

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 464 416**

21 Número de solicitud: 201231661

51 Int. Cl.:

C12N 1/12 (2006.01)
C12M 1/00 (2006.01)
C12M 1/04 (2006.01)
C10L 1/02 (2006.01)
C11B 1/00 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

30.10.2012

43 Fecha de publicación de la solicitud:

02.06.2014

Fecha de la concesión:

24.03.2015

45 Fecha de publicación de la concesión:

31.03.2015

73 Titular/es:

BIOSINKCO2 TECH LDA (100.0%)
Rua Princesa D. María Amelia nº 10 Edificio Vigía
Mar R/C-B
9000-019 Funchal-Madeira PT

72 Inventor/es:

ESCUDERO CAMPILLO, Pedro;
GOMIS CATALÁ, Cristian José;
ESTEVE SALA, Jorge Vicente y
CARRASCO MARTÍNEZ, Carlos María

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

54 Título: **Proceso para la producción de biomasa y productos derivados de ella mediante cultivo de algas unicelulares en medio acuoso alimentado con una corriente de CO₂, y planta diseñada para tal fin**

ES 2 464 416 B1

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 464 416**

21 Número de solicitud: 201231661

57 Resúmen:

Proceso para la producción de biomasa y productos derivados de ella mediante cultivo de algas unicelulares en medio acuoso alimentado con una corriente de CO₂, y planta diseñada para tal fin. La presente invención se refiere a un proceso que comprende cultivar algas unicelulares en medio acuoso dentro de un conjunto de fotobiorreactores con inyección de una corriente de gases que contiene CO₂, caracterizado porque comprende además acumular el cultivo de algas unicelulares tras su extracción, y someter dicho cultivo a sucesivas etapas de tratamiento por las cuales se obtiene biomasa con un grado de humedad comprendida entre 50% y 90% (extracción mecánica y/o química), y posteriormente de esta biomasa se extraen lípidos y/o ácidos grasos y un primer rechazo (decantación y/o cavitación), bioaceite y/o biocrudo y un segundo rechazo (licuefacción térmica directa de baja temperatura) y biocombustible (cavitación, decantación y/o tratamiento térmico); de tal forma que los diferentes rechazos son almacenados, tratados físico-químicamente y reincorporados al proceso como materia prima. Asimismo, la invención se refiere a una instalación de fotobiorreactores diseñada para tal fin, que comprende cámaras separadas para cada método de extracción de biomasa y productos, y de almacenamiento de los rechazos.

ES 2 464 416 B1

DESCRIPCIÓN

Proceso para la producción de biomasa y productos derivados de ella mediante cultivo de algas unicelulares en medio acuoso alimentado con una corriente de CO₂, y planta diseñada para tal fin

Campo de la invención

La presente invención se engloba en el campo de la Biotecnología moderna aplicada a las algas, concretamente de la Ficotecología. Más concretamente, se engloba en el área de desarrollo de tecnologías limpias de depuración y captura de gases nocivos ó gases de efecto invernadero, así como en el de producción de biomasa a partir de algas unicelulares, para la fabricación industrial de productos elaborados y energéticos de consumo. La aplicación principal se centra en la transformación de gases de efecto invernadero, en especial de CO₂, en biomasa mediante el cultivo (ultraintensivo) de determinadas especies de algas unicelulares, incluso de varias cepas diferentes a la vez en monocultivo, en sistemas cerrados como son los fotobiorreactores verticales anulares. Esto permite obtener a partir de la biomasa otros productos que se incorporan a la cadena alimenticia, básicamente lípidos y proteínas, antes de la obtención final de biocombustible.

Se pretende de esta forma alcanzar un proceso eficiente energéticamente, así como evitar la emisión de contaminantes líquidos y gaseosos al medio ambiente.

Estado de la técnica

Se ha constatado en la actualidad que las necesidades energéticas medias a nivel mundial han pasado de 2300 kcal/día por persona en 1980, a 2800 kcal/día por persona en el año 2010. Y la estimación es llegar a 3100 kcal/día por persona en 2030. Todo ello, sumado al aumento de población que se está registrando, nos hace movernos en la búsqueda de alternativas que puedan complementar los sistemas tradicionales de la cadena alimentaria.

Paralelamente, crece la preocupación por el adelgazamiento de la capa de ozono y por la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, entre ellos los más importantes el CO₂ y el CH₄. Finalmente, la era post petróleo está cada vez más cerca y por ello se trabaja en las búsqueda de alternativas energéticas eficaces y no dependientes en gran parte de las condiciones climatológicas.

Las algas unicelulares no compiten con ningún alimento de primera necesidad actual, su capacidad de reproducción es asombrosa y solo necesitan sol, algunos nutrientes y CO₂ además de agua para su cultivo. Esta agua debe ser salada, por lo que tampoco se compite con las necesidades de agua potable de la población.

La solicitud de patente EP 2371940 A1 divulga un proceso y una instalación para la producción de biocombustible y la reducción de CO₂ de fuentes puntuales de emisión. Para ello, emplea tubos no anulares de diámetro menor de 0,1m y longitudes de hasta 80 metros. Esto no conduce a igualdad de condiciones de irradiación entre unos tubos y otros, dando lugar a un ratio superficie/volumen bajo, con lo que la producción de biomasa disminuye proporcionalmente. Además, el tratamiento de la biomasa obtenida en el proceso se hace de manera convencional, donde la obtención de compuestos y productos elaborados como el bioaceite o el biocombustible se realiza conjuntamente,

Este tipo de procesos, como el presentado en la solicitud EP 2371940 A1, requiere una etapa de secado entre las fases de separación de la biomasa y la de extracción de compuestos, lo que es ineficiente energéticamente.

El documento US 2008086938 A1 se centra en la descripción global del proceso de captura de CO₂ y su posterior valorización en biocombustible. En este caso, también tras la obtención de biomasa se obtiene biocombustible en un único proceso.

La solicitud de patente internacional WO 2007147028 A2 habla del equipo necesario para capturar CO₂ 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 CO₂ y de su introducción en los fotobiorreactores, así como las diferentes opciones de fotobiorreactores.

El documento ES 2370583 A1 divulga fotobiorreactores y depósitos de acumulación, sin mencionar el resto del proceso hasta la obtención de biomateriales.

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 incluyendo sistema de limpieza ni posibilidad de todos los funcionamientos aire-agua, en paralelo y cruzado. Adicionalmente, no hace mención a ningún tipo de proceso posterior al cultivo de los

microorganismos.

El documento ES 2356653 A1 describe una invención con fotobiorreactores cónicos y sumergidos en el interior de un tanque.

El documento US 2007048859 A1 incluye las fases de cultivo de microalgas desde la zona de cultivo con fotobiorreactores, la captura de CO₂ 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.

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 valor añadido a partir de ella, mediante mejoras en la secuenciación de las etapas de obtención, separación y extracción, permitiendo realizar el proceso en húmedo, o 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.

Descripción general de la invención

La presente invención se refiere al procedimiento para la conversión integral de los gases nocivos, como son los de efecto invernadero, en productos 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 y con aporte de agua de mar, dulce y/o salobre, luz solar y nutrientes, todo ello mediante ciclo cerrado y aprovechamiento de todos los excedentes en cada una de las etapas.

Concretamente, la invención está dirigida a un proceso para la producción de biomasa y productos derivados de ella mediante cultivo de algas unicelulares en medio acuoso alimentado con una corriente de CO₂ en un conjunto de fotobiorreactores, que comprende:

- inyectar al interior de los fotobiorreactores una corriente de agua de mar, salobre o dulce como medio de cultivo de las algas, enriquecida con nutrientes, microfiltrada y desinfectada previamente,
 - inyectar al interior de los fotobiorreactores una cepa de al menos una especie de algas unicelulares, y poner en contacto dicha cepa con la corriente de agua enriquecida en condiciones de luz para el crecimiento del cultivo mediante fotosíntesis;
 - inyectar al interior de los fotobiorreactores una corriente de gases que contiene CO₂,
- caracterizado por que comprende además
- extraer de los fotobiorreactores parte del cultivo de algas, almacenar en un depósito de acumulación y enviar a una unidad separada para extraer la biomasa mediante separación mecánica y/o química, de forma que la biomasa obtenida presenta un grado de humedad comprendido entre el 50% y el 90%;
 - Someter la biomasa húmeda en una unidad separada a decantación y/o cavitación para extraer parte de los lípidos y/o ácidos grasos y otros productos de valor añadido junto con un primer rechazo, pasando el resto de la biomasa a la siguiente etapa;
 - someter el resto de la biomasa procedente de la etapa anterior a licuefacción térmica directa de baja temperatura en una unidad separada para producir biocrudo y un segundo rechazo, todo ello a una temperatura comprendida entre 250°C y 350°C y una presión comprendida entre 150 y 210 bar, incluidos ambos límites, durante un tiempo comprendido entre 1 y 120 minutos;
 - recuperar los rechazos tanto de la etapa de extracción de lípidos, ácidos grasos y otros productos de valor añadido como de la etapa posterior de tratamiento termoquímico en condiciones subcríticas, almacenar en cámaras separadas cada rechazo y someter a tratamiento físico-químico basado en adecuación de salinidad, ph, microfiltración, desinfección y adición de nutrientes, para posterior reintroducción en el cultivo.

Debe entenderse que el biocrudo es el equivalente renovable a un fuel oil pesado con origen en el petróleo fósil, obtenido a partir de biomasa de algas en el presente caso; la refinación del biocrudo permite obtener compuestos muy variados, como naftas, biocombustible, bioaceites...

Este proceso presenta múltiples ventajas respecto al estado de la técnica, como es principalmente la acumulación y el tratamiento posterior del cultivo de algas extraído de los fotobiorreactores en húmedo (biomasa húmeda), así como la recuperación de todos los rechazos o sobrantes que se generan en los diferentes procesos de separación mecánica y/o química de obtención de lípidos y/o ácidos grasos y/u otros productos de valor añadido, posterior tratamiento térmico y proceso final de optimización del biocrudo final.

