(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad Intelectual
Oficina internacional

(43) Fecha de publicación internacional
7 de junio de 2012 (07.06.2012)

WIPO | PCT

(10) Número de Publicación Internacional
WO 2012/072837 A1

(51) Clasificación Internacional de Patentes:
C12M 1/00 (2006.01)

(21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2011/000331

(22) Fecha de presentación internacional:
11 de noviembre de 2011 (11.11.2011)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(30) Datos relativos a la prioridad:
P201001463
11 de noviembre de 2010 (11.11.2010) ES

(71) Solicitante *(para todos los Estados designados salvo US)*: **UNIVERSIDAD DE CANTABRIA** [ES/ES]; Pabelión De Gobierno, Avda. De Los Castros, s/n., E-39005-Santander (Cantabria) (ES).

(72) Inventores; e

(71) Solicitantes : **TEJERO MONZÓN, Juan Ignacio** [ES/ES]; Dpto. Ciencias y Técnicas Del Agua Y del Medio Ambiente, E.T.S.I. de Caminos, canales y Puertos, Avda. de Los Castros 44, E-39005 Santander (Cantabria) (ES). **CASTRILLO MELGUIZO, Maria** [ES/ES]; Dpto. Ciencias y Técnicas Del Agua Y del Medio Ambiente, E.T.S.I. de Caminos, canales y Puertos, Avda. de Los Castros 44, E-39005 Santander (Cantabria) (ES). **DÍEZ MONTERO, Rubén** [ES/ES]; Dpto. Ciencias y Técnicas

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: PHOTOBIOREACTOR FOR CULTIVATING PHOTOTROPHIC ORGANISMS

(54) Título : FOTOBIORREACTOR PARA EL CULTIVO DE ORGANISMOS FOTÓTROFOS

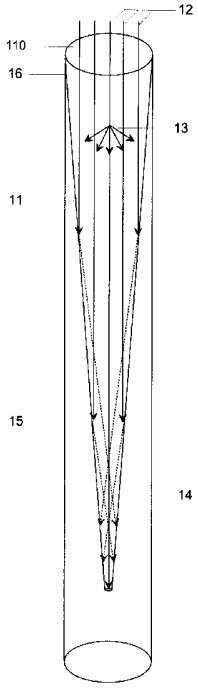

FIGURA 1

(57) **Abstract**: The invention relates to a photobioreactor for cultivating phototrophic organisms, said photobioreactor including a tank (15, 25, 35, 45, 55, 65) comprising a culture medium, and a biomass located inside the tank that is in contact with the culture medium. The photobioreactor additionally includes at least one transparent or translucent conical or frustoconical structure (11, 21, 31, 41, 51, 61) located entirely or partially inside the tank (15, 25, 35, 45, 55, 65) and through which visible radiation penetrates said tank.

(57) **Resumen**: Un fotobiorreactor para el cultivo de organismos fotótrofos, que comprende un depósito (15, 25, 35, 45, 55, 65) que a su vez comprende un medio de cultivo y biomasa en el interior de dicho depósito y en contacto con dicho medio de cultivo. El fotobiorreactor comprende además al menos una estructura cónica o troncocónica transparente o translúcida (11, 21, 31, 41, 5 1, 61) situada total o parcialmente en el interior de dicho depósito (15, 25, 35, 45, 55, 65) a través de la cual o las cuales una radiación luminosa penetra en dicho depósito.

WO 2012/072837 A1

Del Agua Y del Medio Ambiente, E.T.S.I. de Caminos, canales y Puertos, Avda. de Los Castros 44, E-39005 Santander (Cantabria) (ES).

(81) Estados designados *(a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Estados designados *(a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europea (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicada:

— *con informe de búsqueda internacional (Art. 21(3))*

FOTOBIORREACTOR PARA EL CULTIVO DE ORGANISMOS FOTÓTROFOS

CAMPO DE LA INVENCIÓN

La presente invención corresponde al sector técnico del cultivo de microorganismos fotótrofos, tales como microalgas, para la obtención de productos de interés en diversos sectores de la industria.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

Durante los últimos años ha crecido el interés por el cultivo de microalgas con diferentes objetivos: desde su uso con fines ambientales como la biorremediación y la fijación de CO_2 hasta su producción con fines comerciales en diferentes sectores de la industria (farmacéutica, nutracéutica, acuicultura, etc).

Son muchas las aplicaciones que se han encontrado para los productos extraídos de las microalgas, si bien recientemente se ha observado su potencial como productoras de aceites que podrían ser empleados como materia primea para la elaboración biocombustible.

Entre los diseños existentes para la producción de organismos fotótrofos se pueden distinguir los sistemas abiertos y los sistemas cerrados. En los primeros el cultivo está expuesto a la atmósfera y se lleva a cabo en tanques poco profundos (15-30 cm), en los que normalmente el medio de cultivo es impulsado mediante paletas rotatorias. Generalmente requieren amplias superficies de terreno (500-5000 m^2). Como principales ventajas presentan su relativo bajo coste y su sencillez tanto en la construcción como en la operación, sin embargo presentan muchas limitaciones como la facilidad de contaminación por otros organismos, las pérdidas por

evaporación, la ocupación del suelo, etc. Pero sin lugar a dudas una de las grandes desventajas de este tipo de cultivo es la baja eficiencia en la utilización de la luz por parte de los organismos debido a la atenuación de la misma a medida que penetra en profundidad.

Para tratar de paliar estos problemas surgió el cultivo en sistemas cerrados o fotobiorreactores donde es posible llevar a cabo un control más exhaustivo de las condiciones mejorando así el crecimiento y la producción celular y evitando la contaminación. Sin embargo, a pesar de las ventajas que presentan los fotobiorreactores, tienen importantes limitaciones en aspectos como la transferencia de masa, el control de la temperatura, la acumulación de oxígeno, el control de la iluminación, las dificultades de limpieza y el consumo energético.

A pesar de los avances logrados en el desarrollo de fotobiorreactores la producción de organismos fotótrofos sigue siendo muy costosa y sólo resulta rentable cuando el producto obtenido es de alto valor económico, no así para otros potenciales productos como los ácidos grasos que serían empleados en la producción de biocombustibles. Es por ello que actualmente los esfuerzos en el campo del cultivo de organismos fotótrofos se centra en la mejora de los sistemas de producción de biomasa, con el objetivo de obtener un diseño que reúna las condiciones necesarias para que las aplicaciones biotecnológicas de este tipo de organismos sean viables en el mercado.

El principal problema en el cultivo de células fotosintéticas es lograr una correcta distribución de la energía luminosa. En muchas configuraciones en las capas más superficiales la intensidad de luz es demasiado alta, mientras que a medida que la luz atraviesa la suspensión se atenúa rápidamente hasta situarse en valores por debajo del mínimo necesario para la fotosíntesis. Es por ello que el diseño de un fotobiorreactor debe estar basado, principalmente, en un suministro adecuado de luz que permita un buen crecimiento de la biomasa, minimizando los procesos de fotoinhibición y fotolimitación. En un fotobiorreactor con baja densidad celular y en una capa delgada, aproximadamente todas las células reciben la misma cantidad de luz, pero

al hablar de cultivos en profundidad y con una elevada densidad celular se dan otros fenómenos que hacen que las células reciban una determinada cantidad de luz según su posición. Por una parte en los cultivos en tanques abiertos con cierta profundidad, aparece un gradiente de iluminación debido a la atenuación de la energía al atravesar la suspensión celular. Por otra parte también se produce una dilución de la luz debido al sombreado que producen unas células sobre otras, de modo que la posición de las células en cada instante determina la intensidad de luz a la que están expuestas.

