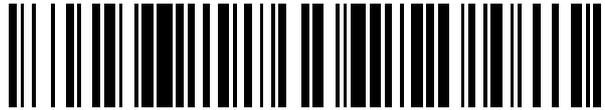


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 465 524**

51 Int. Cl.:

C12M 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.10.2010 E 10765614 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.02.2014 EP 2483384**

54 Título: **Fotobiorreactor de capa fina con alta productividad volumétrica**

30 Prioridad:

01.10.2009 FR 0956870

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

06.06.2014

73 Titular/es:

**CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (CNRS) (50.0%)**

**3, rue Michel-Ange
75016 Paris, FR y
UNIVERSITÉ DE NANTES (50.0%)**

72 Inventor/es:

**PRUVOST, JÉRÉMY;
LEGRAND, JACK y
LE BORGNE, FRANÇOIS**

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 465 524 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

Fotobiorreactor de capa fina con alta productividad volumétrica.

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere al campo del cultivo celular en fotobiorreactor. Más particularmente, la invención se refiere a un fotobiorreactor para el cultivo de células que comprende una superficie inclinada con una pendiente media según una dirección de inclinación, sobre la cual discurre una disolución y que presenta un lado aguas arriba y un lado aguas abajo, comprendiendo la disolución unas células en suspensión.

Estado de la técnica

La productividad de los fotobiorreactores (producción de biomasa por unidad de volumen) está directamente vinculada con la superficie específica del mismo (razón de superficie iluminada con respecto a volumen de cultivo). El aporte de luz es en efecto un factor limitante principal de este tipo de procedimiento. La absorción de la luz es importante en el volumen de cultivo. Por tanto, es necesario utilizar fotobiorreactores que presenten grandes superficies específicas iluminadas tal como se muestra en la figura 5 que representa la productividad volumétrica (en $\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$) en función del espesor de la capa de disolución (en m) para dos flujos luminosos recibidos ($q_0 = 250 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ y $q_0 = 50 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$).

Los fotobiorreactores habituales funcionan con capas de disolución de espesor comprendido entre 5 cm y 30 cm para una productividad volumétrica de $4 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ máxima (para un espesor de 5 cm y un flujo luminoso de $250 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$).

No obstante, la investigación para la obtención de una capa fina lleva a un confinamiento elevado de los cultivos, lo que genera numerosos problemas técnicos de puesta en práctica: dificultad para agitar el medio para garantizar transferencias suficientes (de nutrientes, razón gas/líquido, térmicas) y formación de biopelículas sobre las paredes expuestas a la luz impidiendo así que la luz penetre en la disolución.

Una solución para obtener grandes superficies específicas iluminadas es disminuir el espesor de las disoluciones en las que se cultiva la biomasa.

La patente US nº 5 981 271 proporciona un ejemplo de fotobiorreactor para el cultivo de algas y cianobacterias, en el que el espesor de cultivo (que según los autores está comprendido habitualmente entre 15 cm y 30 cm) se disminuye hasta quedar comprendido entre 5 mm y 18 mm. Esto se hace posible utilizando dos planos rectangulares inclinados, que comprenden cada uno un lado de anchura aguas arriba más elevado que el otro lado de anchura aguas abajo. El lado de anchura aguas abajo de un primer plano está situado a la misma altura que el lado aguas arriba de un segundo plano y estos dos lados están en comunicación de fluido entre sí. Los dos planos están dispuestos capiculados, de manera que el lado aguas abajo del segundo plano se encuentra en la vertical del lado aguas arriba del primer plano. Un colector está situado bajo el lado aguas abajo del segundo plano. Un circuito de remontada que comprende una bomba permite llevar la disolución recogida en el colector hacia el lado aguas arriba del primer plano. Por tanto la disolución discurre sobre los dos planos y sube al primero en un circuito de circulación cerrado.

Los dos planos presentan pendientes del 1,1% al 2,5%, lo que corresponde a inclinaciones en ángulo comprendidas entre $0,63^\circ$ y $1,43^\circ$.

Un inconveniente de este fotobiorreactor es que el colector y el circuito de remontada constituyen volúmenes oscuros en los que las células no se exponen a la luz. En efecto, para este fotobiorreactor, debe estar presente un volumen mínimo en el colector para que la bomba del circuito de remontada pueda funcionar. Estas zonas oscuras presentan entonces como consecuencia la disminución de la producción de biomasa. Además, las células, una vez en el colector, no circulan durante un cierto tiempo, lo que resulta nefasto para la productividad.