Otra mejora radica en el proceso de tratamiento de la biomasa una vez extraída para la obtención de productos de valor añadido como son los lípidos y los ácidos grasos y otros productos de valor añadido como vitaminas, antioxidantes como el beta-caroteno y astaxantina, hormonas, etc., que pueden ser utilizados en la industria

agro-alimentaria, farmacéutica y cosmética ó biomédica, siguiendo las pautas marcadas en "Selective extraction of caarotenoids from the microalga *Dunaliella salina* with retention of viability" (Hejazi MA, de Lamarliere C, Rocha JM, Vermuë M, Tramper J, Wijffels RH; *Biotechnol Bioeng.* 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). La obtención de lípidos, de ácidos grasos y de otros productos de valor añadido se produce de manera previa a la extracción del biocrudo y no en un mismo procedimiento de etapa única como ocurre en los procesos convencionales (por ejemplo, EP 2371940 A1). El procedimiento de extracción de lípidos, ácidos grasos y otros productos de valor añadido, bien por medios de decantación y/o cavitación, es previo al procedimiento de licuefacción térmica por el que se extrae el biocrudo. En la presente invención estos tres procedimientos citados se encuentran claramente separados y diferenciados y se realizan en unidades y máquinas independientes, lo que optimiza los resultados en gran medida con los obtenidos si se realiza el proceso conjuntamente, además de permitir una total recuperación de los rechazos de los diferentes procesos, ver "Hydrothermal Treatment of Algas unicelularese: 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). *Thermo-Chemical Conversion of Biomass Group*, Faculty of Science and Technology, University of Twente, P.O. Box 217, Enschede, The Netherlands).

Además, este proceso en etapas consecutivas permite partir de una biomasa extraída húmeda sin necesidad de secado, de hecho con un grado elevado de humedad, en la obtención de productos como lípidos, ácidos grasos, productos de valor añadido, biocrudo y, si es posible en casos preferidos, finalmente biocombustible.

La recuperación de los residuos generados en estos procesos, como es el primer rechazo de la etapa mecánica y/o química de extracción de biomasa, de las etapas de extracción de lípidos, ácidos grasos y demás elementos de valor añadido y del rechazo producido en las etapas de obtención de biocrudo contribuye de manera relevante al desarrollo de este tipo de métodos, ya que su reintroducción en el proceso como materia prima tras un proceso de acondicionamiento previo incrementa significativamente la eficiencia del proceso global. Los residuos obtenidos en estas etapas son fundamentalmente y en gran porcentaje cultivo con una menor concentración de algas tras la separación mecánica y/o química inicial. Su acondicionamiento mediante tratamiento físico-químico está basado en la adecuación de salinidad, pH, microfiltración, desinfección, adición de nutrientes y agitación, para posterior reintroducción en el cultivo. Entre el 50% y el 99% del cultivo que es extraído periódicamente y tratado para la extracción de biomasa se convierte en producto de rechazo para el siguiente paso y es por tanto devuelto al cultivo tras el tratamiento previo comentado en el presente párrafo.

El presente proceso no emplea antibióticos ni fungicidas, por lo que los productos obtenidos tienen una calidad superior a aquellos procesos convencionales en los que se utilizan (ver por ejemplo la solicitud internacional PTC/ES2007/000733).

Otra ventaja a reseñar es la utilización de diferentes especies en la misma planta de producción y tratamiento de la biomasa, en forma de monocultivo (separadas cada una en una zona diferente), como puede ser por ejemplo una especie rica en lípidos y una segunda con bajo contenido en lípidos, que se complementarían entre ellas para producir un fuel rico en hidrocarburos.

Un segundo objeto de la presente invención lo constituye una planta de producción de biomasa y productos derivados de ella mediante cultivo de al menos una especie de algas unicelulares en medio acuoso alimentado con una corriente de gases que contiene CO₂ en un conjunto de fotobiorreactores de acuerdo con el proceso descrito en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende:

- al menos una unidad de captación, almacenamiento e inyección de la corriente de agua de mar, dulce y/o salobre conectada a una unidad de inyección de nutrientes a dicha corriente antes de la entrada a los fotobiorreactores, y a una unidad de microfiltrado y de desinfección;
- al menos una unidad de captación, almacenamiento e inyección de la corriente de gases que contiene CO₂ al interior de los fotobiorreactores;

estando ambas unidades conectadas a

- un conjunto de dos o más fotobiorreactores del tipo anular vertical y circular conectados entre sí para la producción de biomasa mediante el cultivo de al menos una especie de algas unicelulares;

caracterizado por que comprende además

- medios de extracción de una parte del cultivo del interior de los fotobiorreactores y un depósito de acumulación del mismo, conectado a una unidad de extracción mecánica y/o a una unidad de extracción química de la biomasa en húmedo;
- una unidad de extracción de lípidos y/o ácidos grasos y/u otros productos de valor añadido mediante cavitación, decantación y/o disolución de la biomasa, conectada a
- una unidad de tratamiento termoquímico para la producción de biocrudo mediante licuefacción térmica directa de baja temperatura, a partir de la biomasa sobrante en la unidad de extracción de lípidos y/o ácidos grasos y/o otros productos de valor añadido;
- una cámara de almacenamiento del primer rechazo producido en la unidad de extracción mecánica y/o en la cámara de extracción química, con medios de recirculación de dicho rechazo a la unidad de

inyección de la corriente de agua al interior de los fotobiorreactores tras su acondicionamiento en el interior de la cámara de almacenamiento; y

- una cámara de almacenamiento del segundo rechazo producido en la unidad de extracción de lípidos y/o ácidos grasos y/o productos de valor añadido y en la unidad de tratamiento termoquímico, con medios de recirculación de dicho rechazo a la unidad de inyección de la corriente de agua al interior de los fotobiorreactores tras su acondicionamiento en el interior de la cámara de almacenamiento.

La planta descrita permite llevar a cabo el proceso objeto de la presente memoria de forma óptima, alcanzando valores superiores a 7 veces el ratio superficie/volumen de la planta, de tal forma que la producción de biomasa aumenta en esa proporción, siendo este valor superior a los registrados en el estado de la técnica. Se ha comprobado que el ratio óptimo de la planta descrita es de hasta 180 litros/m² de cultivo en zona de siembra frente a los 25 litros/m² de cultivo que se conocen en el estado de la técnica, con fotobiorreactores convencionales y semejantes al de la presente memoria.

Descripción detallada de la invención

En cuanto al proceso de producción de biomasa, cabe indicar que la corriente de gases puede ser una corriente constituida íntegramente por CO₂, o puede ser en otra alternativa una mezcla de gases que proviene de un proceso de combustión.

De manera opcional, la corriente de gases que está constituida por una mezcla puede lavarse, comprimirse y separarse el CO₂ del resto de sustancias contenidas, como es el SO_x, NO_x, cenizas previamente a su introducción en los fotobiorreactores. Dicha adecuación de la corriente de gas antes de su inyección se realiza enfriando los gases si es necesario para que la temperatura máxima de los mismos sea siempre inferior a 40°C, y la separación de los mismos se realiza según la tipología referida. También de manera preferida pero no excluyente, la corriente de gases se puede mezclar con aire comprimido antes de su introducción en los fotobiorreactores, independientemente de si dicha corriente es únicamente de CO₂ o una mezcla de gases.

En una realización particular, la corriente de gases se inyecta al interior del fotobiorreactor radialmente. De manera preferida, dicha inyección se realiza mediante un difusor integrado entre los tubos que configuran el fotobiorreactor, de manera radial y cubriendo todo el perímetro del tubo, siendo dicho difusor colocado en el radio medio entre el tubo exterior y el tubo interior con taladros en el mismo de manera que permite la salida del CO₂ con o sin aire comprimido. Dicha inyección se realiza de forma preferida de manera discontinua, en pulsos de duración comprendida entre 1 y 3600 segundos a intervalos de tiempo comprendidos entre 1 y 3600 segundos, incluidos ambos límites. Esta discontinuidad, unida a los ciclos de las células en el cultivo favorecen la fijación de los gases de efecto invernadero.

Dado que tanto la captación biológica como la química de la corriente de gases que contienen CO₂ efectuada por las algas unicelulares se encuentra entre un 45% y un 60%, se puede incorporar a la planta un sistema de recogida de los excedentes que salen por la zona superior de los fotobiorreactores, para su posterior reintroducción a la línea de gases de la planta mediante los correspondientes compresores, tanques de mezcla y tuberías y sistema de control asociado. La eficiencia de captación de los gases se incrementó hasta un valor comprendido entre el 60% y el 90% con esta alternativa.

Preferentemente, la corriente de gases se inyecta en una cantidad comprendida entre 0.2 m³ /m³ de cultivo y 2 m³ /m³ de cultivo de algas.

Tras la captación de agua, se procede a su posterior (micro)filtración dependiendo de su contenido en sales, sobre todo si el agua es de mar, debiéndole quitar materia orgánica, productos oleosos y microfiltrando arcillas y demás elementos no deseados según el tipo de alga unicelular a cultivar.

La corriente de agua se puede enriquecer con macronutrientes, micronutrientes y/o elementos traza, en un porcentaje comprendido entre 10% y 30% en peso de la biomasa obtenida. Concretamente, los nutrientes pueden ser seleccionados entre sales nitrogenadas como nitrato y amonio, fosfatos y cualquier combinación de los mismos.

En una realización preferida y alternativa al habitual air-lift de funcionamiento de este tipo de fotobiorreactores en lo que se refiere a régimen de flujo líquido-aire, la corriente de agua se puede hacer girar en el interior de los fotobiorreactores en sentido contrario al de inyección de las burbujas con el gas en cuestión cuando ambas se ponen en contacto. Esto favorece la absorción del gas por las algas unicelulares. Es un efecto químico que consiste en que al oponerse el flujo del fluido al de la burbuja de CO₂, se consigue una mayor superficie de captación y mejora el rendimiento de absorción.

De manera común, aunque no limitante, la cepa es introducida a la planta por uno de los fotobiorreactores, diluyéndola en el agua de mar, dulce y/o salobre a través del sistema de bombas existente. Posteriormente de este fotobiorreactor se va desdoblando, extrayendo el 50% al resto cuando la concentración es la adecuada y

siempre se añade agua de mar para completar el volumen del fotobiorreactor.

De manera preferida, el cultivo se mantiene en el interior de los fotobiorreactores a una temperatura comprendida entre 5°C y 45°C, estando más preferiblemente entre 15°C y 35°C.

