

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 528 388**

21 Número de solicitud: 201330041

51 Int. Cl.:

**C12N 1/12** (2006.01)

**C12M 1/00** (2006.01)

**C12M 1/04** (2006.01)

**C11B 1/10** (2006.01)

12

## SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**07.08.2013**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**09.02.2015**

71 Solicitantes:

**ESTEVE BAENA B., S.L. (100.0%)**  
**Plaza Constitución, 4, ent. izda.**  
**03550 San Juan (Alicante) ES**

72 Inventor/es:

**ESTEVE SALA, Jorge Vicente y**  
**BAENA LIGENFERT, Manuel Isidoro**

74 Agente/Representante:

**COBO DE LA TORRE, María Victoria**

54 Título: **Procedimiento de obtención de biomasa y productos derivados a partir de algas unicelulares, e instalación para la ejecución del mismo**

57 Resumen:

Procedimiento de obtención de biomasa y productos derivados a partir de algas unicelulares, e instalación para la ejecución del mismo.

La presente invención se refiere a un proceso que comprende todas las etapas necesarias para partiendo de un cultivo de algas "procariotas" unicelulares disuelto en medio acuoso, todos los elementos necesarios para su cultivo y desarrollo y mediante el aporte externo de nutrientes, CO<sub>2</sub> y luz solar, se procede a la obtención de una biomasa mediante procedimientos de floculación y centrifugación posterior con un grado de humedad entre el 50% y el 90% y posteriormente se procede a una etapa de secado que prepara dicha biomasa para la extracción de lípidos mediante fluidos supercríticos, con posible prerruptura celular si la microalga lo requiere, obteniéndose diversas fracciones de elementos finales que engloban productos de valor añadido así como un bioaceite o biocrudo. El proceso cuenta con todos los equipos y elementos necesarios para poder definir el conjunto como biorrefinería, puesto que se reutilizan todos los productos generados y se obtienen diferentes compuestos con diferentes aplicaciones y en diferentes etapas del proceso.

ES 2 528 388 A1

**PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE BIOMASA Y PRODUCTOS DERIVADOS A PARTIR DE ALGAS UNICELULARES, E INSTALACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DEL MISMO**

5

**DESCRIPCIÓN**

**OBJETO DE LA INVENCION**

10

La presente invención se engloba en el campo de la Ficotecología, o Biotecnología con origen en las algas ó microalgas. La aplicación principal se centra en el aporte de luz solar, nutrientes y CO<sub>2</sub> a un cultivo unicelular de microalgas existente en un fotobiorreactor o campo de fotobiorreactores en sistema cerrado y más concretamente en fotobiorreactores verticales y/o verticales inclinados. Con el proceso que se describe a continuación se obtendrá una biomasa de la cual se extraerán lípidos con altos contenidos en ácidos grasos, que a su vez tendrán un destino final como productos de alimentación y farmacéuticos, además de los propios de transformación del bioaceite en biocombustible.

15

20

El presente proceso presenta mejoras con respecto a procesos existentes previamente, que lo hacen más eficiente energéticamente hablando, aparte de reducir las emisiones contaminantes al medio ambiente tras convertir el CO<sub>2</sub> en biomasa. El índice de captación y conversión del CO<sub>2</sub> supera el 95%, siendo muy superior a lo existente en el estado de la técnica. Los retornos de cada uno de los procesos de separación son tratados de manera independiente para garantizar su posible retorno al medio de cultivo. Igualmente se incluye un sistema de limpieza interno automático de los tubos que mejora altamente la eficiencia del proceso.

25

30

También es objeto de la invención la correspondiente instalación para la puesta en práctica del propio procedimiento.

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

Según el informe anual de 2012 de la Organización de las Naciones Unidas para la

Alimentación y la Agricultura (FAO), en el próximo decenio la producción de alimentos con la acuicultura superará en producción a la de carne de vacuno, porcino y aves de corral. En el año 2011, la pesca de captura y la acuicultura suministraron al mundo 154 millones de toneladas de pescado, de los que el 90% fue para consumo humano, con una media de 18 kg per cápita.

En el año 2000 solo el 15% del total de la producción de pescado mundial procedía de la acuicultura, en el 2010 fue ya del 40%. La pesca de captura se mantiene estable, mientras que está siendo la acuicultura la que absorbe todos los aumentos necesarios para abastecer a la creciente población, así como a sus crecientes necesidades energéticas. La biomasa liofilizada proveniente de microalgas se postula como la mejor solución para apoyar ese aumento de producción en muchas de las 600 especies que se crían en cautividad.

Por otro lado, con la implantación a nivel mundial de los biocombustibles de segunda generación, provenientes de cultivos terrestres, como la palma o la soja, se generó una escalada de precios de estos productos básicos que conllevó y todavía repercute en crisis alimenticias en los países más pobres. La implantación de biorrefinerías para producción de biocombustibles de tercera generación, como son los provenientes de biomasa microalgal, resuelven este problema.

El documento ES 2370583 A1 describe diferentes tipos de fotobiorreactores y depósitos de acumulación, clarificado y demás, sin incluir el resto del proceso hasta la obtención de biomateriales y demás productos finales, los fotobiorreactores empleados en ella no son iguales que los indicados en la presente patente ni incluyen las mejoras de atemperamiento, recogida de excedentes de gases y limpieza automática interior de tubos.

La solicitud de patente EP 2371940 A1 divulga un proceso y una instalación para la producción de biocombustible y reducción de CO<sub>2</sub>, empleando tubos no anulares y con largas longitudes, en posición horizontal preferiblemente y por lo que nos lleva a grandes superficies de cultivo. Igualmente el rendimiento energético del proceso no es competitivo con el que se expone en la presente solicitud, porque se necesitan grandes movimientos de fluido para evitar el conocido fouling (o adhesión de microalgas a las paredes del tubo) con la consiguiente pérdida de efectividad del rendimiento por reducción de irradiación solar, y

5 con ello grandes consumos energéticos. La etapa de secado que se contempla en dicha solicitud, entre las fases de separación de la biomasa y la de extracción de compuestos, es igualmente ineficiente energéticamente hablando puesto que se realiza mediante filtrado, lo que es inviable económicamente. Esta solicitud se centra básicamente en la captura y conversión del CO<sub>2</sub>, pero el resto lo describe muy por encima.

10 El documento US 2007048859 A1 incluye las fases de cultivo de microalgas desde la zona de cultivo con fotobiorreactores, la captura de CO<sub>2</sub> y el posterior tratamiento de la biomasa hasta la obtención de un producto final basado en el biocombustible. Para ello, utiliza fotobiorreactores sin sistema de limpieza y en una única disposición, sistemas de secado convencionales y un único tratamiento termoquímico para la obtención del biocombustible sin procesos adicionales para obtención de productos de valor añadido. Todo ello está previsto sin ninguna combinación de especies ni de reutilización de rechazos.

15 El documento ES 2356653 A1 describe una invención con fotobiorreactores cónicos y sumergidos en el interior de un tanque, siendo una aplicación totalmente diferente a la expuesta en la presente invención.

20 La solicitud de patente internacional WO 2007147028 A2 habla del equipo necesario para capturar CO<sub>2</sub> e introducirlo en fotobiorreactores, mencionando un proceso de separación, y describe una extracción de biomateriales final, si bien en las reivindicaciones solo se explican elementos constituyentes del sistema de captura de CO<sub>2</sub> y de su introducción en los fotobiorreactores, así como las diferentes opciones de fotobiorreactores. El ciclo mencionado no incluye el concepto de biorrefinería de esta patente.

25 La solicitud de patente US 4868123 A se refiere únicamente a los fotobiorreactores, pero no introduce las mejoras comentadas en la presente solicitud que lo hacen mucho más eficiente. Este documento se refiere únicamente a un tipo de fotobiorreactores para cultivo de microalgas con diferente funcionamiento al expuesto en la presente invención, no  
30 incluyendo sistema de limpieza automático ni posibilidad de todos los funcionamientos aire-agua, en paralelo y cruzado, ni recuperación de excedente para hacer más eficiente el proceso. Adicionalmente, no hace mención a ningún tipo de proceso posterior al cultivo de los microorganismos.

Son muchos los documentos técnicos y patentes que nos enseñan, en el campo de las microalgas, las diferentes posibilidades de fotobiorreactores, tanto en materiales empleados como en disposición y modo de funcionamiento, por ejemplo los documentos “Photobioreactor: light regime, mass transfer, and scale-up”, Journal of Biotechnology, 70, 231-47 (1999) de Molina Grima, E., Ación Fernández, F.G. García Camacho, F. and Chisti; o “Scale-up of tubular photobioreactors”, Journal of Applied Phycology, 12, 355-68 (2000), de Molina G., Ación Fernández, F.G., García Camacho, F., Camacho Rubio, F., and Chisti; o “Photobioreactors production systems for phototrophic microorganisms”, Applied Microbiology and Biotechnology, 57, 287-93 (2001), de Pulz, O.; o “Microalgal reactors: a review of enclosed system designs and performances”, Biotechnology Progress, 22, 1490-506 (2006), de Carvalho, A.P., Meireles, L.A., Malcata, F.X.; ó “Design Principles of photobioreactors for cultivation of algae unicelulares” de D. Clemens Posten, Institute of Life Science Engineering, Division of Bioprocess Engineering, University of Karlsruhe, Strasse am Forum 8, D-76131 Karlsruhe (Germany), DOI:10.1002/elsc.200900003, mayo 29, 2009, con todos ellos se comparten partes del proceso y elementos que son estado de la técnica actual, pero en ninguno se emplea el atemperamiento interior ni lleva el sistema automático de limpieza ni la recogida superior de sobrante de CO<sub>2</sub> para mejorar eficiencia.