Además, la utilización de una bomba para hacer subir la disolución hacia la parte superior del fotobiorreactor impide aumentar la inclinación. En efecto, el aumento del ángulo de inclinación conlleva la necesidad de un colector más importante y por tanto el aumento de los volúmenes oscuros.

Otro inconveniente de este fotobiorreactor es la disposición de dos soportes inclinados capiculados necesaria con el fin de minimizar el tiempo de permanencia en el circuito de remontada. La utilización óptima en condición solar de iluminación requiere maximizar la captación del flujo luminoso por el sistema buscando una orientación (con respecto al norte) y una inclinación (con respecto a la horizontal) adecuadas de los soportes inclinados. La disposición capiculada con una inclinación opuesta de los dos soportes inclinados les impide por tanto funcionar de manera óptima simultáneamente: debiéndose elegir la exposición óptima para una u otra de las superficies. Para permitir que el cultivo fluya, uno de los dos soportes inclinados se coloca además a una altura más importante que el otro. El resultado es que, durante un periodo del día, este soporte inclinado crea sombra sobre la superficie del

segundo, disminuyendo la eficacia global del fotobiorreactor.

El documento FR 2 596 412 facilita otro ejemplo de fotobiorreactor que comprende un conducto, longitudinal, que presenta una sección rectangular y en el que circula una disolución nutritiva cargada con microorganismos. Este conducto presenta una posición inclinada de manera que la suspensión celular fluye por gravedad. La parte inferior del conducto inclinado está conectada mediante canalizaciones a medios de recirculación de tal manera que la disolución nutritiva puede subir desde la parte inferior hacia la parte superior del conducto inclinado. Los medios de recirculación comprenden un depósito de almacenamiento en el que circula un flujo de aire que permite que la disolución nutritiva suba desde la parte inferior hacia la parte superior del conducto.

Descripción de la invención

Un objetivo de la invención es paliar por lo menos un inconveniente del estado de la técnica. Para ello, la invención propone un fotobiorreactor para el cultivo de células que comprende una superficie inclinada con una pendiente media según una dirección de inclinación sobre la que discurre una disolución y que presenta un lado aguas arriba y un lado aguas abajo, comprendiendo la disolución células en suspensión, caracterizado porque el fotobiorreactor comprende un remonte que dirige la disolución del lado aguas abajo al lado aguas arriba según una dirección de remontada sustancialmente paralela a la dirección de inclinación.

Una ventaja de la invención es disminuir el volumen oscuro y permitir el aumento de la inclinación del plano.

Otras características opcionales y no limitativas son:

- el remonte es un tubo transparente que se extiende en paralelo a la dirección de inclinación;
- el fotobiorreactor comprende un ajustador de la pendiente media y el remonte es solidario con el soporte de escorrentía inclinado;
- el fotobiorreactor comprende un dispositivo de rotación del fotobiorreactor según un eje vertical;
- el soporte de escorrentía inclinado comprende un punto de altura mínima, al nivel del cual está situado un orificio de entrada del remonte y por lo menos un punto de altura máxima, al nivel del cual está situado un orificio de salida del remonte;
- el soporte de escorrentía es plano y rectangular, y en el que está formado un canalón mediante una zona al nivel del lado aguas abajo del plano, estando este canalón inclinado según una dirección perpendicular a la dirección de inclinación del soporte de escorrentía;
- el fotobiorreactor comprende una cubierta transparente para cubrir la superficie inclinada, estando esta cubierta adaptada para dejar una capa de aire en la superficie de la disolución de escorrentía;
- la superficie inclinada del soporte de escorrentía presenta asperezas;
- se aplica un revestimiento a la superficie inclinada del soporte de escorrentía, siendo el revestimiento hidrófilo para aumentar la energía superficial del soporte de escorrentía y/o antiadherente para evitar la adhesión de las células sobre la superficie del soporte de escorrentía; y
- un distribuidor de la disolución está situado en la salida del remonte, este distribuidor está adaptado para distribuir la disolución de manera que la escorrentía recubra totalmente la superficie del soporte de escorrentía.