5 En el caso más preferido, se mantiene el cultivo de algas en el interior de los fotobiorreactores hasta alcanzar una concentración comprendida entre 100 millones de células/ml y 600 millones de células/ml. Así, se puede extraer del fotobiorreactor una cantidad de cultivo diaria comprendida entre 2% y 50% del volumen total del interior de los fotobiorreactores. En un caso más preferido, dicha parte del cultivo de las algas se acumula o
10 almacena tras su extracción con agitación contante y con aireación o aportación de aire y CO₂, lo que permite conseguir diferentes reacciones en función de las características del cultivo recogido.

15 La separación mecánica de la biomasa se puede realizar mediante uno de los procesos seleccionados dentro del grupo compuesto por centrifugación, súper-centrifugación, decantación y/o filtración, y la separación química se realiza mediante floculación. Si se llevan a cabo ambas acciones mecánica y química en el proceso, entonces cada una de ellas realiza en unidades separadas, de tal forma que preferentemente se realiza primero la separación química de la biomasa y segundo la mecánica de manera secuencial, rebajándose así el nivel de cultivo a procesar en la separación mecánica con las consiguientes mejoras en la eficiencia del proceso.

20 Cabe indicar que la biomasa sobrante de los procesos de separación mecánica y/o química y de extracción de lípidos y demás productos, que se emplea para obtener biocrudo puede estar comprendida entre el 80% y el 99% de la biomasa total, ya que en la etapa anterior solo se ha extraído entre un 1% y un 20% de la biomasa total tratada.,

25 También en el caso más preferido, el primer rechazo, de la etapa de separación de la biomasa, y el segundo rechazo, de los procesos subsiguientes para obtener lípidos y/o ácidos grasos y/o productos de valor añadido y biocrudo se almacenan en continua agitación mediante agitadores de hélice que garantizan la completa homogenización del producto en menos de 2 horas, y que pueden ser verticales y/o horizontales, con una ó
30 varias palas en función del depósito y con aireación o con mezcla de aire y CO₂, y se acondiciona antes de su reincorporación a la línea de agua de inyección a los fotobiorreactores.

35 Como resultado de la reintroducción al proceso de los rechazos de los acondicionados y como producto que se genera en determinados momentos y bajo determinadas condiciones de temperatura y aireación por sí solo, se forma una película de espuma en la capa superior de la corriente de agua en el interior de los fotobiorreactores. Así, en una realización opcional, se puede recoger la espuma, dicha espuma conteniendo biomasa y/o nutrientes en un porcentaje comprendido entre 1% y 5% del total del volumen existente en los fotobiorreactores.

40 En un caso preferido del proceso, la cepa de las algas unicelulares es seleccionada dentro del grupo compuesto por las microalgas eucariotas y más concretamente las cianobacterias, clorofíceas, rodofíceas, eustigmatíficas, diatomeas, dinofíceas, bacilarofíceas, xantofíceas y faeofíceas y cualquier combinación de las mismas.

45 En la realización más preferida, el biocrudo se somete a cavitación, decantación, prensado y/o tratamiento térmico en una unidad separada para obtener biocombustible (biocrudo destilado y purificado). El rechazo de esta etapa también puede almacenarse, tratarse y reintroducirse al proceso como el resto de rechazos y en las mismas condiciones descritas para ellos.

50 En lo que respecta a la planta de producción de biomasa descrita en el apartado anterior, cabe indicar que la unidad de captación de los gases puede nutrirse de una corriente de gases de efecto invernadero, por ejemplo provenientes directamente de las chimeneas de los equipos industriales emisores. Esta unidad está formada preferentemente por injertos a las chimeneas, red de conductos, sistemas automáticos de funcionamiento, accesorios y extractores.

55 La planta puede comprender además una unidad de inyección de aire comprimido conectada a la unidad de captación, almacenamiento y limpieza e inyección de la corriente de gases que contiene CO₂ antes de la entrada en los fotobiorreactores. Además, la planta puede comprender una unidad de acumulación de gases a inyectar, de forma que si la fuente principal de suministro de los mismos falla se puede continuar el proceso. La capacidad de estos depósitos es tal que permiten el funcionamiento normal de la planta sin los suministros habituales desde un mes a cuatro meses.

60 La unidad de captación, almacenamiento e inyección de la corriente de agua consta de los consiguientes sistemas de tuberías, electrobombas y filtros, así como de elementos de control. Preferentemente, el depósito de acumulación de agua de mar, dulce y/o salobre tiene una capacidad de entre dos sextos y cuatro sextos la capacidad total del volumen de cultivo de la planta. Los elementos de control son sondas de pH y temperatura, sonda de conductividad, turbidímetros y niveles de máximo y mínimo. Ello conjuntado con las electroválvulas
65 asociadas al sistema de gestión de la planta, permitirán que el agua de mar, dulce y/o salobre a introducir en los depósitos de alimentación de los fotobiorreactores entre en las condiciones ideales.

De manera opcional, la planta comprende de 2 a 5000 fotobiorreactores. Dichos fotobiorreactores están preferentemente constituidos por un tubo exterior y otro interior que delimitan un espacio entre ellos donde se inyectan las corrientes de agua y de gas y donde se cultivan las algas unicelulares, estando dicho espacio dividido en secciones longitudinales de número impar desde 1 hasta 9, y siendo el paso de luz en el interior de los tubos inferior a 5 cm. Los tubos pueden tener una altura igual o inferior a 10 metros. Al dividirse los tubos en 3, 5, 7 ó 9 secciones o compartimentos longitudinales el funcionamiento de los ciclos binarios luz-obscuridad es exactamente igual en toda la sección del tubo y con ello se consigue una eficiencia mucho mayor y con mejor control que la que se consigue con las diferentes zonas existentes en un tubo cilíndrico normal. Los tubos interior y exterior pueden estar preferentemente fabricados en materiales plásticos, tanto rígidos como flexibles, con las peculiaridades de que el tubo interior puede o no ser translúcido y que el hueco interior se puede o no utilizar para atemperar el cultivo existente en el anillo.

De manera más preferida todavía, los fotobiorreactores comprenden además un tubo translúcido concéntrico que recubre la pared externa del tubo exterior. Este tubo de material transparente evita que el sol incida directamente sobre el tubo exterior que contiene el cultivo y con ello se pueden evitar los efectos de la fotoinhibición que se producen con elevados valores de irradiación y reducir enormemente las necesidades energéticas para atemperar el cultivo, así como otra serie de mejoras asociadas como es la reducción de espesor y con ello el abaratamiento en la fabricación de los tubos.

En una realización particular de la invención, el conjunto de los fotobiorreactores comprende:

- una zona de mezcla de la corriente de gases, la corriente de agua y una cepa de las algas a cultivar;
- una zona de crecimiento del cultivo de las algas; y
- una zona de extracción del cultivo del interior de los fotobiorreactores.

Cada zona está comprendida por fotobiorreactores especializados para cada función, estando las tres zonas conectadas entre sí con el orden lógico: la zona de mezcla se conecta con la de crecimiento del cultivo, y ésta a su vez con la zona de extracción. Es decir, la planta tiene fotobiorreactores que se utilizan para mezcla ó alimentación, otros que son para crecimiento y otros finales que son de recogida del cultivo. Esto se consigue con las distintas disposiciones de los tubos dentro de cada fotobiorreactor, variándose la separación entre ellos, el espesor de la lámina de agua, las condiciones del cultivo y otra serie de parámetros que permiten un óptimo desarrollo secuencial que optimiza el proceso, tal cual se ha explicado anteriormente.

Los fotobiorreactores pueden estar conectados entre sí por tuberías enterradas en el terreno donde se asienta la planta, siendo la corriente de agua con el cultivo impulsada de un fotobiorreactor a otro por la electrobomba.

Los fotobiorreactores pueden comprender además electrobombas que van asociadas a todo el entramado de tuberías que interconectan la zona de cultivo, conteniendo una bomba para cada grupo de fotobiorreactores. Con las electroválvulas instaladas en la zona de la bomba se permite desde el control el funcionamiento del sistema que se explica en el párrafo anterior y/o en este y todos los posibles. Cada una de estas bombas hace girar la corriente de agua en sentido contrario al de inyección de la corriente de gas cuando ambas se ponen en contacto. En otra opción alternativa de funcionamiento, esta misma bomba es la que hace recircular el cultivo por las tuberías enterradas favoreciendo el intercambio térmico con el terreno (a temperatura constante) y consiguiendo así la mayor productividad del proceso con el menor consumo energético posible. En este caso la recirculación del cultivo oscila entre el 10% y el 60% del volumen unitario.

La disposición de los tubos en el conjunto de los fotobiorreactores será aquella que permita el máximo desarrollo de la alga unicelular en función de su grado de concentración en relación a la irradiación y la temperatura en ese momento. Dado que estos parámetros son oscilantes durante el año y en función de la ubicación de la planta, se combinan diferentes diseños alternativos, variándose también otros parámetros como tiempo de residencia en cada una de las configuraciones, porcentaje de extracción diario, porcentaje de flujo de recirculación sobre el total del volumen y aporte de nutrientes y CO₂, para obtenerse los mejores valores de reproducción. Concretamente, la disposición de los tubos o columnas en los fotobiorreactores y en la zona de cultivo se adapta a las diferentes necesidades del cultivo en función de la época del año y de las condiciones ambientales. Existen en el estado de la técnica fotobiorreactores conformados por tubos con una disposición lineal, otros por disposiciones circulares y otros por disposiciones dobles de las anteriores, de tal forma que las distancias entre los componentes también varían, con lo que se combinan las diferentes posibilidades de irradiación/ paso de luz/ velocidad de mezcla de CO₂ y aire, para obtener siempre la mejor producción. En el caso de la presente invención, como consecuencia de la zonificación del cultivo de las algas, se trata de una estratificación de la planta en función de las condiciones ambientales y de las diferentes fases de la reproducción del cultivo para que la planta se pueda adaptar a cada época del año consiguiendo la mejor eficiencia posible. Las necesidades de irradiación en una época del año son muy diferentes de las necesarias en otra, por lo que se adapta el recorrido del cultivo desde su siembra inicial hasta su extracción y entre extracción y extracción. Lo indicado se corresponde con los principios demostrados en el artículo técnico "Design Principles of photo-bioreactors for cultivation of algae unicelulares" de D. Clemens Posten, Institute of LifeScienceEngineering, Division of BioprocessEngineering, University of Karlsruhe, Strasse am Forum 8, D-76131 Karlsruhe (Germany),

DOI:10.1002/elsc.200900003, mayo 29, 2009 y en "Algas unicelularesIPhotobioreactors: Scale-up and optimization", Barbosa, M.J.G.V., 2003.