Por otro lado, son también innumerables los documentos técnicos que describen el proceso de cosechado del cultivo y los posteriores tratamientos termoquímicos para obtención de productos finales, ver “Hydrothermal Treatment of Algae unicelulares: Evaluation of the Process as Conversion Method in an Algae Biorefinery Concept” (Laura García Alba, Cristian Torri, Chiara Samori, Jaapjan van der Sped, Daniele Fabbri, Sascha R.A. Kersten, y Derk W.F. Brilman (2011) o Thermo-Chemical Conversion of Biomass Group, Faculty of Science and Technology, University of Twente, P.O. Box 217, Enschede, The Netherlands). Se comparten etapas de procesado con esta patente pero la secuenciación y los métodos empleados no son los mismos.

Por último, también son muchos los documentos técnicos que enumeran las aplicaciones de los productos finales a obtener de las microalgas, tanto si son en forma de bioaceites, como biocombustibles, gases y/o productos de valor añadido para cualquier aplicación energética, nutricional y/o farmacológica, como son “Encyclopedia of bioprocess technology: fermentation, biocatalysis and bioseparation”, Wiley, 395-419 (1999), de Trecidi, M.R., Flickinger MC, Drew SW.; ó “Selective extraction of carotenoids from the microalga Dunaliella

salina with retention of viability" (Hejazi MA, de Lamarliere C, Rocha JM, Vermuë M, Tramper J, Wijffels RH; *BiotechnolBioeng.* 2002-Jul); o en "Production of cell mass and eicosapentaenoic acid (EPA) in ultra high cell density cultures of *Nannochloropsis* Sp. (Eustigmatophyceae) (NingZoy, Chengwu Zhang, Zvi Cohen & Amos Richmond, 2000; *European Journal of Phycology*, 35:2, 127-133).

## DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

A la vista de los documentos citados, la presente invención tiene por objeto mejorar la eficiencia de los procesos de obtención de biomasa a partir de algas unicelulares y de extracción de productos de todo tipo, desde el punto de vista de la biorrefinería, básicamente hablando de aceites, biocombustibles, gases y productos de valor añadido utilizables para cualquier posterior aplicación. Las mejoras introducidas en cuanto a recuperaciones de materias primas, así como los sistema de limpieza automáticos y la secuenciación final de producción de productos finales, junto con la recuperación de los rechazos del proceso para su tratamiento y posterior reintroducción en las líneas de agua y gas, así como mediante mejoras en las instalaciones diseñadas para tal fin, lo hacen mucho más eficiente que lo existente en el estado de la técnica actual y más completo.

En el procedimiento de la invención no se emplean antibióticos ni funguicidas, por lo que los productos obtenidos tienen una calidad superior a la de los obtenidos mediante otros procesos.

Mas concretamente, la invención se refiere al procedimiento para la obtención de biomasa, así como a una instalación o biorrefinería, que se inicia con la conversión integral de gases de efecto invernadero, que alimentan a un cultivo de microalgas en medio acuoso, pasando por el cosechado de las mismas y la posterior extracción de lípidos y otros componentes, con posterior aprovechamiento industrial en el sector energético y nutricional, a nivel tanto humano como de los animales, mediante el cultivo ultraintensivo de algas unicelulares en medio acuoso, luz solar y nutrientes, todo ello mediante ciclo cerrado y aprovechamiento de todos los excedentes en cada una de las etapas. Es novedosa la realización de la parte final del proceso mediante fluidos supercríticos que utilizan el CO<sub>2</sub> como elemento de arrastre de los lípidos con posibilidad de pretratamiento previo de prerruptura celular en función de la especie de microalga que se esté cultivando, consiguiéndose una selectividad de los

5 mismos mucho mayor que la existente hasta ahora con procedimientos convencionales de extracción con disolventes químicos, la eficiencia del proceso también es mucho mayor y los costos totales son igualmente menores así como también es menor el impacto ambiental al evitar el uso masivo de disolventes convencionales. Los productos obtenidos empiezan con la biomasa que puede ser atomizada, liofilizada o usada directamente para alimentar especies marinas, pasando a continuación a proceder a ~~per~~ la extracción posterior de ácidos grasos y/o antioxidantes con alto valor nutricional y económico, con aplicaciones posteriores en las industrias nutricionales, de cosmética o farmacéutica, para terminar con un biocrudo que puede ser convertido en biocombustible mediante un tratamiento de licuefacción térmica final ó bien utilizada como producto alimentario para animales y/o peces tras la extracción de los productos de valor añadido.

10 Por lo tanto, la invención se refiere a un proceso industrial que producirá en un primer momento una biomasa algal y posteriormente otra serie de productos finales a partir de ella, mediante una instalación en la que se definen las siguientes fases operativa:

- llenado de los fotobiorreactores con agua de mar o salobre, como medio base para el cultivo de las algas;
- inyectado en los fotobiorreactores, al menos, una cepa de una especie de algas unicelulares, formando el cultivo;
- inyectado en los fotobiorreactores, y conjuntamente o por separado, gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub> obligatoriamente) y aire comprimido, de acuerdo con las necesidades de éste para realizar una fotosíntesis eficiente, con establecimiento de una turbulencia óptima generada por el aire que se introduce por la base de los fotobiorreactores, entre tubo exterior y tubo interior.
- recirculación del cultivo entre los tubos que forman cada fotobiorreactor, según un proceso homogéneo dentro de cada grupo de fotobiorreactores, con un caudal entre el 10% y el 50% del total del volumen de cultivo existente.
- inyectado de nutrientes en la proporción requerida por el cultivo, para colaborar en la consecución de una reproducción óptima de la microalga.
- extracción de una parte del cultivo y acumulación del mismo con una concentración óptima de las microalgas, en un depósito de acumulación; (entre el 1 y el 25% diaria, en función de las condiciones de reproducción que se hayan dado durante el día, en gran dependencia con las condiciones climatológicas que son las que favorecen la

fotosíntesis).

- separación química de los productos de cultivo, en una o varias etapas, y posterior concentración de los mismos;
- 5 - retorno de todos los sobrantes (floculados ó rechazos) de cultivo obtenidos en la separación química y tratamientos de desinfección y filtración en depósitos independientes y posterior paso a un depósito de alimentación previo al cultivo;
- separación mecánica mediante centrifugación del cultivo concentrado en las etapas anteriores para conseguir biomasa húmeda, con un contenido de agua entre el 50% y el 90%.
- 10 - retorno del sobrante ó rechazo ó floculado obtenido en la etapa anterior, hacia un depósito de clarificado y envío de este cultivo, tras un proceso de filtración y desinfección, al depósito de alimentación, todo ello según un proceso cerrado y con consumo mínimo de agua fresca;
- secado previo de la biomasa mediante ventanas refractivas y/o secadores solares, para conseguir un peso en seco de la biomasa superior al 95%, como producto final apto para procesado posterior, atomización y/o liofilización en función del rendimiento de los procesos de secado previo comentados.
- 15 - Pretratamiento previo de prerruptura de la pared celular, mediante cavitación, molienda ó hidrólisis ácida, en función del tamaño de la microalga y de la especie, en definitiva en función de la dureza de la pared celular para posibilitar una eficiente extracción de los ácidos grasos y demás productos de valor añadido, sin dañarlos.
- 20 - extracción de lípidos a partir de la biomasa seca, mediante fluidos supercríticos con CO<sub>2</sub>, para conseguir una selectividad importante sobre los productos de valor añadido obtenidos, realizándose dicho proceso a una temperatura comprendida entre 200°C y 350°C, y a una presión comprendida entre 160 bares y 600 bares, con unos periodos de tiempo comprendidos entre 25 y 90 minutos por cada ciclo;
- 25 - transformación del resto de la biomasa tras la extracción anterior bien por licuefacción térmica para biocrudo ó venta de la biomasa con fines alimentarios para animales ó para alimentación de peces.

30

De acuerdo con otra de las características de la invención, se ha previsto que el producto de cada uno de los retornos obtenidos en las fases anteriores sea almacenado en una unidad previa con tratamiento mediante agitación, aireación, aporte de aire comprimido y CO<sub>2</sub>, así como aporte de nutrientes y tratamiento de filtración y desinfección, previamente a su paso



al depósito de alimentación y reposición a la zona de cultivo, tras cada una de las extracciones.

5 Por su parte, la corriente de gases CO<sub>2</sub> que entra en cada fotobiorreactor, procede de una fuente de combustión o de un depósito de acumulación de gases de efecto invernadero, siendo el sobrante de CO<sub>2</sub> retornado de nuevo al fotobiorreactor correspondiente, cuando las condiciones de realización de la fotosíntesis no sean óptimas.