Descripción de las figuras

Otros objetivos, características y ventajas se desprenderán de la lectura de la siguiente descripción detallada, en referencia a los dibujos facilitados a título ilustrativo y no limitativo, en los que:

- la figura 1 es una representación de un ejemplo de realización del fotobiorreactor según la invención;
- la figura 2 es una representación parcial de un ejemplo de realización del fotobiorreactor según la invención con un tubo perforado uniformemente como distribuidor de la disolución aguas abajo;
- la figura 3 es una representación parcial de una variante del fotobiorreactor de la figura 2 con una barra vertical como distribuidor;
- la figura 4 es otra vista parcial del fotobiorreactor de la figura 3;

- la figura 5 es un gráfico que representa la productividad volumétrica en función del espesor de la capa de disolución; y
- la figura 6 es un gráfico que representa el rendimiento y el flujo transmitido a través de la disolución que contiene células en función de la razón de tiempo de permanencia en el circuito de remontada con respecto al tiempo de permanencia en el soporte de escorrentía.

Descripción detallada de la invención

Fotobiorreactor

A continuación se describe un ejemplo de fotobiorreactor con referencia a la figura 1.

El fotobiorreactor 1 según la invención es un fotobiorreactor para el cultivo de células en suspensión en una disolución, y concretamente para el cultivo y la producción de biomasa de microalgas o cianobacterias que necesitan un aporte de luz para su fotosíntesis.

El fotobiorreactor 1 comprende un soporte 2 de escorrentía sobre el que discurre una disolución que presenta una superficie 20 e inclinado con una pendiente media según una dirección de inclinación I-I. El soporte 2 de escorrentía presenta un lado aguas arriba 21 y un lado aguas abajo 22.

La inclinación del soporte 2 de escorrentía permite el cultivo en capa fina: discurriendo la disolución sobre el soporte 2 de escorrentía formando una película de bajo espesor inferior a 1,5 cm. El cultivo en capa fina presenta la ventaja de aumentar la superficie específica (razón de la superficie iluminada con respecto al volumen de cultivo presente sobre el soporte 2 de escorrentía) del fotobiorreactor 1 y así mejorar el rendimiento de producción volumétrica de biomasa y alcanzar una gran concentración en biomasa superior a 10 g/l con respecto a las tecnologías habituales (ganancia de una razón de 10 aproximadamente).

En efecto, cuanto más aumenta la superficie específica, más aumenta la superficie iluminada para un volumen dado. Entonces se estimulan las reacciones de fotosíntesis en las microalgas y cianobacterias.

El fotobiorreactor 1 comprende un remonte 3 que dirige la disolución del lado aguas abajo 22 al lado aguas arriba 21 según una dirección de remontada sustancialmente paralela a la dirección de inclinación I-I.

Un remonte 3 de este tipo permite prescindir de una recogida aguas debajo de la escorrentía y por tanto suprimir el volumen oscuro correspondiente al de la recogida, garantizando así una puesta en movimiento permanente de la disolución que contiene las células.

Asimismo, un remonte 3 de este tipo paralelo a la dirección de inclinación I-I es más ventajoso que un remonte vertical. En efecto, un remonte vertical no puede iluminarse de manera óptima, ya que este remonte no es perpendicular a los rayos luminosos que iluminan el fotobiorreactor (los rayos luminosos son preferentemente perpendiculares a la dirección de inclinación I-I). Por el contrario, un remonte 3 paralelo a la dirección de inclinación permite una iluminación óptima de la misma al mismo tiempo que una iluminación óptima del soporte 2 de escorrentía.

Un factor importante a tener en cuenta para optimizar el rendimiento en la producción de biomasa es la razón R_a entre el tiempo T_p de permanencia en la parte en escorrentía (sobre el soporte 2 de escorrentía) y el tiempo T_A de

$$R_a = \frac{T_A}{T_p}$$

permanencia en la parte en remonte (a través del remonte 3), representando R_a , tal como se ilustra en la figura 6, el rendimiento en función de R_a . Por tanto, se observa que cuanto más aumenta R_a , más aumenta el flujo luminoso transmitido y más disminuye la productividad.

Los valores bajos de R_a inferiores a 0,25 garantizan un funcionamiento aceptable del fotobiorreactor. Esto implica que el tiempo de permanencia de las células en el remonte 3 debe ser bajo con respecto al tiempo de permanencia de las células sobre el soporte 2 de escorrentía. Un remonte 2 paralelo al soporte 2 de escorrentía responde a esta exigencia.

Esto también permite prescindir de la disposición capiculada del estado de la técnica. El fotobiorreactor puede orientarse entonces de manera que la inclinación presente una orientación Norte-Sur, lo que corresponde a una exposición óptima.

El remonte 3 puede ser un tubo transparente que se extiende en paralelo a la dirección de inclinación I-I. La utilización de un tubo transparente permite suprimir el volumen oscuro correspondiente al circuito de remontada del estado de la técnica.