De manera opcional y preferida, los fotobiorreactores comprenden además un dispositivo automático de limpieza de las paredes de los tubos que delimitan el espacio entre el tubo interior y el tubo exterior, estando dicho dispositivo de limpieza constituido por un rascador elastomérico cuya planta se corresponde con el perfil del espacio entre los tubos y un grosor comprendido entre 2 y 5 cm, con un orificio pasante central que presenta una sección inferior de forma troncocónica y una superior de forma cilíndrica presentando en conjunto el orificio una forma de embudo invertido; y una esfera de material plástico de diámetro mayor al diámetro de la sección cilíndrica del orificio, que se desplaza en el espacio definido por la sección inferior troncocónica del orificio pasante. La incorporación de este sistema de limpieza permite el funcionamiento de la planta sin necesidad de vaciado de los fotobiorreactores, lo que simplifica el mantenimiento de la instalación y la eficiencia de la misma con respecto a lo existente anteriormente. El funcionamiento del dispositivo de limpieza es el siguiente:

- 1.- en la posición habitual, se encuentra en reposo en la parte inferior del tubo, dentro de la zona de cultivo, es decir, entre el tubo exterior y el interior.
- 2.- Una vez que se pretende activar, se cambia el sentido del flujo del cultivo desde su funcionamiento habitual (el cultivo entra por la parte superior y se recoge por la inferior) al contrario, y en caso de que se esté utilizando el de alimentar por abajo y rebosar por arriba, se aumenta el caudal de forma que el dispositivo se active tras ser el suficiente para hacer subir la esfera interior.
- 3.- El tiempo de operación del dispositivo, que se activa pues con los cambios en las electroválvulas existentes en la zona de cada una de las bombas de cultivo, es tal que permite subir el limpiador sin llegar a hacer tope en la tapa superior del fotobiorreactor.
- 4.- Una vez que el limpiador llega a la parte superior, se paraliza esta opción volviendo al estado anterior, y este cae por su propio peso (tiene una densidad mayor a la del agua de cultivo) a la posición de origen.

La operación se puede repetir desde 1 hasta 50 veces al día en función del estado de limpieza interior de los tubos, que a su vez depende de la especie que se esté empleando y de las condiciones con las que se esté cultivando.

En definitiva, como fotobiorreactores se utilizan tubos anulares verticales, con posibilidad de una tercera capa exterior con diferentes disposiciones dentro de los fotobiorreactores que permiten a la zona de cultivo adaptarse a las condiciones climatológicas existentes en cada época, diferenciando zonas de recuperación de cultivo, zona de mezcla y las diferentes zonas de crecimiento previamente a la zona de extracción. Con ello se consigue igualmente que la absorción del CO₂ sea máxima en cada una de las condiciones ambientales presentes. Estos aspectos, además de mejorar tanto las eficiencias de captación como las eficiencias de reproducción de la algas unicelulares, mejoran el funcionamiento global del sistema, evitando la formación de *fooling* (procariotas y algas unicelulares adheridas al tubo exterior) y reduciendo las operaciones de mantenimiento en gran medida gracias a la incorporación de un sistema de limpieza de los tubos sin necesidad de vaciado de los mismos.

Como se he descrito anteriormente, se puede formar una película de espuma en la capa superior de la corriente de agua dentro de los fotobiorreactores especialmente como consecuencia de la reintroducción del rechazo de las diferentes etapas de tratamiento de las biomasa hasta la obtención de los productos finales deseados. Puede incluso que esta película de espuma se genere de manera natural dentro de los fotobiorreactores en determinadas condiciones y momentos del proceso de reproducción incluso previamente a introducir los rechazos tratados, y que contiene un porcentaje alto en nutrientes y/o biomasa. Por este motivo, los fotobiorreactores pueden comprender además medios de recogida de la espuma, basados en una canalización superior de las dimensiones oportunas en función del volumen del fotobiorreactor convenientemente conducida hasta una zona de acumulación generada a tal efecto en la planta y medios de conducción (tuberías y electrobombas) de dicha espuma al depósito de acumulación de espumas del cultivo extraído del fotobiorreactor. Posteriormente será reintroducido al depósito de alimentación de fotobiorreactores ó al del clarificado según el tratamiento que se le aplique y en función del alga unicelular que se esté cultivando.

Los fotobiorreactores pueden comprender también en su parte superior medios de captación del CO₂ excedente no consumido por el cultivo de algas y medios de conducción de dicho gas excedente a la unidad de captación e inyección de gases al interior de los fotobiorreactores, para su reintroducción.

La capacidad de la unidad de acumulación de cultivo extraído de los fotobiorreactores está comprendida preferentemente entre la mitad y un décimo la capacidad del total del volumen de la planta. Puede poseer además agitadores y medios de alimentación con CO₂ y/o aire comprimido y sistemas de medición y control para su integración en el funcionamiento de la planta. Los elementos de control son sondas de pH y temperatura, sonda de conductividad, turbidímetros, niveles de máximo y mínimo y sondas de control de nutrientes.

Para una óptima producción de biomasa, las unidades de almacenamiento del primer rechazo y del segundo rechazo pueden comprender medios de agitación y medios de aireación o de inyección de aire y CO₂ al interior para mejorar el comportamiento del cultivo y/o su posterior reincorporación a la zona de cultivo, pudiendo

producir decantaciones y/o variaciones en la composición según necesidades. La capacidad de cada una de las unidades de almacenamiento de los rechazos es normalmente entre la mitad y un décimo la capacidad del total del volumen de la planta. De modo opcional y preferente, cuando ambos rechazos han sido tratados en sus respectivas unidades de almacenamiento, pueden conducirse a una cámara conjunta de acumulación, donde se juntan todos los rechazos tratados previamente a su reintroducción en el proceso. Esta unidad de acumulación de rechazos tratados está conectada en su entrada a la salida de las unidades de almacenamiento y tratamiento de rechazos, y en su salida a la línea de aguas de la planta (medios de inyección del agua de mar, dulce y/o salobre al interior de los fotobiorreactores).

Los fotobiorreactores pueden comprender también medios de control de la temperatura, que son preferiblemente sondas de temperatura y pH conjuntas muy habituales en el estado de la técnica, estando integradas en línea en la red de tuberías que lleva cada fotobiorreactor para unir los diferentes tubos y entre unos fotobiorreactores y otros mediante bombas de calor del tipo condensadas por aire, por agua y/o geotermales, para mantener dicho parámetro entre 5°C y 45°C tal como requiere el proceso. Dichos medios de control de temperatura o de atemperamiento están compuestos por bombas de calor del tipo condensadas por aire, condensadas por agua y/o geotermales, para mantener el cultivo en las condiciones de temperatura deseadas. Con el añadido del tercer tubo exterior concéntrico con los dos interiores entre los que se encuentra el cultivo, las necesidades de atemperamiento se reducen enormemente, siendo éste uno de los aspectos que mejoran el rendimiento global del sistema.

Además, la planta puede incorporar medios de limpieza y desinfección, que van en línea en la red de tuberías y electrobombas encargadas de los procesos de reposición y extracción del cultivo de los fotobiorreactores así como en los procesos de recuperación de rechazos y de intercambios en los diferentes depósitos, siendo seleccionados dentro del grupo formado por rayos ultravioleta, filtros de carbón activo y/o ozonización, por lo que no se vierte ningún elemento contaminante al medio ambiente. también como diferenciación, así como medios de recogida de lixiviados y vertidos accidentales formados por medios de conducción y medios de bombeo hasta la unidad de almacenamiento del rechazo extraído en todos los procesos de obtención de biomasa, de las unidades de extracción de lípidos y/o ácidos grasos y/o productos de valor añadido y de tratamiento termoquímico. Los medios de limpieza y desinfección se incorporan a todo el sistema de tuberías y resto de elementos del sistema; estos sistemas se diferencian de los habituales utilizados hasta ahora en que no emiten ninguna sustancia tóxica al medio ambiente. Por su parte, para la recogida de lixiviados y vertidos accidentales, la planta comprende redes de tuberías subterráneas, arquetas y electrobombas que en caso de derrame accidental del cultivo lo enviarán a los correspondientes depósitos de rechazo para su tratamiento y posterior reutilización en el cultivo.

La planta comprende de manera opcional pero no excluyente medios de control del proceso formados por sensores, caudalímetros, electroválvulas y elementos comunes de un sistema SCADA (Control de Supervisión y Adquisición de Datos). Estos elementos están en las redes de tuberías y depósitos siendo los responsables del funcionamiento autónomo de la planta de acuerdo con las condiciones de funcionamiento de la misma y gracias a las electroválvulas y sondas instaladas.

Por último, en la realización más preferida de todas, la planta descrita en cualquiera de sus variantes incluye también una unidad de producción de biocombustible y un rechazo mediante cavitación, decantación, prensado y/o tratamiento térmico del biocrudo obtenido en la unidad de tratamiento termoquímico en la que se obtiene dicho biocrudo, a la que se encuentra conectada. Esta unidad también puede estar conectada a una unidad de almacenamiento del rechazo, que funciona y está conectada al sistema del mismo y en las mismas condiciones que la unidad de almacenamiento y acondicionamiento del primer rechazo y la del segundo rechazo.

En definitiva, la instalación descrita, en la que se generan de forma sostenible un amplio espectro de productos de interés comercial a partir de biomasa, funciona como una biorrefinería.