Con el propósito de conseguir una buena distribución de la luz dentro del fotobiorreactor se han desarrollado ciertos diseños que utilizan fuentes artificiales de luz. Lee et al. en su artículo "*Photoacclimation of Chlorella vulgaris to Red Light from Light-Emitting Diodes Leads to Autospore Release Following Each Cellular Division*" Biotechnology Progress (1996) utilizaron LEDs, mientras que Ogbonna et al. en su artículo "*A Novel Internally Illuminated Stirred Tank Photobioreactor for Large-Scale Cultivation of Photosynthetic Cells*" Journal of fermentation and Bioengineering (1996) muestran el empleo de tubos fluorescentes.

Sin embargo, el elevado coste de la producción de organismos fotosintéticos deriva principalmente del consumo energético por utilización de fuentes de luz artificiales y por la agitación necesaria para mantener el sistema en suspensión.

Por estas razones, más recientemente se ha tratado de utilizar la luz natural solar, ya que supone una gran ventaja económica y medioambiental. Actualmente la única fuente de luz con la que podría resultar económicamente viable producir ciertos derivados de las microalgas como aceites para la producción de biodiesel, en cultivos en exterior, es la luz solar. Los principales problemas encontrados al respecto son las variaciones cíclicas de iluminación y la excesiva intensidad de radiación en las capas más superficiales del cultivo, produciéndose fotoinhibición. Para solucionar estos problemas se ha estudiado la posibilidad de captar, concentrar y redistribuir la luz de forma conveniente dentro del cultivo. De hecho, hasta hace algunos años se pensaba que el único modo de suministrar luz solar en cultivos de elevada productividad

volumétrica era mediante su captura, concentración y redistribución. Sin embargo, este tipo de técnicas encarece el proceso y en algunos casos reduce la eficiencia debido a pérdidas energéticas.

Con el objeto de introducir la luz en el interior del fotobiorreactor han surgido diseños que utilizan fibra óptica, como el que muestran Ogbonna et al. en su artículo "*An integrated solar and artificial light system for internal illumination of photobioreactors*" Journal of Biotechnology (1999), pero es un sistema que resulta muy costoso económicamente y presenta ciertas dificultades técnicas que sería necesario resolver.

Más recientemente han aparecido diseños que tratan de distribuir la luz hasta una mayor profundidad en tanques abiertos, por ejemplo el sistema que presentan Hsieh et al. en el artículo "*A novel photobioreactor with transparent rectangular chambers for cultivation of microalgae*" Biochemical Engineering Journal (2009), en el cual la luz se transmite a través de compartimentos vacios de paredes transparentes.

Con el objetivo de aprovechar toda la radiación solar incidente sobre la superficie del reactor sin que se produzca fotoinhibición en las capas superficiales, Zijffers et al. muestran en su artículo "*Capturing sunlight into a photobioreactor: Ray tracing simulations of the propagation of light from capture to distribution into the reactor*" Chemical Engineering Journal (2008), otro diseño en el que se trata de captar la energía mediante concentradores solares y redistribuirla en el interior del cultivo mediante una guía de plástico que transporta el haz de luz concentrado.

Otros diseños que tratan de distribuir la luz mediante una ampliación de la superficie de recepción de la misma son los descritos en las solicitudes de patente JP10304872 y JP10108665 que incluyen elementos para conducir y dispersar la luz hacia el interior de cultivos celulares. El fotobiorreactor recibe la luz a través de una abertura estrecha y a continuación es difundida a través de una superficie mayor. Esta abertura atraviesa el elemento de difusión de la luz, que puede ser un prisma rectangular o un

prisma triangular. La longitud de estas estructuras difusoras de luz ocupa toda la longitud del fotorreactor, por lo que éste queda dividido en varias cámaras separadas por los elementos difusores. Estos fotobiorreactores están orientados a la producción de hidrógeno mediante bacterias.

La traducción de patente europea ES 2238275 T3 también presenta un fotobiorreactor consistente en una cámara de reacción de paredes transparentes en la que la superficie iluminada es mayor que la superficie plana que envolvería la cámara de reacción. Esto se consigue mediante prolongaciones transparentes a la luz que hacen que la sección transversal de la cámara de reacción tenga forma sinusoidal o de meandros. Además presenta sustancias que desplazan la longitud de onda de la radiación incidente. Con esta configuración se aumenta la superficie iluminada respecto a configuraciones cilíndricas o cúbicas convencionales pero, debido a las proporciones de las prolongaciones con respecto al volumen del reactor, no se optimiza la distribución de la luz ni se consigue un aumento de volumen notable.

Por último, la solicitud de patente US20090130747 presenta un fotobiorreactor consistente en una cámara de cultivo con cámaras rectangulares transparentes en su interior, a través de las cuales penetra la luz y se redistribuye y dispersa a través de sus paredes. Sin embargo, este fotobiorreactor presenta alguna limitación como la incorrecta distribución de la luz ocasionada por la forma de las cámaras y la dificultad de captar la luz solar.

Además del coste debido a la energía de iluminación, otros costes de mantenimiento han de tenerse en cuenta, como la limpieza y la extracción de oxígeno cuando se trata de sistemas cerrados en los que el intercambio de gases con el exterior no existe o es muy bajo. Además muchos de los sistemas conocidos y empleados en la actualidad necesitan grandes superficies de suelo para su implantación, lo que encarece el proceso.

RESUMEN DE LA INVENCIÓN

La presente invención trata de resolver los inconvenientes mencionados anteriormente mediante un fotobiorreactor que mejora la eficiencia de los actuales sistemas de cultivo.

Concretamente, en un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un fotobiorreactor para el cultivo de organismos fotótrofos, que comprende un depósito que a su vez comprende un medio de cultivo y biomasa. En el interior de dicho depósito entran en contacto el medio de cultivo, la biomasa y la radiación luminosa. El fotobiorreactor comprende además al menos una estructura cónica o troncocónica transparente o translúcida situada total o parcialmente en el interior del depósito, a través de la cual o las cuales la radiación luminosa penetra en el depósito.

En una posible realización, la radiación luminosa es luz solar, comprendiendo el fotobiorreactor un sistema de orientación configurado para orientar la al menos una estructura cónica o troncocónica hacia la dirección de la radiación luminosa solar incidente.

En otra posible realización, la radiación luminosa es luz artificial, comprendiendo el fotobiorreactor una fuente de luz artificial situada sobre el fotobiorreactor o situada en el interior de la al menos una estructura cónica o troncocónica.

Preferentemente, la base mayor de la al menos una estructura cónica o troncocónica se sitúa a una altura por encima del nivel máximo del medio de cultivo comprendido en el depósito. De esta forma, por un lado se evita que se produzcan salpicaduras de agua en la base del cono o tronco de cono y, por otra parte, permite el giro de las estructuras sin que éstas entren en contacto.

Preferentemente, la estructura cónica o troncocónica está fabricada en un material plástico transparente o translúcido. Además, este material plástico transparente o translúcido puede incluir al menos una sustancia capaz de desplazar la longitud de onda de la radiación recibida. Este plástico puede envolver la totalidad de la estructura cónica, o bien puede cubrir sólo la superficie lateral, estando descubiertas

por la base. En este caso, preferentemente se protege el fotobiorreactor bajo una cubierta plástica transparente o translúcida, para evitar el ensuciamiento y el efecto de la lluvia.

Preferentemente, el fotobiorreactor comprende además un sistema de inyección y difusión de aire que proporciona turbulencia al fluido compuesto por el medio de cultivo, y además puede estar enriquecido en CO_2, de modo que supone un aporte adicional de carbono.

Preferentemente, el fotobiorreactor comprende además un sistema para la separación y extracción de biomasa. Este sistema puede ser externo al fotobiorreactor o estar integrado en el mismo fotobiorreactor. Cuando el sistema está incorporado en el propio fotobiorreactor, puede implementarse de varias formas. En una posible implementación, el sistema para la separación y extracción de biomasa se basa en la inclinación de las paredes del depósito, para favorecer la concentración de biomasa en el fondo del depósito. Alternativamente, el fotobiorreactor comprende un sistema de extracción de la materia flotante en la superficie, mediante un sistema de engranaje y cintas transportadoras que arrastran los sólidos flotantes hacia un determinado lado del fotobiorreactor.