La disolución que contiene las células se pone en movimiento ascendente a lo largo del tubo mediante inyección de gas en el interior del tubo o mediante un sistema mecánico de puesta en circulación de un fluido (tal como una bomba).

5 El tubo presenta preferentemente un diámetro inferior a 1,5 cm con el fin de no generar volumen oscuro en su interior. Las células están en suspensión en una disolución. Si el diámetro es demasiado importante, las células próximas a las paredes del tubo pueden impedir que la luz alcance a las situadas más en el interior del tubo.

10 El remonte 3 puede ser solidario con el soporte 2 de escorrentía inclinado, facilitando así la utilización del fotobiorreactor (no es necesario realizar ningún montaje) y garantiza una estanqueidad entre el remonte 3 y el soporte 2 de escorrentía.

15 También es importante elegir un material que presente una humectabilidad suficiente caracterizada por una energía superficial superior a 50 mN.m^{-1} para el soporte 2 de escorrentía, garantizando así la formación de una película líquida homogénea sobre la superficie del soporte 2 de escorrentía. Ejemplos de materiales adecuados son el acero inoxidable y el vidrio (energía superficial superior a 50 mN.m^{-1}).

20 El fotobiorreactor 1 puede comprender un ajustador 4 de la pendiente media. Esto permite optimizar el rendimiento de producción de biomasa a lo largo de un año. En efecto, a lo largo de un año, el cenit del sol (posición diaria del sol más elevada en el horizonte) evoluciona. Ahora bien, la energía procedente de la luz solar recibida por las células depende del ángulo entre los rayos del sol y la inclinación del soporte (en el caso en el que el fotobiorreactor está dispuesto de manera que la inclinación presente una orientación Norte-Sur). Por tanto, si la inclinación no puede modificarse, el rendimiento de producción de biomasa será óptimo en verano y mínimo en invierno. Con un ajustador 4 de la pendiente media, el rendimiento de producción de biomasa puede optimizarse a lo largo del año.

25 El ajustador 4 de la pendiente media puede ser manual o eléctrico. En el caso en el que el ajustador 4 de la pendiente media es eléctrico, puede ser automático o no.

30 El ajustador 4 de la pendiente media puede ser un elevador mecánico (por ejemplo de cremallera o manivela) o hidráulico (pistón hidráulico o neumático).

35 El fotobiorreactor 1 también puede comprender un dispositivo de rotación del fotobiorreactor según un eje vertical. Un dispositivo de rotación del fotobiorreactor de este tipo permite ajustar la orientación de la inclinación a lo largo del recorrido del sol en el cielo. Por tanto, puede optimizarse el rendimiento de producción de biomasa a lo largo del día.

El dispositivo de rotación del fotobiorreactor puede ser manual o eléctrico. En el caso en el que el dispositivo de rotación del fotobiorreactor es eléctrico, puede ser automático o no.

40 El dispositivo de rotación del fotobiorreactor puede ser un seguidor solar (también denominado rastreador solar o "solar tracker" en inglés). Este dispositivo de rotación puede ser cualquier otro dispositivo que permita seguir el recorrido del sol en el cielo, tal como un heliostato.

45 Aunque se ha resaltado la posibilidad de seguir las evoluciones del cenit del sol y de su recorrido en el horizonte, el fotobiorreactor según la invención también puede utilizarse con una iluminación natural o artificial.

50 El soporte 2 de escorrentía inclinado comprende una zona de altura mínima 23. Un orificio de entrada 31 del remonte 3 está situado al nivel de la zona de altura mínima 23.

Esto permite disminuir al máximo las zonas tampón en las que se acumula la disolución.

55 El soporte 2 de escorrentía inclinado comprende una zona de altura máxima 24. Un orificio de salida 32 del remonte 2 está situado al nivel de la zona de altura máxima 24.

Por tanto, una vez que la disolución que contiene las células en suspensión llega a la zona de altura mínima 23, ésta sube directamente a la zona de altura máxima 24, minimizando así los recorridos inútiles de la disolución.

60 Como variante, el fotobiorreactor comprende un soporte 2 de escorrentía plano y rectangular y en el que está formado un canalón 25 mediante una zona al nivel del lado aguas abajo del plano. El canalón 25 está inclinado según una dirección perpendicular a la dirección de inclinación I-I del soporte 2 de escorrentía.

Por tanto, el canalón 25 permite evitar el fenómeno de estancamiento de la disolución en el lado aguas abajo del soporte 2 de escorrentía y garantiza un mezclado óptimo de la disolución que contiene las células.

