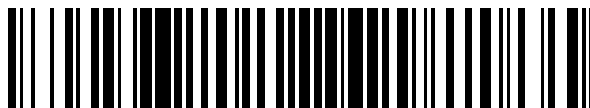


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 532 236**

21 Número de solicitud: 201300646

51 Int. Cl.:

C12N 1/12 (2006.01)

C12M 1/00 (2006.01)

C12M 1/04 (2006.01)

C12M 1/42 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

09.07.2013

43 Fecha de publicación de la solicitud:

25.03.2015

71 Solicitantes:

MARTÍN DE LA IGLESIA, Sonia (50.0%)
Pol. Industrial Riodel
Calle Moli Nou, Parcela 3, Nave 6
03110 Muchamiel (Alicante) ES y
DAWN DEMMER, Vivienne (50.0%)

72 Inventor/es:

DAWN DEMMER, Vivienne y
MARTÍN DE LA IGLESIA, Sonia

74 Agente/Representante:

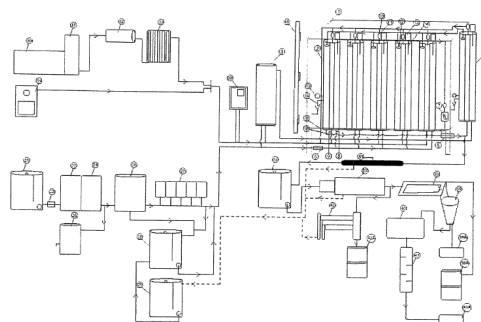
CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

54 Título: **Instalación para la obtención de biomasa mediante el cultivo de algas y la obtención de biorefino para la producción de bioaceite y bioproductos y procedimiento para su obtención**

57 Resumen:

La presente invención describe una instalación para la obtención de biomasa mediante el cultivo de algas y la obtención de biorefino para la producción de bioaceite y bioproductos y el procedimiento para su obtención, mediante un proceso cerrado axénico en fotounidades. En la instalación se recrea un medio de cultivo similar al que puede encontrarse en las aguas marítimas naturales, en las que se desarrollan los microorganismos y que se basa en el empleo de agua de mar o salobre, radiación solar natural o artificial, vitaminas, nutrientes, un suministro estacionario de CO₂ y en las recirculaciones tanto de CO₂ como de agua que se producen en todas las etapas intermedias del proceso. El procedimiento de producción permite que en la instalación se puedan practicar divisiones de las fotounidades de tal manera que en estas puedan cultivarse diferentes clases de microalgas unicelulares, esto es que en los fototubos que componen dichas unidades solo haya un tipo de alga unicelular. Las extracciones se realizan en ciclos de 12 a 16 horas a partir de la primera extracción de biomasa por lo que la producción de productos bionutritivos y bioenergéticos se encuentra en funcionamiento continuo y se obtiene un rendimiento del 95% de producción de biomasa.

FIG. 1



ES 2 532 236 A2

DESCRIPCIÓN

Instalación para la obtención de biomasa mediante el cultivo de algas y la obtención de biorefinado para la producción de bioaceite y bioproductos y procedimiento para su obtención.

Objeto de la invención

La invención, según se expresa en el enunciado de la presente memoria descriptiva se refiere a una instalación industrial para la obtención de productos nutritivos y energéticos y el procedimiento de obtención de estos productos a partir del cultivo de algas que emplean como nutrientes gases de efecto invernadero, especialmente CO₂.

El campo de aplicación de la presente invención, dentro del campo de la biotecnología es la industria fitotecnológica que implementa soluciones a problemas científicos y de la ingeniería a partir de plantas, tales como las algas u otras, y comprende el desarrollo de tecnologías limpias, tal como la captura de gases nocivos o de efecto invernadero y su transformación en nutrientes o productos energéticos.

Antecedentes de la invención

La Biotecnología nace aproximadamente hacia el año 6.000 A.C. cuando las culturas neolíticas comienzan a aprovechar la fermentación de uvas para producir vino o los babilonios emplean levaduras de origen microbiano para hacer lo propio con la cerveza. En el momento actual, la biotecnología industrial implica la producción microbiológica de enzimas, que actúan como biocatalizadores que facilitan y aceleran complejas reacciones bioquímicas imprescindibles para numerosas aplicaciones cotidianas y que la convierten en una tecnología nueva y poderosa, empleada en un rango de aplicaciones cada vez más amplio.

Actualmente, es necesario prevenir la escasez de recursos naturales tales como el agua o el oxígeno y se precisa compatibilizar desarrollo con energía, medioambiente y nutrición.

