

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 482 015**

21 Número de solicitud: 201200903

51 Int. Cl.:

**C12M 1/08** (2006.01)

**C12R 1/89** (2006.01)

22

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

22 Fecha de presentación:

**19.09.2012**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**31.07.2014**

Fecha de la concesión:

**02.07.2015**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**09.07.2015**

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE ALICANTE (100.0%)  
Carretera San Vicente del Raspeig s/n  
03690 San Vicente del Raspeig (Alicante) ES**

72 Inventor/es:

**MARCILLA GOMIS, Antonio Francisco;  
HERNÁNDEZ FÉREZ, M<sup>a</sup> Del Remedio ;  
VALDÉS BARCELÓ, Francisco Javier y  
CATALÁ ESTEVE, Lucía**

54 Título: **Fotobiorreactor combinado tipo air-lift para la producción de biomasa**

57 Resumen:

La presente invención muestra una modificación de un fotobiorreactor tipo air-lift para la producción de biomasa, mediante la combinación del mecanismo de una columna de burbujas y un air-lift convencional. El fotobiorreactor tiene forma cilíndrica, de fondo plano o cónico, y cuenta con un circuito de recirculación interno que da lugar a la generación de multitud de burbujas, lo cual permite combinar ambos efectos. El fotobiorreactor que se describe en esta invención proporciona una agitación mucho más eficaz que los convencionales, evita la deposición de microalgas en las paredes, consigue una mejor transferencia de luz y mejor aprovechamiento del CO<sub>2</sub>.

ES 2 482 015 B2

## **FOTOBIORREACTOR COMBINADO TIPO AIR-LIFT PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA**

### **5 DESCRIPCIÓN**

Fotobiorreactor combinado tipo air-lift para la producción de biomasa.

### **CAMPO DE LA INVENCION**

10 La presente invención se puede enmarcar dentro del campo del diseño de fotobiorreactores para la producción de biomasa, en concreto, a partir de microalgas.

### **ESTADO DE LA TÉCNICA ANTERIOR**

15 Las microalgas son seres unicelulares presentes en multitud de hábitats con una elevada capacidad de reproducción. Presentan una amplia variedad de formas y tamaños constituyendo los primeros organismos con capacidad fotosintética.

El aumento en los niveles de CO<sub>2</sub> en la atmósfera como consecuencia del consumo de combustibles fósiles ha llevado a buscar combustibles alternativos.  
20 Las microalgas pueden emplearse como materia prima para la generación de biocombustibles. Por un lado, los lípidos contenidos en la microalga pueden emplearse para producir biodiesel, mediante un proceso de transesterificación. Modificaciones en las condiciones de cultivo de las distintas especies de estos microorganismos favorece la acumulación de lípidos permitiendo de este modo  
25 maximizar la cantidad de biodiesel generado a través de los mismos.

Por otro lado, la energía almacenada en los enlaces que componen la estructura de los organismos fotosintéticos se libera cuando dichos enlaces se rompen por cualquier medio. Existen diversos métodos por los cuales pueden romperse esos  
30 enlaces y la biomasa puede ser convertida en energía como puede ser mediante una combustión directa de la misma. Otra posibilidad consiste en la pirólisis de la biomasa, proceso que, entre otros productos, conduce a la obtención de un líquido llamado bio-fuel que constituye un tipo de biocombustible. Este bio-fuel

es un tipo de combustible renovable y biodegradable más limpio que el combustible fósil. Las microalgas presentan una alta eficiencia fotosintética, por lo que su crecimiento es mucho más rápido que el de las plantas superiores constituyendo una materia prima muy interesante para la generación de bio-fuel.

5

Además de ser una posible fuente para la producción de biocombustibles, las microalgas pueden emplearse para la obtención de diversas sustancias de gran valor, tales como proteínas, biopolímeros, pigmentos (carotenos), ácidos grasos poliinsaturados, vitaminas, antibióticos, etc. El contenido de estas sustancias en las microalgas depende de la especie cultivada. En la siguiente tabla se muestran algunas de las aplicaciones de diversas especies de microalgas:

10

Tabla 1. Ejemplos de aplicaciones de distintas especies de microalgas

<b>Microalga</b>	<b>Principal utilidad de la microalga</b>
Chlorella	Empleo como biomasa
Nannochloropsis gaditana	Fuente de ácidos grasos
Isochrysis aff. Galbana (T-Iso)	Fuente de ácidos grasos
Spirulina platensis	Obtención de phycocyanin y como biomasa
Dunaliella salina	Obtención de carotenoides (principalmente $\beta$ -caroteno)
Odontella aurita	Fuente de ácidos grasos
Phaedactylum tricornutum	Fuente de lípidos y ácidos grasos
Porphyridium cruentum	Fuente de polisacáridos

15

Para llevar a cabo el cultivo de microalgas pueden emplearse distintos tipos de fotobiorreactores. Los fotobiorreactores verticales son compactos y pueden ser manejados de forma relativamente sencilla constituyendo la opción más adecuada para la producción de biomasa microalgal en grandes cantidades.