Realización preferida de la invención

En un caso muy preferido, la planta de producción de biomasa tal cual se ha descrito anteriormente y según se muestra en la Figura 1 comprende:

- (1) una unidad de captación, almacenamiento e inyección de los gases de efecto invernadero provenientes de las chimeneas de equipos industriales emisores (1'). Este sistema está formado de forma no excluyente por injertos a las chimeneas, red de conductos, sistemas automáticos de funcionamiento, accesorios y extractores.
- (2) una unidad de lavado y compresión de los gases de efecto invernadero, con adecuación de la temperatura siempre que ésta sea mayor de 40°C.
- (3) una unidad de mezcla e inyección de los gases de efecto invernadero con aire, así como con gases de retorno de los procesos termoquímicos y/o sobrantes de los introducidos en los fotobiorreactores que se consumen en la planta.
- (4) Una unidad de acumulación de los gases de efecto invernadero, de forma que si la fuente principal de

suministro de los mismos falla, se puede continuar el proceso. La capacidad de estos depósitos es tal que permiten el funcionamiento normal de la planta sin los suministros habituales desde un mes a cuatro meses.

- 5 (5) una electrobomba en cada grupo de entre dos fotobiorreactores y 5000, que hace girar el fluido en el fotobiorreactor en sentido contrario al de introducción de las burbujas con los gases indicados inyectados;
- 10 (6) Un conjunto de entre 2 y 5000 fotobiorreactores anulares verticales realizados con materiales plásticos. El paso óptico del fotobiorreactor es inferior en todos los casos a 5 cm y el ratio que el mismo consigue en cuanto a su diseño y en la relación entre volumen (m3) y superficie (m2). Dicha relación puede llegar a 180 litros/m2. Cada fotobiorreactor está compuesto por dos tubos, uno interior y otro exterior entre los que se cultivan las algas. Exteriormente a los dos tubos entre los que se encuentra el cultivo, se coloca un tubo traslúcido que evita la irradiación directa sobre el tubo exterior que contiene el cultivo. Por otro lado, la sección existente entre tubo interior y tubo exterior que contiene el cultivo se divide en X secciones longitudinales
- 15 (7) Dispositivo automático de limpieza de los tubos que contienen el cultivo, tal cual se ha descrito en el apartado anterior.
- (8) Una unidad de captación, almacenamiento e inyección de agua de mar, dulce y/o salobre y posterior filtración, mediante los consiguientes sistemas de tuberías, electrobombas y filtros, así como elementos de control. Dispone además de un depósito adicional de acumulación de agua de alimentación con capacidad de entre un sexto y dos sextos la capacidad total del volumen de cultivo de la planta.
- 20 (9) Sistema de tuberías que interconectan las zonas de cultivo con las zonas de acumulación y tratamiento de cultivo y de productos terminados.
- 25 (10) Una unidad de inyección de nutrientes a la corriente de agua que alimenta a los fotobiorreactores para favorecer el rápido desarrollo de las algas unicelulares. Existe una dosificación de macronutrientes y de micronutrientes y metales traza. Gracias a las sondas de nutrientes instaladas en línea en las tuberías del proceso, se darán las correspondientes órdenes a las bombas de nutrientes para que inyecten al cultivo en función de las necesidades.
- 30 (11) Medios de limpieza y desinfección de la planta mediante ultravioletas y filtros de carbón activo así como ozonización. Se introducen en todos los sistemas de tuberías y resto de elementos de la planta.
- (12) Medios de recogida de espuma superior en cada uno de los fotobiorreactores. Esta espuma es recogida y enviada mediante el correspondiente sistema de tuberías y electrobombas a los correspondientes depósitos de acumulación y por tanto introducida de nuevo en el proceso.
- 35 (13) Unidad de acumulación del cultivo extraído de los fotobiorreactores, Su capacidad es entre la mitad y un décimo la capacidad del total del volumen de la planta. Posee agitadores y sistema de alimentación con CO₂ y/o aire comprimido y sistemas de medición y control para su integración en el funcionamiento de la planta, con lo que se pueden conseguir diferentes reacciones en su interior en función de las características del cultivo recogido.
- (14) Unidades de separación mecánica y química del cultivo extraído de algas unicelulares y acumulado en la unidad (13).
- 40 (15) Medios de control de la temperatura, compuesto por bombas de calor del tipo condensadas por aire, para mantener el cultivo en condiciones de temperatura entre 5°C y 45°C en función de las necesidades.
- (16) Cámara de acumulación del rechazo del proceso de separación mecánica y química. Entre el 50% y el 99% del volumen de cultivo filtrado se retorna a estos depósitos para su tratamiento y posterior reincorporación al proceso de cultivo. Su capacidad es entre la mitad y un décimo la capacidad del total del volumen de la planta. Poseen agitadores y sistemas de aireación y/o entrada de CO₂+aire y sistemas de medición y control para su integración en el funcionamiento de la planta.
- 45 (17) Cámara de acumulación del rechazo generado en las unidades de extracción de lípidos y/o ácidos grasos y/o de productos de valor añadido y de obtención de biocrudo. A este depósito se envían todos los elementos considerados como resultantes de los diferentes procesos y que no tienen una utilidad final, se reintegran al sistema tras su correspondiente tratamiento y ajuste de pH, salinidad, microfiltración, desinfección, adición de nutrientes y agitación. Su capacidad es entre la mitad y un décimo la capacidad del total del volumen de la planta. Poseen agitadores y sistemas de aireación y/o entrada de CO₂+aire y sistemas de medición y control para su integración en el funcionamiento de la planta.
- 50 (18) Medios de recogida de vertidos y lixiviados accidentales en la planta. En el caso de esta realización, la unidad donde se acumulan los vertidos y lixiviados es la misma que la unidad de acumulación del rechazo. Presenta sistema de redes de tuberías subterráneas, arquetas y electrobombas que en caso de derrame accidental del cultivo lo envían a la correspondiente unidad. Es un depósito de rechazo para su tratamiento y posterior reutilización en el cultivo. En el caso de la presente realización, dichos medios de recogida y almacenamiento de vertidos son los mismos que los de acumulación del rechazo generado en las unidades de extracción de lípidos y/o ácidos grasos y/o de productos de valor añadido.
- 60 (19) Medios de impulsión de las corrientes de agua, de cultivo y de productos obtenidos en el proceso. Dichos medios son electrobombas que realizan todos los trasiegos de cultivo y productos posteriores entre las diferentes zonas descritas en los elementos anteriores.
- (20) Unidad de extracción de lípidos y/o ácidos grasos y/o productos de valor añadido.
- (21) Unidad de tratamiento termoquímico para la producción de biocrudo.
- 65 (22) Unidad de producción de biocombustible mediante el tratamiento de biocrudo.
- (23) Depósitos de acumulación de biocrudo y biocombustible.

(24) Medios de control general de la planta, que engloba todos los sensores, caudalímetros, electroválvulas y demás elementos convencionales en un sistema tipo SCADA que permiten variar las condiciones de funcionamiento de la planta dentro de los diferentes valores establecidos para cada uno de los parámetros.

5 **Descripción de las figuras**

Figura 1. Esquema ilustrativo de la planta de producción de biomasa de acuerdo con la presente invención, según la realización preferida descrita en el apartado anterior.

10 **Figura 2.** Vista en planta (y vista en 3D) de configuraciones alternativas de fotobiorreactores de tubo a emplear en la planta de producción en función del número de secciones longitudinales en los que se divide: Opción 1 con 3 secciones, Opción 2 con 5 secciones; Opción 3 con 7 secciones y Opción 4 con 9 secciones. A= tubo interior; B= Tubo exterior; C= Cultivo; D= Tubo ventilación.

15 **Figura 3.** Agrupaciones alternativas de fotobiorreactores. En esta figura se muestran diferentes disposiciones de los tubos que contienen el cultivo a la hora de conformar un fotobiorreactor, de forma que las distancias entre los mismos varían y en función de su orientación y de la colocación de un fotobiorreactor con respecto a los contiguos, se consigue en primer lugar valores varios de irradiación y con ello el tener un planta optimizada que se adapte a todas las condiciones del año en función de su ubicación.

20 **Figura 4.** Vista en planta, alzado y transversal del dispositivo de limpieza incorporado en el interior de los tubos de los fotobiorreactores.

25 **Ejemplos**

A continuación se describen tres ejemplos de la presente invención, que en ningún caso pueden considerarse como ejemplos limitantes de la invención.

30 **Ejemplo 1:**

En la Figura 1 se describe la planta diseñada y la totalidad del proceso objeto de la presente invención. Partiendo de un volumen de cultivo estimado de 100 m³, el proceso se inicia introduciendo esos 100 m³ de agua de mar a través del preceptivo sistema de captación de agua de mar (8) y tras su desinfección y filtración (11) es introducido en el fotobiorreactor de cultivo (6), todo ello con un grado de filtración por debajo de 1 micra.

35 Las cepas iniciales para la inoculación de la biomasa son igualmente filtradas y desinfectadas (11) previamente a la introducción de las mismas en los fotobiorreactores (6).

40 El sistema de funcionamiento de la zona de cultivo se realiza de forma progresiva, de manera que primero se llenan los fotobiorreactores (6) con menor lámina de espesor de agua y por tanto mayor productividad y posteriormente se va desdoblado conforme la concentración alcanza el óptimo (entre 100 M de células/ml y 600 M de células/ml) hasta que se tiene toda la zona de cultivo, momento en el que se puede iniciar el resto del proceso. Esta etapa puede llevar desde varios días hasta varias semanas en función de las condiciones ambientales que se tengan y del volumen y concentración de cepa inicial del que se parta.

45 Durante este proceso y ya con continuidad durante la normal explotación de la planta, se introduce CO₂ desde el sistema de captación de gases (1) a través de sus medios de inyección a los fotobiorreactores (6), tras su lavado en la unidad correspondiente (2). La cantidad de gas y de aire comprimido mezclado que se debe introducir depende de las condiciones ambientales y del estado del cultivo, pero se encontrará entre los valores de 0,2 m³ de aire+CO₂ por metro cúbico de cultivo y 2 m³ de aire+CO₂ por metro cúbico de cultivo. Como se ha comentado anteriormente, la introducción del aire en el sistema no tiene porqué ser continua. En una situación alternativa, la bomba de recirculación de cultivo (5) actuará en paralelo con la introducción de CO₂ y/o CO₂+aire ó en solitario si no fuera necesario dicho aporte por el estado del cultivo en momentos puntuales. La relación global de CO₂ eliminada es de 1,8 kg/CO₂ por cada kg de biomasa producida posteriormente. Del estado de la técnica se prevén tanques auxiliares de CO₂ (4) que pudieran suplir cualquier falta de CO₂ a través del sistema de captación habitual (1).

