



CSA836318

Industria y Comercio

SUPERINTENDENCIA

Superintendencia de Industria y Comercio

RET

Delegatura de Propiedad Industrial

División de Nuev

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 10-097072- -00000-0000

Fecha: 2010-08-09 14:15:26 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 51

SOLICITUD

PATENTE DE INVENCION

10-97072

21. EXPEDIENTE No.

54. TÍTULO FOTOBIOREACTOR

51. CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL C12M 1/00

71. SOLICITANTE AVESTON GRIFFORD LTD.

DOMICILIO TORTOLA, ISLAS VIRGENES BRITANICAS

74. APODERADO LUIS FELIPE CASTILLO

22. BOGOTÁ, D.C., 09 AGO. 2010

(FORMA P-10)

Título, Poder, Cw
18-08-2010
No. 8



SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 10-097072- -00000-0000

Fecha: 2010-08-09 14:15:26 Dep. 2020 DIR NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 51

FORMULARIO ÚNICO DE SOLICITUD DE PATENTE
PCT
ENTRADA EN FASE NACIONAL

1

SOLICITUD DE:

☒

Patente de Invención

☐

Patente de Modelo de Utilidad

☒

Capítulo I

☐

Capítulo II

2

SOLICITANTE
(71)

Nombre: AVESTON GRIFFORD LTD.

Dirección: Craigmuir Chambers, Road Town

Nacionalidad o domicilio: Tortola, Islas Vírgenes
Británicas

IDENTIFICACIÓN

C.C. ☐ NIT ☐

C.E. ☐ Otro ☐

Cual _____

Número _____

3

REPRESENTANTE
O APODERADO

Nombre: LUIS FELIPE CASTILLO GIBSON

Dirección: Carrera 13 No. 37-43 Piso 12

Teléfono: 285 74 60 Fax: 285 92 67

E-mail info@castillograu.com

IDENTIFICACIÓN

C.C. ☒ NIT ☐

C.E. ☐ OTRO ☐

Cual _____

Número 79.397.879 de TP 68.995 del
Bogotá C.S.J.

4

INVENTOR(ES)
(72)

Nombre: Andreas MEISER- Miguel VERHEIN

Dirección Obere Paulas Strasse 58 - c/o DMH Stallard, 6 New Street Square

Nacionalidad o Domicilio: Stuttgart, Alemania - Londres, Inglaterra

5

PCT (86)

Solicitud Internacional No. PCT/IB2009/000076

Fecha: 19/01/2009

Publicación Internacional No. WO 2009/090549 A3

Fecha: 23/07/2009

6

Título (54) FOTOBIOREACTOR

(Folios 59)

7

Clasificación Internacional (51) C12M 1/00

8

Prioridad

Si

☒

No

☐

(33) País de origen

ALEMANIA - IB

(32) Fecha

18.01.2008 -

18.01.2008 -

04.07.2008

(31) Número de Solicitud

10 2008 004 932.8 - 10 2008

004 933.6 -

PCT/IB2008/001770

9

Comprobante de pago N°:

65001

Fecha:

Instrucciones para el diligenciamiento del presente formulario, ver reverso de esta página.

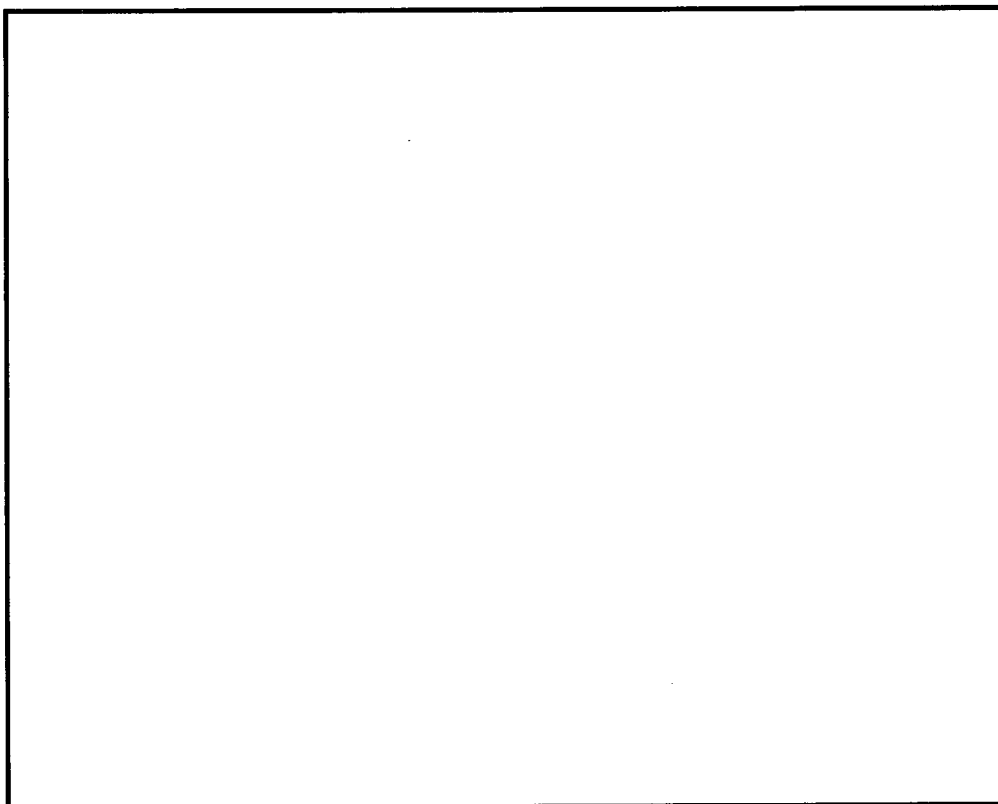
10

ANEXOS

- ☒ Comprobante de pago de la tasa de presentación de la solicitud
- ☐ Documento que acredita la existencia y representación legal cuando el solicitante sea persona jurídica.
- ☐ Poderes, si fuere el caso
- ☐ Certificado de existencia y representación legal cuando el solicitante sea persona jurídica
- ☐ Documento de Cesión del inventor al solicitante o a su acusante
- ☐ Declaraciones
- ☐ Copia de la solicitud Internacional. (Resumen, descripción, reivindicaciones, dibujos)
- ☒ Traducción de la solicitud internacional al castellano. (Resumen, descripción, reivindicaciones, dibujos).
- ☐ Copia del examen preliminar efectuado por la IPEA.
- ☐ Traducción del examen preliminar efectuado por la IPEA.
- ☐ De ser el caso, copia del contrato de acceso.
- ☐ De ser el caso, documento que acredite la licencia o autorización de uso de conocimientos tradicionales de las comunidades indígenas.
- ☐ De ser el caso, certificado de depósito de material biológico.
- ☒ Arte final 12 x 12
- ☐ De ser el caso, información sobre otras solicitudes de patente o títulos obtenidos en el extranjero por el mismo titular o su causante, relacionadas parcial o totalmente con la invención de esta solicitud.
- ☐ Otros

11

FIGURA CARACTERISTICA



12

Solicito la concesión de patente,

NOMBRE: LUIS FELIPE CASTILLO GIBSONE

FIRMA:

C.C. 79.397.879 T.P. 68.995
de Bogotá del C.S.J.

Instrucciones para la presentación de los anexos, ver reverso de esta página

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 800174009-9

RECIBO OFICIAL DE CAJA : 10 - 65,001
FECHA : AGOSTO 9 DE 2010

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 10-097072- -00000-0000

Fecha: 2010-08-09 14:15:26 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 51

***** CONSIGNACION *****

DEPOSITANTE	TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PGO	Vr. PAGO
CASTILLO GRAU Y ASOCIADOS	CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	378733703	09/08/2010	11,337,000.00

***** CONCEPTO *****

CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	TOTAL CONCEPTO
1	50005-01-01	SOLICITUDES	
1		TRAMITES DE SOL. DE PATENTE DE IN	554,000.00
		TOTAL :	\$ 554,000.00

SON: QUINIENTOS CINCUENTA Y CUATRO MIL PESOS

RESPONSABLE : _____

RECIBO DE CAJA APLICADO AL EXPEDIENTE No. _____

FOTOBIORREACTOR

Campo Técnico

La presente invención se refiere a un método para operar un fotobiorreactor cerrado para el cultivo de microorganismos fototrópicos y a un fotobiorreactor cerrado para el cultivo de microorganismos fototrópicos.

Antecedentes

Se sabe que hoy en día los microorganismos fototrópicos se encuentran en muchas aplicaciones comerciales. Es así como se producen algas para fabricar β -caroteno, astaxantina, etc., o la biomasa completa de algas se vende como suplemento nutricional. Hoy en día, la producción de biomasa de algas enfrenta dos dificultades principales. Primero, una gran parte de la producción actual es el resultado de sistemas abiertos (por ej: los denominados estanques abiertos). Estos sistemas abiertos son sensibles para contaminaciones por otras cepas de algas o por plagas, y por lo tanto, en estos sistemas solo pueden cultivarse algas con requerimientos de crecimiento muy específicos. De este modo, por ejemplo, el alga *Dunaliella* se cultiva para la producción de β -caroteno bajo condiciones muy salinas, que no son adecuadas para la mayoría de otros organismos. Segundo, los costos de producción de la biomasa de algas es algo alto (>USD 2,000 por tonelada métrica), de modo que una producción comercial para muchas aplicaciones, en especial en el sector de energía o en el sector del transporte, no es rentable. En particular, los costos de producción aumentan aún más si se utilizan sistemas cerrados en lugar de sistemas abiertos para evitar contaminaciones. Además de los estanques abiertos, actualmente se usa un gran número de varios tipos de fotobiorreactores. Los reactores de tubo, que consisten en uno o más tubos horizontales, o en donde un tubo se enrolla alrededor de un cilindro o cono (bioserpentín) son entre los más conocidos. Más aún, con frecuencia se usan reactores de panel plano, tales como reactores que proveen una capa líquida vertical para el cultivo de algas.

Los principales retos en la producción de químicos y energía a partir de algas son el riesgo de contaminación y el alto costo de producir la biomasa de algas. Igualmente, los principales retos en la producción de químicos finos, suplementos nutricionales, vitaminas, ácidos grasos omega-3 (por ej: carotenoides) sustancias farmacéuticamente activas o biomasa seca para suplemento nutricional a partir de algas constituyen el riesgo de contaminación y el alto costo para la producción de la biomasa. Los mismos retos son aplicables en el

cultivo de algas para biocombustibles, alimentos animales, amino ácidos, producción de metano, etc.

La patente WO 2005/121309 divulga un dispositivo para la producción de algas, en el cual un fluido que comprende algas se coloca en contenedores de crecimiento a los cuales se les suministra un gas que contiene CO₂, el gas circula en los contenedores por medio de un aparato acondicionador de gas. En una realización, adecuada para la producción de microalgas en el mar, se coloca una bolsa de lámina soldada para que flote horizontalmente en la superficie del agua.

La Patente US 4,868,123 divulga un aparato para la producción de microorganismos por fotosíntesis. El aparato comprende un biorreactor para que sea colocado sobre una expansión de agua, el cual tiene un primer grupo de tubos flexibles, los cuales son transparentes a la luz y en los cuales se circula el medio de cultivo, y un segundo grupo de tubos inflables, colocados y mantenidos por debajo del primer grupo por medio de elementos interpolados desprendibles en forma de Y, espaciados a intervalos regulares. Según este documento, cuando la temperatura del medio de cultivo excede una temperatura de referencia superior, el fotobiorreactor es sumergido por deflación de los tubos del segundo grupo. Por el contrario, cuando la temperatura del medio está por debajo de una temperatura mínima, los tubos del segundo grupo se inflan con aire comprimido. La inmersión del fotobiorreactor también puede hacerse introduciendo un líquido relativamente pesado en los tubos del segundo grupo, mientras que la flotación puede hacerse inyectando un fluido liviano que no sea aire.

Debido a que el cultivo a grande escala de microorganismos es bastante costoso, existe la demanda de arreglos de biorreactores más simples y económicos.

Resumen de la Invención

Hoy en día, el cultivo de microorganismos fototrópicos se caracteriza por el alto costo de la producción de biomasa. El nuevo fotobiorreactor también podrá reducir significativamente los costos de producción de biomasa. Adicionalmente, mediante el diseño de un proceso cerrado se puede reducir fuertemente el riesgo de contaminación en comparación con sistemas abiertos.

Con el fin de evitar contaminación, se utilizará un fotobiorreactor cerrado, el cual puede hacerse, por ejemplo, de un plástico como polietileno. Se logra una fuerte reducción en costos a medida que el fotobiorreactor nade en o sobre un cuerpo de agua, por ejemplo, un estanque artificial. Por este principio de

6

construcción, se evitan costos para nivelar el motorreactor exactamente horizontal. A medida que la presión hidrostática interior del fotobiorreactor sea compensada parcialmente por el agua que le rodea, se puede reducir la fuerza de las paredes del fotobiorreactor o usarse un material menos estable. El agua que rodea el fotobiorreactor puede suministrar o remover calor, haciendo sobrar una termorregulación adicional. Al utilizar un material flexible para el fotobiorreactor, así como la posibilidad de cambiar la posición del fotobiorreactor en el cuerpo de agua que le rodea y la posibilidad de cambiar el espesor de capa del líquido de cultivo, se pueden adaptar las condiciones operacionales del fotobiorreactor de acuerdo con factores ambientales tales como radiación solar o temperatura, lo que debería aumentar la productividad que lleva a más reducción en costos. Por la posibilidad de operar el fotobiorreactor en superficies de agua, se dispone de un área muy grande para realizar dicho sistema de fotobiorreactor, considerando que más del 70% nuestro planeta está cubierto de agua.

El fotobiorreactor descrito puede servir para la producción de biomasa a partir de organismos fototrópicos, los cuales pueden usarse para la producción de cualquier tipo de biocombustibles, alimento animal, aminoácidos, para nutrición humana básica, así como para la producción de biomasa a partir de organismos fototrópicos, los cuales son utilizados para la producción de químicos finos, suplementos nutricionales, vitaminas, ácidos grasos omega-3, antioxidante (por ej: carotenoides) ingredientes de sustancias farmacéuticamente activas, o biomasa seca para uso como suplemento nutricional.

Por ello, un objeto de la presente invención es facilitar la regulación de temperatura del contenido, tales como medios de cultivo y microorganismos que se cultivan allí, de un fotobiorreactor. Un objeto relacionado de la invención es utilizar, parcial o totalmente, la capacidad enfriadora del agua alrededor de un fotobiorreactor cerrado con el fin de regular la temperatura de su contenido.

Otro objeto de la presente invención es permitir el control de la posición vertical de un fotobiorreactor cerrado rodeado, parcial o totalmente, por agua. En particular, un objeto de la invención es permitir dicho control de posición sin necesidad de otros medios reguladores de flotación diferentes a su contenido, por ej: medio de cultivo, del fotobiorreactor en sí y el agua alrededor.

Aún otro objeto de presente invención es proveer un fotobiorreactor que dé automáticamente una distribución homogénea del espesor del líquido de cultivo cuando un fotobiorreactor flota en un cuerpo de agua.

X

Debido a que el fotobiorreactor de la presente invención, o partes del mismo, puede hacerse preferiblemente de un material flexible, la forma del reactor puede estar influenciada por impactos e inhomogeneidades internas y externas. Por ello, con el fin de conservar la forma y función óptima del fotobiorreactor, el control de dichos impactos e inhomogeneidades puede ser importante. Por lo tanto, un objeto de la presente descripción es proveer medios para el control adicional de la posición y/o forma del fotobiorreactor flexible.

Otro objeto de la presente invención es simplificar la construcción y reducir el costo, de un fotobiorreactor cerrado y su equipo periférico.

Otros objetos o ventajas de la invención serán a aparentes para una persona versada en la técnica luego de leer la siguiente descripción.

Tal como se utiliza en este contexto, el término fotobiorreactor se refiere generalmente al compartimiento del fotobiorreactor el cual está adaptado para comprender el líquido de cultivo de algas, y en el que ocurre la fotosíntesis, incluidos compartimientos o tubos adicionales, subcompartimientos o medios mecánicos para controlar la posición y/o la forma del fotobiorreactor, pero el término también podrá referirse a un sistema fotobiorreactor en un sentido más amplio, que comprende dicho compartimiento de algas, incluidos compartimientos o tubos adicionales, subcompartimientos o medios mecánicos para controlar la posición y/o forma del fotobiorreactor, así como equipo periférico, tales como por ejemplo, bombas, mangueras, tanques y otro equipo requerido para operar el reactor.

En un primer aspecto de la invención se provee un método para operar un fotobiorreactor cerrado para el cultivo de microorganismos fototrópicos; el fotobiorreactor comprende un líquido de cultivo y está parcial o totalmente rodeado por un cuerpo de agua, en donde se provee una diferencia de densidad entre el líquido de cultivo y el agua que le rodea, de modo que se controle la posición del fotobiorreactor en el cuerpo de agua.

El principio principal sobre el que se basa la presente invención es la capacidad para controlar la posición vertical de un fotobiorreactor flexible y liviano en un cuerpo de agua alrededor mediante el control de la densidad del fotobiorreactor versus la densidad del agua circundante, por ejemplo, mediante la provisión de diferentes concentraciones de salinidad dentro y fuera del reactor. Se ha demostrado que un reactor que contenga agua dulce o agua salobre (baja densidad) flota fácilmente en un cuerpo de agua consistente de agua salada (alta densidad).

c

densidad). Además, se ha encontrado que un fotobiorreactor según la presente invención se estabiliza, lo cual significa que asume una posición horizontal perfecta independientemente de la posición que tenía al comienzo del experimento, y que el espesor de la capa de líquido de cultivo dentro del reactor se vuelve muy homogéneo, nuevamente, independiente del punto de inicio. Por ello, en un caso donde el fotobiorreactor contenga agua dulce y el cuerpo de agua circundante comprenda agua salada, utilizando diferentes salinidades en el reactor mismo y en el cuerpo de agua alrededor, y con ello diferentes densidades en los dos cuerpos de agua, en el cuerpo de agua salada circundante se formará un lente estable de agua dulce confinado por las paredes transparentes flexibles del fotobiorreactor.