Preferentemente, el fotobiorreactor comprende además un sistema de aporte de nutrientes y un sistema de aporte de agua.

Los organismos fotógrafos son preferentemente microalgas.

Las ventajas de la invención se harán evidentes en la descripción siguiente.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, y para complementar esta descripción, se acompaña como parte integrante de la misma, un juego de dibujos, cuyo carácter es ilustrativo y no limitativo. En estos dibujos:

La figura 1 muestra un esquema de una unidad elemental de fotobiorreactor según una realización de la presente invención.

La figura 2 muestra un esquema de un fotobiorreactor de acuerdo con una realización de la presente invención, en la que el dispositivo está diseñado para albergar una pluralidad de estructuras y en la que las estructuras cónicas permanecen en posición vertical.

La figura 3 muestra un esquema de un fotobiorreactor de acuerdo con una realización de la presente invención, en la que las estructuras cónicas permanecen en posición inclinada.

La figura 4 muestra un ejemplo de fotobiorreactor con separación de biomasa en un sistema de separación sólido-líquido externo, de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 5 muestra otro ejemplo de fotobiorreactor con sistema de separación de biomasa mediante concentración de sólidos en el propio fotobiorreactor, de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 6 muestra otro ejemplo de fotobiorreactor con sistema de separación de biomasa mediante flotación y concentración de sólidos en un extremo del propio fotobiorreactor, de acuerdo con una realización de la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

En este texto, el término "comprende" y sus variantes no deben entenderse en un sentido excluyente, es decir, estos términos no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos.

Además, los términos "aproximadamente", "sustancialmente", "alrededor de", "unos", etc. deben entenderse como indicando valores próximos a los que dichos términos acompañen, ya que por errores de cálculo o de medida, resulte imposible conseguir esos valores con total exactitud.

Las siguientes realizaciones preferidas se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que sean limitativas de la presente invención. Además, la presente invención cubre todas las posibles combinaciones de realizaciones particulares y preferidas aquí indicadas. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención.

En este texto, el término "profundo", se refiere a la altura de agua que alcanza el reactor en el plano perpendicular a la superficie de suelo ocupada, en comparación con la que se alcanza en fotobiorreactores convencionales.

Para lograr una buena productividad de biomasa en un cultivo es necesario optimizar una serie de factores ambientales. Algunos de ellos son relativamente fáciles de controlar, como la temperatura y los nutrientes, pero no ocurre lo mismo con el suministro de luz, el cual es uno de los más difíciles de controlar. Desde este punto de vista, los fotobiorreactores iluminados internamente suponen una interesante alternativa, ya que de un lado recogen características de los sistemas abiertos, como su sencillez de construcción, y de otro lado permiten un cierto control de las condiciones, como ocurre en los fotobiorreactores cerrados. Por otra parte, conseguir llevar la luz a mayores profundidades de lo que se ha conseguido hasta la actualidad, permite aumentar el calado del reactor, disminuyendo al mismo tiempo la superficie de suelo ocupada para obtener un mismo volumen de cultivo.

En este texto, se describe un fotobiorreactor que comprende un depósito, contenedor o tanque profundo con penetración de luz a través de un conjunto de estructuras cónicas invertidas transparentes. Dichas estructuras se encuentran dispuestas de tal modo que su base queda en la superficie y su vértice sumergido en el agua. Por simplicidad, a lo largo de este texto en ocasiones el "fotobiorreactor" es denominado

"reactor", debiendo entenderse que ambos términos se refieren al mismo concepto.

El fotobiorreactor que se describe permite el cultivo de organismos fotótrofos y, en particular, microalgas. Ejemplos no limitativos de microalgas que pueden producirse con este reactor son *Chlorella vulgaris, Isochrysis galbana, Pavlova lutheri,* etc

La figura 1 muestra una estructura cónica 11, que representa una unidad elemental del fotobiorreactor. En concreto, la estructura cónica está albergada en un cilindro ficticio, que es una unidad de volumen del fotobiorreactor. Dicho de otra forma, el fotobiorreactor comprende una serie de unidades básicas, cada una de las cuales formada por un cilindro ficticio 16 que alberga un cono invertido 11 cuya base 110 coincide con la base superior del cilindro 16. Cada estructura cónica 11 puede estar formada por un cono o, alternativamente, puede tratarse de un cono truncado, que termina en una pequeña base paralela a la base mayor. Es decir, la estructura es cónica o troncocónica. La disposición de estas unidades cilíndricas ficticias se optimiza en función de las características intrínsecas de la especie a cultivar y del sistema de iluminación elegido, y en caso de ser luz natural, se optimiza para cada lugar de implantación del fotobiorreactor, pudiendo encontrarse alineados, al tresbolillo, etc. El depósito, contenedor o tanque 15 comprende un medio de cultivo.

La estructura cónica 11 está fabricada en un material que permita pasar la radiación luminosa. El material es transparente o translúcido, preferentemente un plástico transparente o translúcido con una alta transmisividad de la luz visible. Opcionalmente, el material del que se fabrica la estructura cónica 11 puede comprender sustancias, por ejemplo fluorescentes, capaces de absorber las longitudes de onda menos efectivas para la fotosíntesis y devolver la luz con longitudes de onda más aprovechables. Ejemplos no limitativos de materiales que pueden usarse para fabricar la estructura cónica 11 son: polietileno de baja densidad (LDPE) y copolímero de etileno y acetato de vinilo (EVA). Ejemplos no limitativos de sustancias que pueden añadirse al material plástico para fabricar la estructura cónica 11 son compuestos de metales de transición. Alternativamente la estructura cónica

puede carecer de base, en cuyo caso el conjunto del fotobiorreactor es cubierto por una superficie plástica transparente a modo de techo. Ejemplos no limitativos de materiales que pueden usarse para fabricar la superficie plástica son: polietileno de baja densidad (LDPE) y copolímero de etileno y acetato de vinilo (EVA).

El espacio comprendido entre los límites del cilindro 16 y las paredes de las estructuras cónicas 11 contiene el medio de cultivo, que a su vez incorpora los nutrientes necesarios para el desarrollo de la biomasa a cultivar. Es decir, el medio de cultivo es una solución acuosa con dichos nutrientes. La superficie iluminada está conformada por el cuerpo de la estructura cónica 11, la cual recibe la luz ya sea solar, compuesta por radiación directa 12, difusa 13 y/o reflejada 14 por el propio cono 11, o sea artificial. Esta luz es transferida al interior del cultivo tras atravesar el material del cono 11. Una vez en el medio de cultivo, la luz es captada por las células y es utilizada en el proceso de la fotosíntesis, en el cual, los organismos utilizan CO_2, agua y luz para, junto con los nutrientes aportados, producir biomasa.

Gracias a esta estructura, el fotobiorreactor presenta una disminución de la relación superficie ocupada-volumen de cultivo con respecto de las geometrías de reactor conocidas y previamente mencionadas. Esto se consigue gracias al reparto de la luz incidente sobre la base mayor de las estructuras cónicas, en una superficie mayor (la correspondiente al cuerpo de estas estructuras). Como consecuencia es posible ampliar el calado de depósito, y con ello el volumen de cultivo, manteniendo el área superficial.

La base 110 del cono 11 se sitúa a una altura por encima de la lámina de agua que viene determinada por el resguardo mínimo necesario por la turbulencia del medio líquido y el resguardo necesario para evitar que la base se sumerja en el medio de cultivo cuando las estructuras cónicas sean inclinadas para orientarse en el sentido de la radiación solar directa. La estructura cónica o troncocónica 11 puede estar abierta en su base superior o estar cerrada. En el caso de que esté abierta, preferentemente se

protege por una superficie plástica transparente o translúcida a una altura determinada por encima del propio fotobiorreactor.