20

Se han descrito diversas configuraciones de reactores verticales en la bibliografía empleados en el cultivo de diversas especies de microalgas. De esta forma existen estudios en los cuales se emplean reactores de columna de burbujas o tipo air-lift con tubo de aspiración para el cultivo de la microalga

Phaeodactylum tricornutum (Astero Sánchez Mirón et al. Growth and biochemical characterization of microalgal biomass produced in Bubble column and airlift photobioreactors: Studies in fed-batch culture, Enzyme and Microbial Technology 31, 1015-1023, 2002; Shear stress tolerance and biochemical  
 5 characterization of Phaeodactylum tricornutum in quasi steady-state continuous culture in outdoor photobioreactors, Biochemical Engineering Journal 16, 287-297, 2003), obteniéndose resultados muy similares en el caso de emplear cualquiera de las dos configuraciones de reactor comentadas.

10 Se pueden encontrar, además, varias invenciones en las cuales se muestran diferentes configuraciones de fotobiorreactores para el cultivo de microorganismos. En la invención ES 2071572 se describe un dispositivo airlift con recirculación interna y tubos concéntricos constituido por módulos independientes para el cultivo de microorganismos fotosintéticos. El  
 15 inconveniente que presenta este reactor es que el sistema airlift que emplean consiste en un burbujeador de vidrio poroso de forma cilíndrica situado verticalmente, por tanto, el remolino que forman las burbujas puede ser menor que el diámetro interno del tubo concéntrico interior y las paredes podrían quedar cubiertas con las microalgas impidiendo de este modo el paso de la luz.

20 Otra modalidad de fotobiorreactor vertical se muestra en la invención ES 2326296 donde se describe un reactor sumergible, hecho que permite un control de la temperatura del cultivo de forma económica. Pero presenta problemas en cuanto a la complejidad y al coste, ya que es muy complejo y, por tanto, costoso  
 25 de construir. Además tienen que controlar gases, como el O<sub>2</sub>, puesto que al estar totalmente estanco, éste se acumula.

En la invención ES 2351566 se detalla el funcionamiento de un reactor vertical tipo air-lift donde el reactor está formado por un cuerpo vertical transparente de  
 30 forma cilíndrica que presenta una salida en la parte inferior conectada a un conducto de recirculación que desemboca en una entrada situada en la parte superior del reactor. La inyección de aire por la parte inferior da lugar a la generación de un vórtice en el interior del reactor. En este caso, el tipo de agitación empleado da lugar a la generación de un remolino intenso cuyo vértice

se sitúa en las proximidades del conducto de salida. Este movimiento del cultivo evita en cierta medida la incrustación del cultivo en las paredes del reactor, hecho que dificulta el paso de la luz a través del cultivo sobre todo cuando se alcanzan densidades de microalga elevadas. Este tipo de sistema presenta  
5 múltiples ventajas, como es el hecho de una mejora en la disolución de nutrientes y asegura los periodos de luz-oscuridad de las microalgas en cultivos con altas densidades; presenta una mejor agitación del medio de cultivo que los sistemas abiertos y facilita un mejor control de las condiciones de cultivo (pH, temperatura, etc.).

10

Por todo esto resulta muy interesante disponer de un fotobiorreactor que soluciona aspectos tales como el ensuciamiento de las paredes del reactor en aquellas zonas donde el remolino no tiene efecto o un mejor aprovechamiento del CO<sub>2</sub> suministrado al cultivo.

15

### **EXPLICACIÓN DE LA INVENCION**

La presente invención muestra una modificación de un fotobiorreactor tipo air-lift mediante la combinación del mecanismo de una columna de burbujas y un air-lift.

20

Para el correcto crecimiento de las microalgas es necesario suministrar luz que permita la existencia de zonas iluminadas y zonas en sombra para que se lleve a cabo el ciclo de fotosíntesis. Del mismo modo, el fotobiorreactor empleado para llevar a cabo el cultivo de estos microorganismos debe asegurar una correcta  
25 agitación para que se produzca un intercambio adecuado de microalgas entre ambas zonas.