El concepto inventivo de usar la diferencia de densidad para estabilizar el reactor y obtener un espesor homogéneo de la capa del líquido de cultivo permite la provisión de un sistema de fotobiorreactor muy simple y demasiado económico. Primero, el agua dulce en el sistema formará la estructura óptima (horizontal) en sí, lo cual quiere decir que para el reactor se puede usar un material delgado y de bajo costo. Segundo, el reactor se moverá automáticamente a una posición, que sea óptima para el cultivo de algas, minimizando con ello la necesidad de equipo mecánico o dispositivos de control de proceso para disponer el reactor en la posición preferida. Tercero, el espesor homogéneo de la capa del líquido de cultivo, así como la posibilidad de optimizar el espesor de la capa del líquido de cultivo variando la cantidad de líquido de cultivo en el fotobiorreactor permite alta densidad de la biomasa en el líquido de cultivo, lo cual quiere decir que el fotobiorreactor según la presente invención puede contener más biomasa y por lo tanto, tener mayor eficiencia de energía.

Debido a que pequeñas diferencias de densidad en el agua dentro y fuera del fotobiorreactor causadas por una diferencia en salinidad y/o temperatura son las únicas fuerzas impulsoras para mover el reactor, es preferible tener un material delgado y flexible en las paredes del fotobiorreactor. Las paredes delgadas y flexibles optimizarán la capacidad del fotobiorreactor para auto-estabilizarse. Un ejemplo de un material adecuado para uso en las paredes del fotobiorreactor es polietileno o material equivalente con un espesor de cerca de 0,1 mm.

Con la provisión de dicha diferencia de densidad entre el líquido de cultivo y el agua circundante de modo que se controle la posición del fotobiorreactor en el cuerpo de agua se crea un cambio en la flotabilidad del fotobiorreactor con respecto al agua circundante; este cambio en flotabilidad es la fuerza impulsora de

9

un cambio de posición vertical del reactor. Así, la diferencia de densidad provista tiene en cuenta el peso y la flotabilidad del fotobiorreactor en sí. Por lo tanto, la presente invención representa una solución sencilla y económica con el fin de controlar la posición del fotobiorreactor en agua circundante. Igualmente, el enfriamiento del contenido del fotobiorreactor puede lograrse de manera eficiente y a bajo costo bajando el fotobiorreactor en el agua circundante.

Además, el diseño de proceso cerrado del sistema reduce considerablemente el riesgo de contaminación. El hecho de que el fotobiorreactor esté rodeado (parcialmente) por agua reduce los costos de producción por varios efectos: al tener el fotobiorreactor flotando o suspendido en agua, no se requieren obras costosas de construcción para nivelar el terreno. El fotobiorreactor flota o se suspende como un sistema cerrado en el cuerpo de agua circundante, y por lo tanto se puede preparar de manera muy sencilla y económica un estanque que represente el cuerpo de agua circundante. En extremo, como cuerpo de agua externo se pueden usar aún ríos, lagos, mar o fosas de arcilla natural rellenas de agua. El cuerpo de agua circundante puede proveer o remover calor de manera óptima, y por lo tanto no se requieren asumir costos para más termorregulación. Puesto que la presión hidrostática interna del fotobiorreactor es compensada parcialmente por el agua circundante, el espesor de las paredes del fotobiorreactor puede reducirse o se puede usar un material menos estable, lo que contribuya a una reducción adicional en costos.

Por la construcción flexible del fotobiorreactor, es decir, la posibilidad para cambiar la posición del reactor en el cuerpo de agua circundante y la posibilidad de cambiar el espesor del líquido de cultivo en el fotobiorreactor, los parámetros de proceso del fotobiorreactor pueden adaptarse de acuerdo con condiciones ambientales, tales como la intensidad de la radiación solar y temperatura, lo cual llevará a un aumento de productividad y a reducir los costos aún más. El espesor del líquido de cultivo influencia el trayecto de luz de la luz del sol necesaria para el crecimiento de los organismos fototrópicos.

Puesto que el fotobiorreactor puede operarse en superficies de agua, existe un área muy grande para la realización de este tipo de sistema de fotobiorreactor, debido a que nuestro planeta está cubierto por más de 70% de agua.

La diferencia de densidad puede proveerse por una diferencia de salinidad entre el líquido de cultivo y el agua circundante. Dicha diferencia de salinidad puede proveerse aumentando o reduciendo la salinidad del líquido de cultivo. Dicha diferencia de salinidad también, o alternativamente, puede proveerse

10

aumentando o reduciendo la salinidad del agua circundante, en particular el agua circundante de un cuerpo cerrado de agua. En este contexto, tal como lo entenderá la persona versada, el término "cuerpo cerrado de agua" se refiere a sistemas bien definidos de agua que permiten el control de por ejemplo, la cantidad o tipo, como de agua dulce, salobre o salada en ellos. Ejemplos de cuerpos cerrados de agua son estanques o albercas naturales o artificiales. Un aumento de salinidad del líquido de cultivo puede proveerse simultáneamente a medida que se provee una reducción de la salinidad del agua circundante. Una reducción de salinidad del líquido de cultivo puede proveerse simultáneamente a medida que se provee un aumento de la salinidad del agua circundante.

La diferencia de densidad puede darse por la provisión de una diferencia de temperatura entre el líquido de cultivo y el agua circundante. Dicha diferencia de temperatura puede darse cambiando la temperatura del agua circundante, en particular el agua circundante de un cuerpo cerrado de agua. Arriba se expresa el significado de un "cuerpo cerrado de agua".

La diferencia de densidad puede darse por un aumento o reducción de una presión de gas del líquido de cultivo. De este modo, la densidad del líquido de cultivo puede estar influenciada por la presión de gas suministrada al fotobiorreactor para que sea consumido (por ej: dióxido de carbono) por las algas o por la presión de un gas producido (por ej: oxígeno) por las algas.

La salinidad, la temperatura, la presión de gas y/o demás parámetros que influyen la densidad del líquido de cultivo y/o el agua circundante pueden modificarse por separado o simultáneamente con el fin de proveer una diferencia de densidad deseable. La densidad del líquido de cultivo y la densidad del agua circundante pueden modificarse por separado o simultáneamente con el fin de proveer una diferencia de densidad deseable.

La diferencia de densidad puede proveerse de modo que se aumente la densidad del líquido de cultivo o de modo que se reduzca la densidad del agua circundante, con lo cual se baja la posición del fotobiorreactor en el cuerpo de agua. La diferencia de densidad puede proveerse de modo que se reduzca la densidad del líquido de cultivo o de modo que se aumente la densidad del agua circundante, con lo cual se eleva la posición del fotobiorreactor en el cuerpo de agua. Se puede proveer la diferencia de densidad de modo que se mantenga la posición del fotobiorreactor en el cuerpo de agua. Nuevamente, la densidad del líquido de cultivo y la densidad del agua circundante puede modificarse

simultáneamente con el fin de proveer una diferencia de densidad deseable, bien sea para bajar, subir o mantener la posición del fotobiorreactor.

El método arriba descrito de operar un fotobiorreactor, es decir, un método en el cual se provee una diferencia de densidad entre el líquido de cultivo y el agua circundante de modo que se controle la posición del fotobiorreactor en el cuerpo de agua, es especialmente adecuado para el control prolongado de la posición. En este contexto, "control prolongado de la posición" se refiere a cambios de posición (subir o bajar el fotobiorreactor) que no se requieran reversar en el curso de varias horas o días desde la iniciación del cambio. Sin embargo, en el método de la invención, el fotobiorreactor puede estar equipado con uno o más compartimientos o tubos adaptados para mayor control de la flotabilidad del fotobiorreactor. A continuación se describen las ventajas de este tipo de compartimientos.

En el método inventivo, el fotobiorreactor también puede estar equipado con medios mecánicos adaptados para controlar aún más la posición vertical y/o la forma del fotobiorreactor. A continuación se describen dichos medios mecánicos y ventajas de los mismos.

En el método inventivo, el fotobiorreactor puede tener una forma de panel plano. En comparación con por ejemplo, fotobiorreactores en forma de tubo, un reactor de panel plano requiere menos material de construcción, menos entrada de energía debido a menor resistencia de flujo, y tiene menos restricciones en escalabilidad.

En el método inventivo, el fotobiorreactor puede comprender además otras características según se describe abajo, con respecto al segundo aspecto de la invención.

En un segundo aspecto de la invención se provee un fotobiorreactor cerrado para el cultivo de microorganismos fototrópicos, el fotobiorreactor está adaptado para comprender un líquido de cultivo y adaptado para que sea rodeado, parcial o totalmente, por un cuerpo de agua, en donde el fotobiorreactor comprende medios para determinar la diferencia de densidad entre el líquido de cultivo y el agua circundante.

Debido a que pequeñas diferencias de densidad en el agua dentro y fuera del fotobiorreactor causadas por una diferencia en salinidad y/o temperatura son las únicas fuerzas impulsoras para mover el reactor, es preferible que las paredes

del fotobiorreactor sean de un material delgado y flexible. Tener paredes delgadas y flexibles optimizarán la capacidad del fotobiorreactor para auto-estabilizarse.

Preferiblemente, el fotobiorreactor cerrado puede comprender un compartimiento, referido aquí como el compartimiento de algas, confinado por paredes de un material hermético, transparente y flexible.

El material hermético, transparente y flexible puede ser además un material liviano o de baja densidad. Preferiblemente, el material puede ser un material basado en polímero, tal como una película delgada de una poliolefina basada en polímero, por ej: polietileno o polipropileno. Otros polímeros indicados para uso con la presente invención los reconocerá fácilmente la persona versada en la técnica de materiales poliméricos. El espesor de las paredes debe seleccionarse dependiendo de las propiedades, tales como flexibilidad, transparencia y durabilidad del material específico a utilizar, y puede ser por ejemplo en el rango de entre 10-1000 μm o en el rango de 25-500 μm o en el rango de 50-150 μm . Con respecto a la durabilidad del material, se prefiere hacer las paredes del fotobiorreactor lo más delgadas posibles con el fin de maximizar la flexibilidad y transparencia. Como ejemplo no limitante, se ha encontrado indicado para uso en las paredes del fotobiorreactor una película de polietileno que tenga un espesor de cerca de 100 μm .

Como ejemplo, el compartimiento de algas del fotobiorreactor puede comprender una lámina superior y una lámina inferior del material hermético transparente y flexible pegada la una a la otra de modo que se forme un compartimiento cerrado entre las dos láminas, pero también se consideran otros arreglos que resulten en un compartimiento hermético confirmado por paredes de un material hermético, transparente, flexible y liviano.

El compartimiento de algas del fotobiorreactor puede comprender varios puertos de entrada y salida a los cuales se les pueden conectar mangueras, bombas, fuentes de líquido o gas y otro equipo adicional requerido o útil para el funcionamiento del fotobiorreactor.

Los medios para determinar la diferencia de densidad pueden comprender medios para determinar la salinidad y/o la temperatura del líquido de cultivo. Los medios para determinar la diferencia de densidad pueden comprender medios para determinar la salinidad y/o la temperatura del agua circundante. Una persona versada en la técnica podrá identificar medios adecuados para determinar la salinidad del líquido de cultivo o del agua circundante y su función puede, por

ejemplo, basarse en la medición de conductividad del medio en el cual se vaya a determinar la salinidad. Una persona versada en la técnica podrá identificar medios adecuados para determinar la temperatura del líquido de cultivo o del agua circundante y puede ser por ejemplo un par termoelectrico u otro dispositivo para medición de temperatura que provea una señal eléctrica que represente la temperatura.

El fotobiorreactor puede tener uno o más compartimientos o tubos adicionales adaptados para controlar aún más la flotabilidad del fotobiorreactor. Los compartimientos o tubos pueden contener gas, agua o cualquier otro líquido. De este modo, los compartimientos o tubos adicionales aumentan la velocidad a la cual se controla la posición del fotobiorreactor en el cuerpo de agua. Por lo tanto, los compartimientos o tubos adicionales pueden utilizarse cuando la posición del fotobiorreactor requiera adaptarse rápidamente, tal como en respuesta a cambios de temperatura a corto plazo del líquido de cultivo. "Cambios a corto plazo" se refiere a cambios en la escala de minutos o de horas.

El fotobiorreactor puede equiparse con medios mecánicos para acelerar la sumersión o flotación cuando la posición del fotobiorreactor requiera adaptarse rápidamente, por ej: para optimizar las condiciones de crecimiento de las algas, por ej. la temperatura, o debido a condiciones de clima tales como vientos fuertes. Dichos medios mecánicos pueden comprender por ejemplo, una red o al menos un elemento alargado, como una cuerda, cable o varilla, extendido por encima del fotobiorreactor y dispuesto para que suba o baje para ayudar a la sumersión o flotación del fotobiorreactor. Dicha red o al menos un elemento alargado puede estar fijo o no a la superficie del fotobiorreactor. Por lo general, sería útil tener dos o más elementos alargados dispuestos en paralelo y distribuidos a distancias adecuadas a lo largo del fotobiorreactor. Los elementos alargados pueden bajarse o subirse simultáneamente o en secuencia, por ejemplo, de modo que todo el fotobiorreactor sea sumergido simultáneamente, o de modo que un lado del reactor sea sumergido primero y el otro lado del reactor sea sumergido subsiguientemente.

El fotobiorreactor puede tener forma de panel plano. En comparación con, por ejemplo, fotobiorreactores en forma de tubo, un reactor de panel plano requiere menos material de construcción, menos entrada de energía debido a una resistencia de flujo más baja y tiene menos restricciones en escalabilidad.

El compartimiento de algas del fotobiorreactor también puede comprender dos o más subcompartimientos adaptados para comprender el líquido de cultivo.

14

Dichos subcompartimientos pueden ser adaptados para comprender una porción del líquido de cultivo presente en el fotobiorreactor. Preferiblemente, cuando el fotobiorreactor comprende dos o más de dichos subcompartimientos, el líquido de cultivo puede distribuirse uniformemente entre subcompartimientos. El uso de subcompartimientos en el fotobiorreactor puede ayudar a estabilizar el reactor cuando sea parcial o completamente sumergido ya que los subcompartimientos ayudan a reducir los efectos adversos potenciales de aglomeración del líquido de cultivo y grandes burbujas de gas como se analizará en detalle más adelante.

Los subcompartimientos pueden ser herméticos entre sí. Si los subcompartimientos son herméticos entre sí, los subcompartimientos actuarán como una disposición de pequeños fotobiorreactores. Esto reducirá aún más los problemas de aglomeración y de grandes burbujas de gas cuando el fotobiorreactor sea sumergido.

Los subcompartimientos también pueden estar conectados para permitir transporte limitado de líquido y/o gas entre los subcompartimientos. Esto reducirá problemas de aglomeración y grandes burbujas de gas cuando el fotobiorreactor sea sumergido, y al mismo tiempo se conservará la flexibilidad del fotobiorreactor y la ventaja de distribución común de CO_2 y otros nutrientes al líquido de cultivo y remoción de oxígeno del reactor.

El fotobiorreactor puede comprender además medios para dividir temporalmente el compartimiento de algas del fotobiorreactor en dos o más subcompartimientos. La división temporal del compartimiento de algas del fotobiorreactor permite los beneficios combinados de tener una estructura de panel plana sin restricciones cuando el fotobiorreactor esté flotando sobre una superficie de agua y una estructura de subcompartimiento cuando el fotobiorreactor esté parcial o completamente en posición sumergida. El fotobiorreactor o el compartimiento de algas del mismo, cuando flota sobre la superficie del agua circundante, comprenderá generalmente al menos una lámina superior flexible de cara a la atmosfera, y una cara inferior flexible de cara al agua, y entre las dos láminas se mantiene el cultivo de algas. El medio para dividir temporalmente el compartimiento de algas del fotobiorreactor puede comprender por ejemplo, un elemento adaptado para presionar una lámina superior del fotobiorreactor hacia una lámina inferior del fotobiorreactor de modo que se forme un subcompartimiento dentro del fotobiorreactor a cada lado de la depresión. En una realización, dicho medio para dividir el compartimientos de algas del fotobiorreactor en dos o más subcompartimientos, comprende al menos un

elemento alargado, tal como una cuerda, cable o varilla extendida por encima del fotobiorreactor y dispuesta para que baje para presionar la lámina superior del fotobiorreactor hacia la lámina inferior del fotobiorreactor de modo que se forme un subcompartimiento dentro del fotobiorreactor a cada lado de dicho al menos un elemento alargado.

En otra realización, dicho medio para dividir el fotobiorreactor en dos o más subcompartimientos comprende al menos un compartimiento o tubo adicional, separado del compartimiento de las algas y dispuesto en contacto con la lámina superior del fotobiorreactor y adaptado para que sea llenado con un líquido que tenga una densidad más alta que el líquido de cultivo, de modo que cuando el compartimiento o tubo adicional sea llenado con el líquido de alta densidad, el compartimiento o tubo llenado pueda presionar la lámina superior del fotobiorreactor hacia la lámina inferior del fotobiorreactor de modo que se forme un subcompartimiento dentro del compartimiento de algas del fotobiorreactor a cada lado de dicho compartimiento llenado.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1a es una vista esquemática de un sistema fotobiorreactor.

La Figura 1b es una vista seccional transversal de un sistema de fotobiorreactor.

La Figura 2a muestra una vista tridimensional de un fotobiorreactor con un tubo de suministro de CO_2 que flota en el compartimiento del líquido de cultivo debido a su baja densidad.

La Figura 2b muestra una sección transversal vertical de un fotobiorreactor con un tubo de suministro de CO_2 que flota en el líquido de cultivo debido a su baja densidad.

La Figura 3 muestra un fotobiorreactor con un compartimiento adicional para controlar la posición vertical y o la forma del reactor.

La Figura 4a es una vista esquemática de un fotobiorreactor con cuerdas para crear subcompartimientos temporales y para acelerar el proceso de sumersión.

La Figura 4b es una ampliación de la Figura 4 a de un perfil vertical con un riel para guiar el movimiento del reactor.

La Figura 5 muestra un fotobiorreactor con subcompartimientos sellados.