El fotobiorreactor puede ser utilizado tanto con luz solar como artificial. Cuando el fotobiorreactor utiliza luz artificial, éste permanece estático y con las estructuras cónicas en posición vertical, como ilustra la figura 2. En este caso, recibe la iluminación bien desde una parrilla superior, no ilustrada en la figura 2, o bien desde el interior de las estructuras cónicas transparentes 21. Como muestra la figura 2, los conos 21 se sumergen en una cámara de reacción 25 que contiene el medio de cultivo. Como se ha indicado, la base del cono 21 se sitúa a una altura por encima del resguardo mínimo necesario 29 por la turbulencia del medio líquido. Las estructuras cónicas 21 sumergidas en el tanque se apoyan en una estructura portante móvil 221, cuyos detalles estructurales quedan fuera del alcance de esta invención.

El dióxido de carbono, necesario para el crecimiento de los organismos fotótrofos, puede ser aportado por diversos métodos: mediante difusión desde el aire atmosférico, mediante la inyección en el fotobiorreactor de una corriente de aire, o de aire enriquecido en CO_2, o mediante la utilización simultánea de estos dos métodos. La decisión entre una corriente de aire enriquecida o no en CO_2 está vinculada a los requisitos metabólicos de la especie a cultivar y a la finalidad del cultivo. Para esta inyección de aire o de aire enriquecido con CO_2, el fotobiorreactor dispone de un sistema de inyección de aire mediante difusores 28 ubicados en el fondo del fotobiorreactor. Estos difusores inyectan el aire en el medio de cultivo mediante la difusión de burbujas que se desplazan ascendentemente en el interior del fotobiorreactor. La aireación, además de proporcionar el carbono necesario para el crecimiento de las microalgas, favorece la mezcla y agitación del cultivo, permitiendo una correcta homogeneización de todo el contenido del fotobiorreactor. En caso de ser necesario, se pueden disponer agitadores 220 sumergidos en el interior del fotobiorreactor para aumentar la intensidad de la mezcla. Estos agitadores, a través del movimiento circular de sus aspas, transmiten una turbulencia al medio de

cultivo líquido, evitando que la biomasa en suspensión se deposite y favoreciendo el paso de la misma de unas zonas a otras del fotobiorreactor caracterizadas por sus diferentes condiciones de iluminación.

Cuando se utiliza luz natural las estructuras cónicas 31 se orientan en la dirección solar incidente 32 (implementación de la figura 3). Para ello el fotobiorreactor dispone de un sistema de seguimiento solar, no ilustrado en la figura 3, que hace que las estructuras de penetración de luz (es decir, las estructuras cónicas 31) se inclinen con un ángulo dependiente de la altura solar en cada momento. De este modo, la intensidad lumínica aportada al cultivo de microalgas es tal que permite una máxima productividad evitando en todo lo posible los procesos de fotolimitación y fotoinhibición. Las estructuras cónicas 31 sumergidas en el tanque se apoyan en una estructura portante móvil 331, cuyos detalles estructurales quedan fuera del alcance de esta invención.

Además, cuando el fotobiorreactor se construye para ser utilizado con luz solar, como el de la figura 3, debe tenerse en cuenta un resguardo adicional al necesario 39 por la turbulencia del medio acuoso. En este caso además hay que tener en cuenta el resguardo necesario 332 para evitar la inmersión de la base superior del cono 31 en el agua cuando la estructura es inclinada con el máximo ángulo. El ángulo de inclinación del eje de revolución del cono coincide con el ángulo de la altura solar en cada momento, que a su vez depende de la hora del día, del momento del año y de la latitud en la que se sitúe el fotobiorreactor. A su vez, la altura del resguardo total (la suma del resguardo mínimo necesario por turbulencia 39 más el resguardo mínimo necesario para evitar la inmersión por la inclinación del cono 332) determina la distancia mínima necesaria entre los conos adyacentes para que al ser inclinados no entren en contacto.

Cuando el cono recibe la radiación solar, la energía directa recibida sobre su cara interior es homogénea en toda su superficie y es igual a la irradiación por unidad de superficie terrestre para el lugar geográfico en el que esté situado el reactor. La

energía recibida por unidad de superficie depende de la inclinación de la cara lateral del cono 31, por lo tanto se puede ajustar la cantidad de energía que pasa al medio de cultivo según sean las necesidades de las especies a cultivar. La energía directa recibida en la superficie del cono 31, no es transmitida por completo al interior del cultivo, sino que parte de la radiación es reflejada en mayor o menor proporción en función del ángulo de incidencia y del coeficiente de refracción del material con el que está fabricado el cono 31. La energía incidente 32, se refleja de forma mixta, es decir, una parte se refleja de forma especular (con el mismo ángulo con respecto a la normal que la radiación incidente) y otra parte se refleja de forma difusa (los ángulos de los haces reflejados se distribuyen de forma aleatoria). La parte que se refleja en forma de radiación especular determina diferentes zonas con pequeñas diferencias de iluminación. Debido a la forma y disposición de los conos 31, la mayor parte de la energía reflejada está dirigida hacia el fondo del cultivo, por lo que se minimizan las pérdidas de luz por reflexión en la superficie.

Como en el caso del fotobiorreactor iluminado por luz artificial, el iluminado por luz natural también recibe preferentemente un aporte de dióxido de carbono, bien mediante la inyección de una corriente de aire, o bien de aire enriquecido en dióxido de carbono, gracias a un sistema de inyección de aire mediante difusores 38 ubicados en el fondo del fotobiorreactor. También como en el caso del fotobiorreactor iluminado por luz artificial, el iluminado por luz natural puede disponer de agitadores 320 sumergidos en el interior del fotobiorreactor para aumentar la intensidad de la mezcla.

La figura 4 muestra una posible implementación del fotobiorreactor objeto de la presente invención, que incluye un sistema externo para la separación sólido-líquido, es decir, para la separación biomasa-agua, lo cual permite la extracción de la biomasa. Este sistema puede aplicarse tanto a fotobiorreactores que reciben luz natural como artificial. El sistema para la separación sólido-líquido de la figura 4 se implementa mediante una unidad externa al fotobiorreactor 440, que mediante métodos como decantación, flotación, centrifugación, filtración u otros, permite

extraer 445 la biomasa de microalgas. En ese caso, el efluente líquido de la unidad de separación sólido líquido 440 se devuelve a través de una conducción 445 al fotobiorreactor, pudiendo aportar en dicha corriente los nutrientes necesarios para el desarrollo celular y el agua, en caso de ser necesaria. Además se realiza un aporte externo de agua 442 y nutrientes 443 que, de manera alternativa, se puede realizar mediante un sistema de dosificación directa al fotobiorreactor. La implementación de la figura 4 muestra también la conducción de entrada de aire o aire enriquecido en CO_2 444 y el sistema de inyección del mismo 48.

Como alternativa a la separación sólido-líquido externa, el fotobiorreactor puede integrar el separador sólido-líquido en el interior del reactor, mediante paredes inclinadas en el fondo del fotobiorreactor para concentrar los sólidos, o mediante un sistema de barrido y recogida en la superficie del mismo, o ambos.

La figura 5 ilustra una implementación de fotobiorreactor que integra el separador sólido-líquido en el interior del reactor. Como puede observarse, el separador sólido-líquido se implementa mediante paredes inclinadas 550 en el fondo del fotobiorreactor, para favorecer la concentración de sólidos en el fondo. El fundamento para la separación consiste en la decantación de la biomasa de microalgas. Por efecto de la fuerza de la gravedad todas aquellas partículas más densas que el agua sedimentan hacia el fondo del fotobiorreactor, donde las paredes inclinadas favorecen su concentración. El sistema de extracción de biomasa 560 permite retirar la biomasa decantada en el fotobiorreactor. Para ello, en el extremo inferior de la zona de concentración de sólidos con paredes inclinadas se dispone una conducción para la extracción de la biomasa bien por gravedad o bien de manera forzada mediante el funcionamiento de una bomba. Los difusores de aire 520, en caso de que los haya, deben colocarse a una determinada altura permitiendo albergar por debajo de los mismos la zona de concentración de sólidos con paredes inclinadas 550 sin influencia de la aireación. La implementación de la figura 5 muestra también la entrada de aire o aire enriquecido en CO_2 544 y el sistema de inyección del mismo 58.