10 Dicha corriente de gases CO<sub>2</sub> se inyecta en una cantidad comprendida entre 0,01 m<sup>3</sup> por m<sup>3</sup> de cultivo y 1 m<sup>3</sup> por m<sup>3</sup> de cultivo, a intervalos entre 10 y 60 segundos por minuto.

15 En cuanto al cultivo, éste se introduce por la parte superior del fotobiorreactor, recogándose por la parte de abajo y mezclándose entre cada agrupación de fotobiorreactores con una misma electrobomba, siendo las condiciones de cultivo las mismas para todo el grupo, consiguiéndose una mezcla perfecta de nutrientes, de cultivos con diferentes irradiaciones y por lo tanto con diferentes pasos de luz, todo ello con un caudal de recirculación de entre el 1 y el 50% del total del volumen de cultivo.

20 El cultivo se mantiene en el rango de temperaturas comprendidas entre 10°C y 45°C, consiguiéndose un atemperamiento del mismo mediante un circuito primario que recorre el interior de los tubos anulares y concéntricos que forman cada fotobiorreactor.

25 De esta forma, cada vez que se consigue la concentración microalgal óptima, característica para cada especie, pero, superior a 100 millones de células/ml, se procede a la extracción de entre el 1 y el 25% del cultivo de los fotobiorreactores, en un periodo de entre 1 y 4 horas.

30 Paralelamente, se introduce la misma cantidad de cultivo extraída de los fotobiorreactores, procedente de depósitos de alimentación que a su vez recoge todos los rechazos o sobrantes provenientes de los diferentes procesos realizados en el cultivo hasta la obtención de los productos finales, debidamente filtrados y eliminada la carga orgánica y con cierto aporte de agua fresca salada también filtrada y desinfectada convenientemente, siendo el agua tratada adicionada de nutrientes en proporción adecuada, así como de sales nitrogenadas como amonio, nitratos, fosfatos y otros metales traza.

Para llevar a cabo el procedimiento que se acaba de describir, se ha previsto una instalación, dotada, como es convencional de un sistema de separación de la biomasa del cultivo y del cultivo a una serie de fotobiorreactores en los que se introducen las algas unicelulares para su cultivo, con inyección de CO<sub>2</sub>, aire comprimido y nutrientes apropiados, todo ello en medio acuoso con agua de mar o salubre, con la particularidad de que cada fotobiorreactor está formado por dos tubos concéntricos, entre los que se establece una cámara o hueco para el cultivo, así como para el CO<sub>2</sub> y el aire comprimido, estando dichos fotobiorreactores cerrados de forma estanca mediante una tapa superior y una base inferior, con la particularidad de que cada fotobiorreactor está asociado a un sistema hidráulico formado por un sistema de entrada de CO<sub>2</sub> y un sistema de entrada de aire comprimido, incorporando en la parte superior un sistema automático de recuperación de sobrante de CO<sub>2</sub> o evacuación a la atmósfera de oxígeno, presentando tal sistema de recuperación superior un desgasificador o tubo de salida con un sensor y una electroválvula de tres vías, mediante la que se consigue la recuperación del CO<sub>2</sub> para su aplicación de nuevo al sistema de entrada mediante una tubería y sistema de compresión si es necesario o para la evacuación del oxígeno a la atmósfera, según proceda, todo ello para que se garantice un rendimiento en la fijación del CO<sub>2</sub> del 95%.

Adicionalmente, la instalación, incluye un sistema de atemperamiento interno de cultivo, basado en un circuito de recirculación que, en combinación con electrobombas, bombas de calor de tipo geotermal o similares, electroválvulas, válvulas y elementos complementarios, constituyen un circuito primario de atemperamiento con intercambio de energía sin intervención de intercambiador, en el que el cultivo recircula entre diferentes fotobiorreactores para homogeneizar sus propiedades entre ellos.

Otra característica de la instalación es que incluye un sistema de limpieza automático interior, formado por unas tuberías plásticas dotadas de múltiples y pequeños orificios para salida de un agente de limpieza que incide sobre la cara interna de los tubos interior y exterior que forman cada fotobiorreactor, produciendo la limpieza de esa cara interna de dichos tubos en contacto con el cultivo.

## DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

5 Para complementar la descripción que seguidamente se va a realizar y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

10 La figura 1.- Muestra el esquema correspondiente a los bloques que establecen el conjunto del procedimiento e instalación para obtención de biomasa y productos derivados de algas unicelulares.

15 La figura 2.- Muestra una sección del fotobiorreactor que forma parte del conjunto de la instalación, con su sistema hidráulico, sistema automático de entrada de gases de efecto invernadero y de aire comprimido, así como sistema automático de recuperación de exceso de gases.

20 La figura 3.- Muestra un detalle ampliado de una parte superior del conjunto representado en la figura anterior, donde se deja ver el sistema automático de recuperación de CO<sub>2</sub> caso de que la eficiencia del proceso de fijación por parte del cultivo no sea superior al 95%.

La figura 4.- Muestra otra sección de una parte del fotobiorreactor con el sistema de atemperamiento interno del cultivo.

25 La figura 5.- Muestra otra vista en sección de una parte del fotobiorreactor con el sistema automático de limpieza interior.

La figura 6.- Muestra una vista en planta del conjunto representado en la figura anterior.

30 Las figuras 7 y 8.- Muestran sendos detalles ampliados, en planta y en alzado, de la forma de realizar la limpieza interior de los tubos del fotorreactor.

**REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION**

De acuerdo con el esquema correspondiente a la instalación mediante la que se lleva a cabo el procedimiento de la invención, y que se muestra en la figura 1, decir que en dicha instalación y proceso correspondiente se establecen los siguientes bloques operativos:

- Una unidad de captación (1) que recoge y da traslado a los gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>) de una fuente emisora (2), previsiblemente industrial, incluyendo una unidad para adecuación de los gases previamente a su suministro al cultivo, básicamente se tratarán los siguientes gases además del CO<sub>2</sub>: SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub>. Existe una unidad de reserva (3) para caso que estos gases no sean suficientes, se pueda utilizar dicha reserva.
- Una unidad de compresión de aire (4) y adecuación de los gases con incorporación a una zona de cultivo (5, 5'), de forma independiente a la de los gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>).
- Un sistema adicional de recogida o recuperación de excedente de CO<sub>2</sub> y/u oxígeno, que mas adelante se explicará, completando al sistema primario de introducción de CO<sub>2</sub>, de manera que en caso de que el sobrante de CO<sub>2</sub> sea alto por las condiciones momentáneas de cultivo, dicho CO<sub>2</sub> sobrante se vuelve a introducir al cultivo con el fin de garantizar un mínimo del 95% de eficiencia en captura y conversión en biomasa del CO<sub>2</sub>. Cuando se está realizando la fotosíntesis se fija CO<sub>2</sub> y cuando es eficiente se produce, con el diseño de fotobiorreactor reflejado en la presente patente, un índice de conversión en biomasa con una eficiencia superior al 95%. En función del tipo de especie utilizada, varía la biomasa que se produce como consecuencia de la fijación de 1 kg de CO<sub>2</sub>, pero se puede utilizar como valor intermedio que por cada 1kg de biomasa obtenida se ha fijado 1,8 kg de CO<sub>2</sub> (a una eficiencia del 100%). Cuando la fotosíntesis se está realizando en óptimas condiciones, se libera O<sub>2</sub> a la atmósfera, no perdiéndose CO<sub>2</sub> por la parte superior de los fotobiorreactores. El sistema de recuperación de CO<sub>2</sub> lo reintroducirá al cultivo cuando el volumen que salga por el desgasificador de la parte superior del fotobiorreactor sea mayor al valor fijado en función de la especie cultivada, pero

siempre comportando que el proceso tenga una eficiencia del 95% ó superior, es decir, que de cada 1kg de CO<sub>2</sub> que se introduzca al cultivo, al menos 0,95 kg se conviertan en biomasa posteriormente y solo se emita a la atmósfera 0,05kg.

- 5
- Un sistema de captación de agua de mar y/o salobre, con su posterior filtración, tratamiento antibacteriano y acumulación en depósitos de acumulación (6), todo ello de manera tal que la capacidad de los volúmenes de agua fresca debe ser entre 1/15 y 1/10 respecto a la capacidad total de la instalación, siendo muy inferior a la requerida en otros sistemas convencionales, debido a la incorporación de medios de retorno que posibilitan su reutilización.

10

  - Un sistema de limpieza automático de los correspondientes tubos que forman los fotobiorreactores, que mas adelante se explicarán, permitiendo que el rendimiento sea muy elevado en cuanto a la captación de luz solar se refiere y con ello se realice una fotosíntesis óptima y una mayor producción de biomasa.

15

  - Un sistema de tuberías que forman una red hidráulica para el cultivo, con dos redes de aire, una para gases de invernadero (CO<sub>2</sub> principalmente) (26) y otra para el aire comprimido (27), como también se explicará mas adelante.

20

  - Un sistema de atemperamiento (36) que evita la utilización de intercambiador y circuito secundario requerido en otras instalaciones convencionales, evitando con ello pérdidas. Dicho sistema también se explicará con posteridad.