La Figura 6a es una vista esquemática de un fotobiorreactor, en donde las láminas superior e inferior del reactor están conectadas en varios puntos.

La Figura 6b es una vista seccional transversal esquemática de un fotobiorreactor, en donde las láminas superior e inferior del reactor están conectadas en varios puntos.

La Figura 7 es una vista seccional transversal esquemática de un fotobiorreactor con compartimientos en la parte superior del reactor los cuales pueden ser llenados con líquido de alta densidad para formar subcompartimientos dentro del fotobiorreactor.

Descripción detallada de realizaciones preferidas de la invención

En los dibujos adjuntos se pueden encontrar ejemplos no limitantes de la realización de la invención la cual se describe además en el siguiente texto. Los términos líquido de cultivo y medio de cultivo se usan de manera intercambiable en este contexto y se pueden referir al entero cultivo de algas, es decir, a la mezcla de algas y el medio acuoso donde las algas están suspendidas, o simplemente al medio acuoso que se utiliza para suspender las algas.

La Figura 1a es una vista de un sistema fotobiorreactor completo. El fotobiorreactor (1) en forma de panel (referido aquí también como el "reactor") flota sobre un cuerpo de agua, aquí un estanque artificial (2). El tamaño de dicho fotobiorreactor (1) puede variar, pero un largo de 50 metros y un ancho de cerca de 10 metros podría ser una posible realización. El fotobiorreactor (1) está hecho de un material transparente flexible y dentro del fotobiorreactor está el líquido de cultivo, en el cual se suspenden las algas. Por radiación solar en el fotobiorreactor (1), las algas pueden producir biomasa por medio de fotosíntesis. Durante este proceso se utiliza dióxido de carbono y se produce oxígeno. Por lo tanto, el medio de cultivo siempre se está moviendo mientras esté iluminado con el fin de suministrar nuevo dióxido de carbono y remover el oxígeno que pueda ser tóxico para las algas. El medio de cultivo se mueve por medio de una bomba (3). De este modo el medio de cultivo se mueve a través del fotobiorreactor y se regresa por medio del tubo (4). El intercambio de gas tiene lugar en un tanque (5) al cual un sistema de tubo (6) suministrará constantemente una mezcla de **gas rica en dióxido de carbono** por medio de un compresor (7). La mezcla de gas rica en dióxido de carbono puede tener su origen, por ejemplo, en una planta de energía eléctrica que utilice combustibles fósiles. El oxígeno desgasificado **saldrá** por

medio de un tubo (8) dotado con un filtro estéril. El líquido de cultivo con biomasa de algas puede ser sacado del sistema por medio de una válvula (9) y almacenarse en un tanque (10) hasta que se procese este volumen cosechado. Un nuevo medio se provee al sistema por medio de otra válvula (11) de un tanque de almacenamiento (12). Esto sirve para nivelar la pérdida de líquido causada por la cosecha y para suministrar líquido de cultivo con nutrientes nuevos.

En una realización alternativa (no se muestra), se provee dióxido de carbono a las algas en cultivo de un tubo o manguera localizada en el reactor; el tubo o manguera tiene una o más salidas para el dióxido de carbono. De este modo, en esta realización, el líquido de cultivo no debe moverse para pasar al tanque (5) con el fin de que se le provea el dióxido de carbono.

Los sensores (13) para determinar la salinidad y temperatura del líquido de cultivo, y los sensores (14) para determinar la salinidad y la temperatura del agua circundante están conectados a una unidad de control (15). La unidad de control (15) determina la diferencia de densidad entre el líquido de cultivo y el agua circundante con base en información de los sensores (13, 14) así como otros parámetros y datos almacenados. La unidad de control controla las bombas (no se muestran) que suministran agua marina y agua dulce, respectivamente, al estanque (2). En otra realización (no se muestra), la unidad de control (15) controla el medio para cambiar la salinidad del líquido de cultivo en el fotobiorreactor (1).

La Figura 1b muestra una sección cruzada a través de dicho sistema. El fotobiorreactor (1) tiene corte lateral; en esta figura, el fotobiorreactor flota sobre un cuerpo de agua (2). Típicamente, el espesor vertical del líquido de cultivo en el fotobiorreactor es entre 1 y 30 cm. La profundidad del cuerpo de agua (2) puede variar considerablemente. El tubo (4) que se utiliza para circular el líquido de cultivo se ve también en corte lateral.

El líquido de cultivo del fotobiorreactor

El cultivo de algas queda en el líquido de cultivo en el fotobiorreactor. El líquido de cultivo es una solución acuosa que comprende diferentes sales y otros nutrientes, como fuentes de carbono tales como CO_2 , glucosa o succinato, de modo que las algas puedan producir biomasa o moléculas específicas. El contenido de nutriente específico del líquido de cultivo puede variar dependiendo del tipo de algas cultivadas en el fotobiorreactor o en las diferentes moléculas que se supone produce el cultivo de algas. El líquido de cultivo en el fotobiorreactor

puede ser reemplazado bombeando líquido de cultivo fresco en el fotobiorreactor a cualquier tasa de flujo, de modo que se provean nutrientes frescos al cultivo de algas. Si se bombea el líquido de cultivo en el fotobiorreactor, la tasa de flujo a la que se bombee el líquido de cultivo se ajusta preferiblemente con el fin de minimizar cualquier pérdida de algas del fotobiorreactor. La temperatura del líquido de cultivo en el fotobiorreactor y el agua circundante se mide continuamente. La temperatura medida es comparada con valores de temperatura predeterminados, los cuales pueden ser temperaturas dentro de un intervalo de temperatura en el que las condiciones para el cultivo de algas sea óptimo, por ejemplo, un intervalo de temperatura que estimule la tasa de crecimiento más alta del cultivo de algas o la tasa de producción más alta de una molécula específica.

Suministro de CO₂ al líquido de cultivo del fotobiorreactor

Las algas requieren para su crecimiento grandes cantidades de CO₂ debido a que lo utilizan como una fuente clave de carbono. Además, en el proceso de fotosíntesis se produce oxígeno el cual puede ser tóxico para las algas. Por lo tanto, la transferencia de masa de estos gases a través de la barrera líquido-gas es crucial para una productividad alta. A continuación se describirá un número de formas posibles de suministrar CO₂ al cultivo de algas y de remover el oxígeno que se forma en el mismo. Los métodos que se describen aquí no deben interpretarse como limitantes de la presente invención. Otros métodos que también serán aparentes para las personas versadas en la técnica teniendo en cuenta la presente descripción también se consideran dentro del alcance de la presente invención.

En una realización (no se muestra), la transferencia de masa de CO₂ al medio de cultivo se logra por medio de difusión pasiva de CO₂ gaseoso en un área de superficie grande del medio de cultivo. Asumiendo que la cinética de los procesos de difusión según se describe en la primera y segunda ley de Fick y los subsiguientes procesos de hidratación y desprotonización son lo suficientemente rápidos para proveer al cultivo de algas con suficiente CO₂ y evitar efectos tóxicos de O₂ por foto-oxidación, será suficiente una difusión pasiva de CO₂ en una superficie grande. La difusión pasiva tiene la ventaja de que no se requiere energía para mover el agua o para forzar CO₂ en el agua. Adicionalmente, los costos de inversión serán reducidos puesto que no se requiere aireación activa. En tal caso, la transferencia de CO₂ tendrá lugar en la capa interfacial entre el agua y el gas CO₂ sin que se le agregue más energía. En una realización

específica, esto puede realizarse generando una burbuja de gas rico en CO_2 sobre el medio de cultivo dentro del fotobiorreactor.

En otra realización (no se muestra), se producen burbujas de CO_2 en todo el medio de cultivo. Preferiblemente, el CO_2 gaseoso puede ser suministrado por un tubo o dispositivo parecido a un tubo, que se extienda dentro del medio de cultivo. Dicho sistema puede comprender agujeros a través de los cuales se puede empujar un gas rico en CO_2 aplicando presión de un dispositivo externo. Los tubos o dispositivos parecidos a tubos pueden fijarse, por ejemplo, en la parte inferior del reactor y la dirección típica de los agujeros sería en dirección de la superficie del agua.

Durante la operación del fotobiorreactor, el gas rico en CO_2 puede ser suministrado continuamente al medio de cultivo. Esta realización también tiene la ventaja adicional de que conduce a una continua desgasificación de oxígeno cercana a *statu nascendi*, es decir, que el oxígeno producido es removido del medio de cultivo poco tiempo después de que se forme.

Alternativamente, se puede agregar el gas rico en CO_2 en impulsos cortos. Existen varios medios para determinar el largo de un impulso, la cantidad de gas que se empuje, la presión a la que se empuje el gas y el tiempo entre impulsos. En una realización, el gas puede ser impulsado por un cronómetro, el cual emite una señal regular, por ejemplo cada 5 minutos para un impulso de 1 minuto. En otra realización, el impulso es controlado por una unidad especial capaz de estimar la cantidad de CO_2 utilizado por las algas y de calcular la longitud óptima del impulso, la cantidad de gas que se vaya a empujar, la presión a la que se empuje el gas y el tiempo entre impulsos. Para estimar la cantidad de CO_2 requerida, la unidad puede comprender diferentes sensores, por ejemplo, un sensor que mida la intensidad de luz, un sensor que mida la temperatura y un sensor que mida la densidad de biomasa en el fotobiorreactor. Utilizando los puntos de datos recibidos por los tres sensores, un controlador de proceso calcularía el patrón de impulsos óptimo del sistema fotobiorreactor.

La cantidad de CO_2 que se agregue también puede relacionarse con el pH en el reactor. En el medio de cultivo se arregla un electrodo pH, el cual mide continuamente el voltaje a través de una membrana semipermeable que permite que los protones pasen la membrana contra un sistema redox definido, por ej: contra un electrodo Ag/AgCl . El voltaje es registrado por una unidad de control de

proceso. La unidad de control de proceso agregará un impulso CO_2 tan pronto el voltaje llegue a un punto predefinido. Los parámetros del impulso, tales como tiempo, cantidad de impulsos por minuto, voltaje para detener los impulsos, pueden ser ingresados a la unidad de control de proceso.

En otra realización, que se muestra en las Figuras 2a y 2b, se puede suministrar CO_2 gaseoso al medio de cultivo por un tubo o un dispositivo parecido a un tubo que se extienda dentro del fotobiorreactor y dispuesto para que flote en la parte superior de la superficie del medio de cultivo debido a su baja densidad. La producción de burbujas del CO_2 gaseoso se hace similarmente al caso que se describe arriba, en donde el tubo o dispositivo parecido a un tubo se extiende dentro del medio de cultivo. Sin embargo, el tubo o el dispositivo parecido al tubo a través del cual se suministra el CO_2 será diseñado específicamente para que flote en la superficie del medio de cultivo en el fotobiorreactor. Esto se logra por la densidad de todo (16) el sistema de aireación que es más baja que la densidad del medio de cultivo (17) de las algas. Los agujeros (18) en el tubo o en el dispositivo parecido al tubo a través de los cuales el CO_2 es empujado dentro del medio de cultivo pueden tener, preferiblemente la punta hacia abajo en esta realización para lograr la mejor transferencia de gas posible. Los agujeros se colocarán en, o levemente por debajo de la superficie del medio de cultivo.

Durante la operación del fotobiorreactor, el gas rico en CO_2 puede ser suministrado continuamente al medio de cultivo. Esta realización también tiene la ventaja adicional de que conduce a una continua desgasificación de oxígeno cercana a *statu nascendi*, es decir, que el oxígeno producido es removido del medio de cultivo poco tiempo después de que se forme.

Alternativamente, se puede agregar el gas rico en CO_2 en impulsos cortos. Existen varios medios para determinar el largo de un impulso, la cantidad de gas que se empuje, la presión a la que se empuje el gas y el tiempo entre impulsos. En una realización, el gas puede ser impulsado por un cronómetro, el cual emite una señal regular, por ejemplo cada 5 minutos para un impulso de 1 minuto. En otra realización, el impulso es controlado por una unidad especial capaz de estimar la cantidad de CO_2 utilizado por las algas y de calcular la longitud óptima del impulso, la cantidad de gas que se vaya a empujar, la presión a la que se empuje el gas y el tiempo entre impulsos. Para estimar la cantidad de CO_2 requerida, la unidad puede comprender diferentes sensores, por ejemplo, un sensor que mida la intensidad de luz, un sensor que mida la temperatura y un sensor que mida la densidad de biomasa en el fotobiorreactor. Utilizando los

puntos de datos recibidos por los tres sensores, un controlador de proceso calcularía el patrón de impulsos óptimo del sistema fotobiorreactor.

La cantidad de CO_2 que se agregue también puede relacionarse con el pH en el reactor. En el medio de cultivo se arregla un electrodo pH, el cual mide continuamente el voltaje a través de una membrana semipermeable que permite que los protones pasen la membrana contra un sistema redox definido, por ej: contra un electrodo Ag/AgCl. El voltaje es registrado por una unidad de control de proceso. La unidad de control de proceso agregará un impulso CO_2 tan pronto el voltaje llegue a un punto predefinido. Los parámetros del impulso, tales como tiempo, cantidad de impulsos por minuto, voltaje para detener los impulsos, pueden ser ingresados a la unidad de control de proceso.

CO_2 no necesariamente tiene que ser suministrado al medio de cultivo en forma de CO_2 gaseoso dentro del fotobiorreactor. El medio enriquecido con CO_2 también puede prepararse fuera del fotobiorreactor, por ej: produciendo burbujas de CO_2 gaseoso en un medio acuoso. En otras palabras, en lugar de suministrar el CO_2 en la parte transparente del fotobiorreactor, esto se puede hacer fuera del fotobiorreactor. En una realización un sistema de este tipo puede emplear un tanque vertical que contenga un medio acuoso, en donde gas rico en CO_2 es suministrado en la parte inferior o cerca de la parte inferior del tanque. Mientras las burbujas de CO_2 suben por el medio acuoso, se transferirá CO_2 de las burbujas y dentro del medio acuoso, y al mismo tiempo se podrá remover el oxígeno del medio de cultivo. En una realización preferida, el medio acuoso enriquecido con CO_2 es el medio de cultivo del fotobiorreactor el cual es enriquecido con CO_2 y posteriormente regresado al fotobiorreactor. Debido a que el tanque puede tener una altura de varios metros, el tiempo residencial de CO_2 puede ser comparativamente largo, dejando que se haga una buena transferencia de masa. Para burbujear CO_2 en un tanque vertical, se requiere energía, por ejemplo contra la presión hidrostática. Esa energía, la cual se pone para presurizar el gas, también puede utilizarse para mover el medio acuoso del compartimiento de algas dentro del dispositivo de enriquecimiento de CO_2 y de regreso al compartimiento de algas.

En otra realización, en lugar de burbujear CO_2 por el medio de cultivo de algas dentro o fuera del fotobiorreactor, el suministro de CO_2 se facilita por el uso de una membrana semipermeable. El uso de este tipo de membrana tendría varias ventajas en comparación con el burbujeo:

2A

a) Dicha membrana funcionaría como válvula de una vía, lo cual quiere decir que la membrana permitiría que el CO_2 ingrese al medio de cultivo, pero impediría el ingreso de agua en el sistema de suministro de CO_2 , ya que dicha sería permeable para CO_2 pero no para agua.

b) Más bajo consumo de energía. Debido a que no se requiere generar burbujas, el método de membrana permite el suministro de CO_2 con un consumo de energía más bajo en comparación con el proceso de burbujeo.

c) Esfuerzo cortante bajo. Al evitar el burbujeo se reduce el esfuerzo cortante en las células de las algas. Un esfuerzo cortante bajo en las algas resulta en menos algas muertas en el medio de cultivo de algas y por lo tanto, menos material orgánico propenso a descomposición lo cual puede reducir la eficiencia del fotobiorreactor. Además, esto reduciría considerablemente el riesgo de contaminación por organismos heterotróficos.

d) Tasa de transferencia de masa más alta. El uso de una membrana permite una presión de CO_2 más alta que la realización que emplea difusión pasiva que se describe arriba, debido a que la presión de CO_2 contra la membrana no se limita a la presión de aire atmosférica circundante como sería el caso de difusión pasiva. Además, la membrana puede tener un área de superficie más alta que una superficie plana, como la superficie del medio de cultivo con el mismo tamaño de la membrana.

La transferencia de masa de CO_2 y/u oxígeno también puede facilitarse si moviendo el fotobiorreactor, por ejemplo, inclinando el reactor.

El fotobiorreactor en un cuerpo cerrado de agua

El término "cuerpo cerrado de agua" se refiere a sistemas bien definidos de agua que permiten el control de por ejemplo, la cantidad o tipo, de agua dulce, salobre o salada en ellos. Ejemplos de cuerpos cerrados de agua son estanques o albercas naturales o artificiales.

En una realización, el fotobiorreactor descansa sobre una superficie de un cuerpo cerrado de agua de mar, es decir, agua salada, como posición de inicio. Cuando el fotobiorreactor descansa, o flota, en la superficie de un cuerpo de agua de mar, la densidad del fotobiorreactor es más baja en comparación con la densidad del cuerpo de agua de mar. Si se requiere bajar la posición del fotobiorreactor, se regula la diferencia de densidad entre el fotobiorreactor y el cuerpo de agua de mar. Como ejemplo, se puede requerir bajar la posición del

13

fotobiorreactor cuando la temperatura medida del líquido de cultivo sea más alta o se espere que sea más alta que un valor de temperatura predeterminado. Para regular la diferencia de densidad entre el fotobiorreactor y el cuerpo de agua de mar, se reduce la salinidad del cuerpo de agua de mar. Esto se logra reemplazando el agua de mar por agua dulce. A medida que el agua de mar es reemplazada por agua dulce, se reduce gradualmente la salinidad del cuerpo cerrado de agua, es decir, se reduce la densidad del agua que rodea el fotobiorreactor. Como alternativa, el agua de mar puede ser reemplazada por agua salobre. La densidad del líquido de cultivo, la densidad total del fotobiorreactor así como la densidad del agua circundante se miden continuamente de modo que se determine continuamente la diferencia de densidad entre el fotobiorreactor y el agua circundante. El fotobiorreactor se hunde en el cuerpo cerrado de agua debido a su densidad más alta en comparación con el agua circundante y se baja la posición del fotobiorreactor. La posición del fotobiorreactor puede bajarse hasta que la temperatura medida del líquido de cultivo esté dentro de un rango deseable de temperatura.