La figura 6 ilustra una implementación de fotobiorreactor con sistema de extracción de biomasa mediante barrido y recogida superficial de sólidos flotantes en el propio fotobiorreactor. En caso de barrido y recogida superficial el fenómeno aprovechado es la flotación, característico de la biomasa ligera (menos densa que el agua) y favorecido por la inyección de aire, mostrado mediante la entrada de aire o aire enriquecido en CO_2 644 y el sistema de inyección del mismo 68. El sistema de barrido y recogida superficial se coloca en una zona de tranquilización, es decir, una zona sin estructuras cónicas y no afectada por la turbulencia causada por la difusión y la agitación. Para el barrido de biomasa flotante se dispone un tren de estructuras planas barredoras suspendidas de un sistema de cadenas y poleas, de material metálico o plástico, que avanzan por la superficie de agua en el fotobiorreactor, parcialmente sumergidas. De esta manera se produce el transporte de la biomasa flotante hacia una zona donde se ubica una tolva de recogida. Las estructuras barredoras introducen la biomasa flotante en dicha tolva mediante su movimiento de traslación. El sistema de cadenas y poleas accionado por un motor permite el retorno de las estructuras barredoras a su posición inicial por el exterior del agua. Alternativamente se pueden utilizar otros sistemas que cumplan la misma función. Adicionalmente, en la implementación de la figura 6 se muestra el fotobiorreactor con sistema de extracción de flotantes 661 y con sistema de extracción de biomasa 660 desde una zona de concentración de sólidos 650 en el fondo del reactor. El funcionamiento de este sistema de extracción y de la zona de concentración es el explicado anteriormente, y puede ser utilizado en combinación con el sistema de extracción de flotantes.

Aunque en las implementaciones de las figuras 4, 5 y 6 las estructuras cónicas 41 51 61 se han dispuesto en vertical, como corresponde a un fotobiorreactor alimentado con luz artificial, esto debe considerarse ilustrativo, de forma que los sistemas de separación de biomasa explicados de acuerdo a esas figuras pueden igualmente usarse en fotobiorreactor alimentados con luz natural.

A continuación se proporciona un ejemplo concreto de implementación del fotobiorreactor descrito en este texto. Para analizar la viabilidad del fotobiorreactor, se ha realizado un modelo y se ha aplicado al reactor de la invención y a un reactor consistente en un tanque abierto convencional cuya superficie de ocupación de suelo es exactamente la misma que la del primero. Esta superficie de ocupación corresponde a un círculo cuyo radio es igual al radio de un cono más el radio necesario para poderse inclinar hasta un cierto ángulo sin entrar en contacto con los conos adyacentes. Las hipótesis que se han asumido en la aplicación del modelo son:

- La actividad fotosintética depende de la densidad de flujo de fotones en cada punto.
- Se asume que cualquier intensidad de luz por encima de la intensidad de saturación produce la actividad fotosintética máxima, ya que no se alcanzan valores tan elevados como para que se produjera fotoinhibición.
- El espectro de radiación utilizado por las microalgas para su crecimiento y mantenimiento celular es el comprendido entre 400 y 700 nm.
- La intensidad en cualquier punto del cultivo es función de la radiación total incidente en la superficie del cultivo, de las propiedades ópticas del cultivo y de la distancia del punto a la superficie.
- Se supone una composición celular representada por $C_5H_7NO_2$.
- Sólo existe producción durante las horas de insolación.
- De la biomasa producida durante el proceso de la fotosíntesis, se considera que el 40% es utilizado en el mantenimiento celular, mientras que el 60% es lo que se emplea en producir nueva biomasa.

Los datos y parámetros de partida del modelo son los siguientes:

Datos y parámetros de la cinética de actividad fotosintética:

Especie de microalga: *Chlorella vulgaris*
Actividad fotosintética máxima: 140 $gO_2\ kg^{-1}\ h^{-1}$
Tasa de respiración: 4 $gO_2\ kg^{-1}\ h^{-1}$

Constante de semisaturación: 50 µmol de fotones m^{-2} s^{-1}

Parámetros ópticos:

Coeficiente de extinción de la luz: 125 m^2 kg^{-1}
Índice de refracción del aire: 1,00
Índice de refracción del agua: 1,33
Índice de refracción del plástico: 1,50
Factor especular: 0,40

Parámetros físicos:

Diámetro de la base del cono: 0,20 m
Diámetro de la superficie de ocupación del fotorreactor: 0,54 m
Altura del cono: 1,09 m
Calado del reactor: 1,29 m
Inclinación de la cara lateral del cono: 5º
Ángulo de inclinación máximo del cono: 24º

Datos geográficos y de irradiación de la ubicación del fotobiorreactor:

Ciudad: Santander
Latitud: 43,5º
Intensidad de radiación horaria media anual: 3970 Wh m^{-2}
Tiempo de insolación diario medio anual: 9 h
Ratio radiación difusa/radiación global: 0,5

A continuación se muestra una tabla comparativa de los resultados obtenidos:

	Tanque abierto	Fotobiorreactor
Superficie de suelo ocupado (m^2)	0,24	0,24
Superficie iluminada (m^2)	0,24	0,55
Relación superficie iluminada/superficie ocupada	1,00	2,29
Volumen total (m^3)[1]	0,06	0,31
Volumen de cultivo (m^3)[2]	0,06	0,29
Relación volumen de cultivo/superficie ocupada (m^3 m^{-2})	0,25	1,21
Concentración celular óptima (g m^{-2} dia^{-1})	0,20	0,35
Producción de biomasa a concentración celular óptima (g m^{-2} dia^{-1})	9,07	21,41

[1]Volumen total ocupado por el fotobiorreactor
[2]Volumen ocupado por el medio de cultivo donde tiene lugar el crecimiento de la biomasa

Como puede observarse, los resultados obtenidos con el fotobiorreactor de la invención son considerablemente superiores al caso del reactor convencional con configuración de tanque abierto, pudiendo destacarse como principal ventaja la distribución de la luz en la superficie del reactor. Los fotobiorreactores convencionales expuestos a la luz solar, reciben un exceso de energía en su capa superficial, atenuándose a medida que penetra hacia el interior. Con el fotobiorreactor de la invención se aprovecha el exceso de energía al hacerla incidir sobre una superficie mayor de la que se tendría si no estuvieran las estructuras cónicas. La penetración de dichas estructuras hacia el fondo del depósito hace que se pueda aumentar el calado del mismo, y con ello se consigue un aumento de volumen respecto a un fotobiorreactor que no tiene estas estructuras.

Los resultados muestran un aumento de 2.29 veces en la superficie iluminada respecto al fotobiorreactor convencional. Además se consigue aumentar el volumen de cultivo en 4.91 veces, lo que supone un aumento de la producción de biomasa de 2.36 veces, ya que el volumen de cultivo en el reactor de la invención tiene características más aptas para el crecimiento de biomasa que en el reactor convencional. Esto se debe a que en un tanque abierto sin estructuras cónicas la capa iluminada se ve reducida por la atenuación de la luz al atravesar el cultivo. Para lograr una mayor penetración existe la posibilidad de reducir la concentración celular de trabajo, pero esto también redunda en una menor producción. El fotobiorreactor de la invención tiene una mayor proporción de volumen iluminado respecto al fotobiorreactor con el que se compara. Además, como la luz no tiene que recorrer trayectorias tan grandes como en el caso del fotobiorreactor convencional, es posible trabajar con concentraciones celulares mayores. Estos dos factores son los que hacen que el aumento de volumen no sea proporcional al aumento de producción de biomasa, y que además se pueda conseguir con la misma ocupación de suelo que en el reactor con configuración en tanque abierto.