25

  - Un sistema de tuberías (42) para cultivo que interconectan todos los elementos entre la zona de cultivo y la zona de extracción y reposición hacia los depósitos de acumulación (6).

30

  - Un sistema de desinfección, basándose en microfiltración, ultravioletas, ozonización y filtros de carbono activo, con el fin de evitar la contaminación del cultivo y con ello conseguir un control absoluto del proceso, incorporados a todos los retornos que se producen en cada uno de los procesos. Los valores para cada uno de los tratamientos son de microfiltración hasta 0,8 micras, ultravioletas entre 10 y 70 mJ/cm<sup>2</sup> y ozonización con valores entre 1 y 5 gr/h x m<sup>3</sup>.

- 5
- Un sistema de inyección de nutrientes en el cultivo para favorecer, junto con el aporte de CO<sub>2</sub> y luz natural, el rápido crecimiento celular del cultivo, que se realiza tanto en el depósito de alimentación (11) como en el depósito de acumulación (6) de agua fresca.
- 10
- Un sistema de acumulación formado por los tanques de acumulación (7), para el cultivo extraído, con agitación y aporte de aire para evitar el deterioro del cultivo. Diariamente se extrae entre un 1 y un 20% del total del cultivo en función de las condiciones que se han dado para la realización de la fotosíntesis durante ese día.
- 15
- Un sistema de tratamiento del cultivo mediante filtración y floculación químicas, que corresponde a los bloques (8, 9), teniendo lugar una separación química y pasando a la siguiente etapa de centrifugación (10) únicamente entre el 5% y el 15% del total de volumen de cultivo extraído, devolviéndose el resto del volumen de cultivo, llamado volumen de rechazo, a depósitos de retorno respectivos (8', 9'), estableciendo en éstos un sistema de retorno de floculado, con agitación, aporte de aire y medios de filtración, electroválvulas, sensores, electrobombas y sistema de tratamiento para quitar la materia orgánica. De todos los depósitos de rechazo para cada uno de los procesos, se pasa al depósito de alimentación (11) que será del que, con aporte de agua fresca, se proceda a rellenar diariamente la misma cantidad de cultivo que se haya extraído, entre el 1 y el 25% del total del volumen de cultivo que tenga la planta.
- 20
- 25
- Un sistema de centrifugación que corresponde a una separación mecánica, según el bloque (10), que se realiza a bajas revoluciones para no alterar la pared celular de la microalga y permitir con ello el tratamiento posterior. En dicho proceso de centrifugación o proceso de separación mecánica, se obtiene microalga con base húmeda entre el 50% y el 90% de contenido en agua.
- 30
- Un sistema de retorno del clarificado obtenido en la fase de centrifugación con agitación, sistema de retorno éste que corresponde al bloque de referencia (10'). Este clarificado o volumen de retorno será retornado al cultivo tras los pertinentes sistemas de desinfección de ultravioletas y ozonización, así como microfiltración. Los

valores para cada uno de los tratamientos son de microfiltración hasta 0,8 micras, ultravioletas entre 10 y 70 mJ/cm<sup>2</sup> y ozonización con valores entre 1 y 5 gr/h x m<sup>3</sup>.

- Un sistema de secado de la biomasa húmeda correspondiente al bloque (12), mediante secadores apropiados, tales como ventanas refractivas o secadores solares, sistema que corresponde al bloque de referencia (13), también se incluyen las posibles fases de atomización y/o liofilización en función de los resultados obtenidos con los procesos anteriores, la fase de secado está prevista para proporcionar una biomasa seca, con un índice de humedad inferior al 5% y que será apta para pasar a una siguiente etapa o proceso de extracción de lípidos, según el bloque (14), para conseguir producto de valor añadido según el bloque (16) y para obtener posteriormente un biocrudo tras un proceso de licuefacción térmica final ó venta directa del biocrudo sin ese proceso industrial, para uso animal ó en piscifactorías (17). Pudiera ocurrir, en función de la especie cultivada, que el proceso de extracción de lípidos mediante fluidos supercríticos con CO<sub>2</sub> requiriera de un tratamiento previo de prerruptura celular mediante cavitación, molienda ó hidrólisis ácida. Tras la extracción de lípidos (14) se produce también un rechazo ó floculado que puede ser recuperado en parte para reintroducir de nuevo al cultivo, mediante el depósito de acumulación de esta fase (15), del que se pasará al depósito general de alimentación de fotobiorreactores (11), el fluido que llega a éste depósito está exento de carga orgánica y convenientemente filtrado y desinfectado.
- Un sistema de recogida de vertidos y lixiviados accidentales.

Los diferentes sistemas referidos, para su correcto y eficaz funcionamiento, se complementan con conductos o tuberías de interconexión entre ellos, filtros, electroválvulas, electrobombas, sensores y demás elementos necesarios, complementándose la instalación con un sistema de paneles solares fotovoltaicos para calentar agua, así como para otras funciones y para generar electricidad para autoabastecimiento de la propia instalación.

En cuanto a la materialización práctica de cada uno de los fotobiorreactores (19), según las figuras 2 a 6, se basa en cada caso en dos tubos concéntricos, uno interior (20) y uno exterior (21), entre los cuales se encuentra el propio cultivo y por los que discurrirá aire comprimido y/o gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>), observándose en el detalle de la figura

3 el cultivo (22) entre dichos tubos concéntricos (20, 21).

5 El fotobiorreactor (19), en su conjunto, comprende un sistema hidráulico superior (18) y un sistema hidráulico inferior (23), uniendo dicho sistema hidráulico a los fotobiorreactores (19), estando éstos dispuestos sobre un soporte rígido (41), que proporciona la altura necesaria para que toda la instalación de tuberías inferiores no necesite ir enterrada en su totalidad.

10 Es necesario destacar que los fotobiorreactores presentan su tubo exterior (21) transparente y con protección ultravioleta, así como capa antiadherente interior, mientras que el tubo interior (20) puede ser transparente u opaco y no llevar protección ultravioleta, pero si una protección antiadherente interior, de manera que entre las protecciones antiadherentes de ambos tubos (20, 21) es donde se encuentra el cultivo (22), complementándose cada fotobiorreactor (19) con la tapa superior (24) y base inferior (25) que cierran de forma estanca a cada uno de dichos fotobiorreactores (19), de tal manera que éstos se agrupan en una misma estructura en diferentes posiciones, en función de la ubicación geográfica de la instalación y de la especie a cultivar, así como de los productos finales que se desean obtener, para formar en conjunto de la instalación, pudiendo contar la instalación con entre 15 1 y 30.000 fotobiorreactores, siendo la distancia entre el tubo exterior (21) y tubo interior (20) de cada uno de ellos inferior a 10 cm, preferentemente inferior a 5 cm., mientras que su longitud superior a 8 metros, haciendo que el ratio entre volumen y superficie ocupada de este tipo de fotobiorreactores para cultivo de microalgas, sea mucho más eficiente que lo existente en el estado de la técnica, obteniéndose valores que alcanzan los 250 litros/m<sup>2</sup>.

20 Paralelamente cabe destacar el hecho de que el cultivo se mantiene en el rango de temperaturas comprendidas entre 10°C y 45°C, consiguiéndose un atemperamiento del mismo mediante un circuito primario que recorre el interior de los tubos anulares y concéntricos que forman cada fotobiorreactor.

25 Además, en la figura 2 se muestra el sistema de entrada de CO<sub>2</sub> (26), principalmente CO<sub>2</sub>, compuesto por su red de tuberías, difusores y electroválvulas, alimentando directamente a todos y cada uno de los fotobiorreactores (19), observándose igualmente el sistema automático de entrada de aire comprimido (27), compuesto por su red de tuberías, difusores y electroválvulas, alimentando directamente a todos y cada uno de los fotobiorreactores (19).



En cuanto al sistema de recuperación de exceso de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>), comprende una válvula motorizada de tres vías (28) acoplada a un desgasificador o tubo de salida superior (29), en el que se ha establecido un sensor (30) de CO<sub>2</sub>, haciendo retornar, según la flecha (31) del detalle de la figura 3, dicho CO<sub>2</sub> de nuevo al cultivo, y en su caso permitiendo que el CO<sub>2</sub> pase a la atmósfera, según la flecha (32) indicada en esa figura 3, y lógicamente a través de la válvula de tres vías (28). El sistema de recirculación descrito se complementa con un sistema de tuberías, electroválvulas y sistema de compresión (33), en caso de que sea necesario, lógicamente asociado a ese sistema de recuperación de CO<sub>2</sub> descrito con anterioridad. El sensor de pH que posee cada fotobiorreactor ó agrupación de fotobiorreactores será el que dará la órden de envío de más o menos CO<sub>2</sub> al cultivo, el valor óptimo de pH varía en función de la especie pero se encontrará entre 6,5 y 8.