Adicionalmente a la inquietud ocasionada por las necesidades energéticas y nutricionales de la población de la Tierra, también existe una preocupación creciente por la disminución del espesor de la capa de ozono como consecuencia de las emisiones excesivas de gases de efecto invernadero, entre los que se encuentran el CO₂ y el CH₄ y la distribución del agua potable afectada por el aumento de temperatura de la Tierra y por la contaminación derivada no solo de los gases antes mencionados sino del empleo masivo de otros productos tales como fertilizantes, herbicidas, plaguicidas, pesticidas, fungicidas, etc.

Todos estos factores fuerzan la investigación de soluciones alternativas, independientes de las condiciones climáticas y/o de la problemática derivada de la localización de recursos naturales.

Las diatomeas, bacterias o los euglenoides son diferentes grupos de algas que no compiten con los cultivos alimenticios. Estas algas, para reproducirse, lo único que

requieren es luz solar, nutrientes, CO₂ y agua de mar, y un sistema de cultivo tecnológico capaz de mimetizar su entorno de crecimiento natural.

5 En este campo, la mayor parte de los diseños de plantas de cultivo de microorganismos se centran en la producción de biocombustibles a partir de la captura de las emisiones de CO₂, y la conversión de gases en energía de la biomasa mediante la fotosíntesis. Para la producción de biocombustibles no se emplean fototubos verticales cerrados, desarrollándose la mayor parte de estos sistemas de cultivo en estanques abiertos, más adecuados para tal fin. Sin embargo, estos procesos apropiados para la obtención de
10 biocombustibles, no contienen la concentración y pureza necesarias para la obtención de una amplia gama de productos de alto valor añadido.

El proceso de cultivo que la presente invención propone consiste en una sucesión de etapas de producción de biomasa establecidas conforme a las fases de recogida,
15 separación y extracción así como la reintroducción de los rechazos en las líneas de agua y gas: todos los vertidos son reciclados.

La planta desarrollada, se basa en un proceso innovador de cultivo axénico y procesado de algas unicelulares en medio acuoso, que tiene lugar dentro de una fotounidad en la
20 que se inyecta una corriente de gas de alto contenido en CO₂ y agua marina enriquecida en nutrientes.

La cosecha de algas se somete a una compresión y acumulación, sufriendo dicho cultivo una serie de etapas de tratamiento sucesivas a partir de las cuales se obtiene biomasa
25 con un contenido de humedad controlado. De esta biomasa se extraen lípidos, ácidos grasos, aminoácidos y proteínas. En cada operación de separación, se producen los denominados "rechazos", constituidos por restos de nutrientes, biomasa y agua, que son procesados fisicoquímicamente y reintroducidos en el proceso como materias primas.

30 Con el fin de lograr un proceso eficiente desde el punto de vista energético, evitando la emisión de contaminantes gaseosos o líquidos, el proceso se desarrolla según las fases antes mencionadas para evitar dichas emisiones. Este proceso es energéticamente equilibrado, esto es, no se emplea más energía de la que se produce y, por este motivo, el desarrollo emplea otras energías renovables para compensar dicho consumo
35 energético.

La principal aplicación se centra en la transformación de los gases de efecto invernadero, especialmente del CO₂, mediante la biomasa a partir de un cultivo intensivo de ciertas especies de algas. Se emplean diversas técnicas de colado o escurrido, dentro de un
40 sistema de cultivo cerrado, empleando fototubos verticales transparentes. Mediante este proceso, es posible obtener productos básicos tales como grasas y proteínas que pueden incorporarse al consumo humano/animal antes de la obtención final de biocombustibles.

Por último, la combinación del proceso de producción con las tecnologías de generación eléctrica y térmica de carácter renovable produce como resultado un balance energético
45 del conjunto casi nulo y permite su adaptación en todo momento a criterios de máxima eficiencia.

En otros procesos convencionales, la producción de biocombustibles y productos de valor
50 añadido a base del cultivo de algas, requieren de grandes consumos eléctricos y térmicos que incrementan notablemente los costes de producción, sin embargo el proceso que la

presente invención propone, incorporando tecnología renovable y geotérmica reduce considerablemente las necesidades energéticas externas, asimismo los costes derivados de su instalación se compensan mediante la comercialización de los excedentes eléctricos a las redes de suministro y de los derechos de emisión de CO₂ y de los productos secundarios obtenidos a partir de los residuos como compuestos bioquímicos o bioclásticos, etc.