En resumen, se ha presentado un fotobiorreactor que ofrece un aprovechamiento

óptimo de la superficie ocupada y de la energía lumínica irradiada sobre el mismo. Entre la amplia lista de posibles aplicaciones de este fotobiorreactor, citamos a modo de ejemplo la producción de biomasa de microalgas para la obtención de diversos productos con interés en diferentes sectores de la industria. Algunos de los productos que pueden ser obtenidos son ácidos grasos, proteínas, pigmentos, etc; los cuales tienen interés en industrias como la alimentaria, la energética o la farmaceútica.

REIVINDICACIONES

1. Un fotobiorreactor para el cultivo de organismos fotótrofos, que comprende un depósito (15, 25, 35, 45, 55, 65) que a su vez comprende un medio de cultivo y biomasa en el interior de dicho depósito y en contacto con dicho medio de cultivo,

caracterizado por que dicho depósito (15, 25, 35, 45, 55, 65) está diseñado para albergar una pluralidad de estructuras, y donde dicho depósito (15, 25, 35, 45, 55, 65) comprende además al menos una estructura cónica o troncocónica, donde dicha al menos una estructura cónica o troncocónica es una pieza independiente de dicho depósito (15, 25, 35, 45, 55, 65), transparente o translúcida (11, 21, 31, 41, 51, 61), sumergida parcialmente en el interior de dicho depósito (15, 25, 35, 45, 55, 65), mediante la cual o las cuales una radiación luminosa penetra en dicho depósito y es propagada a dicho medio de cultivo a través de la superficie lateral de dicha estructura (11, 21, 31, 41, 51, 61), estando la base si se trata de una estructura cónica (11, 21, 31, 41, 51, 61) o su base mayor si se trata de una estructura troncocónica (11, 21, 31, 41, 51, 61) situada en la parte superior del depósito (15, 25, 35, 45, 55, 65) a una altura superior al nivel máximo (27, 37, 47, 57, 67) del medio de cultivo comprendido en el depósito (15, 25, 35, 45, 55, 65), encontrándose la parte de dicha al menos una estructura cónica o troncocónica (11, 21, 31, 41, 51, 61) que está sumergida en el interior de dicho depósito (15, 25, 35, 45, 55, 65) rodeada en su exterior por dicho medio de cultivo.

2. El fotobiorreactor de la reivindicación 1, donde dicha radiación luminosa es luz solar, comprendiendo dicho fotobiorreactor un sistema de orientación configurado para orientar dicha al menos una estructura cónica o troncocónica (31) hacia la dirección de dicha radiación luminosa solar incidente.

3. El fotobiorreactor de la reivindicación 1, donde dicha radiación luminosa es luz artificial, comprendiendo dicho fotobiorreactor una fuente de luz artificial situada sobre dicho fotobiorreactor o situada en el interior de dicha al menos una estructura cónica o troncocónica (21).

4. El fotobiorreactor de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde dicha estructura cónica o troncocónica (11, 21, 31, 41, 51, 61) está fabricada en un material plástico transparente o translúcido.

5. El fotobiorreactor de la reivindicación 4, donde dicho material plástico transparente o translúcido comprende al menos una sustancia capaz de desplazar la longitud de onda de la radiación recibida.

6. El fotobiorreactor de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la estructura cónica o troncocónica (11, 21, 31, 41, 51, 61) tiene su base mayor abierta y se halla protegido por una superficie plástica transparente o translúcida a un altura determinada por encima del propio fotobiorreactor.

7. El fotobiorreactor de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un sistema de inyección y difusión de aire (28, 38, 48, 58, 68) que proporciona un aporte adicional de carbono.

8. El fotobiorreactor de la reivindicación 7, donde dicho sistema de inyección y difusión de aire (28, 38, 48, 58, 68) proporciona aire enriquecido en CO_2.

9. El fotobiorreactor de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un sistema para la separación de biomasa de un organismo fotótrofo y líquido que comprende un dispositivo (440) externo al fotobiorreactor, configurado para extraer (445) la biomasa y para recircular (444) el líquido hacia el depósito (45).

10. El fotobiorreactor de cualquiera de las reivindicaciones 1-8, que comprende además un sistema para la separación de biomasa y líquido, integrado en el propio fotobiorreactor.

11. El fotobiorreactor de la reivindicación 10, donde dicho sistema para la separación de biomasa y líquido, integrado en el propio fotobiorreactor, se basa en la inclinación de las paredes (550) del depósito, para favorecer la concentración de dicha biomasa en el fondo del depósito.

12. El fotobiorreactor de la reivindicación 10, donde dicho sistema para la separación de biomasa y líquido, integrado en el propio fotobiorreactor, comprende al menos un dispositivo (660) extractor de materia flotante en la superficie.

13. El fotobiorreactor de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un sistema de aporte de nutrientes (443, 543, 643) y un sistema de aporte de agua (442, 542, 642).

14. El fotobiorreactor de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde dichos organismos fotótrofos son microalgas.