65 El diseño de un canalón 25 que lleva el líquido hacia la zona de altura mínima 23 es sencillo al tiempo que respeta las limitaciones principales para el correcto funcionamiento del principio de un fotobiorreactor con soporte de escorrentía, a saber dar preferencia al tiempo de permanencia en la parte en escorrentía con respecto a las otras

partes del bucle hidráulico (remonte 3, distribución al nivel de la zona de altura máxima, recogida al nivel de la zona de altura mínima).

5 Además, el diseño en forma rectangular y plana del soporte 2 de escorrentía permite facilitar la adaptación a las necesidades de producción extrapolarlo mediante simple multiplicación de unidades.

10 El fotobiorreactor 1 puede comprender una cubierta transparente para cubrir la superficie inclinada. La cubierta está adaptada para dejar una capa de aire en la superficie de la disolución de escorrentía. Esto permite evitar la formación de biopelículas sobre la superficie iluminada del fotobiorreactor lo que constituye actualmente un inconveniente importante del estado de la técnica. Además, la cubierta permite disminuir el riesgo de contaminación de la disolución por otros microorganismos, la regulación térmica y/o de la fase gaseosa por encima de la disolución de escorrentía, o incluso impedir la evaporación de agua.

15 La regulación térmica y/o de la composición de la fase gaseosa resulta posible gracias a un regulador térmico y/o de gas conocido por el experto en la materia y que no se describirá con más detalle a continuación.

La regulación de la fase gaseosa permite garantizar un contenido en carbono disuelto suficiente para evitar una limitación del crecimiento por fotosíntesis de las células.

20 No obstante, en determinadas situaciones, existe entonces un riesgo de acumulación de oxígeno en la fase líquida: una concentración demasiado grande de oxígeno en la fase líquida puede ser tóxica para las microalgas o cianobacterias. Este oxígeno se produce durante la fotosíntesis. Puede preverse entonces un dispositivo de barrido de aire para evacuar el exceso de oxígeno en la atmósfera confinada entre la cubierta y la superficie de la disolución.

25 La superficie del soporte 2 de escorrentía puede ser lisa o no. La ventaja de una superficie que presenta microasperezas es permitir una escorrentía ligeramente turbulenta que favorece los intercambios entre la disolución que contiene las células y la atmósfera situada por encima de la superficie de la disolución. Esta escorrentía ligeramente turbulenta también favorece la renovación de las células ya que hay un ligero mezclado de las células. Por tanto, las células oscilan entre una posición próxima a la superficie de la disolución y una posición en el fondo de la disolución, próxima a la superficie del soporte 2 de escorrentía.

35 También puede aplicarse un revestimiento a la superficie del soporte 2 de escorrentía. Este revestimiento puede ser un revestimiento hidrófilo con el fin de aumentar la energía superficial del soporte 2 de escorrentía. Este revestimiento también puede ser un revestimiento antiadherente para impedir la adhesión de las células al soporte 2 de escorrentía, por ejemplo un revestimiento de un polímero, tal como un polímero termoplástico de tetrafluoroetileno (PTFE), que se ha sometido, o no, a un tratamiento hidrófilo. El revestimiento puede ser un revestimiento a la vez hidrófilo y antiadherente.

40 Un distribuidor 6 de la disolución se sitúa en la salida del remonte 3. Este distribuidor 6 está adaptado para distribuir la disolución de manera que la escorrentía recubra totalmente la superficie del soporte 2 de escorrentía. Esto garantiza una utilización óptima de la superficie del soporte 2 de escorrentía.

45 A continuación se facilita un ejemplo en el caso en el que el soporte 2 de escorrentía es rectangular con dos lados de anchura y dos lados de longitud. La dirección de inclinación I-I es sustancialmente paralela a los lados de longitud. El distribuidor está adaptado para distribuir la disolución de manera que recubra totalmente la superficie del soporte 2 de escorrentía por su lado de anchura correspondiente al lado aguas arriba 21.

50 Este distribuidor 6 puede ser un tubo 61 perforado uniformemente con orificios 62 y que se extiende en paralelo al lado aguas arriba 21 tal como se ilustra en la figura 2.