60 Paralelamente se introducen al cultivo nutrientes (10), principalmente sales nitrogenadas (nitratos, y amonio) y fosfatos, en la proporción que demanda según las necesidades y el grado de desarrollo que tenga el mismo. La proporción total de nutrientes añadida se encuentra entre el 10% y el 30% de la biomasa obtenida. Se ha dotado al sistema de fotobiorreactores de un sistema de recogida de espumas superior de forma que los nutrientes y biomasa presente en esta zona sean aprovechados (12).

65 Se ha instalado un sistema de atemperamiento del cultivo (15), si bien, con la introducción de las mejoras en los fotobiorreactores comentadas anteriormente en cuanto a incorporación de un tercer tubo exterior, no será

necesario en el 98% del periodo de funcionamiento de la planta su uso, la temperatura de trabajo es muy amplia, encontrándose, preferiblemente, entre los 15°C y los 35°C. Por otro lado, se ha instalado un sistema de recogida de vertidos accidentales (18) que sería reintroducido de nuevo al sistema tras su pertinente tratamiento (11).

5 Una vez se ha conseguido el grado de concentración óptimo del cultivo, se procede a realizar una extracción diaria comprendida entre el 2% y el 50%, preferiblemente del 25% del total del cultivo, es decir, entre 2 y 50 m³ (9). Paralelamente y pese a que la mayoría del agua que vuelve a las zonas de cultivo, un 2% de lo extraído es aportado como agua nueva a través del sistema de captación de agua de mar (8).

10 El cultivo en las concentraciones óptimas es llevado a los tanques de acumulación (13). De este paso se alimentan los equipos de decantación/filtración y/o centrifugación (14) que devuelven parte del cultivo, entre un 50% un 99% del total, a los depósitos de rechazo (16), para su posterior tratamiento e introducción de nuevo en el cultivo (6). Tras esta etapa se consigue una biomasa, en peso aproximado de entre 40kg/día y 110 kg/día y con una humedad de entre el 50% y el 90%, apta para su posterior introducción al siguiente proceso sin necesidad de ningún proceso de secado.

15 La siguiente etapa del proceso es la de extracción de lípidos y/o ácidos grasos y/o productos de valor añadido (20), con la que se consigue una producción de entre 4 kg/día y 10 kg/día de productos de valor añadido.

20 A continuación se procede al proceso de transformación termoquímica (21) en el que se obtiene entre un 20% y un 60% de biocrudo, entre un 10% y un 30% de agua, entre un 1% y un 10% de char y entre un 1% y un 30% de gases diversos. Esta etapa puede ser realizada con catalizador ó sin él y las condiciones se encuentran entre 250°C y 350°C y entre 150 y 210 bar, el tiempo del proceso puede oscilar entre 1 minuto y 120 minutos. Tras este proceso parte de los productos resultantes se envían de nuevo a tanques para su tratamiento y posterior introducción en el proceso y la parte de producto obtenido como biocrudo se pasa al tratamiento final de conversión a biocombustible (22). Diferentes depósitos (23) acumulan los productos obtenidos en uno y otro proceso previo a su destino final. Finalmente se obtienen entre 20 y 50 kg/día de biocrudo con una conversión de CO₂ de entre 72 y 198 kg/diarios.

30 Referencias bibliográficas

- EP 2371940 A1: "Producing Bio-oil by providing a gas having high carbon dioxide content, splitting the stream of the gas, adding nitrogen-rich and/or phosphorus-rich nutrients to the sea and/or fresh water, and contacting with an algal culture". Cia Giacomo & Alessandro Concas.
- 35 - "Design Principles of photo-bioreactors 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.
- "Algas unicelulares Photobioreactors: Scale-up and optimisation, Barbosa, M.J.G.V., 2003.
- "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; *Biotechnol Bioeng.* 2002-Jul).
- 40 - "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.
- "Hydrothermal Treatment of Algas unicelulares: Evaluation of the Process as Conversion Method in an Algae Biorefinery Concept" (2011). Laura García Alba, Cristian Torri, Chiara Samori, Jaapjan van der Sped, Daniele Fabbri, Sascha R.A. Kersten, and Derk W.F. Brilman. Thermo-Chemical Conversion of Biomass Group, Faculty of Science and Technology, University of Twente, P.O. Box 217, Enschede, The Netherlands.
- 45 - US 2008086938 A1: "Photosynthetic Carbon Dioxide Sequestration and Pollution Abatement". Suresh M Menon, David E Newman, Jagadish Chandra Sircar, Kashinathan Alisala, Kay A Yang, Samantha Orchard, Sara Guidi.
- 50 - WO 2007147028 A2: "Method and Apparatus for CO₂ sequestration". Malcom Glen Kertz.
- ES 2370583 A1: "Fotobiorreactor para el cultivo en continuo de algas unicelulares y sistema modular que comprende dichos fotobiorreactores". Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).
- US 4868123 A: "Apparatus for the intensive, controlled production of microorganisms by photosynthesis". Xavier Berson, Michel Bouyssou, Yves Castel, Daniel Chaumont, Claude Gudin.
- 55 - ES 2356653 A1: "Fotobiorreactor para el cultivo de organismos fotótrofos". Universidad de Cantabria.
- US 2007048859 A1: "Closed system bioreactor apparatus". James T. Sears.
- PCT/ES2007/000733: "Fotobiorreactor Electromagnético para la obtención de biomasa". BiofuelSystems, s.l.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Proceso para la producción de biomasa y productos derivados de ella mediante cultivo de algas unicelulares en medio acuoso alimentado con una corriente de CO₂ en un conjunto de fotobiorreactores, que comprende:
- inyectar al interior de los fotobiorreactores una corriente de agua de mar, salobre o dulce como medio de cultivo de las algas, enriquecida con nutrientes, microfiltrada y desinfectada previamente,
 - inyectar al interior de los fotobiorreactores una cepa de al menos una especie de algas unicelulares, y poner en contacto dicha cepa con la corriente de agua enriquecida en condiciones de luz para el crecimiento del cultivo mediante fotosíntesis;
 - inyectar al interior de los fotobiorreactores una corriente de gases que contiene CO₂, caracterizado por que comprende además
 - extraer de los fotobiorreactores parte del cultivo de algas, almacenar en un depósito de acumulación y enviar a una unidad separada para extraer la biomasa mediante separación mecánica y/o química, de forma que la biomasa obtenida presenta un grado de humedad comprendido entre el 50% y el 90%;
 - Someter la biomasa húmeda en una unidad separada a decantación y/o cavitación para extraer parte de los lípidos y/o ácidos grasos y otros productos de valor añadido junto con un primer rechazo, pasando el resto de la biomasa a la siguiente etapa;
 - someter el resto de la biomasa procedente de la etapa anterior a licuefacción térmica directa de baja temperatura en una unidad separada para producir biocrudo y un segundo rechazo, todo ello a una temperatura comprendida entre 250°C y 350°C y una presión comprendida entre 150 y 210 bar, incluidos ambos límites, durante un tiempo comprendido entre 1 y 120 minutos;
 - recuperar los rechazos tanto de la etapa de extracción de lípidos, ácidos grasos y otros productos de valor añadido como de la etapa posterior de tratamiento termoquímico en condiciones subcríticas, almacenar en cámaras separadas cada rechazo y someter a tratamiento físico-químico basado en adecuación de salinidad, ph, microfiltración, desinfección y adición de nutrientes, para posterior reintroducción en el cultivo.
- 30 2. Proceso según la reivindicación anterior, donde cada uno de los rechazos se almacena en una unidad separada en continua agitación y con aireación o con mezcla de aire y CO₂ antes de su reincorporación.
- 35 3. Proceso según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la corriente de gases es una corriente de CO₂ o una mezcla de gases que proviene de un proceso de combustión.
- 40 4. Proceso según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la corriente de gases se enfría, lava, se comprime y se separa el CO₂ del resto de gases previamente a su introducción en los fotobiorreactores,
- 45 5. Proceso según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la corriente de gases se mezcla con aire comprimido antes de su introducción en los fotobiorreactores.
- 50 6. Proceso según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la corriente de gases se inyecta al interior del fotobiorreactor radialmente y de manera discontinua, en pulsos de duración comprendida entre 1 y 3600 segundos a intervalos de tiempo comprendidos entre 1 y 3600 segundos, incluidos ambos límites.
- 55 7. Proceso según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la corriente de gases se inyecta en una cantidad comprendida entre 0.2 m³/m³ de cultivo y 2 m³/m³ de cultivo.
- 60 8. Proceso según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde los nutrientes con los que se enriquece la corriente de agua son macronutrientes, micronutrientes y/o elementos traza, en un porcentaje comprendido entre 10% y 30% en peso de la biomasa obtenida.
- 65 9. Proceso según la reivindicación anterior, donde los nutrientes son seleccionados entre sales nitrogenadas como nitrato y amonio, fosfatos y cualquier combinación de los mismos.
10. Proceso según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la corriente de agua se hace girar en el interior de los fotobiorreactores en sentido contrario al de inyección de la corriente de gas cuando ambas se ponen en contacto.
11. Proceso según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde se mantiene el cultivo en el interior de los fotobiorreactores a una temperatura comprendida entre 5°C y 45°C.
12. Proceso según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde se mantiene el cultivo de algas en el interior de los fotobiorreactores hasta alcanzar una concentración comprendida entre 100 millones de células/ml y 600 millones de células/ml.