30

En base a tales requisitos, la presente invención describe un fotobiorreactor vertical de forma cilíndrica con fondo plano o cónico, preferentemente plano, de material transparente que reúne las condiciones óptimas de transmisión de luz PAR (radiación fotosintéticamente activa). El fotobiorreactor puede estar cerrado por una tapa superior, que debe ser también transparente para permitir el paso de la luz, que evita que polvo, insectos y otras partículas se introduzcan en el

mismo. Además, el fotobiorreactor tiene, como mínimo, un conducto de recirculación interno situado en el fondo del mismo, o a lo largo del fotobiorreactor, que da lugar a la generación de multitud de burbujas que ascienden por el fotobiorreactor dando lugar a su vez a un remolino formado por burbujas en ascensión.

La altura del fotobiorreactor puede estar comprendida entre 30 y 600 cm, preferiblemente entre 150 y 400 cm, y el diámetro puede variar entre 5 y 70 cm, preferiblemente entre 15 y 45 cm.

El conducto de recirculación puede tener perforaciones que deben tener un tamaño suficiente como para que por todas circule el aire introducido de la misma forma, sin paso preferente del mismo por ninguna de ellas. En las perforaciones del conducto de recirculación se produce una pérdida de presión que provoca la ruptura de la mezcla gas-líquido dando lugar a la generación de burbujas (Gas liquid inlet distributor, United States Patent 3785779).

Uno de los aspectos importantes que hay que tener en cuenta para un buen diseño del conducto de recirculación es cuan de homogéneo se distribuye el gas a lo largo de los orificios del mismo. La uniformidad en la distribución del gas en un sistema de estas características se puede alcanzar si la presión del fluido en la tubería permanece constante a lo largo de la misma.

Para el crecimiento de las microalgas es necesario el suministro de luz, aire y en su caso CO<sub>2</sub> para controlar adecuadamente el pH del medio de cultivo y que no alcance valores donde se ponga en peligro la estabilidad de los microorganismos contenidos en el fotobiorreactor. La inyección del aire y del CO<sub>2</sub> se realiza por la parte inferior del fotobiorreactor, a través del conducto de recirculación colocado en el fondo del fotobiorreactor. La cantidad de CO<sub>2</sub> inyectada es controlada a través de una sonda de pH con compensación interna de temperatura que envía una señal a un controlador de pH que actúa sobre una electroválvula de solenoide con control on/off respecto a una consigna con una histéresis fijada.

Las principales ventajas del fotobiorreactor que se describe en esta invención frente a otros ya existentes son:

- Proporciona una agitación mucho más eficaz que un fotobiorreactor formado por una columna de burbujas o uno tipo air-lift puesto que combina ambos efectos. Por un lado, en un fotobiorreactor tipo air-lift, la agitación del cultivo tiene lugar porque en su interior se produce un vórtice como consecuencia de la introducción de gas a través de un conducto. En el caso de un fotobiorreactor formado por una columna de burbujas, el intercambio de las microalgas entre las zonas con luz y las zonas con oscuridad se produce de forma más rápida que en el caso del air-lift puesto que ambas zonas no se encuentran tan diferenciadas como en el reactor tipo air-lift. En el fotobiorreactor descrito en la presente invención, se suman los efectos de ambos tipos de reactores por lo que la agitación alcanzada es más efectiva y el intercambio de microalgas entre zonas de luz y de oscuridad es más rápido produciéndose una mayor penetración de la luz en el cultivo.
- Evita la deposición de microalgas en las paredes del fotobiorreactor cuando el cultivo alcanza concentraciones elevadas. En el caso de la agitación producida por el vórtice generado al emplear un reactor tipo air-lift, el efecto de agitación producido es mucho más evidente en la parte superior del reactor, mientras que en la inferior las paredes del mismo tienden a oscurecerse debido a la deposición de microalgas en las mismas, hecho que dificulta el paso de luz al cultivo.
- Consigue una mejor transferencia de luz al cultivo dado que las burbujas generadas permiten una agitación directa del cultivo que dan lugar a una expansión del mismo.
- Mejor aprovechamiento del CO<sub>2</sub>. La inyección de CO<sub>2</sub> para mantener el pH del cultivo entre unos valores determinados se realiza por el mismo conducto por el que se introduce el aire situado en la base del fotobiorreactor, hecho que permite aumentar el tiempo de residencia del CO<sub>2</sub> en el medio de cultivo y obtener un mejor aprovechamiento del mismo puesto que debe atravesar todo el cultivo hasta alcanzar la superficie del mismo.