En otra realización, el fotobiorreactor descansa sobre la superficie de un cuerpo cerrado de agua dulce como posición de inicio. Cuando el fotobiorreactor descansa o flota sobre la superficie de un cuerpo de agua dulce, la densidad del fotobiorreactor es más baja en comparación con la densidad del cuerpo de agua dulce. Si se requiere bajar la posición del fotobiorreactor, se regula la diferencia de densidad entre el fotobiorreactor y el cuerpo de agua dulce. Como ejemplo, se puede requerir bajar la posición del fotobiorreactor cuando la temperatura medida del líquido de cultivo sea más alta o se espere que sea más alta que un valor de temperatura predeterminado. Para regular la diferencia de densidad entre el fotobiorreactor y el cuerpo de agua dulce, se aumenta la salinidad del líquido de cultivo. Esto se logra reemplazando o complementando el líquido de cultivo por un líquido de cultivo de salinidad más alta, es decir, bombeando al fotobiorreactor un líquido de cultivo de salinidad más alta. La tasa de flujo del líquido de cultivo se ajusta con el fin de permitir que las algas se adapten a las concentraciones de sal más altas en el líquido de cultivo y minimizar cualquier pérdida de algas en el fotobiorreactor. A medida que el líquido de cultivo es reemplazado o complementado por líquido de cultivo de salinidad más alta, la densidad del fotobiorreactor aumenta. La densidad del líquido de cultivo, la densidad total del fotobiorreactor así como la densidad del agua circundante se miden continuamente de modo que se determine continuamente la diferencia de densidad entre el fotobiorreactor y el agua circundante. El fotobiorreactor se hunde en el cuerpo cerrado de agua debido a su densidad más alta en comparación con

el agua circundante y se baja la posición del fotobiorreactor. La posición del fotobiorreactor puede bajarse hasta que la temperatura medida del líquido de cultivo esté dentro de un rango deseable de temperatura.

En otra realización, el fotobiorreactor descansa por debajo de la superficie de un cuerpo cerrado de agua de mar, como agua salada, como posición de inicio. Cuando el fotobiorreactor está por debajo de la superficie de un cuerpo de agua de mar, la densidad del fotobiorreactor es más alta en comparación con la densidad del cuerpo de agua de mar. Si se requiere subir la posición del fotobiorreactor, se regula la diferencia de densidad entre el fotobiorreactor y el cuerpo de agua de mar. Como ejemplo, se puede requerir subir la posición del fotobiorreactor cuando la temperatura medida del líquido de cultivo sea más baja o se espere que sea más baja que un valor de temperatura predeterminado. Para regular la diferencia de densidad entre el fotobiorreactor y el cuerpo de agua de mar, se reduce la salinidad del líquido de cultivo. Esto se logra reemplazando o complementando el líquido de cultivo por el líquido de cultivo de salinidad más baja, es decir, bombeando al fotobiorreactor un líquido de cultivo de salinidad más baja. La tasa de flujo del líquido de cultivo se ajusta para permitir que las algas se adapten a las concentraciones de sal más bajas en el líquido de cultivo y minimizar cualquier pérdida de algas en el fotobiorreactor. A medida que el líquido de cultivo es reemplazado o complementado por el líquido de cultivo de salinidad más baja, se reduce la densidad del fotobiorreactor. La densidad del líquido de cultivo, la densidad total del fotobiorreactor, así como la densidad del agua circundante se miden continuamente de modo que se determine continuamente la diferencia de densidad entre el fotobiorreactor y el agua circundante. La posición del fotobiorreactor se eleva en el cuerpo cerrado de agua debido a su densidad más baja en comparación con el agua circundante. Subir el fotobiorreactor en el cuerpo de agua podrá continuar hasta que la temperatura del líquido de cultivo esté dentro de un rango deseable de temperatura.

En otra realización, el fotobiorreactor descansa por debajo de la superficie de un cuerpo cerrado de agua dulce como posición de inicio. Cuando el fotobiorreactor está por debajo de la superficie de un cuerpo de agua dulce, la densidad del fotobiorreactor es más alta en comparación con la densidad del cuerpo de agua dulce. Si se requiere subir la posición del fotobiorreactor, se regula la diferencia de densidad entre el fotobiorreactor y el cuerpo de agua dulce. Como ejemplo, se puede requerir subir la posición del fotobiorreactor cuando la temperatura medida del líquido de cultivo sea más baja o se espere que sea más baja que un valor de temperatura predeterminado. Para regular la diferencia de

65

densidad entre el fotobiorreactor y el cuerpo de agua dulce, se aumenta la salinidad del agua circundante. Esto se logra reemplazando el agua dulce por agua de mar, es decir, agua salada. A medida que el agua dulce es reemplazada por agua salada, la salinidad del cuerpo cerrado de agua aumenta gradualmente, es decir, aumenta la densidad del agua que rodea el fotobiorreactor. La densidad del líquido de cultivo, la densidad total del fotobiorreactor, así como la densidad del agua circundante se miden continuamente de modo que se determine continuamente la diferencia de densidad entre el fotobiorreactor y el agua circundante. La posición del fotobiorreactor se eleva en el cuerpo cerrado de agua debido a su densidad más baja en comparación con el agua circundante. Subir el fotobiorreactor en el cuerpo de agua podrá continuar hasta que la temperatura del líquido de cultivo esté dentro de un rango deseable de temperatura.

En una realización, en particular cuando el fotobiorreactor está en un cuerpo cerrado de agua, la densidad del líquido de cultivo y la densidad del agua circundante se cambian simultáneamente. De este modo, la salinidad del agua circundante se reduce simultáneamente a medida que se aumenta la salinidad del líquido de cultivo, o se aumenta simultáneamente la salinidad del agua circundante a medida que se reduce la salinidad del líquido de cultivo. La regulación simultánea de la salinidad del cuerpo de agua, preferiblemente cerrado, y el líquido de cultivo aumenta la velocidad a la cual se regula la diferencia de densidad entre el fotobiorreactor y el agua circundante, aumentando con ello la velocidad a la cual se suba o baje el fotobiorreactor en el agua circundante.

En una realización, en particular cuando el fotobiorreactor esté en un cuerpo cerrado de agua, la temperatura del cuerpo de agua se usa como un medio adicional para proveer una diferencia de densidad deseable, es decir, se regula la temperatura como complemento o como alternativa para regular la salinidad del líquido de cultivo o del agua alrededor del reactor. Cuando se requiera bajar la posición del fotobiorreactor, se aumenta la temperatura del cuerpo cerrado de agua, reduciendo con ello la densidad del agua circundante. Además, cuando se requiera subir la posición del fotobiorreactor, se reduce la temperatura del cuerpo cerrado de agua, aumentando con ello la densidad del agua circundante. De este modo, regular la temperatura del agua alrededor del reactor influencia la velocidad a la cual se suba o baje el fotobiorreactor en el agua circundante.

En una realización en la que el fotobiorreactor descansa sobre la superficie de un cuerpo cerrado de agua de mar, es decir, agua salada, como posición de inicio, al agua circundante se agregan otros aditivos que no sea agua dulce con el

fin de reducir la densidad del medio alrededor del reactor. Por ejemplo, al cuerpo cerrado de agua se le agrega un líquido no acuoso de densidad más baja que el agua con el fin de reducir la densidad del medio alrededor del reactor.

En una realización donde el fotobiorreactor descansa por debajo de la superficie de un cuerpo cerrado de agua dulce como posición de inicio, al cuerpo cerrado de agua dulce se le agregan otros aditivos que no sea agua de mar, es decir, agua salada, con el fin de aumentar la densidad del medio alrededor del reactor. Por ejemplo, al cuerpo cerrado de agua se le agrega un líquido no acuoso de densidad más alta que el agua con el fin de aumentar la densidad del medio alrededor del reactor.

El fotobiorreactor cerrado en agua abierta

El término "agua abierta" se refiere a los cuerpos naturales de agua, tales como lagos, ríos o mar, en donde es difícil o imposible un control efectivo de las propiedades químicas o físicas del agua.

En una realización, el fotobiorreactor descansa sobre la superficie de agua dulce abierta como posición de inicio. Cuando el fotobiorreactor descansa, o flota, en la superficie de agua dulce abierta, la densidad del fotobiorreactor es más baja en comparación con la densidad del agua dulce. Si se requiere bajar la posición del fotobiorreactor, se regula la diferencia de densidad entre el fotobiorreactor y el agua dulce abierta. Como ejemplo, se puede requerir bajar la posición del fotobiorreactor cuando la temperatura medida del líquido de cultivo sea más alta o se espere que sea más alta que un valor de temperatura predeterminado. Para regular la diferencia de densidad entre el fotobiorreactor y el agua circundante, se aumenta la salinidad del líquido de cultivo. Esto se logra reemplazando o complementando el líquido de cultivo por un líquido de cultivo de salinidad más alta, es decir, bombeando al fotobiorreactor el líquido de cultivo de salinidad más alta. La tasa de flujo del líquido de cultivo se ajusta con el fin de permitir que las algas se adapten a las concentraciones de sal más altas en el líquido de cultivo y minimizar cualquier pérdida de algas en el fotobiorreactor. A medida que el líquido de cultivo es reemplazado o complementado por el líquido de cultivo de salinidad más alta, aumenta la densidad del fotobiorreactor. La densidad del líquido de cultivo, la densidad total del fotobiorreactor así como la densidad del agua dulce abierta se miden continuamente de modo que se determine continuamente la diferencia de densidad entre el fotobiorreactor y el agua circundante. El fotobiorreactor se hunde en el agua dulce abierta debido a su densidad más alta en comparación con el agua circundante y se baja la posición del fotobiorreactor.

La posición del fotobiorreactor puede bajarse hasta que la temperatura medida del líquido de cultivo esté dentro de un rango deseable de temperatura.

En otra realización, el fotobiorreactor descansa por debajo del agua de mar abierta, es decir, agua salada, como posición de inicio. Cuando el fotobiorreactor está por debajo de la superficie de agua de mar abierta, la densidad del fotobiorreactor es más alta en comparación con el agua de mar. Si se requiere subir la posición del fotobiorreactor, se regula la diferencia de densidad entre el fotobiorreactor y el agua de mar. Como ejemplo, se puede requerir elevar la posición del fotobiorreactor cuando la temperatura medida del líquido de cultivo sea más baja o que se espere sea más baja que un valor de temperatura predeterminado. Para regular la diferencia de densidad entre el fotobiorreactor y el agua de mar, se reduce la salinidad del líquido de cultivo; esto se logra reemplazando el líquido de cultivo por un líquido de cultivo de salinidad más baja, es decir, bombeando al fotobiorreactor un líquido de cultivo de salinidad más baja. La tasa de flujo del líquido de cultivo se ajusta con el fin de permitir que las algas se adapten a las concentraciones de sal más bajas en el líquido de cultivo y minimizar cualquier pérdida de algas en el fotobiorreactor. A medida que el líquido de cultivo es reemplazado por líquido de cultivo de salinidad más baja, se reduce la densidad del fotobiorreactor. La densidad del líquido de cultivo, la densidad total del fotobiorreactor así como la densidad del agua de mar se miden continuamente de modo que se determine continuamente la diferencia de densidad entre el fotobiorreactor y el agua circundante. La posición del fotobiorreactor se sube en el agua de mar debido a su densidad más baja en comparación con el agua circundante. Subir el fotobiorreactor en el agua de mar podrá continuar hasta que la temperatura medida del líquido de cultivo esté dentro de un rango deseable de temperatura.

Sistema de control

En una realización, la salinidad del líquido de cultivo, y de este modo, indirectamente la posición del fotobiorreactor se regula mediante un sistema multipropósito. Este sistema está programado con información relacionada con el fotobiorreactor, como el peso y la densidad totales del fotobiorreactor y la cantidad de biomasa y líquido de cultivo que se contiene en el fotobiorreactor. Más aún, el sistema mide continuamente la temperatura, salinidad y densidad del líquido de cultivo y la densidad del agua circundante, de este modo determinando continuamente la diferencia de densidad entre el fotobiorreactor y el agua circundante. El sistema también controla la concentración de los diferentes

componentes del líquido de cultivo, como la concentración de sal. Luego, el sistema puede regular automáticamente la posición del fotobiorreactor en el agua circundante como respuesta a un cambio en la temperatura del líquido de cultivo, con el fin de mantener el cultivo de algas a temperatura constante. Así, el sistema puede dotarse con circuitos de control o algoritmos conocidos, tales como algoritmos de control con mecanismos de retroalimentación, para permitir una óptima estabilidad cuando se regule la posición del fotobiorreactor.

En otra realización, cuando el fotobiorreactor esté en un cuerpo cerrado de agua, la salinidad y la temperatura del agua circundante son reguladas por el sistema multipropósito que se describe arriba. En una realización de un fotobiorreactor que tenga compartimientos o tubos adicionales, el sistema de control también regula el llenado y vaciado de gas, agua y otros líquidos de los compartimientos o tubos. En una realización, el sistema multipropósito controla no solo parámetros relacionados con la colocación del fotobiorreactor, sino también parámetros relevantes al crecimiento de las algas. De este modo, el sistema de control también mide y regula contenido de O_2 y CO_2 del cultivo de algas.

Medios adicionales para controlar la posición y/o forma del fotobiorreactor

La posición vertical y/o forma del fotobiorreactor según la presente invención puede controlarse suministrando una diferencia de densidad adecuada entre el líquido de cultivo y el agua circundante donde el reactor esté suspendido. Sin embargo, algunas veces podrán ser útiles otros medios para controlar la posición y/o forma del fotobiorreactor. Este puede ser por ejemplo el caso cuando se requiera sumergir rápidamente el fotobiorreactor. Dichos medios pueden incluir compartimientos o tubos adicionales que puedan llenarse con un medio de alta o baja densidad con el fin de ayudar a la sumersión o flotación del fotobiorreactor, medios mecánicos para ayudar a la sumersión o flotación del fotobiorreactor, y subcompartimientos dentro de los compartimientos de algas del fotobiorreactor para controlar la forma del reactor cuando se sumerja. A continuación analizaremos estos tres tipos de medios.

Compartimientos o tubos adicionales que se puedan llenar con medio de alta o baja densidad

En una realización, el fotobiorreactor está dotado con compartimientos o tubos adicionales que proveen medios para aumentar la velocidad a la que se cambia la posición del fotobiorreactor. Los compartimientos o tubos pueden contener gas, agua o cualquier otro líquido. Cuando el fotobiorreactor descansa en

una superficie de agua, los compartimientos o tubos pueden contener solo gas. Si se requiere bajar la posición del fotobiorreactor, los compartimientos o tubos son llenados con agua o con un líquido de alta densidad, aumentando de este modo la densidad total del fotobiorreactor. Cuando el fotobiorreactor está por debajo de la superficie del agua y se requiere subir la posición del fotobiorreactor, se empuja el agua o el líquido de alta densidad en los compartimientos o tubos y se reemplaza por gas, reduciendo de este modo la densidad total del fotobiorreactor. De este modo, los compartimientos o tubos adicionales aumentan la velocidad a la cual se regula la diferencia de densidad entre el fotobiorreactor y el agua circundante. Por lo tanto, los compartimientos o tubos pueden usarse cuando se requiera adaptar rápidamente la posición del fotobiorreactor, tal como en respuesta a cambios a corto plazo de la temperatura del líquido de cultivo. "Cambios a corto plazo" se refiere a cambios en la escala de minutos u horas. Los compartimientos o tubos adicionales pueden disponerse en cualquier lugar en el fotobiorreactor. Los compartimientos o tubos adicionales pueden ser del mismo material que el resto del fotobiorreactor o de un material diferente, el cual sea más rígido y potencialmente también más durable. Los compartimientos o tubos adicionales también pueden comprender un sistema de varios tubos en conexión líquida entre sí o pueden comprender un compartimiento más ancho que tenga puntos de pegamento o soldadura o conexiones hechas por técnicas similares para proveer estabilidad estructural.

En una realización que se muestra en la Figura 3, un compartimiento adicional está arreglado en la parte superior del fotobiorreactor. En esta realización, la densidad del sistema del reactor total puede cambiarse agregando un líquido con alta densidad, preferiblemente agua salada, en el compartimiento adicional (19), el cual es separado del compartimiento de algas (20). Cuando está lleno, el compartimiento aumentará la densidad de todo el sistema reactor de modo que se acelere el proceso de hundimiento. En esta realización, el compartimiento adicional está arreglado en la parte superior del fotobiorreactor. El compartimiento adicional comprende puntos de pegamento interiores (21) para proveer estabilidad estructural. Los compartimientos o tubos adicionales pueden estar conectados a un suministro de líquido de alta densidad por una o más mangueras (22) provistas con las válvulas (23) a un lado del reactor, y una conexión similar al lado opuesto del reactor. Cuando se utiliza para acelerar la sumersión del fotobiorreactor según esta realización, el compartimiento adicional será llenado con agua de un lado, y las válvulas al otro lado también se abrirán. Comenzando el proceso de llenado de un lado, este lado se sumergirá primero. El aire que quede en el compartimiento adicional podrá ser recolegido a un lado del

20

fotobiorreactor y empujarse hacia afuera con mayor eficiencia. El proceso de llenado continuará hasta que salga todo el aire y el reactor completo comience a hundirse. Luego se cierran las válvulas opuestas a las mangueras de llenado. El proceso de llenado puede detenerse en este punto o continuar el proceso de llenado por un tiempo. Continuar con el proceso de llenado aumenta la presión en el compartimiento adicional, aumentando de este modo la rigidez de este compartimiento y permitiéndole proveer una estabilidad estructural adicional al fotobiorreactor durante la sumersión y de un modo parcial o totalmente sumergido.