55 Este distribuidor 6 también puede ser una barra 65 vertical ajustable en altura dispuesta al nivel del lado aguas arriba 21 y perpendicular al soporte 2 de escorrentía a modo de un desbordamiento por debajo, tal como se ilustra en las figuras 3 y 4. La barra 65 vertical está situada ligeramente por encima de la superficie del soporte 65 de escorrentía. Por tanto, cuando la disolución llega por el orificio de salida 32 del remonte 3, se esparce aguas arriba de la barra 65 vertical. La barra 65 vertical retiene una parte de la disolución: la disolución se esparce entonces a lo largo de la barra 65 vertical y eventualmente hacia el extremo del lado aguas arriba del soporte 2 de escorrentía.

60 Para una gran inclinación del soporte 2 de escorrentía, es decir para inclinaciones superiores a 5°, los dos tipos de distribuidores mencionados anteriormente pueden combinarse ventajosamente. En este caso, el tubo perforado se sitúa aguas arriba de la barra vertical; permitiendo el tubo perforado una primera distribución de la disolución al nivel del lado aguas arriba del soporte 2 de escorrentía y la barra vertical permite, mediante una pequeña retención, homogeneizar el flujo. Se obtiene entonces una película de escorrentía homogénea.

65 El fotobiorreactor 1 según la invención permite un funcionamiento en un punto óptimo por lo que respecta a la conversión del flujo luminoso captado sin limitación debida a la tasa de carbono o de nutrientes.

El rendimiento de producción de biomasa gana un orden de magnitud con respecto a los fotobiorreactores convencionales.

5 Así, durante una prueba, los presentes autores constataron una productividad máxima de $20 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$, es decir una concentración en biomasa de $17 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ en el punto óptimo de funcionamiento del fotobiorreactor según la invención (frente a de 1 a $5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ para los fotobiorreactores convencionales) (para una iluminación de $250 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$).

Dimensiones

10 A continuación se facilita un ejemplo de dimensionamiento.

15 En este ejemplo, el fotobiorreactor 1 presenta un soporte 2 de escorrentía rectangular con lados de anchura de 70 cm y lados de longitud de 100 cm y un soporte 3 en forma de tubo transparente de sección circular de 1 cm de diámetro. La inclinación del soporte 2 de escorrentía es de 5° .

20 Evidentemente, los dimensionamientos se facilitan en este caso simplemente a título ilustrativo y pueden modificarse según las necesidades de producción. Por ejemplo, puede reducirse la anchura del soporte 2 de escorrentía hasta 30 cm, aumentarse el diámetro del tubo hasta 1,5 cm y aumentarse la inclinación hasta 15° .

Aplicación

25 Aunque la invención se ha descrito con referencia a su aplicación para la producción de biomasa, también puede utilizarse en el campo de la fotocatalisis para el tratamiento de líquidos. En efecto, en este campo, también se requiere una superficie específica iluminada importante (necesidad de evitar el ensuciamiento de las paredes iluminadas, de transferencia de material elevada...).

REIVINDICACIONES

- 5 1. Fotobiorreactor (1) para el cultivo de células, que comprende un soporte (2) de escorrentía que presenta una superficie e inclinado con una pendiente media según una dirección de inclinación (I-I), sobre la cual discurre una disolución y que presenta un lado aguas arriba (21) y un lado aguas abajo (22), comprendiendo la disolución unas células en suspensión, caracterizado porque el fotobiorreactor (1) comprende un remonte (3) que dirige la disolución del lado aguas abajo (22) al lado aguas arriba (21) según una dirección de remontada sustancialmente paralela a la dirección de inclinación (I-I).
- 10 2. Fotobiorreactor (1) según la reivindicación 1, en el que el remonte (3) es un tubo transparente que se extiende en paralelo a la dirección de inclinación (I-I).
- 15 3. Fotobiorreactor (1) según la reivindicación 1 o 2, que comprende un ajustador (4) de la pendiente media y en el que el remonte (3) es solidario con el soporte (2) de escorrentía inclinado.
4. Fotobiorreactor según una de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende un dispositivo de rotación del fotobiorreactor según un eje vertical.
- 20 5. Fotobiorreactor según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el soporte (2) de escorrentía inclinado comprende un punto de altura mínima (23), al nivel del cual está situado un orificio de entrada (31) del remonte (3) y por lo menos un punto de altura máxima (24), al nivel del cual está situado un orificio de salida (32) del remonte (3).
- 25 6. Fotobiorreactor (1) según la reivindicación 5, en el que el soporte (2) de escorrentía es plano y rectangular, y en el que un canalón (25) está formado por una zona al nivel del lado aguas abajo del plano, estando este canalón (25) inclinado según una dirección perpendicular a la dirección de inclinación (I-I) del soporte de escorrentía.
- 30 7. Fotobiorreactor (1) según una de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende una cubierta transparente para cubrir la superficie inclinada, estando esta cubierta adaptada para dejar una capa de aire en la superficie de la disolución de escorrentía.
- 35 8. Fotobiorreactor (1) según una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la superficie inclinada del soporte (2) de escorrentía presenta asperezas.
9. Fotobiorreactor (1) según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que se aplica en la superficie inclinada del soporte (2) de escorrentía un revestimiento hidrófilo para aumentar la energía superficial del soporte (2) de escorrentía y/o antiadherente para evitar la adhesión de las células sobre la superficie del soporte (2) de escorrentía.
- 40 10. Fotobiorreactor (1) según una de las reivindicaciones 1 a 9, en el que un distribuidor (6) de la disolución está situado en la salida del remonte (3), estando este distribuidor (6) adaptado para distribuir la disolución, de manera que la escorrentía recubra totalmente la superficie del soporte (2) de escorrentía.