## **DESCRIPCIÓN BREVE DE LOS DIBUJOS**

Para completar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, tres esquemas en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1. Esquema del funcionamiento del fotobiorreactor con la primera configuración objeto de la invención donde el fotobiorreactor dispone de tres conductos de recirculación no perforados situados en el fondo del fotobiorreactor. Además se incluye el detalle de la base.

Figura 2. Esquema del funcionamiento del fotobiorreactor con la segunda configuración objeto de la invención donde el fotobiorreactor dispone de un conducto de recirculación con múltiples perforaciones igualmente espaciadas y alternativa con dos conductos distribuidos a lo largo del fotobiorreactor.

Figura 3. Comparación de los perfiles de pH empleando el fotobiorreactor descrito en esta invención y un fotobiorreactor tipo air-lift convencional.

## **EXPOSICIÓN DETALLADA DE MODOS DE REALIZACIÓN**

Para una mejor comprensión de la invención se pasará a hacer la descripción detallada de las partes que componen las distintas configuraciones que se presentan.

Según se aprecia en las figuras 1 y 2, las distintas configuraciones del fotobiorreactor de la invención se componen de los siguientes elementos:

- Cuerpo vertical de forma cilíndrica 1, con altura comprendida entre 150 y 400 cm y un diámetro comprendido entre 15 y 45 cm, construido en un material transparente, que puede ser tanto rígido como flexible que reúne las condiciones óptimas de transmisión de luz PAR. El fondo sobre el que se apoya el cuerpo del fotobiorreactor puede ser cónico o plano, preferiblemente plano.

- Medidor de pH 2 con compensación de temperatura.
- Conducto de recirculación interno 3 ubicado en el fondo.
- Salida del conducto de recirculación interno 4.
- Entrada del conducto de recirculación interno 5.
- 5 • Conducto de salida del cultivo 6.
- Conducto de entrada de gas 7, que puede ser aire o una combinación aire+CO<sub>2</sub>.
- Conducto que conecta la salida de cultivo, la entrada del gas y la entrada del conducto de recirculación interno 8.
- 10 • Intercambiador de calor 9 para mantener la temperatura óptima para el desarrollo de los microorganismos.
- Tapa 10 que puede usarse para cubrir la parte superior del cuerpo vertical de forma cilíndrica 1 y que incorpora como sistema de control el medidor de pH 2. La tapa, preferiblemente, no debe ser estanca para permitir la aireación de dicho fotobiorreactor.
- 15

A continuación se detalla el funcionamiento de las distintas alternativas al fotobiorreactor de tipo arlift:

- La primera de las configuraciones posibles es una modificación del air-lift en el que la mezcla cultivo+gas, en lugar de ser introducida en la parte superior como sucede en el air-lift convencional (ES 2351566), se introduce a través de un conducto de recirculación no perforado situado en el fondo. De este modo, se consiguen mejorar principalmente dos aspectos: por un lado, el aprovechamiento del CO<sub>2</sub> suministrado, puesto que el gas va a ascender hasta la parte superior del fotobiorreactor, teniendo así más tiempo para que se disuelva el CO<sub>2</sub> en el cultivo, y por otro lado, al tener una mejor agitación del cultivo, los gradientes de temperatura, pH, y concentración de nutrientes son menores y la transferencia de luz es mejor.
- 20
- 25
- 30 • Una alternativa consiste en colocar diversos conductos de recirculación no perforados a lo largo del fotobiorreactor o en el fondo del mismo (Figura 1). Al colocar más conductos de recirculación se consigue una agitación mayor y más homogénea a lo largo del fotobiorreactor,

solucionando de esta forma, problemas que tienen lugar en el fotobiorreactor de tipo air-lift, como el ensuciamiento de las paredes del mismo.