Cuando el sistema reactor debe subir, el agua salada del compartimiento adicional será bombeada por una bomba que tenga las válvulas opuestas a la bomba cerrada con el fin de evitar que las burbujas de aire ingresen al nuevo compartimiento. Para acelerar el proceso de subida, las válvulas opuestas a la bomba se abrirán y con las respectivas mangueras, se empujará hacia adentro aire presurizado o gases de proceso (*flue gases*).

Medios mecánicos para ayudar ala sumersión o flotación del fotobiorreactor

El fotobiorreactor podrá estar dotado con medios mecánicos para acelerar la sumersión o flotación cuando se requiera adaptar rápidamente la posición del fotobiorreactor, por ejemplo, para optimizar las condiciones de crecimiento de la algas, por ej: la temperatura, o debido a condiciones climáticas tales como vientos fuertes. Este tipo de medios mecánicos puede comprender poro ejemplo, una red o al menos un elemento alargado, como una cuerda, cable o varilla, extendida por encima del fotobiorreactor y arreglado para que baje o suba para ayudar la sumersión o flotación del fotobiorreactor. Los elementos alargados pueden subirse o bajarse simultáneamente o en secuencia, por ej: de modo que todo el fotobiorreactor se sumerja simultáneamente, o de modo que primero se sumerja un lado del reactor y el otro lado del reactor se sumerja subsiguientemente.

La Figura 4 a ilustra una realización específica. Por encima del biorreactor (24) se han instalado cuerdas (25) a distancias regulares, esto puede hacerse en una distancia de por ejemplo, cada 1-2 metros. Las cuerdas tienen mínimo el largo del tamaño del reactor y a ambos extremos están conectados a perfiles verticales (26). Cuando se vaya a sumergir el fotobiorreactor, las cuerdas se halan hacia abajo en los perfiles verticales a cada lado del reactor, respectivamente, de modo que las cuerdas empujen el reactor (27) hacia abajo. Se pueden usar varios arreglos con el fin de fijar y mover las cuerdas. En una realización específica, como la que se muestra en la Figura 4b, las cuerdas pueden fijarse a una

3

estructura en forma de T (29), la cual es movable verticalmente a lo largo de un perfil plástico o metálico. El perfil plástico o metálico se fija verticalmente al suelo y contiene un riel donde la estructura movable puede moverse hacia arriba o hacia abajo. La cuerda se fija a la estructura movable. Para mover la estructura, se requiere energía y un sistema mecánico. El sistema mecánico puede ser un pistón (30) en cada uno de los perfiles o un pistón central puede suministrar la fuerza mecánica para varios perfiles. Cada pistón puede ser empujado por gas presurizado (31). El gas presurizado puede suministrarse, por ejemplo, por un tubo a gas, un compresor, o puede ser gas rico en CO_2 presurizado de un emisor, como de una planta eléctrica. Preferiblemente, la fuente de CO_2 puede ser la misma que se utiliza para suministrar CO_2 al líquido de cultivo.

En una realización con dos o más cuerdas, el movimiento de las cuerdas puede hacerse de varias formas. Todas las cuerdas pueden bajarse con la misma velocidad, de modo que se baje simultáneamente todo el fotobiorreactor. Sin embargo, se ha encontrado que a menudo es útil bajar primero las cuerdas a un lado del reactor, bajando de este modo este lado del reactor, y luego bajar el otro lado. Este tipo de procedimiento por pasos tiene varias ventajas. Si se baja primero un lado del reactor, entonces todo el gas atrapado dentro del reactor pasará al otro lado. En este tipo de sistema, las salidas de gas pueden arreglarse específicamente en este otro lado. Este arreglo permite que se empuje hacia fuera el gas sobrante por el movimiento del reactor. Esto puede tener ventaja en comparación con el caso en que el fotobiorreactor completo se baja simultáneamente, donde se pueden presentar burbujas de gas o aglomerados en posiciones aleatorias dentro del reactor. De acuerdo con el mismo principio, todo el medio de cultivo se recolectaría en un lugar determinado y el control de la posición del medio de cultivo haría más fácil la partición posterior. Además, el proceso de cosecha se facilita, ya que toda la biomasa se aglomera a un lado del reactor. Finalmente, bajar primero el reactor a un lado requiere menos fuerza y permite que el agua circundante fluya alrededor del reactor de un modo más controlado, creando menos turbulencia, lo cual podría hacer este proceso más estable en comparación con un proceso en el que todo el reactor se baje simultáneamente. Debido a que el fotobiorreactor es muy flexible y puede afectarse adversamente por turbulencia y movimiento rápido del agua, esta es una ventaja importante.

Los compartimientos o tubos adicionales, así como los medios mecánicos que se describen arriba, además de acelerar la sumersión o la flotación, ofrecen la

92
ventaja adicional de estabilizar la forma física del fotobiorreactor durante la sumersión y de un modo parcial o totalmente sumergido.

Subcompartimientos

Debido a que el fotobiorreactor de la presente invención es muy flexible, la forma del reactor puede estar influenciada por impactos e inhomogeneidades internas y externas. Por ello, con el fin de conservar la forma y la función óptima del fotobiorreactor, el control de dichos impactos e inhomogeneidades puede ser importante. Por lo tanto, a continuación describiremos un número de realizaciones de la presente invención, los cuales tratan con diferentes aspectos de operación del fotobiorreactor de la invención.

Si se usa un material de reactor delgado y flexible, el reactor forma un sistema plano y homogéneo perfecto cuando flota sobre una expansión de agua. Sin embargo, existen dos fuerzas mayores, que pueden contribuir a desestabilizar el sistema del reactor. a) La forma y comportamiento del fotobiorreactor pueden afectarse por la formación de grandes burbujas de gas dentro del fotobiorreactor. Se puede desear el burbujeo de CO_2 gaseoso en todo el medio de cultivo para suministrar suficiente CO_2 que soporte una tasa de crecimiento óptima del cultivo de algas. El influjo constante de gas dentro del fotobiorreactor puede llevar a la formación de una o más burbujas grandes de gas por encima del líquido de cultivo. Con el fin de controlar las burbujas de gas, se pueden considerar varias soluciones. Se puede conectar una o más salidas de gas al fotobiorreactor. El número y las posiciones de las salidas, así como el diámetro interno de las salidas con factores importantes que influyen el tamaño de la burbuja. Otro método para controlar el tamaño y el comportamiento de las burbujas de gas es dividir el fotobiorreactor en pequeños subcompartimientos. Esto puede hacerse de varias formas, algunos de cuyos ejemplos describiremos en mayor detalle a continuación. b) Se puede presentar aglomeración del medio de cultivo. En tanto que el reactor flote sobre una expansión de agua, el medio de cultivo se distribuirá uniformemente dentro del fotobiorreactor. Cuando el reactor se baje al agua circundante, por ejemplo debido a que la temperatura del medio de cultivo deba bajarse o debido a vientos fuertes, se puede distorsionar esta distribución uniforme. Por lo general, este problema se presentará por el medio de cultivo de algas que se recolectan en un lugar dentro del fotobiorreactor, formando de este modo un aglomerado grande. Esto puede distorsionar la forma y el correcto funcionamiento del fotobiorreactor. Con el fin de conservar la forma y asegurar un

correcto funcionamiento del reactor, en particular en reactores de grande escala, se debe evitar esta aglomeración.

Se ha encontrado que los problemas de aglomeración y formación de grandes burbujas de gas pueden reducirse o eliminarse dividiendo el fotobiorreactor en subcompartimientos más pequeños.

En su realización más general, el fotobiorreactor comprende un compartimiento grande de algas, generalmente que comprende una lámina superior y una lámina inferior, fijas la una a la otra a lo largo de los perímetros de las mismas para formar un compartimiento cerrado en forma de bolsa.

En una realización que se muestra en la Figura 5, en lugar de que el biorreactor comprenda un compartimiento grande, el compartimiento de las algas se divide en un número de diferentes compartimientos cerrados (32) por un separador (33), el cual puede crearse por ejemplo pegando o soldando las láminas superior e inferior del fotobiorreactor para formar dos o más subcompartimientos más pequeños. Los subcompartimientos así formados actuarán como una formación de pequeños fotobiorreactores, es decir, el medio de cultivo con las algas solo se puede aglomerar en un subcompartimiento. Debido a que los subcompartimientos tienen un volumen más pequeño, se evitan grandes aglomeraciones.

El fotobiorreactor también puede dividirse parcialmente por ejemplo, pegando o soldando las láminas superior e inferior en posiciones específicas. Las divisiones parciales pueden restringir, pero no necesariamente detener totalmente, el flujo del medio de cultivo y las potenciales burbujas de gas dentro del fotobiorreactor.

Las Figuras 6 a y 6b muestran realizaciones de la invención en donde el fotobiorreactor está dividido parcialmente. Las láminas superior (34) e inferior (35) del fotobiorreactor que encierran el compartimiento de algas (36) están conectados en los bordes del fotobiorreactor (37). Dentro, las dos láminas están conectadas en varios puntos (38) dentro del fotobiorreactor, por ejemplo, por pegamento o soldadura. Un compartimiento de algas según esta realización tendrá aún la necesaria flexibilidad para extenderse uniformemente cuando flote, pero también impedirá que el medio de cultivo dentro del reactor forme grandes aglomerados, debido a que las capas superior e inferior están conectadas, permitiendo con ello solo un volumen limitado de fluido entre las capas. El pegado o la soldadura de las láminas superior e inferior pueden hacerse en cualquier

número de patrones para obtener diferentes formas en los subcompartimientos formados del fotobiorreactor.

Primero, la forma de las áreas conectadas, es decir, los puntos de pegamento o soldadura pueden ser varias. Solo para dar ejemplos sin excluir otras posibilidades, la conexión de la capa superior e inferior puede ser en forma de un círculo pequeño (es decir, en forma de un punto de pegamento), por ejemplo, con un diámetro de 1 cm. La forma también puede ser rectangular, es decir que la porción pegada o soldada pueda formar una línea completa o quebrada o una porción de la misma.

Segundo, las posiciones de las porciones pegadas o soldadas dentro del fotobiorreactor pueden ser variadas. Los puntos pegados o soldados pueden distribuirse regularmente por todo el reactor, o pueden concentrarse a un lado para facilidad, por ejemplo, de la recolección de biomasa o aire al otro lado. Del mismo modo, se pueden arreglar regularmente líneas pegadas o soldadas de modo que se forme un patrón tipo tubo. También se pueden construir otros patrones, por ejemplo, de modo que por la provisión de líneas pegadas o soldadas se pueda predeterminedir un flujo de líquido en el fotobiorreactor. Esto se puede comparar con la estructura de un laberinto griego (variedad de jardín inglés) donde solo hay una forma posible para que el líquido atraviese el sistema reactor. Agregar un patrón de este tipo puede tener varias ventajas. La definición de una cierta dirección de flujo puede facilitar la cosecha de biomasa o la adición de nuevos nutrientes, ya que esto puede hacerse en un lugar predefinido en el reactor.

En otra realización, el compartimiento de algas del fotobiorreactor consiste de un compartimiento flexible grande. Cuando el fotobiorreactor flota sobre la expansión de agua, este compartimiento reacciona como un compartimiento grande, dentro del cual el líquido y el gas se pueden mover libremente. Con el fin de evitar posibles problemas con la formación de grandes burbujas de gas o aglomeración del medio de cultivo cuando se baje el fotobiorreactor al agua circundante, el compartimiento de algas del fotobiorreactor puede dividirse temporalmente en dos o más subsecciones diferentes antes de que bajar el reactor al agua circundante. Esta división puede hacer, por ejemplo, mediante la aplicación de fuerza al lado superior flexible del fotobiorreactor de modo que la lámina superior del fotobiorreactor se presione hacia la lámina inferior y se formen dos o más subcompartimientos virtuales dentro del compartimiento de algas del reactor.

25

Esta fuerza puede aplicarse, por ejemplo, por al menos un elemento alargado, como una cuerda, cable o varilla extendida a lo largo de la superficie superior del fotobiorreactor y dispuesta para que sea halada hacia abajo. La Figura 4a muestra una realización específica. Por encima del fotobiorreactor (24) se han instalado cuerdas (25) a distancias regulares, lo cual puede hacerse en una distancia de por ejemplo, 1-2 metros. Las cuerdas tienen mínimo el largo del tamaño del reactor y a ambos extremos están conectadas a perfiles verticales (26). Antes de reducir la flotabilidad del reactor, las cuerdas se bajarán a una posición por debajo de la superficie del agua de modo que las cuerdas se "corten" dentro del fotobiorreactor flexible de modo que la lámina superior del reactor se presiones contra la lámina inferior del reactor. Subcompartimientos virtuales (27) son generados por las cuerdas, en donde el medio de cultivo (28) tiende a quedarse arriba debido a que aún tiene una densidad más baja que el agua circundante y no sigue la cuerda. Cuando la densidad, y por lo tanto, la flotabilidad del fotobiorreactor se reduzca y el reactor comience a hundirse, los subcompartimientos virtuales creados se comportan como compartimientos separados más pequeños.

Para fijar y mover las cuerdas se pueden usar varios arreglos. En una realización específica, según se muestra en la Figura 4b, las cuerdas pueden fijarse a una estructura en forma de T (29), la cual es movable verticalmente a lo largo de un perfil plástico o metálico. El perfil plástico o metálico se fija verticalmente al suelo y contiene un riel donde la estructura movable se puede mover hacia arriba o hacia abajo. La cuerda se fija a la estructura movable. Para mover la estructura, se requiere energía y un sistema mecánico. El sistema mecánico puede ser un pistón (30) en cada uno de los perfiles, o un pistón central puede suministrar la fuerza mecánica para varios perfiles. Cada pistón puede ser empujado por gas presurizado (31). El gas presurizado puede suministrarse, por ejemplo, por un tubo a gas, un compresor, o puede ser gas rico en CO_2 presurizado de un emisor, como de una planta eléctrica. Preferiblemente, la fuente de CO_2 puede ser la misma que se utiliza para suministrar CO_2 al líquido de cultivo.

La Figura 8 muestra otra realización basada en el principio general de dividir temporalmente el fotobiorreactor en dos o más subsecciones o compartimientos diferentes antes de que se baje el reactor al agua circundante. En esta realización, los compartimientos (39) no son creados por las cuerdas. Por el contrario, los compartimientos son creados por compartimientos o tubos adicionales (40), localizados por encima del compartimiento de algas (41) y que

46
pueden ser llenados con un líquido que tenga una densidad más alta que el medio de cultivo en el compartimiento de algas del fotobiorreactor. Cuando se llenan con un líquido de alta densidad, estos compartimientos o tubos adicionales se hundirán para presionar la lámina superior del fotobiorreactor hacia la lámina inferior y crear subcompartimientos virtuales dentro del compartimiento de algas.

Lista detallada de otras realizaciones

Otras realizaciones de la presente invención se divulgan en la siguiente lista numerada.

1a. Fotobiorreactor para el cultivo de microorganismos fototróficos, caracterizado en que

- a) el fotobiorreactor consiste de unidades no tubulares, representa un sistema cerrado y está rodeado parcialmente por agua, de modo que el fotobiorreactor flote sobre un cuerpo de agua (por ej: un estanque artificial, un río un lago, el mar o un foso lleno de agua), se suspende en agua o está localizado en el suelo del cuerpo de agua;
- b) se produce biomasa de organismos fototróficos, la cual se utiliza para la producción de cualquier clase de biocombustibles, alimento animal, proteínas, amino ácidos, ingredientes (como proteínas, aceite) para nutrición básica humana, pero no para uso como suplementos nutricionales, tales como vitaminas o ácidos grasos de omega 3.

1b. Fotobiorreactor para cultivo de microorganismos fototróficos para la producción de productos químicos finos y farmacéuticos, caracterizado en que:

- a) el fotobiorreactor consiste de unidades no tubulares, representa un sistema cerrado y está rodeado parcialmente por agua, de modo que el fotobiorreactor flote sobre un cuerpo de agua (por ej: un estanque artificial, un río un lago, el mar o un foso lleno de agua), se suspende en agua o está localizado en el suelo del cuerpo de agua;
- b) se produce biomasa de organismos fototróficos, la cual se usa para la producción de químicos finos, suplementos nutricionales, vitaminas, ácidos grasos omega-3, antioxidantes (por ej: carotenoides), sustancias farmacéuticamente activas o biomasa seca para suplemento nutricional.

2. El fotobiorreactor según el punto 1 a o 1b, caracterizado en que el fotobiorreactor consiste de unidades tubulares en lugar de unidades no tubulares.

3. El fotobiorreactor según el punto 1a o 1b, caracterizado en que el fotobiorreactor tiene forma plana (panel plano).

4. El fotobiorreactor según el punto 1a o 1b, caracterizado en que el cuerpo de agua alrededor del fotobiorreactor puede usarse para controlar la temperatura del líquido de cultivo en el fotobiorreactor.

5. El fotobiorreactor según el punto 1a o 1b, caracterizado en que el cuerpo de agua que rodea el fotobiorreactor puede usarse para nivelar el fotobiorreactor de modo que éste se mantenga en posición horizontal.

6. El fotobiorreactor según el punto 1a o 1b, caracterizado en que el cuerpo de agua alrededor del fotobiorreactor contrarresta la presión hidrostática interna del fotobiorreactor.

7. El fotobiorreactor según el punto 1a o 1b, caracterizado en que el cuerpo de agua alrededor del fotobiorreactor, por medio de la presión hidrostática causada por su propio peso, se usa para reducir la tensión mecánica del material del fotobiorreactor.

8. El fotobiorreactor según el punto 1a o 1b, caracterizado en que las diferencias en la densidad (por ej: causadas por diferencias en salinidad o temperatura) entre el líquido de cultivo en el fotobiorreactor y el cuerpo de agua circundante (parcialmente) se proveen para controlar la posición del fotobiorreactor en el agua circundante (por ej: flota en la superficie, se suspende en un cuerpo de agua circundante, se hunde en un cuerpo de agua circundante).

9. El fotobiorreactor según el punto 1a o 1b, caracterizado en que el fotobiorreactor consiste de un material flexible, de modo que el espesor vertical del líquido de cultivo en el fotobiorreactor puede cambiarse por el cambio en la cantidad del líquido de cultivo presente en el fotobiorreactor.