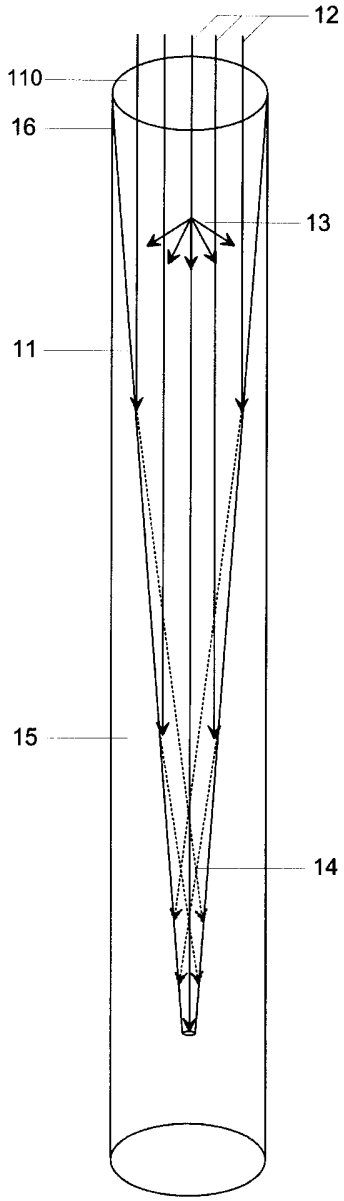

FIGURA 1

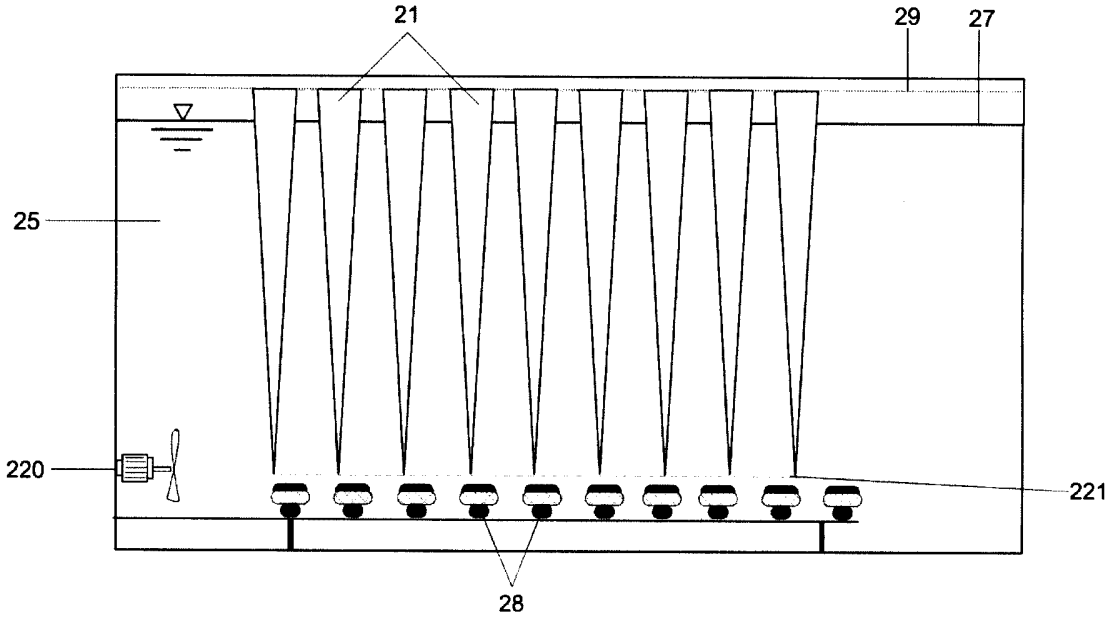

FIGURA 2

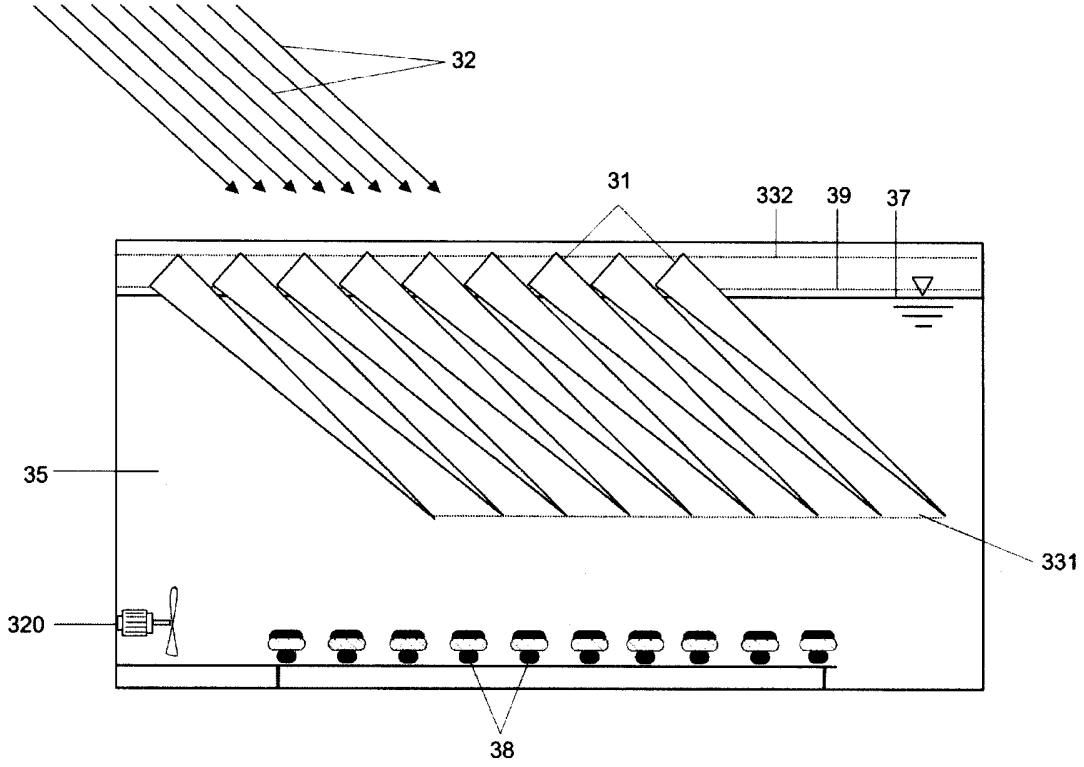

FIGURA 3

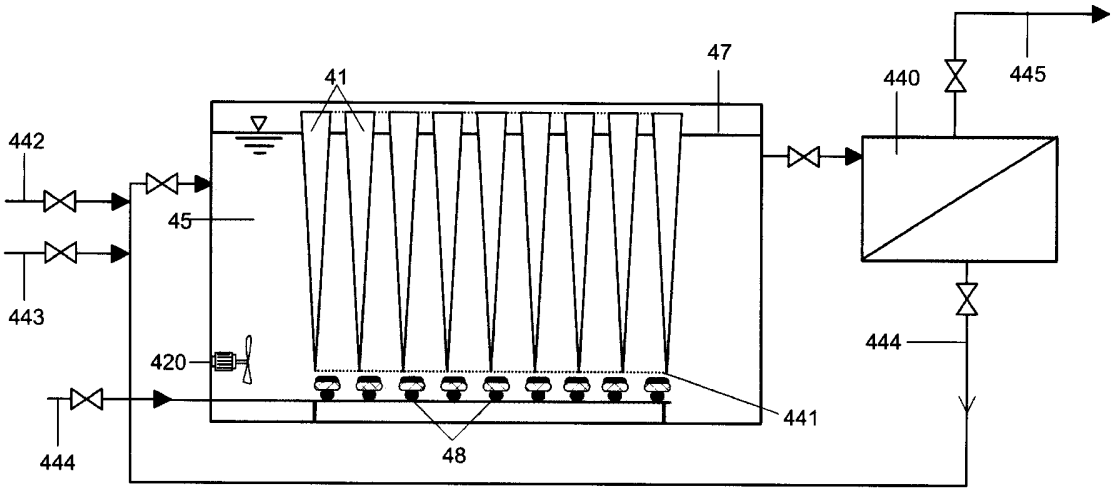

FIGURA 4

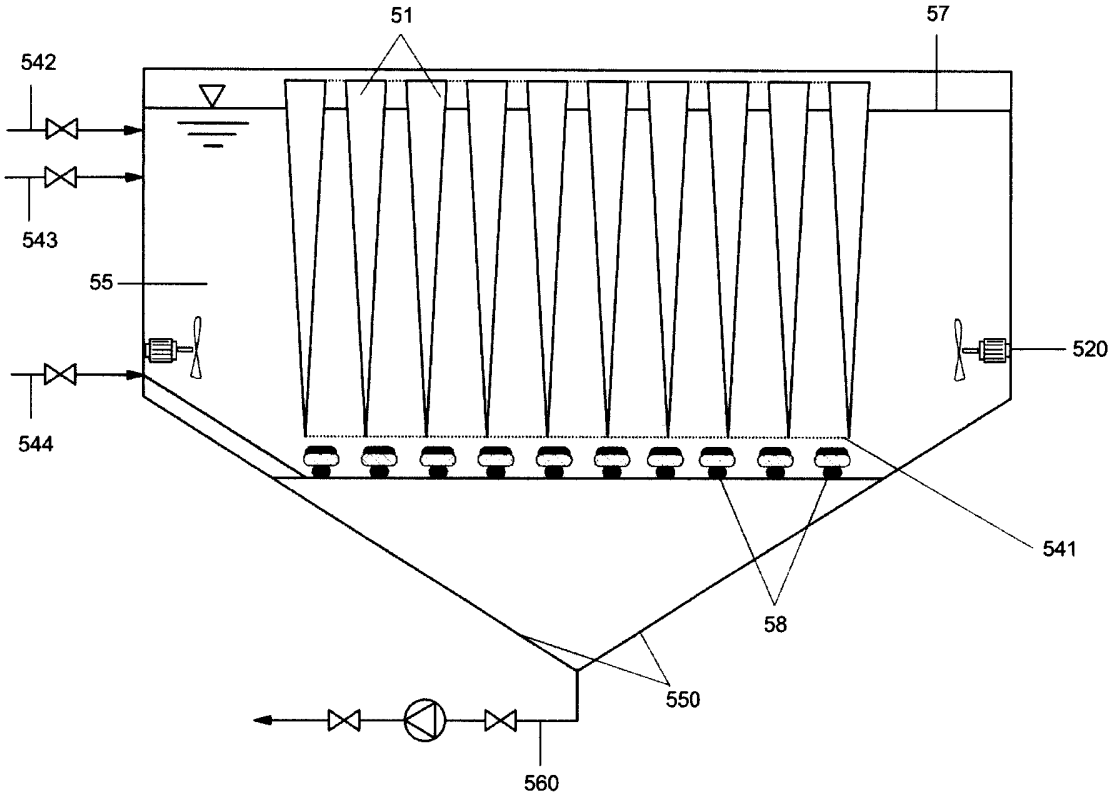

FIGURA 5

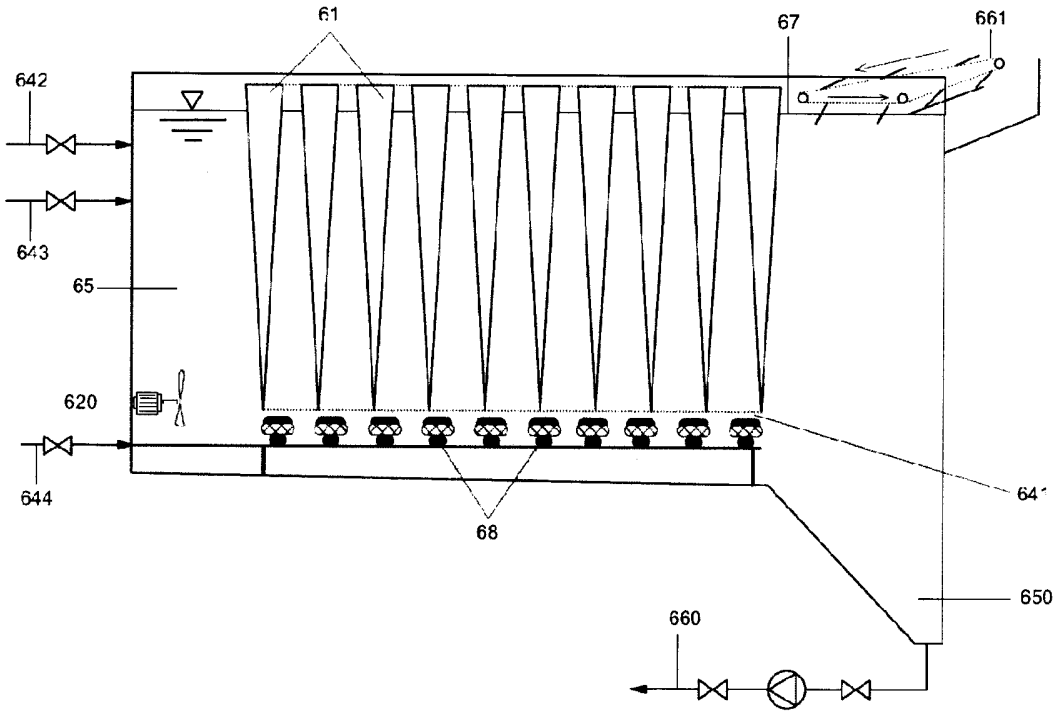

FIGURA 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/ES2011/000331

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C12M1/00 (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
C12M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC, INVENES, WPI

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0999265 A1 (MICRO GAIA CO LTD) 10/05/2000, description; figures 5 - 6.	1-14
A	WO 2005068605 A1 (WAGENINGEN UNIVERSITY ET AL.) 28/07/2005, description; figures 1c, 2, 3c and 4.	1-14
A	EP 1277831 A2 (INST GETREIDEVERARBEITUNG) 22/01/2003, description; figures 1 - 3.	10-12
A	US 4952511 A (RADMER RICHARD J) 28/08/1990, description; figures 1, 3 and 5.	1-14
A	WO 2010013998 A1 (ALGAE TECH LTD ET AL.) 04/02/2010, description; figures 1 - 3.	9-12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance.
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure use, exhibition, or other means.
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other documents , such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
09/02/2012	**(21/03/2012)**
Name and mailing address of the ISA/ OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España) Facsimile No.: 91 349 53 04	Authorized officer J. Moreno Rodriguez Telephone No. 91 3495556

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.
PCT/ES2011/000331

Patent document cited in the search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP0999265 AB	10.05.2000	WO9950384 A	07.10.1999
		AU2959099 A	18.10.1999
		EP19990910745	29.03.1999
		CN1262706 A	09.08.2000
		CN1185334 C	19.01.2005
		US6348347 B	19.02.2002
		AU749885 B	04.07.2002
		JP3462508B2 B	05.11.2003
		AT306545 T	15.10.2005
		ES2251183 T	16.04.2006
		DE69927654 T	22.06.2006
WO2005068605 A	28.07.2005	NONE	
EP1277831 AB	22.01.2003	EP20020090240	10.07.2002
		DE10136645 AB	06.02.2003
		AT346139 T	15.12.2006
US4952511 A	28.08.1990	NONE	
WO2010013998 A	04.02.2010	CA2732867 A	04.02.2010
		WO2010014010 A	04.02.2010
		EP2318504 A	11.05.2011
		EP20090788260	31.07.2009
		CN102203233 A	28.09.2011

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº
PCT/ES2011/000331

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD
C12M1/00 (2006.01)

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)