- Otra configuración corresponde con la descrita anteriormente donde la parte del conducto de recirculación que está en contacto con el cultivo se perfora (Figura 2a). Las perforaciones del conducto de recirculación interno, permiten introducir burbujas en el cultivo que ascienden formando un remolino. El cultivo que ha atravesado el conducto de recirculación interno perforado se incorpora nuevamente al fotobiorreactor por la salida del conducto de recirculación interno perforado. Las perforaciones deben tener un tamaño tal que el caudal de entrada de las burbujas en el cultivo sea el mismo en todas ellas, sin que exista una salida preferencial del gas. Además, para evitar la muerte celular debido al estrés hidrodinámico, el diámetro de la perforación se tiene que calcular teniendo en cuenta la especie de microalga utilizada, el diámetro del fotobiorreactor, el número de perforaciones y el caudal del gas. El diámetro de la perforación suele ser del orden del milímetro. El número de perforaciones debe ser suficiente para que la salida del gas que circula a su través sea más uniforme en la sección del fotobiorreactor. De esta manera, se consigue una agitación más homogénea que en la primera configuración, puesto que las burbujas se distribuyen por todo el diámetro del fotobiorreactor y no sólo en un punto, como sucede en la primera configuración. Por tanto, se consigue mejorar: el intercambio de microalgas entre zonas de luz y de oscuridad y, como consecuencia, la transferencia de luz al cultivo dado que las burbujas generadas permiten una agitación directa del cultivo que dan lugar a una expansión del mismo, se mejora el control de los gradientes de temperatura, el pH, la concentración de nutrientes entre distintos puntos del cultivo, y el aprovechamiento del CO<sub>2</sub>, puesto que para mantener el pH del cultivo entre unos valores determinados, se introduce CO<sub>2</sub> por el mismo conducto por el que se introduce el aire situado en el fondo del fotobiorreactor, hecho que permite aumentar el tiempo de residencia del CO<sub>2</sub> en el medio de cultivo y, obtener un mejor aprovechamiento del mismo, y además se evita la deposición de microalgas en las paredes del

reactor cuando el cultivo alcanza concentraciones elevadas, hecho que dificultaría el paso de luz al cultivo.

- Una alternativa es colocar varios conductos de recirculación con múltiples perforaciones, como el descrito en el punto anterior a lo largo del fotobiorreactor (Figura 2b), consiguiendo de este modo que el efecto de agitación producida sea más uniforme a lo largo del fotobiorreactor.

Como se he comentado anteriormente, un aspecto importante observado es que empleando el fotobiorreactor mostrado en esta invención, el consumo de CO<sub>2</sub> para alcanzar un crecimiento de microalgas adecuado se reduce notablemente respecto a otros sistemas. El aprovechamiento de este nutriente es mejor en el caso de emplear este fotobiorreactor modificado que en el caso de utilizar un reactor tipo air-lift convencional, puesto que el tiempo de residencia del CO<sub>2</sub> es superior en el fotobiorreactor que combina un air-lift y una columna de burbujas dando lugar a una mayor concentración disuelta del mismo y por tanto a una mayor disponibilidad por parte de las microalgas.

Para mostrar esta ventaja, en la Figura 3 se comparan los perfiles de pH con el tiempo durante el cultivo de *Nannochloropsis oculata* empleando un fotobiorreactor como el descrito en esta invención y un fotobiorreactor tipo air-lift convencional. Como puede observarse, el número de inyecciones de CO<sub>2</sub> llevadas a cabo en un intervalo de tiempo determinado se reducen empleando un fotobiorreactor que combina un air-lift y una columna de burbujas.

Otra ventaja importante que se consigue empleando la modificación descrita en esta invención es la menor adherencia de microalgas en las paredes del fotobiorreactor. Estas adherencias durante el crecimiento de las microalgas reducen la penetración de luz al interior del reactor por lo que puede limitar su crecimiento. Empleando el fotobiorreactor que combina un efecto air-lift con una columna de burbujas descrito en esta invención, el ensuciamiento de las paredes del fotobiorreactor es menor, hecho que favorece un mayor aprovechamiento de la luz cuando el cultivo alcanza concentraciones elevadas. A modo de ejemplo, a continuación se detallan los valores de absorbancia alcanzada en cultivo de la microalga *Nannochloropsis oculata* empleando un fotobiorreactor igual al

descrito en esta invención (Tabla 2). A modo de comparación, se han incluido los valores de absorbancia alcanzados para esta misma especie empleando un reactor tipo air-lift convencional. Se ha seleccionado un reactor tipo air-lift para compararlo con el mostrado en esta invención dado que el mecanismo del mismo engloba un fotobiorreactor tipo air-lift.

Tabla 2. Absorbancias alcanzadas empleando un fotobiorreactor que combina un air-lift y una columna de burbujas