10. El fotobiorreactor según el punto 1a o 1b, caracterizado en que el fotobiorreactor puede ser operado en superficies de agua tales como lagos, ríos o mares, y por lo tanto necesariamente no requiere tierra.

11. El fotobiorreactor según el punto 1a o 1b, caracterizado en que el medio de cultivo en el fotobiorreactor tiene una velocidad horizontal > 0 cm/s y se mueve por un puente aéreo, una bomba o un dispositivo similar.

12. El fotobiorreactor según el punto 1a o 1b, caracterizado en que el cuerpo de agua que rodea el fotobiorreactor contribuye al mantenimiento de

aproximadamente el mismo espesor vertical de líquido de cultivo en el fotobiorreactor en todas sus dimensiones horizontales.

Ejemplo

Se colocó un fotobiorreactor flexible cerrado de panel plano hecho de una película de polietileno con dimensiones de 7 metros x 5 metros sobre la superficie de un cuenco que contenía agua con una salinidad de 35 g/L. El compartimiento de algas del fotobiorreactor se alimentó con 1.800 litros de agua dulce coloreada con azul de metileno. El fotobiorreactor que contenía la solución coloreada (que representa el líquido de cultivo) se arregló flotando sobre la superficie del agua circundante, con el medio de cultivo distribuido en forma homogénea sobre la superficie inferior del reactor.

Se bajó el fotobiorreactor al agua circundante agregando agua saturada con sal dentro de un compartimiento adicional colocado en la parte superior del compartimiento de algas. Se bombeó agua salada sólo de un lado del compartimiento adicional, por medio de cinco puertos de líquido distribuidos equitativamente a lo largo del lado más largo del compartimiento adicional. El sistema reactor comenzó a hundirse en el lado donde se bombeó el agua salada más pesada. Durante el proceso, a medida que se bombeaba más agua salada, se llenó completamente el compartimiento adicional y el otro lado del compartimiento de algas también comenzó a hundirse. Cuando estuvo completamente sumergido, el fotobiorreactor recuperó su forma general de panel plano.

En seguida, se regresó el fotobiorreactor a su posición original flotando en la superficie del agua circundante removiendo el agua salada por medio de los cinco puertos de líquido que se describen arriba. Para remover completamente el agua salada se empujó aire presurizado a través del compartimiento adicional.

REIVINDICACIONES:

1. Un método para operar un fotobiorreactor cerrado para el cultivo de microorganismos fototrópicos; el fotobiorreactor comprende un líquido de cultivo y está parcial o completamente rodeado por agua de un cuerpo de agua, en donde se provee una diferencia de densidad entre el líquido de cultivo y el agua circundante de modo que se controle la posición del fotobiorreactor en el cuerpo de agua.
2. El método según la reivindicación 1, en donde las paredes de dicho fotobiorreactor adaptadas para comprender un líquido de cultivo comprenden un material flexible hermético.
3. El método según la reivindicación 2, en donde dicho material flexible hermético es una película delgada de un material basado en polímero.
4. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la diferencia de densidad se provee mediante la provisión de una diferencia de salinidad entre el líquido de cultivo y el agua circundante.
5. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la diferencia de densidad se provee mediante la provisión de una diferencia de temperatura entre el líquido de cultivo y el agua circundante.
6. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la diferencia de densidad se provee por el aumento o reducción de una presión de gas del líquido de cultivo.
7. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la diferencia de densidad se provee de modo que se aumente la densidad del líquido de cultivo, o se reduzca la densidad del agua circundante, con lo cual se baja la posición del fotobiorreactor en el cuerpo de agua.
8. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la diferencia de densidad se provee de modo que se reduzca la densidad del líquido de cultivo o de modo que se aumente la densidad del agua circundante, con lo cual se eleva la posición del fotobiorreactor en el cuerpo de agua.
9. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la diferencia de densidad se provee de modo que se mantenga la posición del fotobiorreactor en el cuerpo de agua.

10. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el fotobiorreactor está dotado con uno o más compartimientos o tubos adaptados para controlar aún más la posición vertical y/o forma del fotobiorreactor.

11. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el fotobiorreactor está dotado con medios mecánicos adaptados para controlar aún más la posición vertical y/o forma del fotobiorreactor.

12. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el fotobiorreactor tiene una forma de panel plano.

13. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el fotobiorreactor comprende dos o más subcompartimientos adaptados para que comprendan el líquido de cultivo.

14. El método según la reivindicación 13, en donde dichos subcompartimientos están sellados herméticamente entre sí.

15. El método según la reivindicación 13, en donde dichos subcompartimientos están conectados para permitir el transporte limitado de líquido y/o gas entre los subcompartimientos.

16. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el fotobiorreactor comprende medios para dividir temporalmente el fotobiorreactor en dos o más subcompartimientos.

17. El método según la reivindicación 16, en donde dichos medios para dividir el fotobiorreactor en dos o más subcompartimientos comprende medios para presionar una lámina superior del fotobiorreactor hacia una lámina inferior del fotobiorreactor, de modo que se forme un subcompartimiento dentro del fotobiorreactor a cada lado de la depresión.

18. El método según cualquiera de las reivindicaciones 16-17, en donde dichos medios para dividir el fotobiorreactor en dos o más subcompartimientos comprenden al menos un elemento alargado extendido por encima del fotobiorreactor y dispuesto para ser bajado para presionar una lámina superior del fotobiorreactor hacia una lámina inferior del fotobiorreactor de modo que se forme un subcompartimiento dentro del fotobiorreactor a cada lado de dicho al menos un elemento alargado.

19. El método según cualquiera de las reivindicaciones 16-18, en donde dichos medios para dividir el fotobiorreactor en dos o más subcompartimientos

comprenden al menos un compartimiento dispuesto en contacto con una lámina superior del fotobiorreactor y adaptado para ser llenado con un líquido que tenga una densidad más alta que el líquido de cultivo, de modo que cuando se llene el compartimiento con el líquido de alta densidad, el compartimiento llenado pueda presionar dicha lámina superior del fotobiorreactor hacia una lámina inferior del fotobiorreactor de modo que se forme un subcompartimiento dentro del fotobiorreactor a cada lado de dicho compartimiento llenado.

20. Un fotobiorreactor cerrado para el cultivo de microorganismos fototrópicos, el fotobiorreactor está adaptado para comprender un líquido de cultivo y adaptado para que esté parcial o totalmente rodeado de agua de un cuerpo de agua, en donde el fotobiorreactor comprende medios para determinar la diferencia de densidad entre el líquido de cultivo y el agua circundante.

21. El fotobiorreactor según la reivindicación 20, en donde las paredes de dicho fotobiorreactor adaptado para comprender un líquido de cultivo comprenden un material flexible hermético.

22. El fotobiorreactor según la reivindicación según la reivindicación 21, en donde dicho material flexible hermético es una película delgada de un material basado en polímero.

23. El fotobiorreactor según cualquiera de las reivindicaciones 20-22, en donde los medios para determinar la diferencia de densidad comprende medios para determinar la salinidad y/o la temperatura del líquido de cultivo.

24. El fotobiorreactor según cualquiera de las reivindicaciones 20-23, en donde los medios para determinar la diferencia de densidad comprenden medios para determinar la salinidad y/o la temperatura del agua circundante.

25. El fotobiorreactor según cualquiera de las reivindicaciones 20-24, en donde el fotobiorreactor está dotado con uno o más compartimientos o tubos adaptados para controlar aún más la posición vertical y/o forma del fotobiorreactor.

26. El fotobiorreactor según cualquiera de las reivindicaciones 20 a 25, en donde el fotobiorreactor está dotado con medios mecánicos adaptados para controlar aún más la posición vertical y/o forma del fotobiorreactor.

27. El fotobiorreactor según cualquiera de las reivindicaciones 20 a 26, en donde el fotobiorreactor tiene una forma de panel plano.

28. El fotobiorreactor según cualquiera de las reivindicaciones 30 a 27, en donde el fotobiorreactor comprende dos o más subcompartimientos adaptados para que comprendan el líquido de cultivo.

29. El fotobiorreactor según la reivindicación 28, en donde dichos compartimientos están sellados herméticamente el uno del otro.

30. El fotobiorreactor según la reivindicación 28, en donde dichos subcompartimientos están conectados para permitir el transporte limitado de líquido y/o gas entre los subcompartimientos.

31. El fotobiorreactor según cualquiera de las reivindicaciones 20 a 30, en donde el fotobiorreactor comprende medios para dividir temporalmente el fotobiorreactor en dos o más subcompartimientos.

32. El fotobiorreactor según la reivindicación 31, en donde dichos medios para dividir el fotobiorreactor en dos o más subcompartimientos comprenden medios para presionar una lámina superior del fotobiorreactor hacia una lámina inferior del fotobiorreactor, de modo que se forme un subcompartimiento dentro del fotobiorreactor a cada lado de la depresión.

33. El fotobiorreactor según cualquiera de las reivindicaciones 31-32, en donde dichos medios para dividir el fotobiorreactor en dos o más subcompartimientos comprenden al menos un elemento alargado extendido por encima del fotobiorreactor y arreglados para bajarse para presionar una lámina superior del fotobiorreactor hacia una lámina inferior del fotobiorreactor de modo que se forme un subcompartimiento dentro del fotobiorreactor a cada lado de dicho al menos un elemento alargado.

34. El fotobiorreactor según cualquiera de las reivindicaciones 31-32, en donde dichos medios para dividir el fotobiorreactor en dos o más subcompartimientos comprenden al menos un compartimiento dispuesto en contacto con una lámina superior del fotobiorreactor y adaptado para que sea llenado con un líquido que tenga una densidad más alta que el líquido de cultivo, de modo que cuando se lene el compartimiento con el líquido de alta densidad, el compartimiento lleno pueda presionar dicha lámina superior del fotobiorreactor hacia una lámina inferior del fotobiorreactor de modo que se forme un subcompartimiento dentro de fotobiorreactor a cada lado de dicho compartimiento lleno.

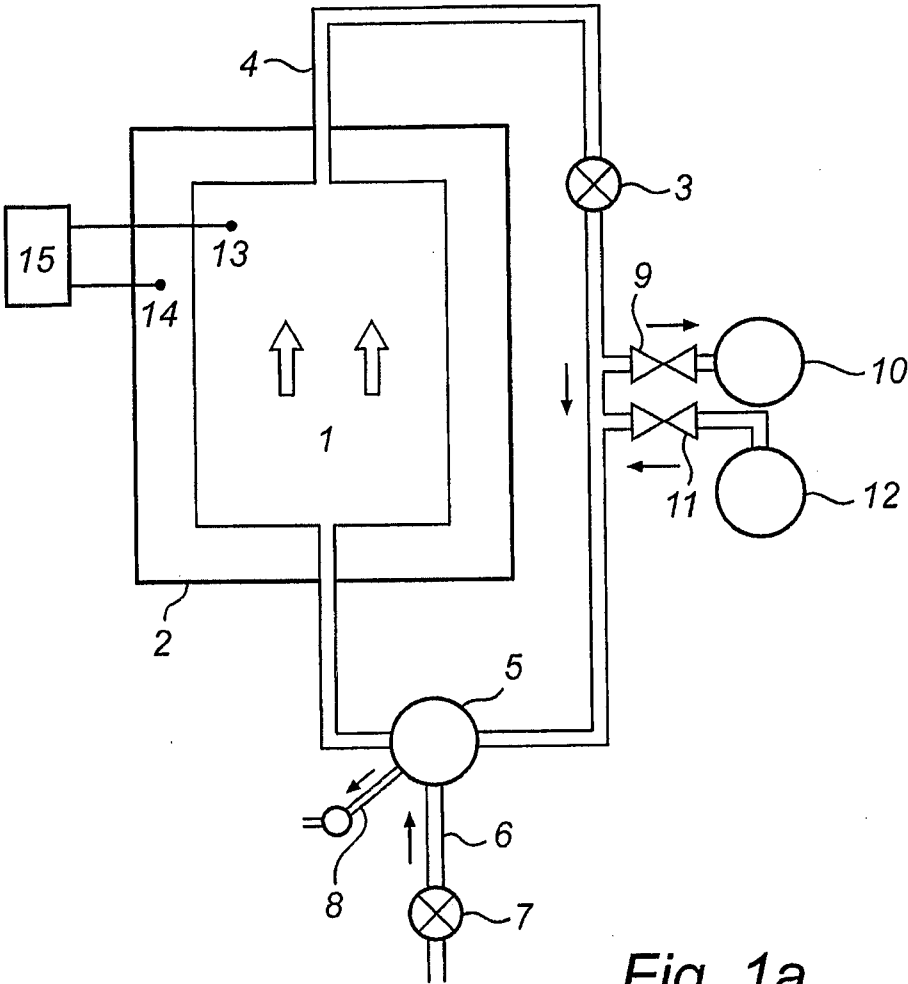


Fig. 1a

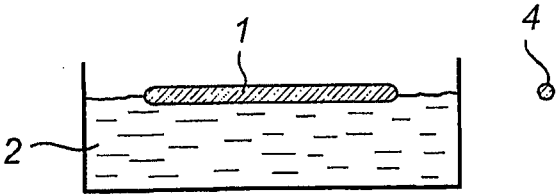
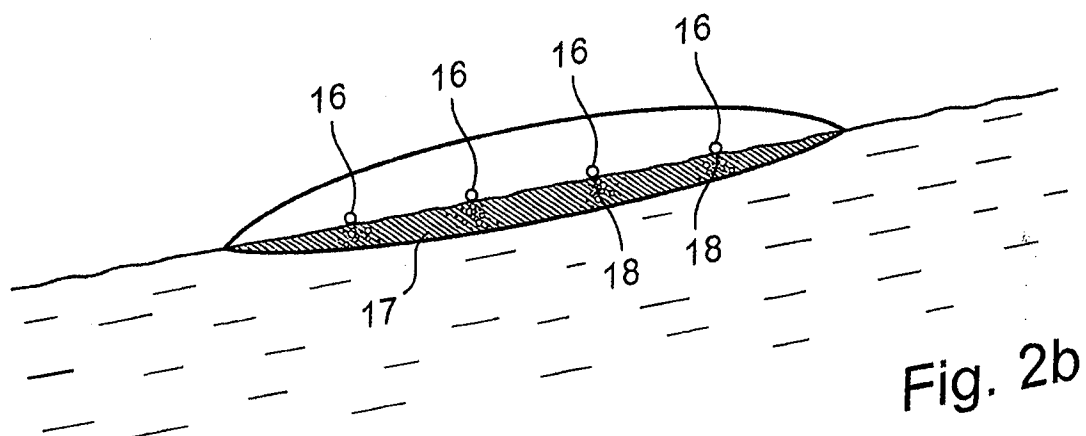
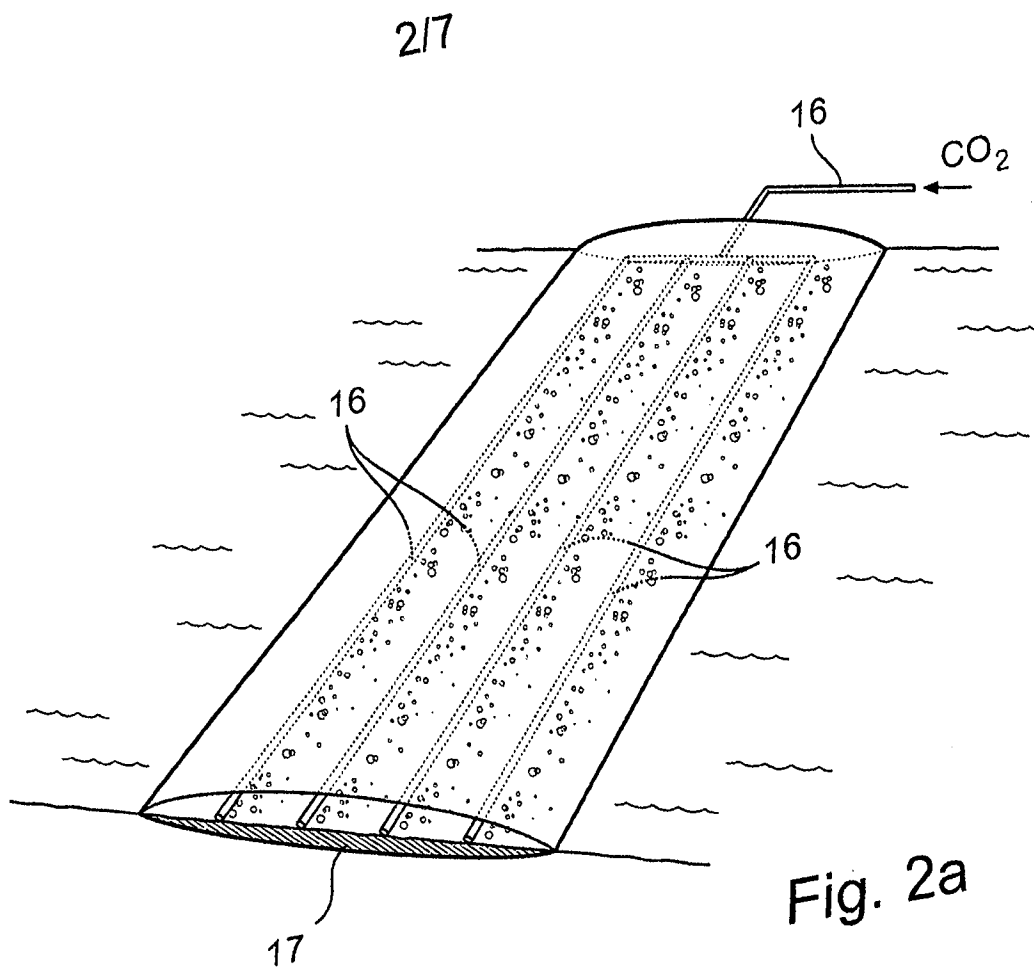
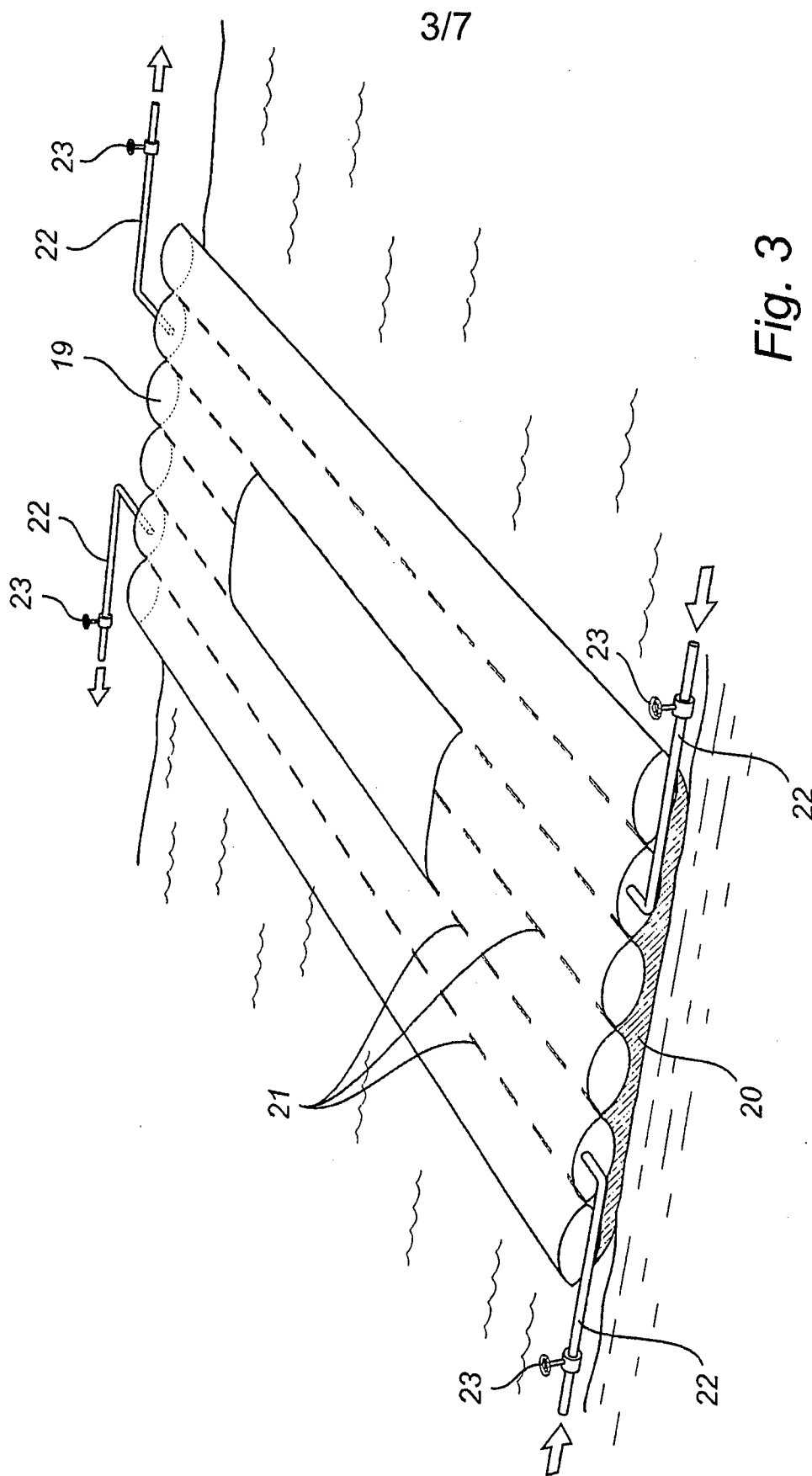