C12M

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)
EPODOC, INVENES, WPI

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
A	EP 0999265 A1 (MICRO GAIA CO LTD) 10/05/2000, descripción; figuras 5 - 6.	1-14
A	WO 2005068605 A1 (WAGENINGEN UNIVERSITY ET AL.) 28/07/2005, descripción; figuras 1c, 2, 3c y 4.	1-14
A	EP 1277831 A2 (INST GETREIDEVERARBEITUNG) 22/01/2003, descripción; figuras 1 - 3.	10-12
A	US 4952511 A (RADMER RICHARD J) 28/08/1990, descripción; figuras 1, 3 y 5.	1-14
A	WO 2010013998 A1 (ALGAE TECH LTD ET AL.) 04/02/2010, descripción; figuras 1 - 3.	9-12

☐ En la continuación del recuadro C se relacionan otros documentos ☒ Los documentos de familias de patentes se indican en el anexo

* Categorías especiales de documentos citados:

"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.

"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.

"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).

"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.

"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.

"T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.

"X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.

"Y" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.

"&" documento que forma parte de la misma familia de patentes.

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional.	Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional.
09/02/2012	**21 de marzo de 2012 (21/03/2012)**
Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España) Nº de fax: 91 349 53 04	Funcionario autorizado J. Moreno Rodriguez Nº de teléfono 91 3495556

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Informaciones relativas a los miembros de familias de patentes

Solicitud internacional nº

PCT/ES2011/000331

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de Publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de Publicación
EP0999265 AB	10.05.2000	WO9950384 A	07.10.1999
		AU2959099 A	18.10.1999
		EP19990910745	29.03.1999
		CN1262706 A	09.08.2000
		CN1185334 C	19.01.2005
		US6348347 B	19.02.2002
		AU749885 B	04.07.2002
		JP3462508B2 B	05.11.2003
		AT306545 T	15.10.2005
		ES2251183 T	16.04.2006
		DE69927654 T	22.06.2006
WO2005068605 A	28.07.2005	NINGUNO	
EP1277831 AB	22.01.2003	EP20020090240	10.07.2002
		DE10136645 AB	06.02.2003
		AT346139 T	15.12.2006
US4952511 A	28.08.1990	NINGUNO	
WO2010013998 A	04.02.2010	CA2732867 A	04.02.2010
		WO2010014010 A	04.02.2010
		EP2318504 A	11.05.2011
		EP20090788260	31.07.2009
		CN102203233 A	28.09.2011