En la figura 4 se muestra lo que es considerado como sistema de atemperamiento interno del cultivo, viéndose una agrupación de fotobiorreactores (19), con sus soportes inferiores (41), y el sistema de recirculación del cultivo de microalgas (34), formado por tuberías, válvulas, electroválvulas, electrobombas y demás elementos que permiten que el cultivo se mezcle entre los diferentes fotobiorreactores (19), dejándose ver en esta figura 4 como el cultivo se encuentra en el anillo comprendido entre el tubo exterior (21) y el tubo interior (20) ya comentados, todo ello de manera tal que el sistema de atemperamiento propiamente dicho comprenderá bombas de calor convencionales, bien refrigeradas por aire o por agua, o bombas de calor tipo geotermal (35) y que aportan el calor/frío necesario para que el cultivo se encuentre en el rango de temperatura óptimo, en función de la especie a cultivar.

Existe también un sistema de impulsión del fluido de atemperamiento (en general agua dulce con posibilidad de algún tipo de aditivo en función de las condiciones climáticas) (36) que actúa como circuito primario de atemperamiento y que es el que directamente sale de la bomba de calor y circula por el hueco interior de las columnas anulares que forman los diferentes fotobiorreactores. El intercambio de energía se produce directamente empleando la parte interna del tubo interior (20) de cada fotobiorreactor (19) como intercambiador, no siendo necesario ningún intercambiador adicional en el sistema. Evidentemente, como en los casos anteriores, se incluirán tuberías, electroválvulas, válvulas, sensores, electrobombas y demás elementos necesarios para el correcto funcionamiento del citado sistema de atemperamiento interno del cultivo.

En las figuras 5, 6, 7 y 8 se muestra el sistema automático de limpieza interior, en donde se deja ver la parte superior de un fotobiorreactor (19) en las figuras 5 y 6; las figuras 7 y 8 corresponden a secciones del mismo fotobiorreactor (19), con los tubos internos (20) y externo (21), entre los que circula el cultivo, comprendiendo el sistema automático de limpieza unas tuberías plásticas circulares y concéntricas con los tubos que conforman las paredes del fotobiorreactor vertical y/o inclinado anular (37) con múltiples orificios (38) de pequeño diámetro, por los que sale el agente limpiador (39). En la figura 5 puede observarse un dispositivo de recogida automática (40) de las tuberías plásticas con una presión comprendida entre 2 y 5 bar (37), mientras que en la figura 8 se puede ver como el agente de limpieza (39) que sale por los orificios (38) de las tuberías plásticas (37), incide sobre la superficie interna de los tubos interior (20) y exterior (21), en contacto con el cultivo, y cuyas superficies son las susceptibles de ensuciamiento por fouling o adherencia de las microalgas.

**REIVINDICACIONES**

1.- Procedimiento de obtención de biomasa y productos derivados a partir de algas unicelulares, basado en el cultivo de microalgas en medio acuoso, con cosechado de las mismas y posterior extracción de lípidos y otros componentes, llevándose a cabo el proceso a partir de fotobiorreactores tubulares anulares, verticales y/o inclinados, con aportación sobre el cultivo de CO<sub>2</sub> como gas de efecto invernadero, con nutrientes de enriquecimiento y utilizando agua de mar o agua salobre, caracterizado porque comprende las siguientes fases operativas:

- 5
- 10
  - llenado de los fotobiorreactores con agua de mar o salobre, como medio base para el cultivo de las algas;
  - inyectado en los fotobiorreactores, al menos, una cepa de una especie de algas unicelulares, formando el cultivo;
  - inyectado en los fotobiorreactores, y conjuntamente o por separado, gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub> obligatoriamente) y aire comprimido, de acuerdo con las
- 15
  - necesidades de éste para realizar una fotosíntesis eficiente, con establecimiento de una turbulencia óptima generada por el aire que se introduce por la base de los fotobiorreactores, entre tubo exterior y tubo interior.
  - recirculación del cultivo entre los tubos que forman cada fotobiorreactor, según un
- 20
  - proceso homogéneo dentro de cada grupo de fotobiorreactores, con un caudal entre el 10% y el 50% del total del volumen de cultivo existente.
  - inyectado de nutrientes en la proporción requerida por el cultivo, para colaborar en la consecución de una reproducción óptima de la microalga.
  - extracción de una parte del cultivo y acumulación del mismo con una concentración
- 25
  - óptima de las microalgas, en un depósito de acumulación; (entre el 1 y el 25% diaria, en función de las condiciones de reproducción que se hayan dado durante el día, en gran dependencia con las condiciones climatológicas que son las que favorecen la fotosíntesis).
  - separación química de los productos de cultivo, en una o varias etapas, y posterior
- 30
  - concentración de los mismos;
  - retorno de todos los sobrantes (floculados ó rechazos) de cultivo obtenidos en la separación química y tratamientos de desinfección y filtración en depósitos independientes y posterior paso a un depósito de alimentación previo al cultivo;
  - separación mecánica mediante centrifugación del cultivo concentrado en las etapas

anteriores para conseguir biomasa húmeda, con un contenido de agua entre el 50% y el 90%.

- retorno del sobrante ó rechazo ó floculado obtenido en la etapa anterior, hacia un depósito de clarificado y envío de este cultivo, tras un proceso de filtración y desinfección, al depósito de alimentación, todo ello según un proceso cerrado y con consumo mínimo de agua fresca;
- secado previo de la biomasa mediante ventanas refractivas y/o secadores solares, para conseguir un peso en seco de la biomasa superior al 95%, como producto final apto para procesado posterior, atomización y/o liofilización en función del rendimiento de los procesos de secado previo comentados.
- Pretratamiento previo de prerruptura de la pared celular, mediante cavitación, molienda ó hidrólisis ácida, en función del tamaño de la microalga y de la especie, en definitiva en función de la dureza de la pared celular para posibilitar una eficiente extracción de los ácidos grasos y demás productos de valor añadido, sin dañarlos.
- extracción de lípidos a partir de la biomasa seca, mediante fluidos supercríticos con CO<sub>2</sub>, para conseguir una selectividad importante sobre los productos de valor añadido obtenidos, realizándose dicho proceso a una temperatura comprendida entre 200°C y 350°C, y a una presión comprendida entre 160 bares y 600 bares, con unos periodos de tiempo comprendidos entre 25 y 90 minutos por cada ciclo;
- transformación del resto de la biomasa tras la extracción anterior bien por licuefacción térmica para biocruído ó venta de la biomasa con fines alimentarios para animales ó para alimentación de peces.

2.- Procedimiento de obtención de biomasa y productos derivados a partir de algas unicelulares, según reivindicación 1, caracterizado porque el producto de cada uno de los retornos obtenidos en las fases anteriores es almacenado en una unidad previa con tratamiento mediante agitación, aireación, aporte de aire comprimido y CO<sub>2</sub>, así como aporte de nutrientes y tratamiento de filtración y desinfección, previamente a su paso al depósito de alimentación y reposición a la zona de cultivo, tras cada una de las extracciones.

3.- Procedimiento de obtención de biomasa y productos derivados a partir de algas unicelulares, según reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la corriente de gases CO<sub>2</sub> que entra en cada fotobiorreactor, procede de una fuente de combustión o de un

depósito de acumulación de gases de efecto invernadero, siendo el sobrante de CO<sub>2</sub> retornado de nuevo al fotobiorreactor correspondiente, cuando las condiciones de realización de la fotosíntesis no sean óptimas.

- 5 4.- Procedimiento de obtención de biomasa y productos derivados de alto valor añadido a partir de algas unicelulares, según reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la corriente de gases CO<sub>2</sub> se inyecta en una cantidad comprendida entre 0,01 m<sup>3</sup> por m<sup>3</sup> de cultivo y 1 m<sup>3</sup> por m<sup>3</sup> de cultivo, a intervalos entre 10 y 60 segundos por minuto.
- 10 5.- Procedimiento de obtención de biomasa y productos derivados a partir de algas unicelulares, según reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el cultivo se introduce por la parte superior del fotobiorreactor, recogándose por la parte de abajo y mezclándose entre cada agrupación de fotobiorreactores con una misma electrobomba, siendo las condiciones de cultivo las mismas para todo el grupo, consiguiéndose una mezcla perfecta
- 15 de nutrientes, de cultivos con diferentes irradiaciones y por lo tanto con diferentes pasos de luz, todo ello con un caudal de recirculación de entre el 1 y el 50% del total del volumen de cultivo.
- 20 6.- Procedimiento de obtención de biomasa y productos derivados a partir de algas unicelulares, según reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el cultivo se mantiene en el rango de temperaturas comprendidas entre 10°C y 45°C, consiguiéndose un atemperamiento del mismo mediante un circuito primario que recorre el interior de los tubos anulares y concéntricos que forman cada fotobiorreactor.
- 25 7.- Procedimiento de obtención de biomasa y productos derivados a partir de algas unicelulares, según reivindicaciones anteriores, caracterizado porque cada vez que se consigue la concentración microalgal óptima, característica para cada especie, pero, superior a 100 millones de células/ml, se procede a la extracción de entre el 1 y el 25% del cultivo de los fotobiorreactores, en un periodo de entre 1 y 4 horas.
- 30 8.- Procedimiento de obtención de biomasa y productos derivados a partir de algas unicelulares, según reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se introduce la misma cantidad de cultivo extraída de los fotobiorreactores, procedente de depósitos de alimentación que a su vez recoge todos los rechazos o sobrantes provenientes de los

diferentes procesos realizados en el cultivo hasta la obtención de los productos finales, debidamente filtrados y eliminada la carga orgánica y con cierto aporte de agua fresca salada también filtrada y desinfectada convenientemente, siendo el agua tratada adicionada de nutrientes en proporción adecuada, así como de sales nitrogenadas como amonio, nitratos, fosfatos y otros metales traza.