Fig. 1b

44





48

4/7

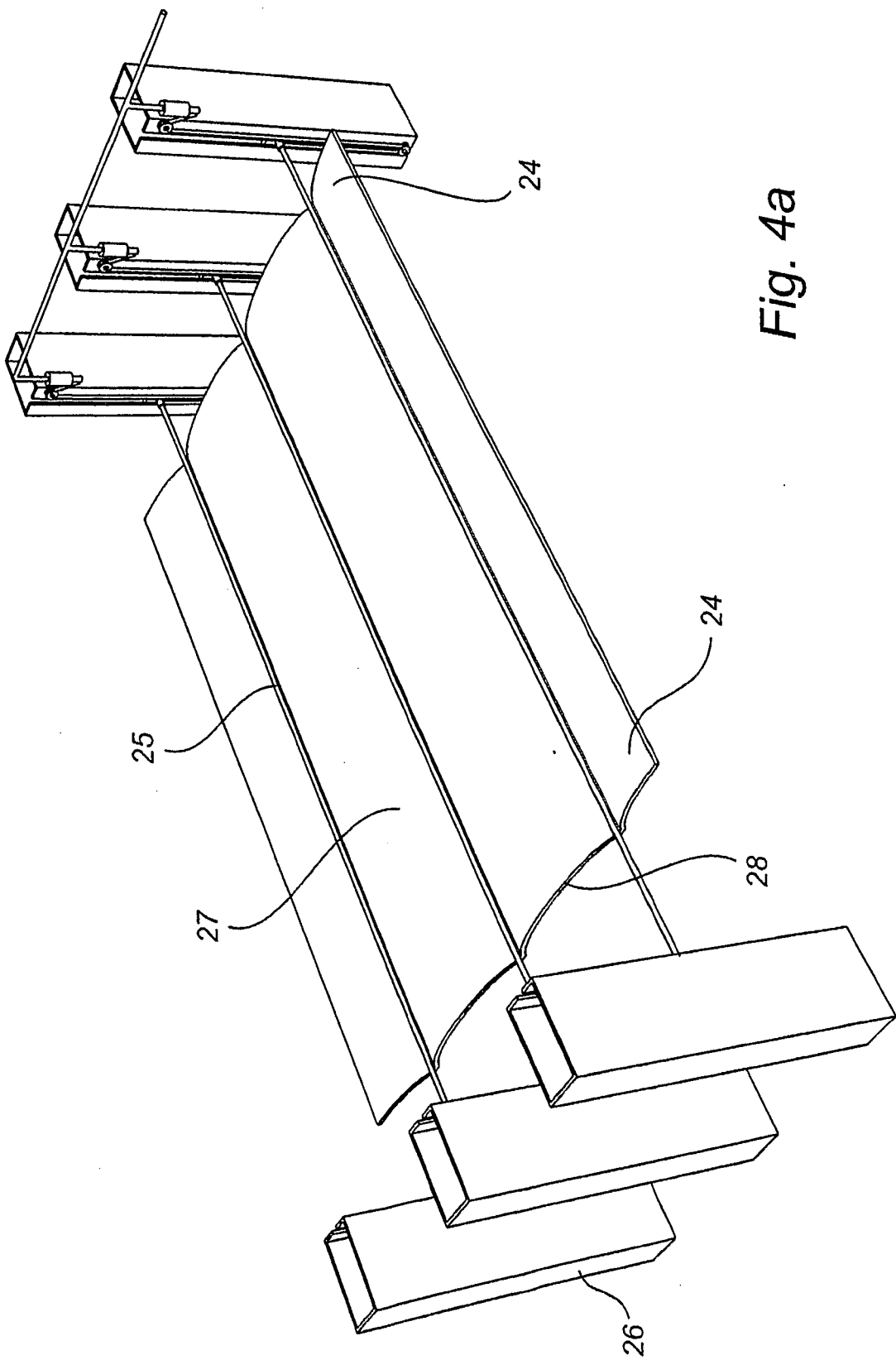


Fig. 4a

5/7

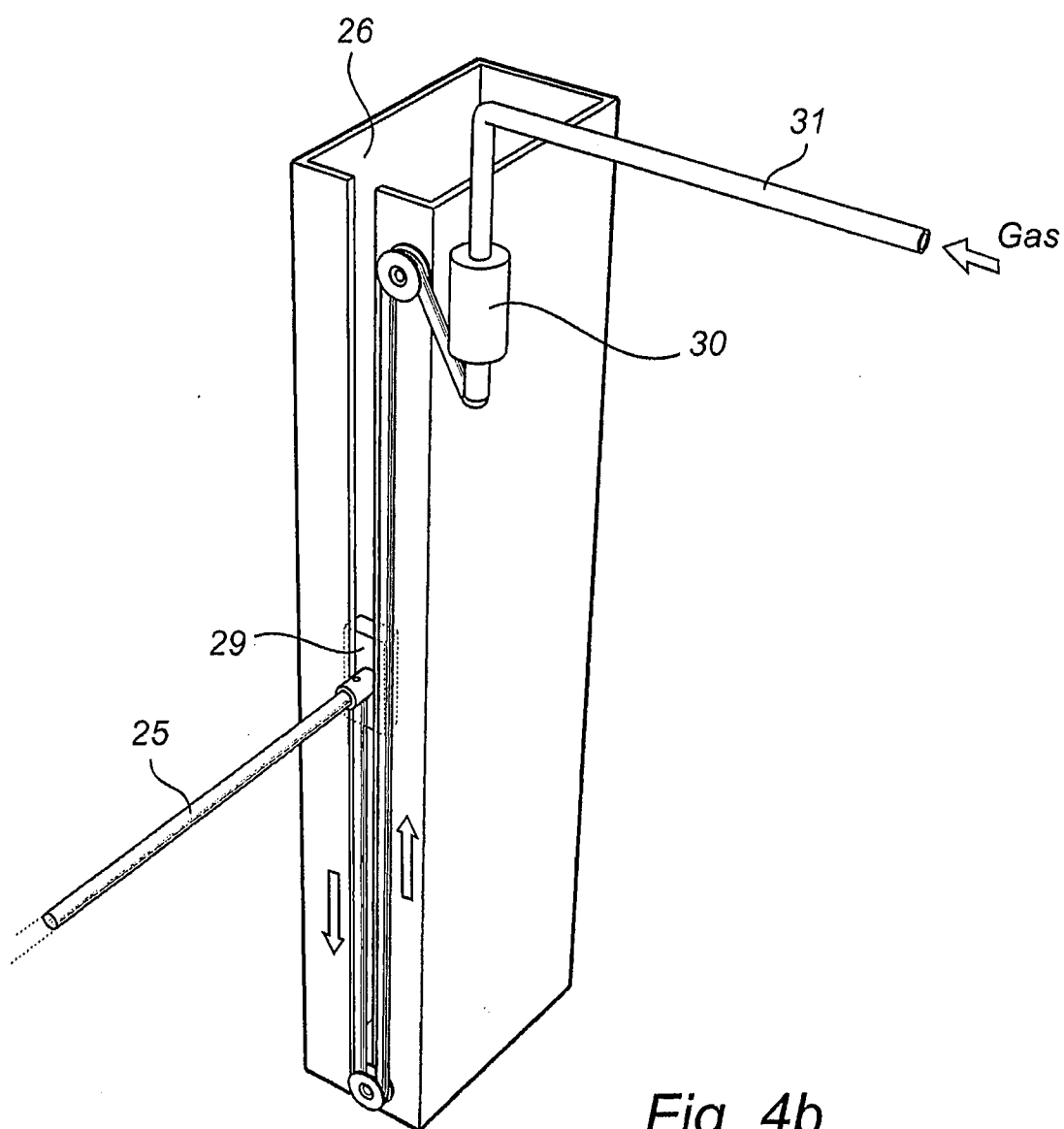
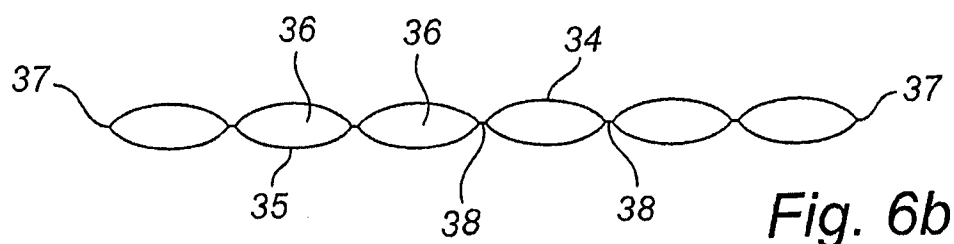
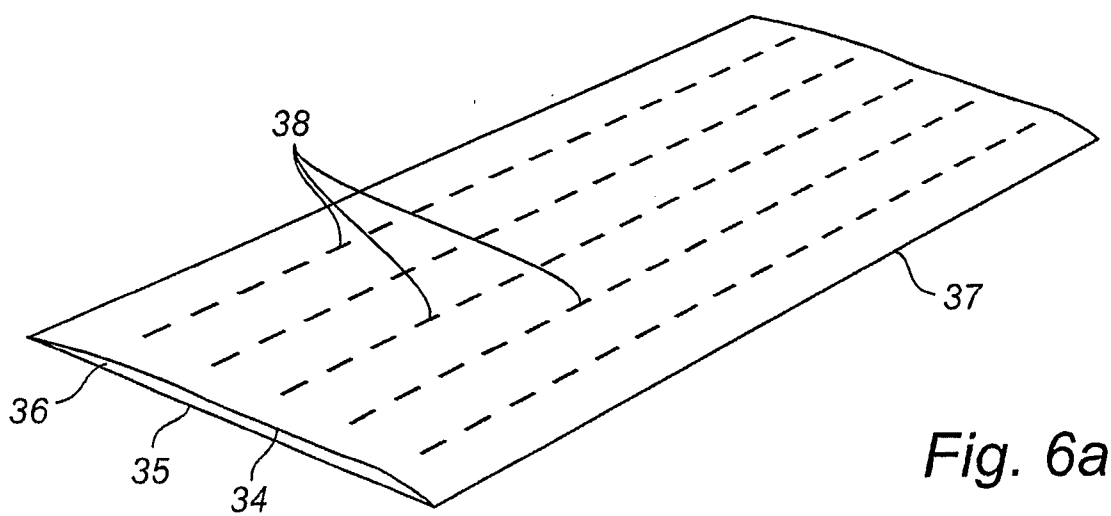
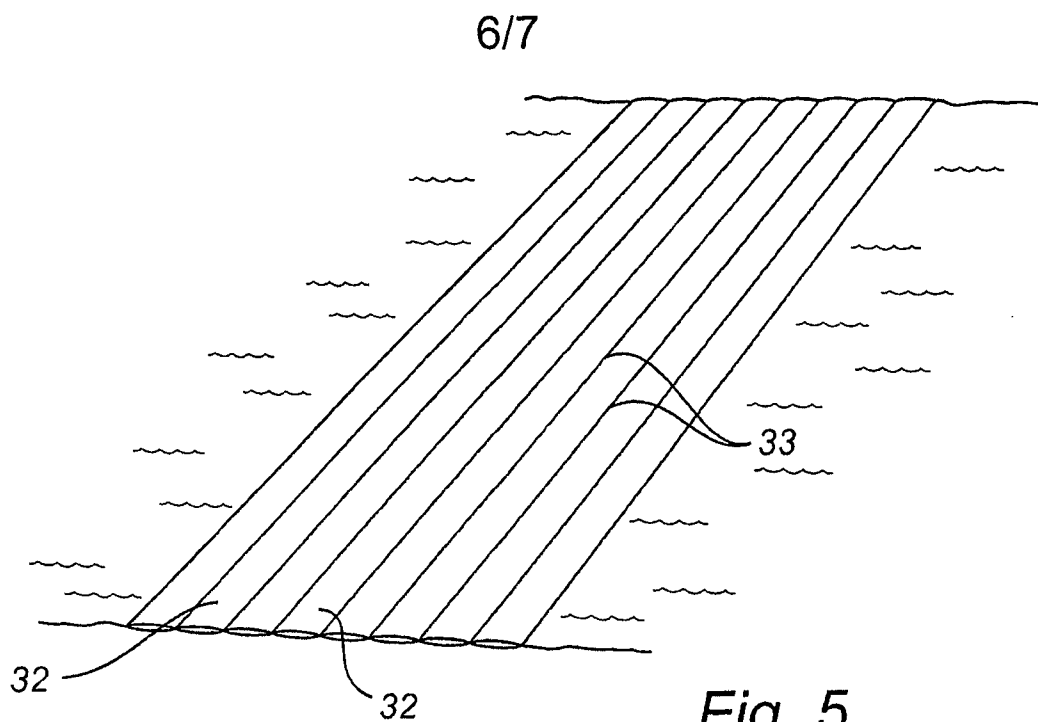


Fig. 4b



7/7

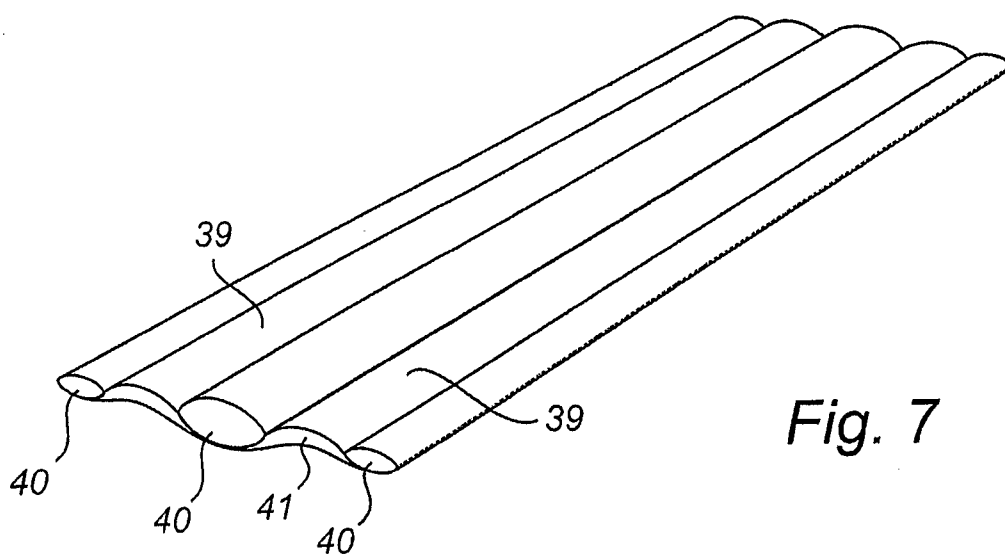


Fig. 7



Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

EXTRACTO PARA PUBLICACIÓN

☒ Patente de Invención ☐ Patente modelo de utilidad ☐ PCT

(21) No. De solicitud	(51) int. Cl:
(22) Fecha de solicitud	(71) Solicitante (s) AVESTON GRIFFORD LTD.
(30) Prioridad	(72) Inventor (es)
(31) No. Prioridad 10 2008 004 932.8 - 10 2008 004 933.6 - PCT/IB2008/001770	Andreas MEISER- Miguel VERHEIN
(32) Fecha 18.01.2008 - 18.01.2008 - 04.07.2008	
(33) País ALEMANIA – ALEMANIA - IB	(74) Apoderado (s)
	LUIS FELIPE CASTILLO GIBSONE
(54) Título FOTOBIOREACTOR	
Las casillas identificadas con 85, 86 y 87 sólo aplican para PCT	
(85) Fecha límite inicio Fase Nacional	
(86) Datos relativos a la presentación de la solicitud PCT	(87) Publicación internacional
Fecha de presentación de la solicitud	Fecha
Fecha 19.01.2009	Fecha (23/07/2009)
No. de solicitud PCT PCT/IB2009/000076	No. Publicación
	WO 2009/090549 A3

Resumen reivindicación (es):

1. Un método para operar un fotobiorreactor cerrado para el cultivo de microorganismos fototrópicos; el fotobiorreactor comprende un líquido de cultivo y está parcial o completamente rodeado por agua de un cuerpo de agua, en donde se provee una diferencia de densidad entre el líquido de cultivo y el agua circundante de modo que se controle la posición del fotobiorreactor en el cuerpo de agua.