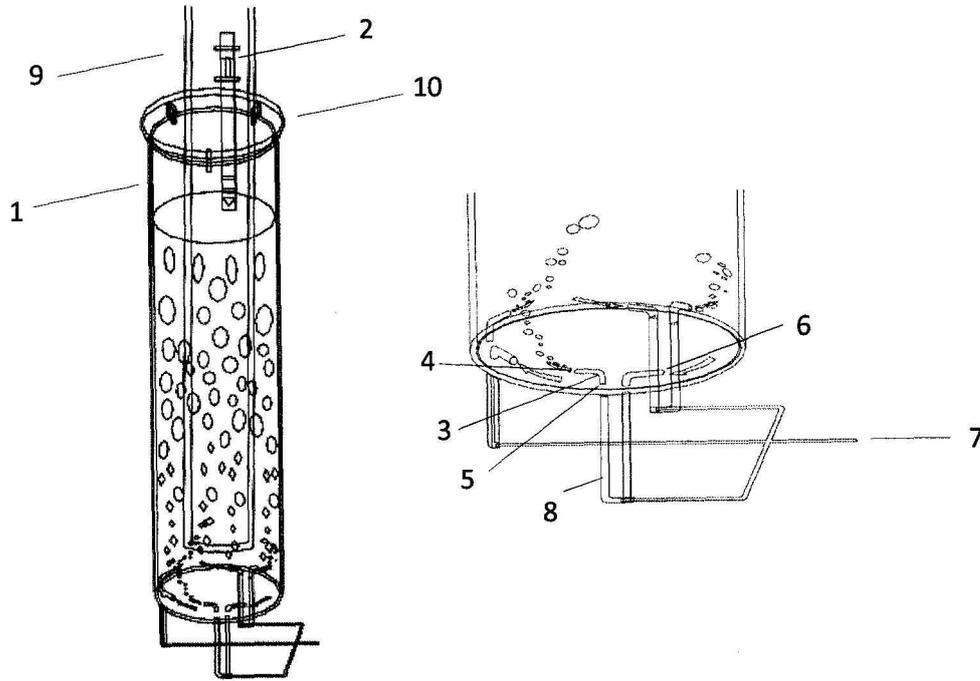
Horas de cultivo	Fotobiorreactor descrito	Air-lift convencional
0	0.351	0.341
24	0.576	0.506
48	1.014	0.987
72	1.444	1.385
120	2.267	2.109
144	2.327	2.227
168	2.583	2.497
192	2.590	2.457
216	2.797	2.510

**REIVINDICACIONES**

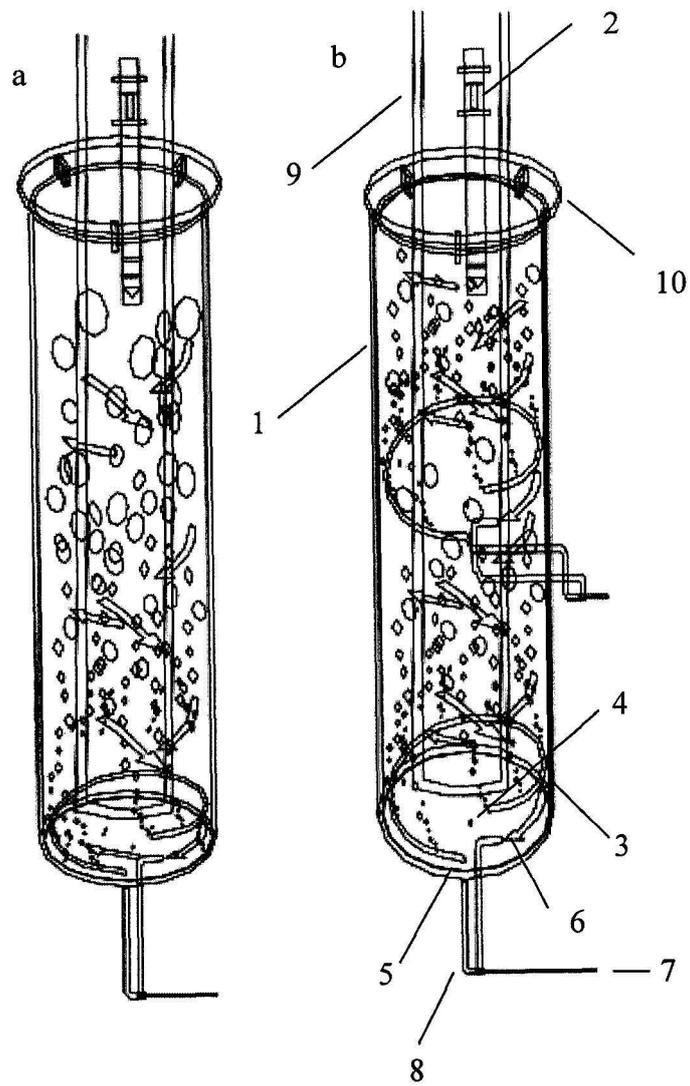
1. Fotobiorreactor combinado tipo air-lift para la producción de biomasa que comprende un cuerpo vertical de altura entre 30 y 600 cm y diámetro entre 5 y 70 cm de forma cilíndrica, un medidor de pH con compensación de temperatura apoyado sobre un fondo donde hay un conducto de salida del cultivo, un conducto de entrada de gas adaptado para la circulación de gases que comprenden aire y aire+CO<sub>2</sub>, un conducto que conecta la salida de cultivo, la entrada del gas y la entrada del conducto de recirculación interno y una tapa caracterizado por al menos un conducto de recirculación interno ubicado en el fondo que comprende una salida del conducto de recirculación interno y una entrada del conducto de recirculación interno que permite combinar los efectos air-lift y columna de burbujas.
2. Fotobiorreactor combinado tipo air-lift para la producción de biomasa según reivindicación 1, donde el cuerpo vertical tiene altura comprendida entre 150 y 400 cm y diámetro entre 15 y 45 cm.
3. Fotobiorreactor según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 2, caracterizado porque la parte superior del cuerpo está abierta para que los gases puedan salir del mismo.
4. Fotobiorreactor según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 3, caracterizado porque el fondo tiene forma plana.
5. Fotobiorreactor según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 3, caracterizado porque el fondo tiene forma cónica.
6. Fotobiorreactor según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 5, caracterizado porque el cuerpo y la tapa están fabricados de un material transparente que reúne condiciones óptimas de transmisión de luz, que puede ser tanto rígido como flexible.