9.- Instalación para la ejecución del procedimiento de las reivindicaciones 1 a 8, que incluyendo un sistema de separación de la biomasa del cultivo y del cultivo a una serie de fotobiorreactores (19) en los que se introducen las algas unicelulares para su cultivo, con inyección de CO<sub>2</sub>, aire comprimido y nutrientes apropiados, todo ello en medio acuoso con agua de mar o salubre, se caracteriza porque cada fotobiorreactor (19) está formado por dos tubos concéntricos (20, 21), entre los que se establece una cámara o hueco para el cultivo (22), así como para el CO<sub>2</sub> y el aire comprimido, estando dichos fotobiorreactores (19) cerrados de forma estanca mediante una tapa superior (24) y una base inferior (25), con la particularidad de que cada fotobiorreactor (19) está asociado a un sistema hidráulico (23) además de un sistema de entrada (26) de CO<sub>2</sub> y un sistema de entrada (27) de aire comprimido, incorporando en la parte superior un sistema automático de recuperación de sobrante de CO<sub>2</sub> o evacuación a la atmósfera de oxígeno, presentando tal sistema de recuperación superior un desgasificador o tubo de salida (29) con un sensor (30) y una electroválvula de tres vías (28), mediante la que se consigue la recuperación del CO<sub>2</sub> para su aplicación de nuevo al sistema de entrada (26) mediante una tubería y sistema de compresión si es necesario (31-33) o para la evacuación del oxígeno a la atmósfera (32), según proceda, todo ello para que se garantice un rendimiento en la fijación del CO<sub>2</sub> del 95%.

10.- Instalación, según reivindicación 9, caracterizado porque incluye un sistema de atemperamiento interno de cultivo, basado en un circuito (36) de recirculación que, en combinación con electrobombas, bombas de calor de tipo geotermal (35) o similares, electroválvulas, válvulas y elementos complementarios, constituyen un circuito primario de atemperamiento con intercambio de energía sin intervención de intercambiador, en el que el cultivo (22) recircula entre diferentes fotobiorreactores para homogeneizar sus propiedades entre ellos.

11.- Instalación, según reivindicación 9, caracterizado porque incluye un sistema de limpieza

automático interior, formado por unas tuberías plásticas (37) dotadas de múltiples y pequeños orificios (38) para salida de un agente de limpieza (39) que incide sobre la cara interna de los tubos interior (20) y exterior (21) que forman cada fotobiorreactor (19), produciendo la limpieza de esa cara interna de dichos tubos (20, 21) en contacto con el cultivo.