FIG. 1

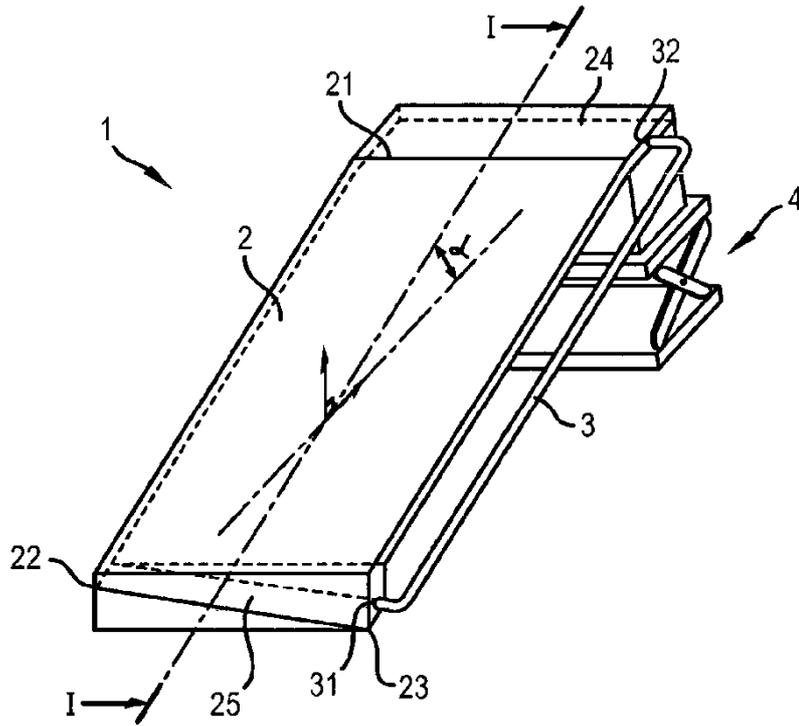


FIG. 2

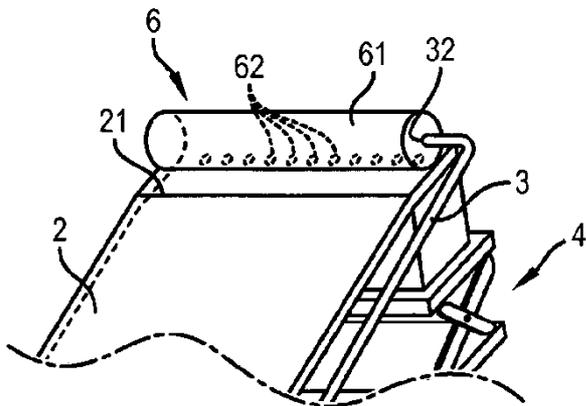


FIG. 3

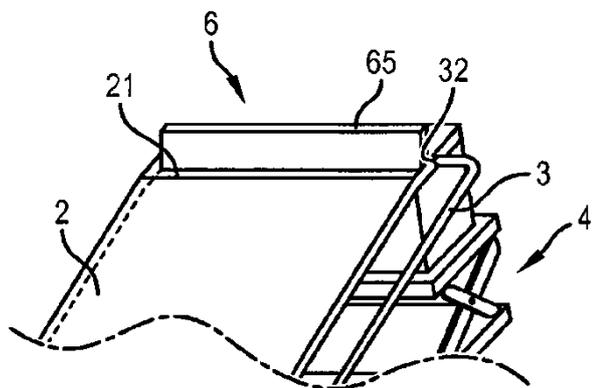