7. Fotobiorreactor según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 6, caracterizado porque cuenta con un intercambiador de calor para mantener la temperatura óptima para el desarrollo de los microorganismos.
- 5 8. Fotobiorreactor según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 7, caracterizado por comprender un conducto de recirculación no perforado colocado en el fondo.
- 10 9. Fotobiorreactor según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 7, caracterizado por comprender más de un conducto de recirculación no perforados en el fotobiorreactor.
- 15 10. Fotobiorreactor según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 7, caracterizado por comprender un conducto de recirculación perforado colocado en el fondo, donde las perforaciones tienen un tamaño tal que el caudal de entrada de las burbujas en el cultivo sea el mismo en todas ellas, sin que exista una salida preferencial del gas, y un diámetro de la perforación calculado teniendo en cuenta la especie de microalga utilizada, el diámetro del fotobiorreactor, el número de perforaciones y el caudal del gas.
- 20 11. Fotobiorreactor según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 7, caracterizado por comprender más de un conducto de recirculación perforado en el fotobiorreactor, donde las perforaciones tienen un tamaño tal que el caudal de entrada de las burbujas en el cultivo sea el mismo en todas ellas, sin que exista una salida preferencial del gas, y un diámetro de la perforación calculado teniendo en cuenta la especie de microalga utilizada, el diámetro del fotobiorreactor, el número de perforaciones y el caudal del gas.
- 25 30 12. Fotobiorreactor según cualquiera de las reivindicaciones de 10 a 11, caracterizado por comprender un conducto de recirculación perforado colocado en el fondo, donde el diámetro de la perforación es del orden del milímetro, y el número de perforaciones es suficiente para que la
- 35

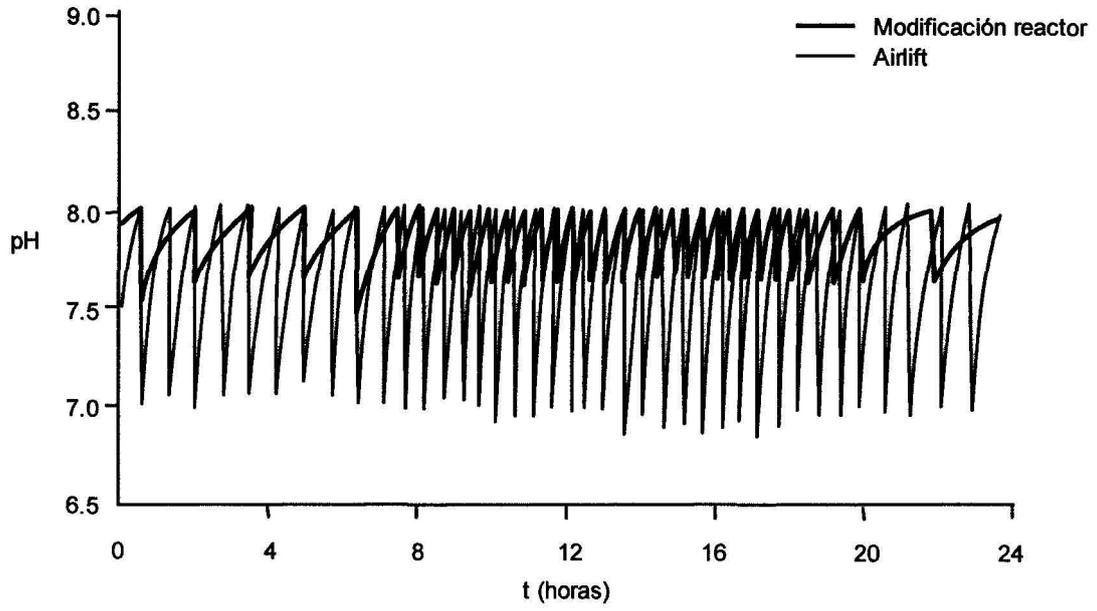
salida del gas que circula a su través sea más uniforme en la sección del fotobiorreactor.