5

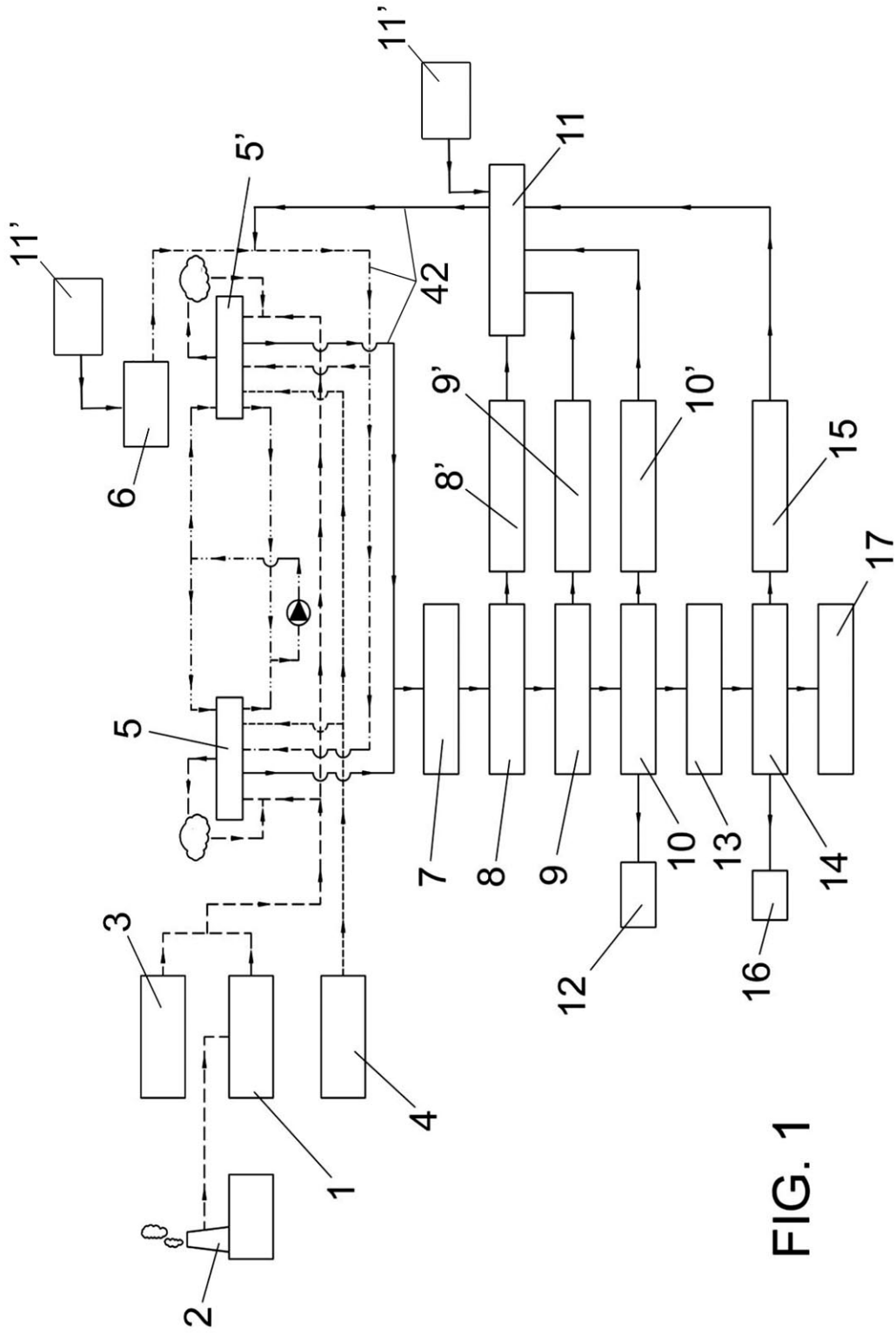


FIG. 1



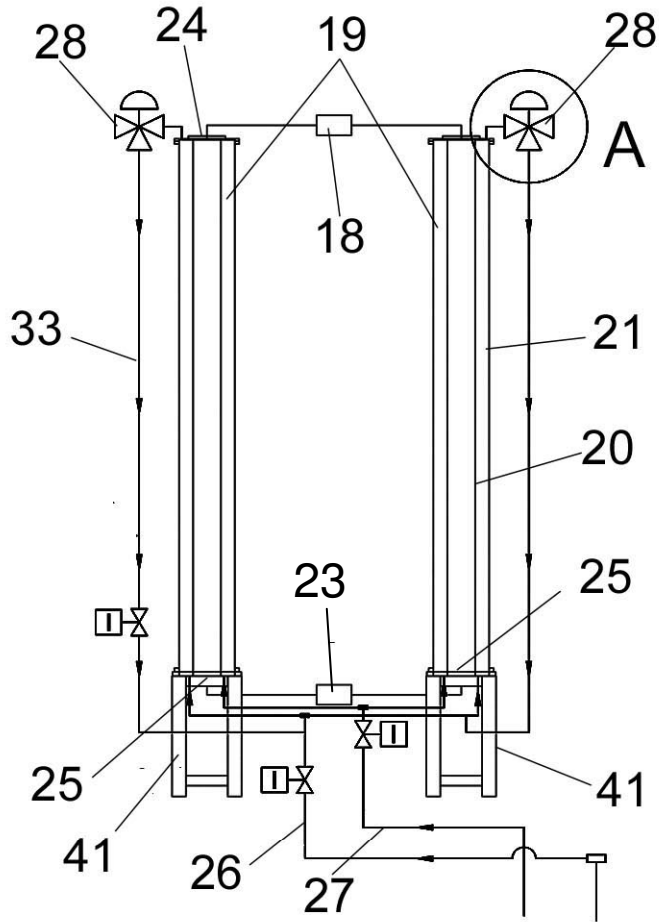


FIG. 2

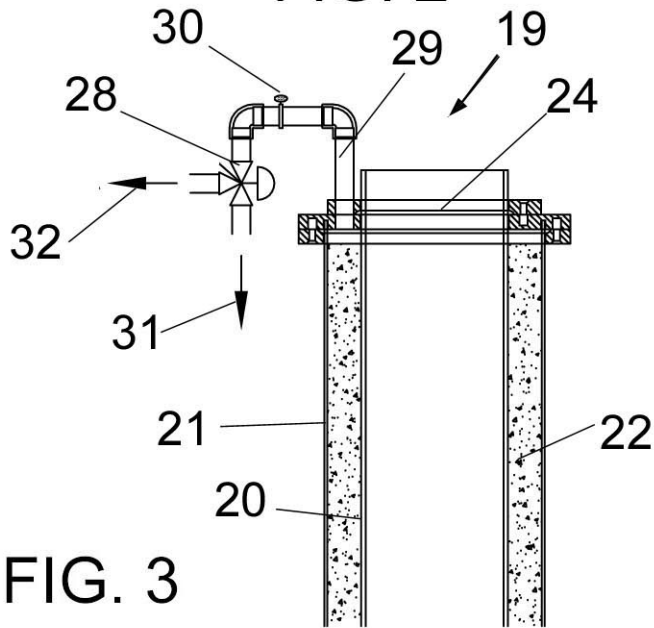


FIG. 3  
DETALLE A

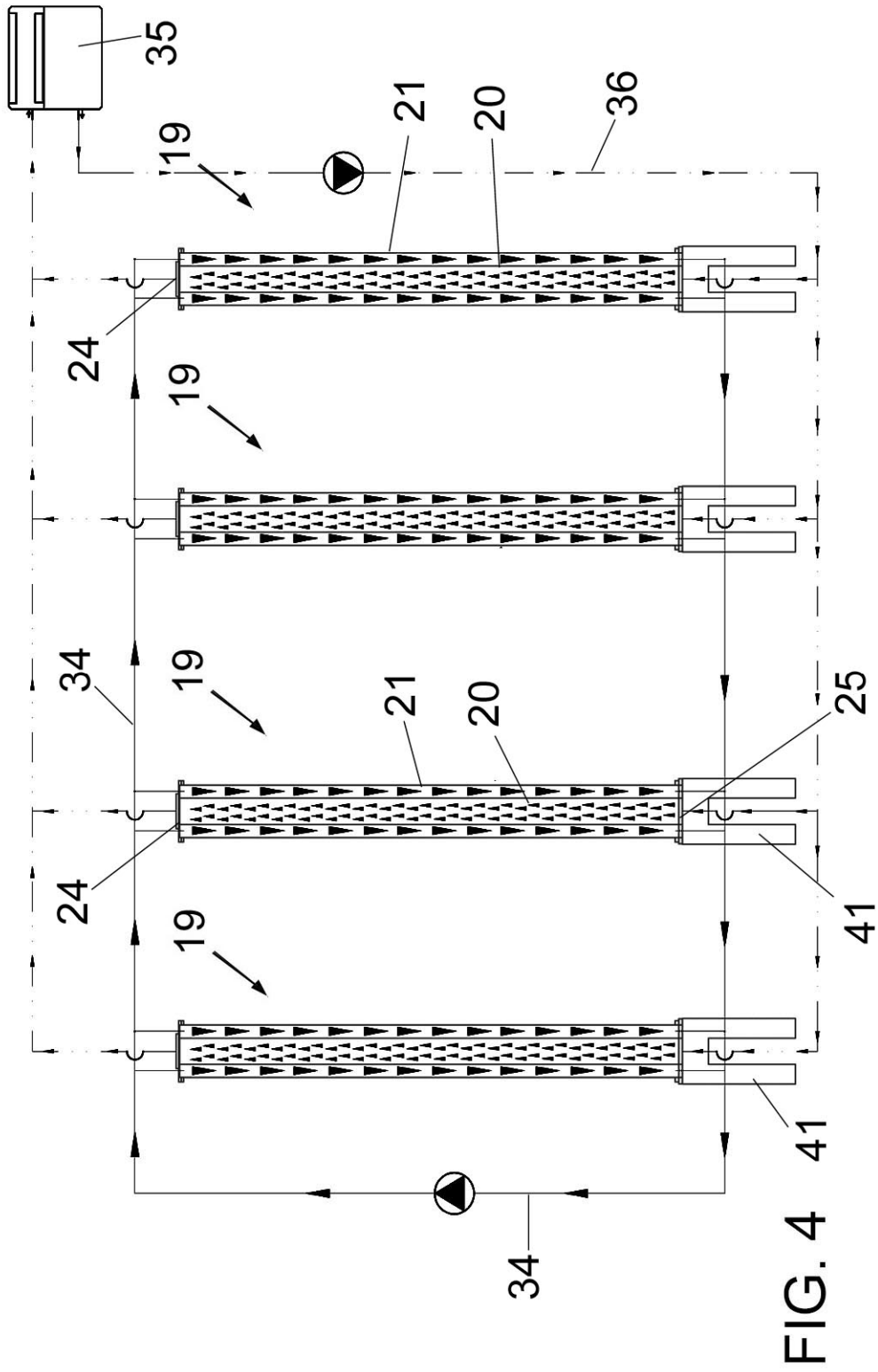


FIG. 4

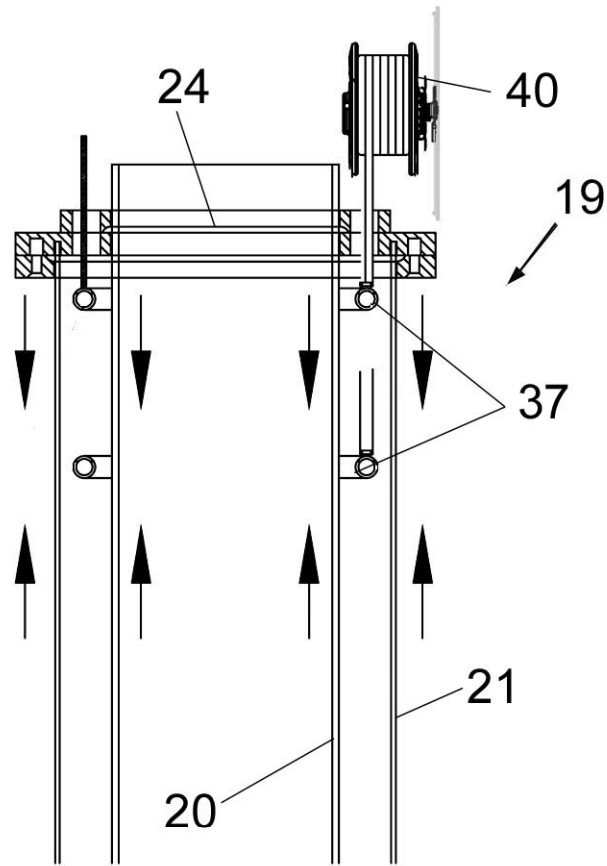


FIG. 5

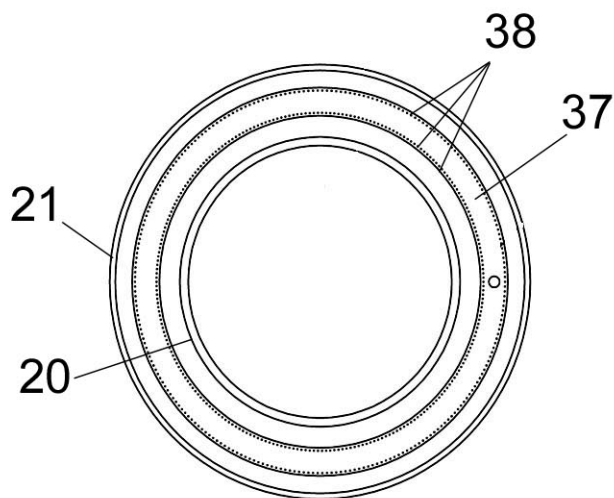


FIG. 6

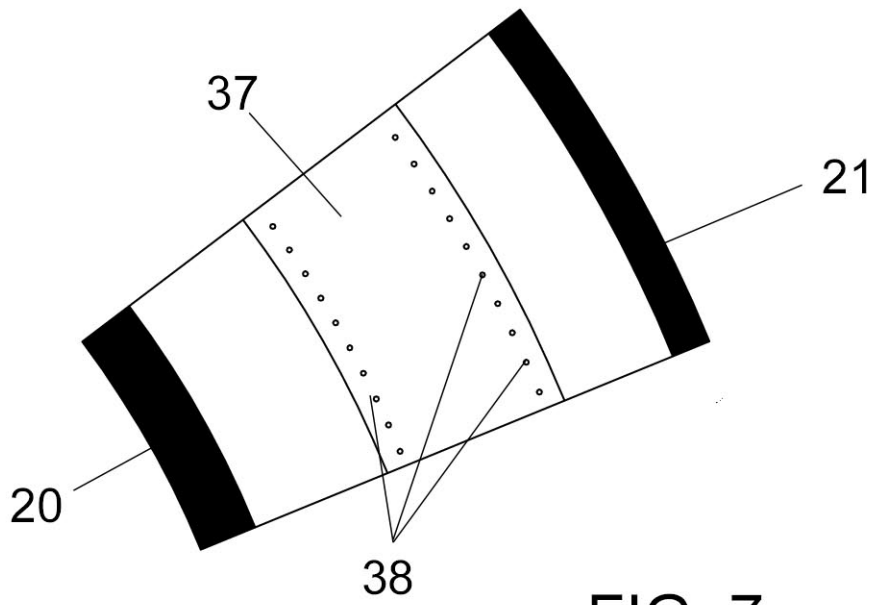


FIG. 7

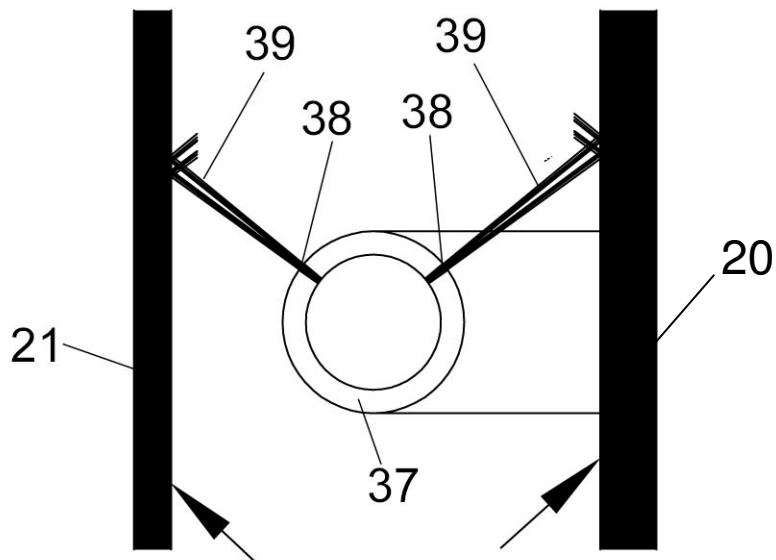


FIG. 8



②① N.º solicitud: 201330041

②② Fecha de presentación de la solicitud: 07.08.2013

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 2011014683 A1 (VERMAAS WILLEM F J et al.) 20.01.2011, párrafos 3,5,12-15,20,23-25,31,32,34,43-51,70-74; figuras.	1,3,5,7,8,9,11
A	US 2010297749 A1 (ARAVANIS ALEX M et al.) 25.11.2010, figuras 1,2,3; párrafos 6,8,10,31-36,53-68,75-79.	1,9
A	US 3224143 A (TEW RICHARD W et al.) 21.12.1965, columna 2, línea 50 – columna 4, línea 38; figuras 1-3.	1,9
A	US 5151347 A (DELENTE JACQUES J et al.) 29.09.1992, figura 1; columna 3, línea 4 – columna 4, línea 59.	1,9
A	US 2009305389 A1 (WILLSON BRYAN DENNIS et al.) 10.12.2009, figura 5; párrafos 57-49.	1,9
A	JP S59156279 A (MORI TAKASHI) 05.09.1984, (resumen y figura) Resumen de la base de datos EPODOC. Recuperado de EPOQUE [en línea] [recuperado el 20.08.2014].	1,9

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 nº:

Fecha de realización del informe  
28.08.2014

Examinador  
A. I. Polo Díez

Página  
1/5

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

**C12N1/12** (2006.01)

**C12M1/00** (2006.01)

**C12M1/04** (2006.01)

**C11B1/10** (2006.01)

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

C12N, C12M, C11B

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

INVENES, EPODOC, WPI, BD-TXTE, INTERNET

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 28.08.2014

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-11	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-11	<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	US 2011014683 A1 (VERMAAS WILLEM F J et al.)	20.01.2011
D02	US 2010297749 A1 (ARAVANIS ALEX M et al.)	25.11.2010
D03	US 3224143 A (TEW RICHARD W et al.)	21.12.1965
D04	US 5151347 A (DELENTE JACQUES J et al.)	29.09.1992
D05	US 2009305389 A1 (WILLSON BRYAN DENNIS et al.)	10.12.2009
D06	JP S59156279 A (MORI TAKASHI)	05.09.1984

**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 invención se refiere, según la primera reivindicación, a un procedimiento para obtener biomasa y productos derivados, mediante el cultivo de microalgas en fotobiorreactores anulares verticales o inclinados que comprende las etapas de:

- Llenado de los fotobiorreactores con agua de mar o salobre
- Inyectado de al menos una cepa de alga unicelular
- Inyectado de CO<sub>2</sub> (solo o con otros gases) y aire comprimido que se inyecta en la base del biorreactor entre el tubo exterior e interior
- Recirculación del cultivo (de un 10 a 50%)
- Inyectado de nutrientes
- Extracción de parte del cultivo (entre el 1 al 25%)
- **Separación química** de los productos de cultivo
- Retorno de todos los sobrantes de la etapa anterior, tratamiento de desinfección y filtración y posterior paso al depósito de almacenamiento
- **Separación mecánica** por centrifugación
- Retorno de los sobrante de la etapa anterior, tratamiento de desinfección y filtración y posterior paso al depósito de almacenamiento
- **Secado** de la biomasa
- **Preruptura** de la pared celular
- Extracción de lípidos mediante **fluidos supercríticos con CO<sub>2</sub>** a 200-350°C de temperatura y 160 a 600 bares de presión.
- Transformación del resto de la biomasa para alimentos o por licuefacción térmica para biocrudo.

Las reivindicaciones dependientes 2 a 8, explican algunos detalles del procedimiento anterior, como la procedencia del CO<sub>2</sub>, la temperatura de cultivo, etc.

También es objeto de la invención la instalación para llevar a cabo el procedimiento (reivindicaciones 9 a 11) que se caracteriza por incluir:

- Fotobiorreactores tubulares formados por tubos concéntricos con tapa superior e inferior
- Sistema hidráulico, sistema de entrada de CO<sub>2</sub> y de entrada de aire comprimido,
- Sistema **de recuperación de CO<sub>2</sub> sobrante o evacuación de O<sub>2</sub>** con un tubo desgasificador, un sensor y una electroválvula de 3 vías.

**Novedad y actividad inventiva (art. 6.1 y 8.1 del PCT)**

Los documentos D1 y D2 se refieren a procedimientos e instalaciones en las que se obtiene biomasa de células fotosintéticas que luego se aprovecha para la obtención de biocombustibles u otros productos.

El documento D1 divulga un sistema de cultivo de células fotosintéticas (cianobacterias u otras) para producir biocombustibles, y a la vez eliminar CO<sub>2</sub> del medio ambiente. Las células se introducen en un circuito de cultivo (cualquier sistema cerrado) y se añaden los nutrientes y el CO<sub>2</sub> que junto con la luz permitirán el crecimiento de las células. La biomasa obtenida se puede someter a floculación (separación química), centrifugación, fracturación, secado y extracción de lípidos con CO<sub>2</sub> supercrítico. En el sistema se minimiza el gasto de agua pues dispone de un sistema de recuperación de líquidos. El circuito en el que se cultivan las células dispone también de un mecanismo de limpieza interna de los tubos y un sistema de air-lift. (párrafos 3, 5, 12-15, 20, 23-25, 31, 32, 34, 43-51, 70-74; figuras)



El documento D2 presenta varios esquemas de producción de biomasa y de obtención de diferentes productos a partir del cultivo de algas: aceite, alimento, gasolina, diesel, etc. (figuras 1, 2, 3; párrafos 6, 8, 10, 31-36, 53-68; 75-79)

El documento D3 divulga un fotobiorreactor anular vertical muy parecido al que se describe en la reivindicación 9. El CO<sub>2</sub> junto con el aire comprimido se introduce por la zona inferior del tubo. Por la zona superior se extrae el O<sub>2</sub> producido y se recupera el CO<sub>2</sub> que se vuelve a introducir en el reactor junto con el líquido de cultivo. El reactor dispone de un sistema de recirculación y atemperamiento del líquido y un sistema de recogida de algas por centrifugación (columna 2, línea 50-columna 4, línea 38; figuras 1-3).

Los documento D4 a D6 describen otros fotobiorreactores verticales en los que el CO<sub>2</sub> se reintroduce en el sistema.

Se considera D1 el documento más cercano del estado de la técnica, ya que el procedimiento que propone es muy semejante al de la solicitud. El cultivo de organismos fotosintéticos se lleva a cabo aprovechando el CO<sub>2</sub> contaminante mediante un sistema en el que se recupera el líquido utilizado en el cultivo. Al igual que en la solicitud, en el documento D1, la biomasa se utiliza para obtener lípidos mediante extracción con CO<sub>2</sub> supercrítico, después de que la biomasa ha sido tratada con una separación química y mecánica y sometida a un secado y lisado. Sin embargo, en el documento D1 no se describen fotobiorreactores anulares ni se mencionan las condiciones de extracción de lípidos con el CO<sub>2</sub> supercrítico. Además, aunque se contempla la recuperación del agua de cultivo, no se menciona que ésta sea desinfectada y filtrada antes de llevarla a un tanque de almacenamiento e introducirla nuevamente en el cultivo.

Estas características, no encontradas D1, y por lo tanto, nuevas, tienen como consecuencia, según la descripción, una mejora en el sistema de cultivo (mejor circulación y aprovechamiento del agua) y en la extracción de los lípidos. Por otra parte, dichas características, no se deducen de manera evidente de ningún documento o combinación de documentos del estado de la técnica por lo que se considera que aportan actividad inventiva al procedimiento.

Por tanto, la reivindicaciones independientes 1 y 9 son novedosas y tiene actividad inventiva. De la misma forma, son nuevas y con actividad inventiva las reivindicaciones dependientes 2 a 8 y 10 a 11.