20. Un fotobiorreactor cerrado para el cultivo de microorganismos fototrópicos, el fotobiorreactor está adaptado para comprender un líquido de cultivo y adaptado para que esté parcial o totalmente rodeado de agua de un cuerpo de agua, en donde el fotobiorreactor comprende medios para determinar la diferencia de densidad entre el líquido de cultivo y el agua circundante.

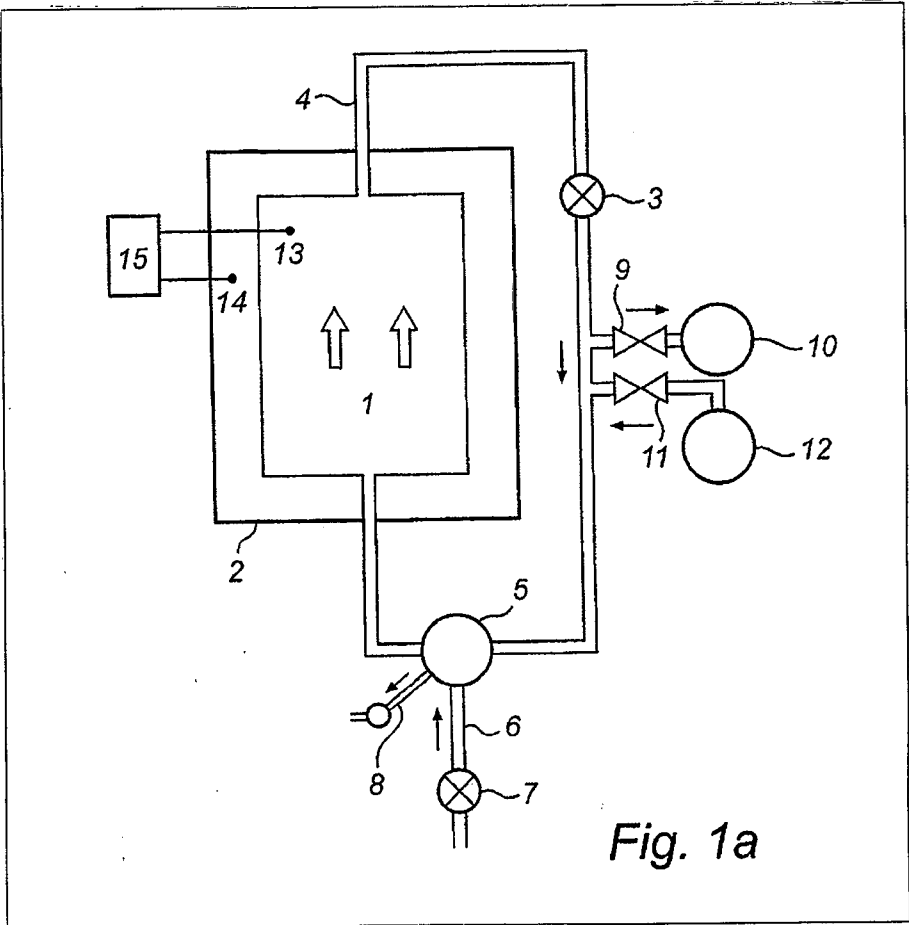


Fig. 1a

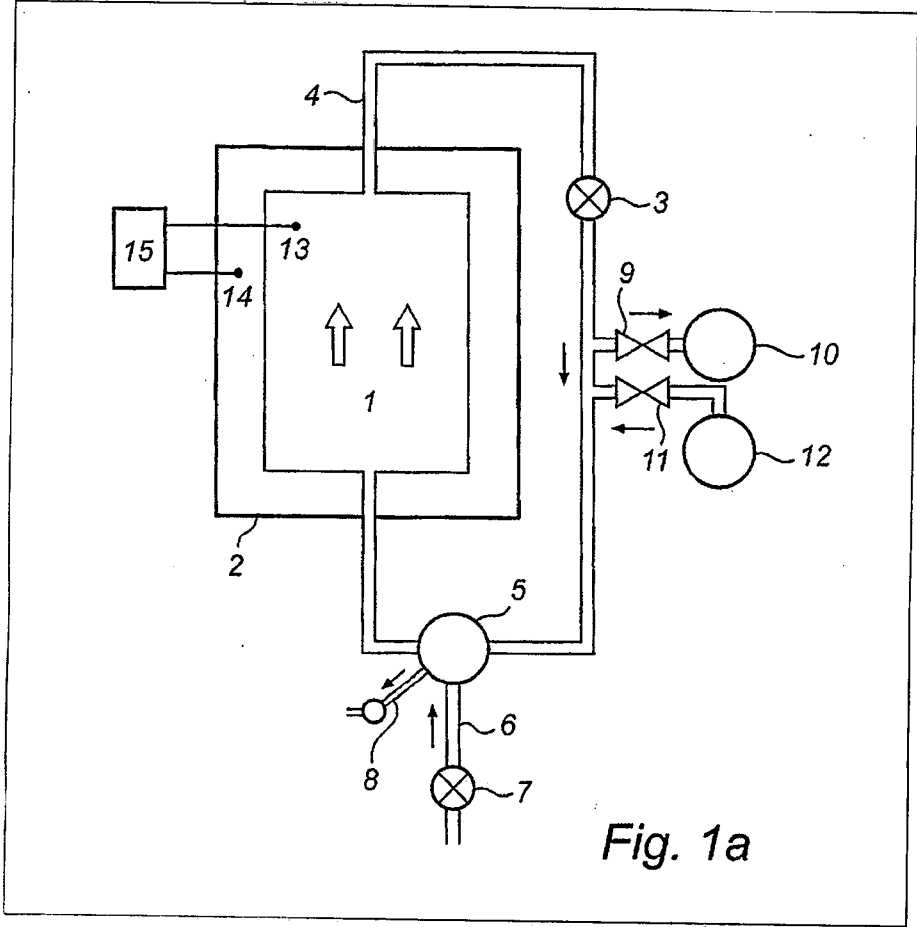


Fig. 1a

14 0 15
16 MAYO 2007

Radicación No. 07011316

Por la cual se ordena la efectividad de una garantía

EL SUPERINTENDENTE DELEGADO PARA LA PROTECCIÓN DEL CONSUMIDOR

En uso de sus facultades legales, en especial las que se le confirieron en los Decretos 2153 de 1992, 3466 de 1982 y artículo 145 de la ley 446 de 1998.

1. ANTECEDENTES

1.1. Partes

Reclamante.

Nombre:

Identificación:

Dirección:

Ciudad:

Investigado.

Empresa:

Identificación:

Representante legal:

Identificación:

Dirección:

Ciudad:

MUEBLES Y AUXILIARES EU
NIT. 900.065.460-9
Giovanni Torres Paiba
C.C. N° 79.880.344
Diag. 76 No. 39-59
Bogotá D.C.

BERNARDA VELA LOSADA
C.C. N° 38.959.136
Calle 10 N° 80-15 T. 10 Apto. 228 Castilla Real
Bogotá, D.C.

1.2. Motivo de la queja

El Grupo de Instrucción e Investigación de Protección al Consumidor de la Superintendencia de Industria y Comercio inició investigación en contra de la empresa MUEBLES Y AUXILIARES EU, identificada con NIT. 900.065.460-9, por la presunta violación de las normas de calidad e idoneidad de bienes y servicios establecidas en los artículos 1 literales e y f, 2, 11, 13 y 23 del Decreto 3466 de 1982, Estatuto de Protección al Consumidor, y al Título II, Capítulo Primero de la Circular Única No. 10 de la Superintendencia de Industria y Comercio.

Manifiesta el reclamante que contrató con la empresa investigada la elaboración de un conjunto de muebles consistente en juego de comedor, mesa de centro, mesa de teléfono con silla y una cama, los cuales no contaron con la mejor calidad dado que la madera se empezó a pelar, la tela del tapizado se arruga a razón de la mala calidad de la espuma y a pesar de los repetidos requerimientos y de las varias citas incumplidas, no se ha dado solución a sus inconvenientes. Solicita a

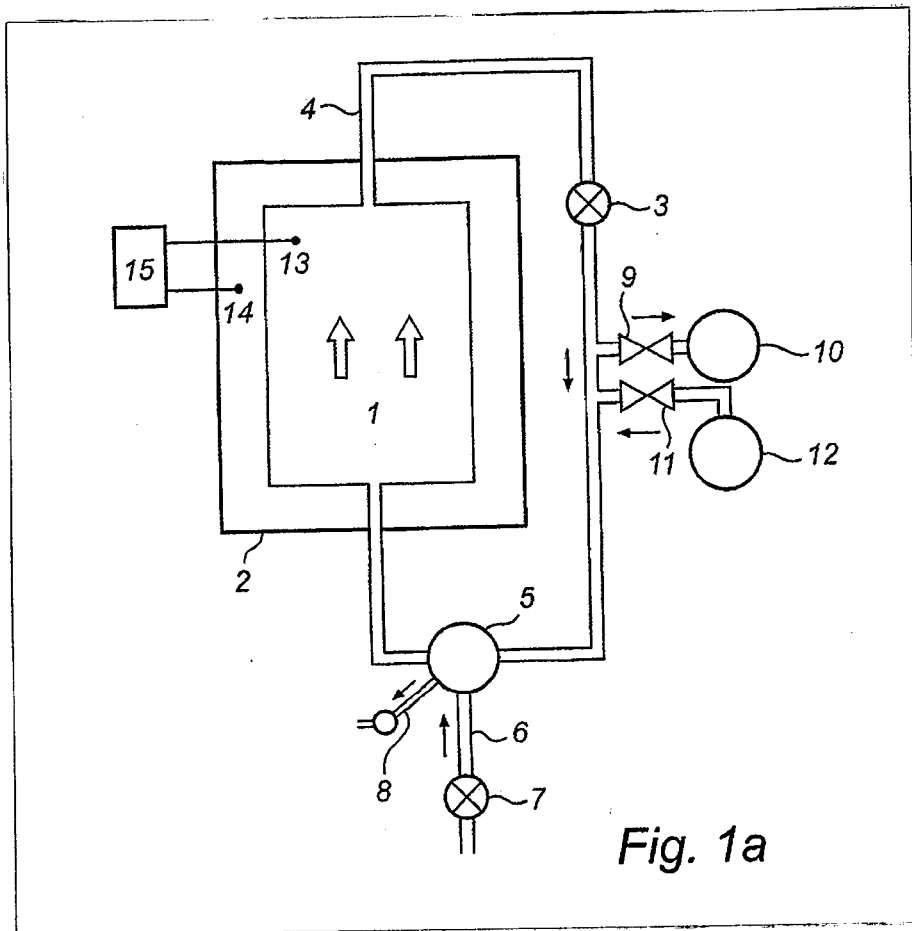


Fig. 1a

14 0 15

16 MAYO 2007

Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

esta Entidad se protejan sus derechos como consumidora y se le cambien los muebles por unos de calidades óptimas.

2. VINCULACIÓN DEL INVESTIGADO

Se vinculó a la presente investigación mediante solicitudes de explicaciones No. 07011316/02 del 28 de febrero de 2007, remitido a la Diag. 76 No. 39-59, de esta ciudad y No. 07011316/03 de la misma fecha, remitida a la Carrera 39 No. 78-59, también de esta ciudad.

Dentro del plazo señalado para presentar las explicaciones, la empresa destinataria del requerimiento, no se manifestó.

3. MARCO JURÍDICO

Alcance de las garantías

De conformidad con lo establecido en el Decreto 3466 de 1982, Estatuto de Protección al Consumidor, es obligación de proveedores, expendedores y productores garantizar la idoneidad y la calidad de los bienes y servicios que comercializan o producen. En tal sentido, todo bien y servicio está amparado por una garantía referida a las condiciones de idoneidad y calidad del mismo, por la cual responden sus productores, distribuidores o expendedores¹.



Bogotá D.C.,
2020

Doctor(a)
CASTILLO GIBSON LUIS FELIPE
Apoderado(a) y/o Representante de
AVESTON GRIFFORD LTD

REFERENCIA	Radicación No.	10 097072
	Solicitud internacional	pct/ib2009/000076
	Fecha inicio fase nacional	18/08/2010
	Trámite	11
	Evento	378
	Actuación	430
	Oficio No.	<u>111231</u>

Como resultado del examen de forma, realizado con fundamento en el artículo 38 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, artículo 27 del Tratado de Cooperación en Materia de Patentes (PCT), regla 51 bis del Reglamento y Circular Única de la Superintendencia de Industria y Comercio, se le comunica que:

1. La solicitud no contiene el poder debidamente otorgado, con el lleno de los requisitos exigidos por los artículos 63 y subsiguientes del Código de Procedimiento Civil. Adicionalmente, deberá presentar el documento que acredita la existencia y representación legal de la sociedad solicitante, cuando ésta fuere persona jurídica.
2. El solicitante debe presentar un nuevo título que permita identificar la materia de la cual trata la solicitud, ya que el título relacionado no se encuentra con la precisión necesaria para identificar claramente el objeto de la solicitud de patente. (Regla 4.3 PCT, Art 26-27 D-486, Circular única 5.2.9)
3. La solicitud no contiene la copia del documento en que consta la cesión del derecho a la patente del inventor al solicitante o a su causante, conforme a lo establecido por el artículo 26 literal k) de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina. Cuando se trate de documentos otorgados en el extranjero, estos deberán legalizarse de conformidad con lo dispuesto por los artículos 259 y 260 del Código de Procedimiento Civil. Cuando se trate de las declaraciones a que hace referencia la Regla 4.17 ii) del Tratado de Cooperación en Materia de Patentes PCT., el alcance de las tales declaraciones se determinará según indiquen claramente una cesión de derechos del inventor al solicitante o su causante, de conformidad con lo dispuesto en el numeral 5.2.15 del Capítulo Quinto, Título X de la Circular Única de Superintendencia de Industria y Comercio.

En cumplimiento de lo dispuesto por el artículo 39 de la Decisión 486, se le requiere para que dentro del término de dos meses siguientes a la fecha de notificación del presente oficio, complete los requisitos anteriormente enunciados. En caso de no dar cumplimiento al presente requerimiento, la solicitud se considerará abandonada y perderá su prelación.

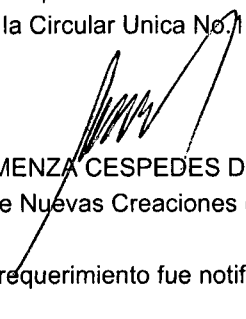
Continúa en la página siguiente...



Continuación radicado No: 10 097072



Notifíquese el presente oficio conforme a lo dispuesto en el numeral 5.2, literal e), del capítulo quinto del título primero de la Circular Unica No.10 de 2001.


ALIX CARMENZA CESPEDES DE VERGEL
Directora de Nuevas Creaciones (c)

El anterior requerimiento fue notificado por fijación en lista de fecha _____
adpa11

03 SET. 2013



Bogotá D.C.,
2020

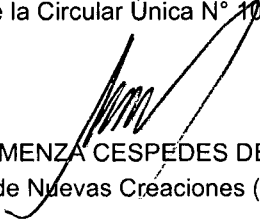
Doctor(a)
CASTILLO GIBSON LUIS FELIPE
Apoderado(a) y/o Representante de
AVESTON GRIFFORD LTD

REFERENCIA	Radicación No.	10 097072
	Solicitud internacional	pct/ib2009/000076
	Fecha inicio fase nacional	18/08/2010
	Trámite	11
	Evento	378
	Actuación	430
	Oficio No.	<u>11233</u>

Teniendo en cuenta que el capítulo reivindicatorio presentado excede de diez reivindicaciones, es necesario que cancele la tasa establecida por cada reivindicación adicional presentada, de conformidad con lo dispuesto en la resolución de tasas vigente para la fecha de presentación de la solicitud, so pena de que no sean tenidas en cuenta dentro del presente trámite administrativo.

En consecuencia, con fundamento en lo previsto por el artículo 12 del Código Contencioso Administrativo, se le requiere para que dentro del término de dos (2) meses siguientes a la fecha de notificación del presente oficio atienda el requerimiento aquí señalado. Lo anterior, con el alcance que para tal efecto establece el artículo 13 de la misma codificación, respecto de las reivindicaciones adicionales.

Notifíquese el presente oficio conforme a lo dispuesto en el numeral 5.2, literal e), del capítulo quinto del título primero de la Circular Única N° 10 de 2001.


ALIX CARMENZA CESPEDES DE VERGEL
Directora de Nuevas Creaciones (c)

10.3 SET. 2010

El anterior requerimiento fue notificado por fijación en lista de fecha _____.
adpa11