**Figura 1**



**Figura 2**



**Figura 3**



②<sup>1</sup> N.º solicitud: 201200903

②<sup>2</sup> Fecha de presentación de la solicitud: 19.09.2012

③<sup>2</sup> Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤<sup>1</sup> Int. Cl.: **C12M1/08** (2006.01)  
C12R1/89 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤ <sup>6</sup> Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	WO 2010103154 A2 (REPSOL YPF SA ET AL.) 16/09/2010, página 7-9 y figura 1	1-12
A	ES 2071572 A1 (UNIV GRANADA) 16/06/1995, todo el documento.	1-12
A	US 2011045581 A1 (COLLAO OLIVARES ROBERTO ET AL.) 24/02/2011, todo el documento.	1-12

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

**El presente informe ha sido realizado**

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones n.º:

Fecha de realización del informe  
25.11.2013

Examinador  
A. Barrios de la Fuente

Página  
1/4

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

C12M, C12R

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

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 25.11.2013

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-12	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-12	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	WO 2010103154 A2 (REPSOL YPF SA et al.)	16.09.2010
D02	ES 2071572 A1 (UNIV GRANADA)	16.06.1995
D03	US 2011045581 A1 (COLLAO OLIVARES ROBERTO et al.)	24.02.2011

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**

La presente solicitud tiene por objeto un fotobioreactor para la producción de biomasa. Dicho fotobioreactor comprende un cuerpo vertical de forma cilíndrica de altura entre 300-600cm y diámetro entre 5-70 cm, un medidor de pH con compensación de temperatura y una tapa. El cuerpo vertical del fotobioreactor se encuentra apoyado sobre un fondo donde se localiza un conducto de salida del cultivo, un conducto de entrada de gas adaptado para la circulación de aire y aire+CO<sub>2</sub>, y un conducto que conecta el conducto de salida del cultivo y el conducto de entrada de gas con un conducto de recirculación interno. Dicho fotobioreactor dispone al menos de un conducto de recirculación interno ubicado en el fondo que comprende una entrada y una salida de dicho conducto.

D01 divulga un fotobioreactor de cuerpo vertical y de forma cilíndrica de altura entre 1-5 metros y diámetro 15-100 cm, dotado con una tapa y un medidor de pH. El cuerpo vertical del fotobioreactor se encuentra apoyado sobre un fondo donde se localiza un conducto de salida que desemboca en un conducto de recirculación externo. El conducto de recirculación externo incorpora en las proximidades del conducto de salida una tercera conexión a la que se conecta un inyector de aire o aire+ CO<sub>2</sub>. El conducto de recirculación externo conecta la parte inferior con la parte superior del cuerpo vertical, lo que hace que se genere un vórtice en la parte superior del bioreactor.

D02 divulga un bioreactor tipo air-lift de cuerpo vertical, con tubos concéntricos y recirculación interna. Comprende un cuerpo central cilíndrico en cuya base se encuentra un burbujeador de vidrio poroso que inyecta aire o aire + CO<sub>2</sub>. La salida del cultivo se efectúa por un rebosadero ubicado en la parte superior. Dispone un medidor de pH con compensación de temperatura.

D03 divulga un bioreactor de tipo air-lift de cuerpo vertical, tubos concéntricos y recirculación interna. En la base del bioreactor se encuentra un conducto de entrada de aire conectado a una serie de difusores perforados.

**NOVEDAD Y ACTIVIDAD INVENTIVA (Art. 6 y 8 de la Ley 11/86)**

Los documentos citados son solamente documentos que reflejan el estado de la técnica. Ninguno de estos documentos de forma aislada o cualquier combinación relevante entre ellos revela un fotobioreactor como el que es objeto de las reivindicaciones 1-12. En consecuencia, se considera que el objeto de las reivindicaciones 1-12 es nuevo e implica actividad inventiva para el experto en la materia en el sentido del artículo 6 y 8 de la ley de patentes 11/86.