FIG. 4

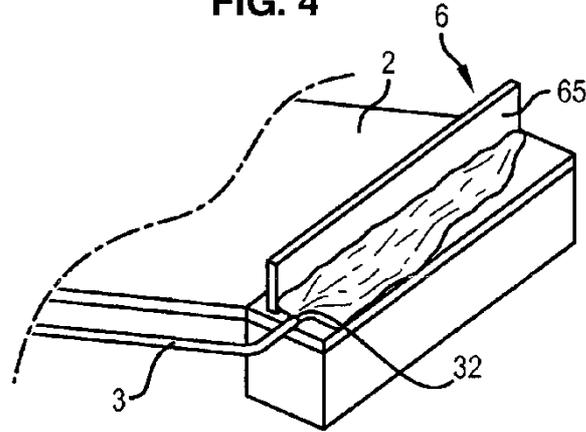


FIG. 5

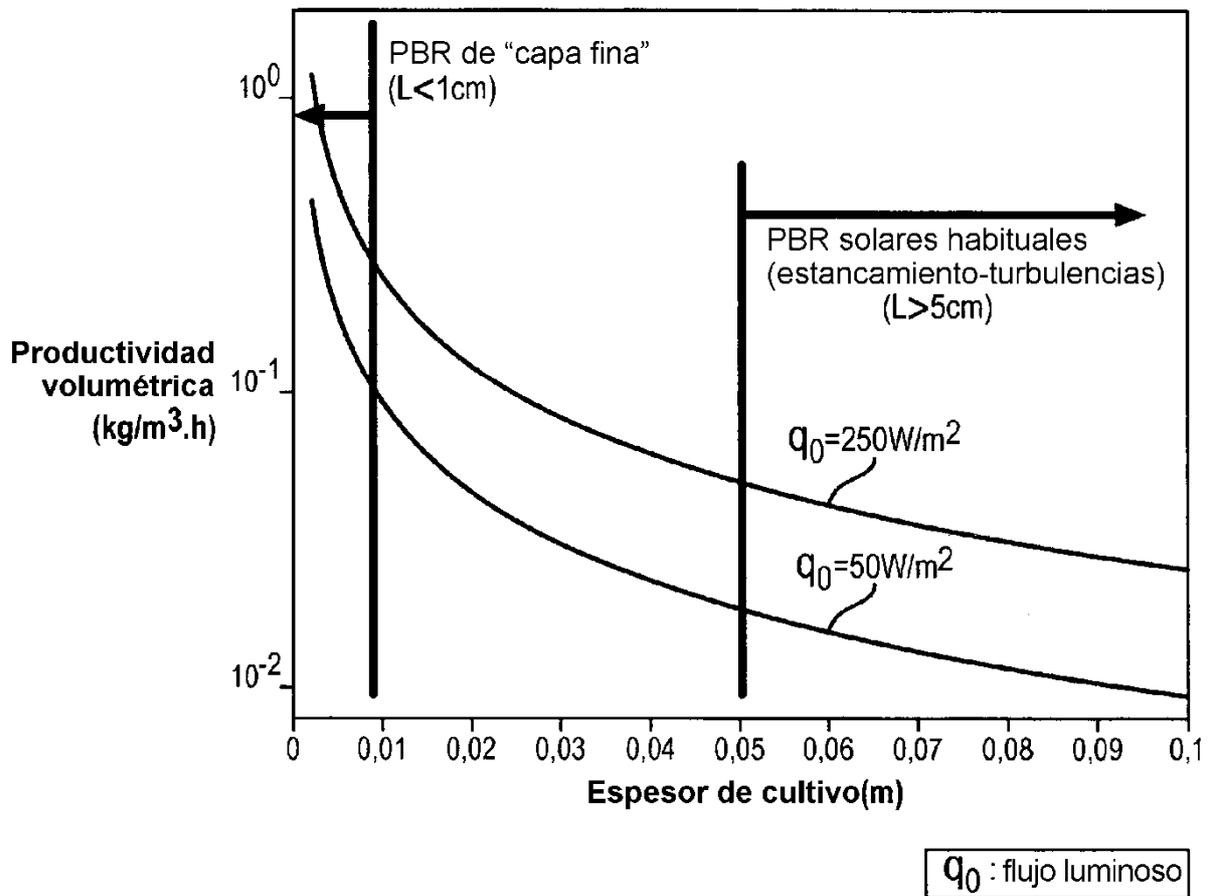


FIG. 6