13. Proceso según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde se extrae del fotobiorreactor una cantidad de cultivo diaria comprendida entre 2% y 50% del volumen total del interior de los fotobiorreactores.
- 5 14. Proceso según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la separación mecánica para obtener la biomasa del cultivo se realiza mediante uno de los procesos seleccionados dentro del grupo compuesto por centrifugación, súper-centrifugación, decantación y/o filtración, y la separación química se realiza mediante floculación.
- 10 15. Proceso según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde se recoge una espuma que se forma en la capa superior de la corriente de agua en el interior del fotobiorreactor como consecuencia de la reintroducción al mismo del rechazo tratado, dicha espuma conteniendo biomasa y/o nutrientes en un porcentaje comprendido entre 1% y 5% del total del volumen existente en los fotobiorreactores.
- 15 16. Proceso según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la cepa de las algas es seleccionada dentro del grupo compuesto por cianobacterias, clorofíceas, rodofíceas, eustigmatíficas, diatomeas, dinofíceas, bacilarofíceas, xantofíceas y faeofíceas y cualquier combinación de las mismas.
- 20 17. Proceso según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, el biocrudo se somete a cavitación, decantación, prensado y/o tratamiento térmico en una unidad separada para obtener biocombustible y un rechazo.
- 25 18. Proceso según la reivindicación anterior, donde el rechazo que se obtiene junto al biocombustible se conduce hasta una unidad de almacenamiento en continua agitación y con aireación o con mezcla de aire y CO₂, y se somete a tratamiento físico-químico basado en adecuación de salinidad, ph, microfiltración, desinfección y adición de nutrientes, para posterior reintroducción en el cultivo.
- 30 19. Una planta de producción de biomasa y productos derivados de ella mediante cultivo de al menos una especie de algas unicelulares en medio acuoso alimentado con una corriente de gases que contiene CO₂ en un conjunto de fotobiorreactores de acuerdo con el proceso descrito en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende:
- al menos una unidad de captación, almacenamiento e inyección de la corriente de agua de mar, dulce y/o salobre conectada a una unidad de inyección de nutrientes a dicha corriente antes de la entrada a los fotobiorreactores, y a una unidad de microfiltrado y de desinfección;
 - al menos una unidad de captación, almacenamiento e inyección de la corriente de gases que contiene CO₂ al interior de los fotobiorreactores;
- estando ambas unidades conectadas a
- un conjunto de dos o más fotobiorreactores del tipo anular vertical y circular conectados entre sí para la producción de biomasa mediante el cultivo de al menos una especie de algas unicelulares;
- caracterizado por que comprende además
- medios de extracción de una parte del cultivo del interior de los fotobiorreactores y un depósito de acumulación del mismo, conectado a una unidad de extracción mecánica y/o a una unidad de extracción química de la biomasa en húmedo;
 - una unidad de extracción de lípidos y/o ácidos grasos y/u otros productos de valor añadido mediante cavitación, decantación y/o disolución de la biomasa, conectada a
 - una unidad de tratamiento termoquímico para la producción de biocrudo mediante licuefacción térmica directa de baja temperatura, a partir de la biomasa sobrante en la unidad de extracción de lípidos y/o ácidos grasos y/o otros productos de valor añadido,
 - una cámara de almacenamiento del primer rechazo producido en la unidad de extracción mecánica y/o en la cámara de extracción química, con medios de recirculación de dicho rechazo a la unidad de inyección de la corriente de agua al interior de los fotobiorreactores tras su acondicionamiento en el interior de la cámara de almacenamiento; y
 - una cámara de almacenamiento del segundo rechazo producido en la unidad de extracción de lípidos y/o ácidos grasos y/o productos de valor añadido y en la unidad de tratamiento termoquímico, con medios de recirculación de dicho rechazo a la unidad de inyección de la corriente de agua al interior de los fotobiorreactores tras su acondicionamiento en el interior de la cámara de almacenamiento.
20. La planta según la reivindicación anterior, donde las unidades de almacenamiento del permeado y del rechazo comprenden medios de agitación y medios de aireación o de inyección de aire y CO₂ al interior.
21. La planta según una cualquiera de las reivindicaciones 19 ó 20, que comprende además una unidad de inyección de aire comprimido conectada a la unidad de captación, almacenamiento e inyección de la corriente de gases que contiene CO₂ antes de la entrada en los fotobiorreactores.
22. La planta según una cualquiera de las reivindicaciones 19 a 21, donde cada fotobiorreactor comprende además una electrobomba que hace girar la corriente de agua en sentido contrario al de inyección de la corriente

de gas cuando ambas se ponen en contacto dentro de los fotobiorreactores.

23. La planta según una cualquiera de las reivindicaciones 19 a 22, que comprende de 2 a 5000 fotobiorreactores.

24. La planta según cualquiera de las reivindicaciones 19 a 22, donde los fotobiorreactores están constituidos por un tubo exterior y otro interior que delimitan un espacio entre ellos donde se inyectan las corrientes de agua y de gas y donde se cultivan las algas, estando dicho espacio dividido en secciones longitudinales de número impar desde 1 hasta 9, y siendo el paso de luz en el interior de los tubos inferior a 5 cm.

25. La planta según cualquiera de las reivindicaciones 19 a 22, donde el conjunto de los fotobiorreactores se configura en tres zonas definidas del siguiente modo:

- una zona de mezcla de la corriente de gases, la corriente de agua y una cepa de las algas a cultivar, que está constituida por un grupo de fotobiorreactores; conectada a
- una zona de crecimiento del cultivo de las algas, que está constituida por un segundo grupo de fotobiorreactores; y
- una zona de extracción del cultivo del interior de los fotobiorreactores, que está constituida por un tercer grupo de fotobiorreactores.

26. La planta según una cualquiera de las reivindicaciones 24 ó 25, donde los fotobiorreactores comprenden además un dispositivo automático de limpieza de las paredes de los tubos que delimitan el espacio entre el tubo interior y el tubo exterior, estando dicho dispositivo de limpieza constituido por un rascador elastomérico cuya planta se corresponde con el perfil del espacio entre los tubos y un grosor comprendido entre 2 y 5 cm, con un orificio pasante central que presenta una sección inferior de forma troncocónica y una superior de forma cilíndrica presentando en conjunto el orificio una forma de embudo invertido; y una esfera de material plástico de diámetro mayor al diámetro de la sección cilíndrica del orificio, que se desplaza en el espacio definido por la sección inferior troncocónica del orificio pasante.

27. La planta según cualquiera de las reivindicaciones 19 a 26, donde los fotobiorreactores comprenden además un tubo translúcido concéntrico que recubre la pared externa del tubo exterior.

28. La planta según cualquiera de las reivindicaciones 19 a 27, donde los fotobiorreactores comprenden además medios de recogida de una espuma que se forma en la capa superior de la corriente de agua, que consiste en una canalización superior en el fotobiorreactor, y medios de conducción de dicha espuma al depósito de acumulación del cultivo extraído del fotobiorreactor, que son tuberías y electrobombas.

29. La planta según cualquiera de las reivindicaciones 19 a 28, donde los fotobiorreactores comprenden en su parte superior medios de captación del CO₂ excedente no consumido por el cultivo de algas y medios de conducción de dicho gas excedente a la unidad de captación e inyección de gases al interior de los fotobiorreactores.

30. La planta según cualquiera de las reivindicaciones 19 a 29, donde los fotobiorreactores están conectados entre sí por tuberías enterradas en el terreno donde se asienta la planta, siendo la corriente de agua con el cultivo impulsada de un fotobiorreactor a otro por la electrobomba.

31. La planta según cualquiera de las reivindicaciones 19 a 30, donde los fotobiorreactores comprenden medios de control de la temperatura y bombas de calor del tipo condensadas por aire, por agua y/o geotermales, para mantener dicho parámetro entre 5°C y 45°C.

32. La planta según cualquiera de las reivindicaciones 19 a 31, que incorpora medios de limpieza y desinfección en línea en la red de tuberías y electrobombas encargadas de los procesos de reposición y extracción del cultivo de los fotobiorreactores así como en los procesos de recuperación de rechazos y de intercambios en los diferentes depósitos, siendo dichos medios de limpieza y desinfección seleccionados dentro del grupo formado por rayos ultravioleta, filtros de carbón activo y/o ozonización.

33. La planta según cualquiera de las reivindicaciones 19 a 32, que comprende además una cámara de acumulación de los rechazos almacenados y tratados, que se encuentra conectada en su entrada a la salida de las dos cámaras de almacenamiento y tratamiento del primer y segundo rechazo, y en su salida a los medios de inyección de la corriente de agua al interior de los fotobiorreactores.

34. La planta según una cualquiera de las reivindicaciones 19 a 33, que comprende además medios de recogida de lixiviados y vertidos formados por medios de conducción y medios de bombeo hasta los medios de inyección de la corriente de agua de mar, dulce y/o salobre al interior del fotobiorreactor.

35. La planta según la reivindicación anterior, donde los medios de recogida de lixiviados y vertidos están conectados a la cámara de acumulación de los rechazos tratados, donde se almacenan con el resto de rechazos

antes de ser conducidos a los medios de inyección de la corriente de agua al interior de los fotobiorreactores.

36. La planta según cualquiera de las reivindicaciones 19 a 35, que comprende medios de control del proceso formados por sensores, caudalímetros, electroválvulas y elementos comunes de un sistema SCADA.

