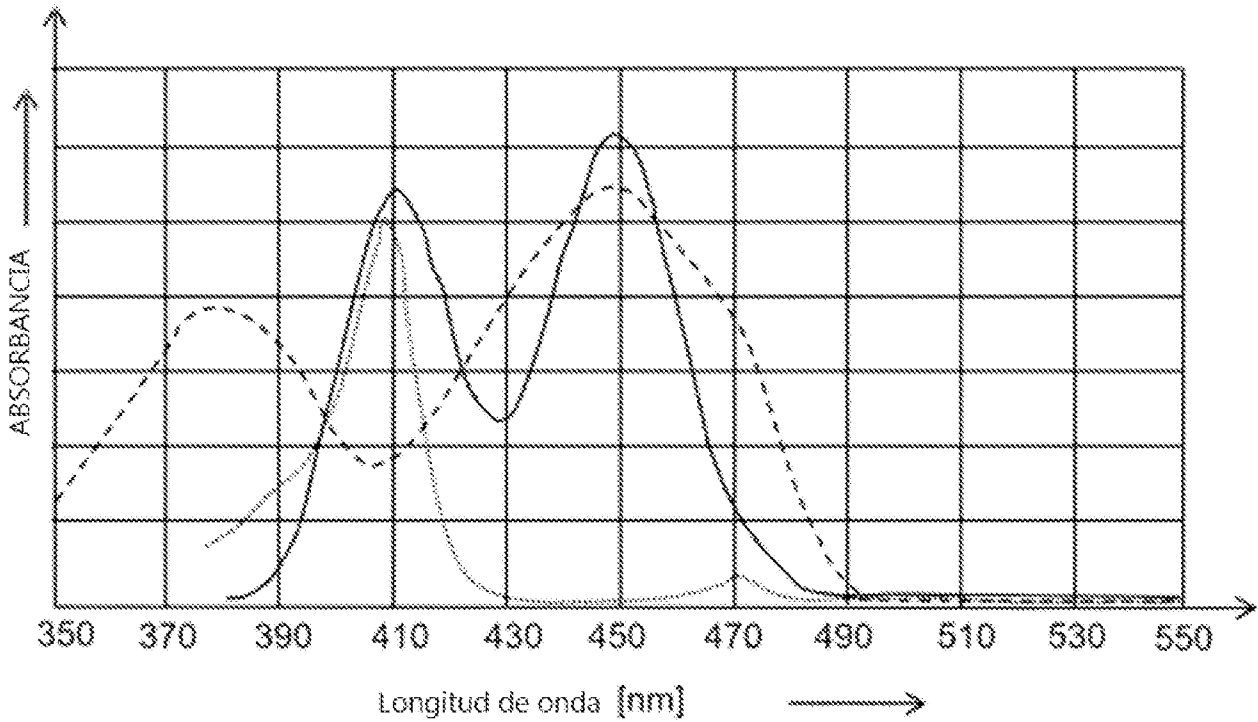


FIG. 4

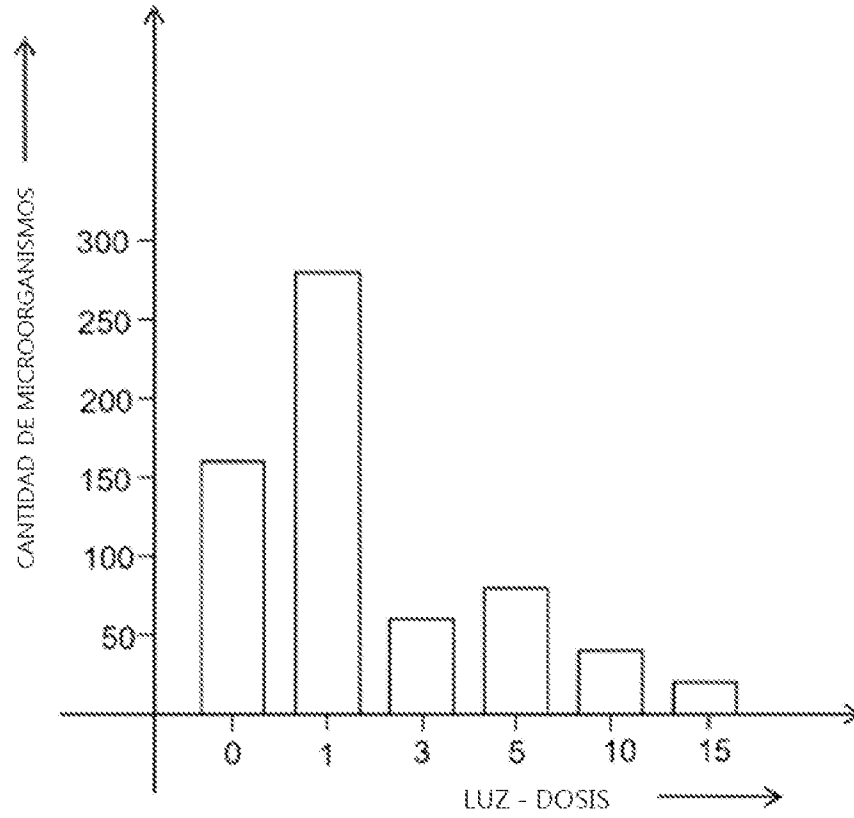


FIG. 5A

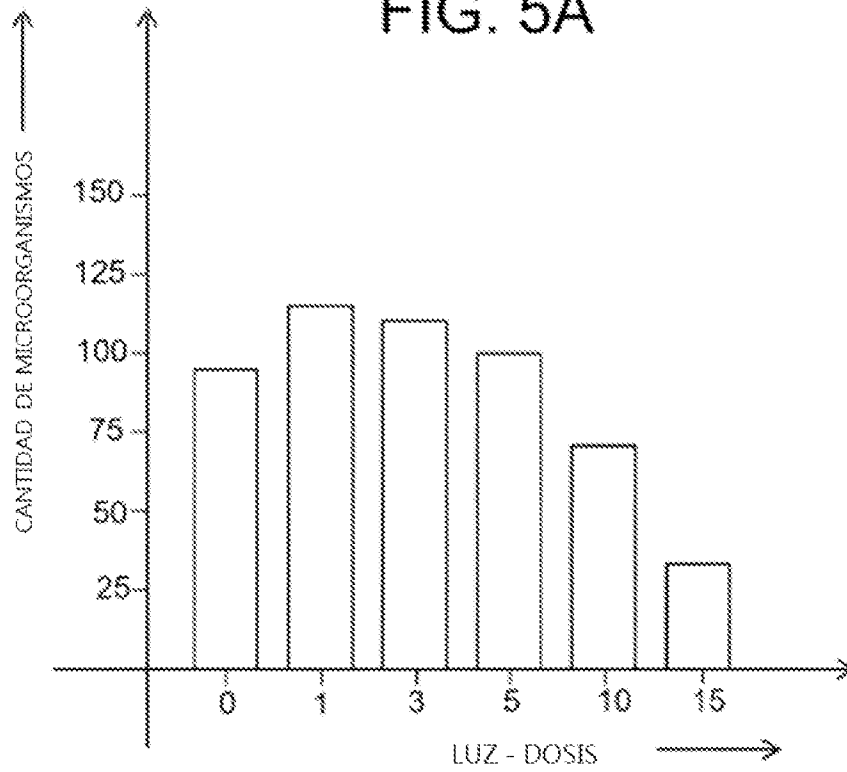


FIG. 5B

Figura 6