5

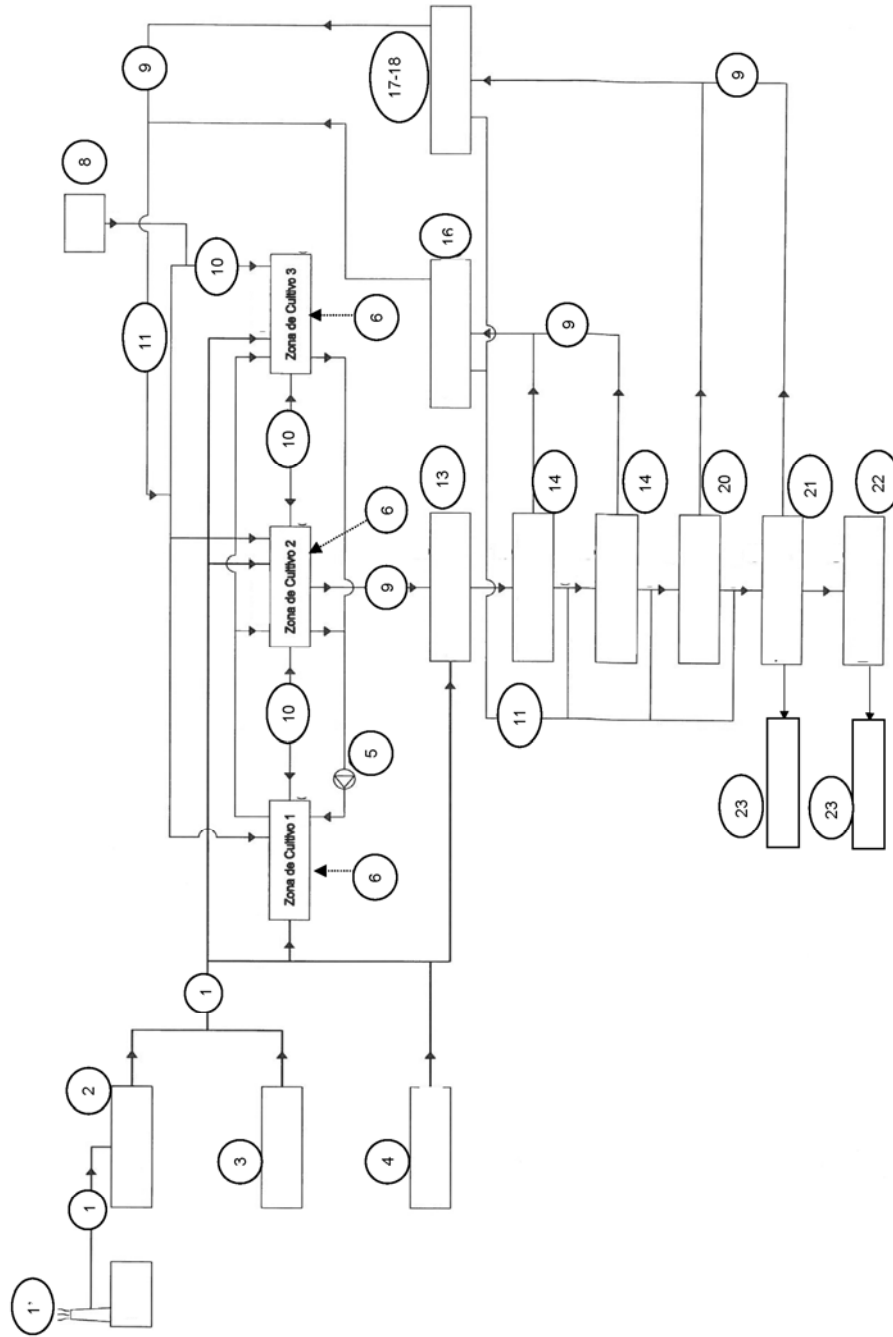


FIG. 1

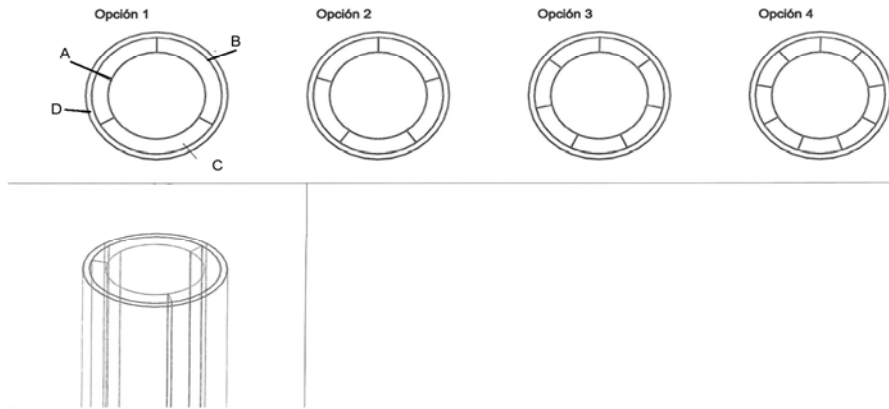


FIG. 2

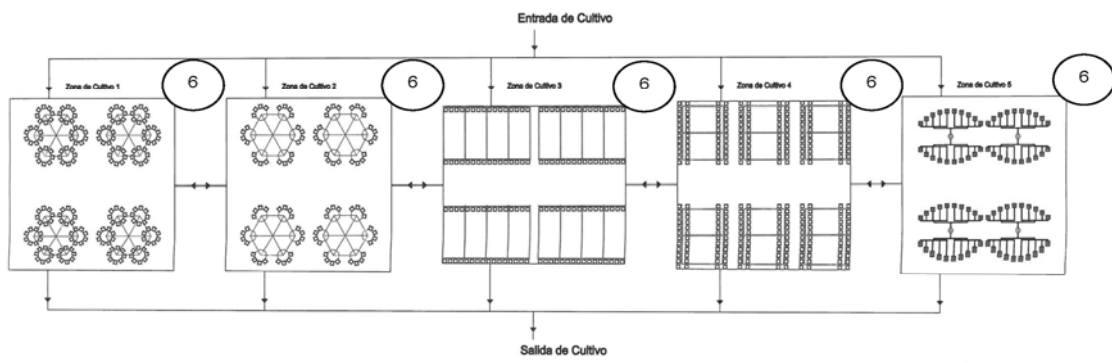


FIG. 3

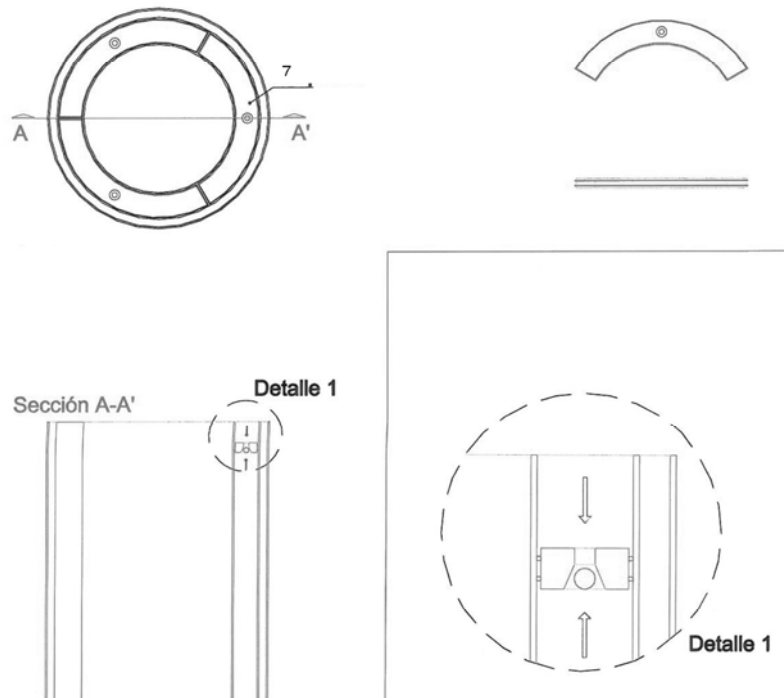


FIG. 4



- ②① N.º solicitud: 201231661
②② Fecha de presentación de la solicitud: 30.10.2012
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	WO 2010021753 A1 (LIVEFUELS INC et al.) 25.02.2010, párrafos [10,14,16,19-21].	1-36
A	WO 2010046115 A2 (ENI SPA et al.) 29.04.2010, páginas 6-7.	1-36
A	BILLER P et al. "Potential yields and properties of oil from the hydrothermal liquefaction of microalgae with different biochemical content" BIORESOURCE TECHNOLOGY (2011), VOL: 102 No: 1 Págs: 215-225, puntos 1 y 2.2.	1-36

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
16.12.2013

Examinador
I. González Balseyro

Página
1/4

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

C12N1/12 (2006.01)

C12M1/00 (2006.01)

C12M1/04 (2006.01)

C10L1/02 (2006.01)

C11B1/00 (2006.01)

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

C12M, C12N, C10L, 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, TXTUS, TXTEP, TXTGB, XPESP

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 16.12.2013

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-36	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-36	SI
	Reivindicaciones	NO

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 2010021753 A1 (LIVEFUELS INC et al.)	25.02.2010
D02	WO 2010046115 A2 (ENI SPA et al.)	29.04.2010
D03	BILLER P et al. "Potential yields and properties of oil from the hydrothermal liquefaction of microalgae with different biochemical content" BIORESOURCE TECHNOLOGY (2011), VOL: 102 No: 1 Págs: 215-225, puntos 1 y 2.2.	01.01.2011

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

El objeto de la invención es un proceso de producción de biomasa y productos derivados de ella donde se cultivan algas en un fotobiorreactor las cuales posteriormente son sometidas a un proceso de eliminación de agua, extracción de lípidos y otros productos, licuefacción térmica y recirculación de los rechazos una vez tratados. También es objeto de la invención una planta para llevar a cabo este procedimiento.

El documento D01 divulga un proceso de obtención de biofuel a partir de algas. En dicho proceso las algas cultivadas junto con su agua de cultivo son sometidas a un proceso hidrotérmico para la extracción de lípidos, siendo las condiciones de operación muy cercanas a las condiciones críticas del agua. El residuo sólido que se obtiene de esta etapa se somete asimismo a otro tratamiento hidrotérmico (374°C y 220 bar) para la obtención de biocrudo. En este proceso no se contempla el tratamiento y recirculación de los rechazos de las diferentes etapas. (Ver párrafos [10, 14, 16, 19-21]).

El documento D02 divulga un procedimiento para la producción de bioaceite a partir de microalgas, donde después de cultivar las microalgas éstas se someten inicialmente a espesamiento. Posteriormente la suspensión espesada se somete a un tratamiento térmico a 80-350°C y 0,1-250 bar para la obtención de bioaceite. La suspensión acuosa restante se recircula a la zona de cultivo de microalgas. Este proceso no lleva a cabo una extracción de lípidos y/o ácidos grasos por cavitación/decantación previo al tratamiento térmico de la biomasa. (Ver págs. 6 y 7).

El documento D03 divulga un proceso de licuefacción hidrotermal de biomasa en agua a 350°C y unos 200 bar de presión, para la obtención de biocrudo, no contemplándose una extracción de lípidos previa ni el tratamiento y recirculación de los rechazos. (Ver punto 1 y 2.2).

Ninguno de los documentos D01-D03 citados o cualquier combinación relevante de los mismos revela un proceso de producción de biomasa y productos derivados de ella con las mismas etapas que se recogen en la reivindicación 1 de la solicitud, permitiendo el procesado de biomasa húmeda y la recuperación de todos los rechazos generados en las diferentes etapas.

Por lo tanto, se considera que la invención recogida en las reivindicaciones 1-36 cumple los requisitos de novedad y actividad inventiva, según lo establecido en los Artículos 6.1 y 8.1 de la Ley de Patentes.