Como resultados más destacables, para una planta media en una localización idónea, con una producción estimada conservadora de 0,8 g/día para 330 días:

1. Los costes de producción son $\pm 14,41$ €/Kg de biomasa seca comparados con los 35 €/Kg de un proceso estándar
2. La producción es de 276 ton/ha de biomasa seca, comparado con las 100 ton/ha de un proceso estándar.
3. El coste de implantación es menor de 4.500 €/m³ de cultivo, frente a los 10.000 €/m³ de un proceso estándar.
4. Como consecuencia, los costes energéticos del proceso se optimizan a menos de 5 kW/Kg de masa seca;

Descripción de la invención

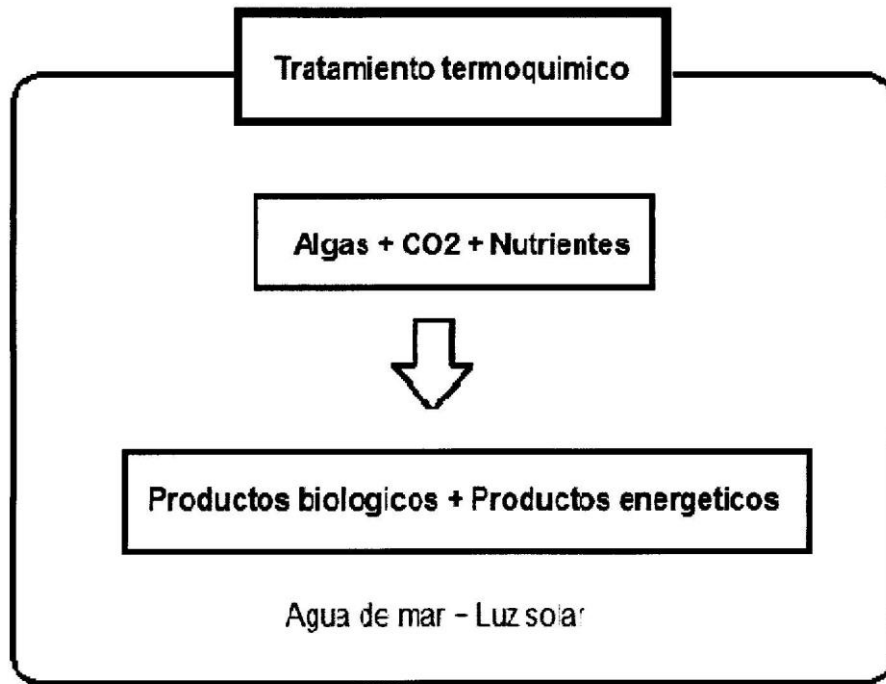
La instalación y el procedimiento para la obtención de biomasa se integra dentro de diversos campos de la biotecnología y por su proceso técnico se incluye dentro del campo de la ecotecnología, en el cual se combinan el conocimiento de los procesos propios de los ecosistemas y sociedades con una aplicación tecnológica que emplea sistemas biológicos, organismos vivos tales como las microalgas para producir una biomasa que es entonces sometida a un biorefinado con el fin de obtener productos nutritivos valiosos y aceite que puede usarse en diferentes aplicaciones comerciales tales como productos farmacéuticos, cosméticos, suplementos alimenticios y otros segmentos de mercado, incluyendo los biocombustibles.

Dentro de la industria de la biotecnología y biorefinería para la producción de productos de alto valor añadido y biocombustibles mediante sistemas de producción en continuo que emplean fitoplancton y de los cuales se obtiene energía mediante el proceso de la fotosíntesis, los microorganismos empleados deben, por consiguiente, vivir en capas superficiales bien iluminadas de océanos, mares u otras masas de agua. Sin embargo, el proceso aquí descrito que es ecológico y biodiverso, utiliza otras energías renovables, agua no potable y terrenos de uso no agrícola, y recicla las emisiones de gases industriales capturadas, principalmente CO₂.

La secuencia del proceso y la preparación previa determinan los resultados de los subproductos finales, y es objeto de esta invención describir la línea de producción necesaria, desde el cultivo de las algas hasta el biorefinado de la biomasa y el bioaceite.

La instalación o planta de proceso, objeto de la presente memoria descriptiva, tiene como finalidad la producción de Productos biotecnológicos de carácter nutritivo y energético basado en el empleo de cultivos de algas que realizan la captación de CO₂ atmosférico,

tras la realización de diferentes separaciones intermedias, conforme el siguiente esquema:



- 5 Se produce una conversión exhaustiva de gases nocivos mediante un sistema de cultivo de algas superintensivo, que emplea como principales entradas el agua de mar, la luz solar y otros nutrientes tales como fosfatos y nitrógeno. El procedimiento se desarrolla según un circuito cerrado en el que se utilizan todos los productos intermedios procedentes de cada una de las etapas. Los productos finales pueden destinarse tanto a la nutrición humana, animal y para su uso industrial encaminado a la obtención de energía a partir de su consideración como biocombustibles.

El procedimiento que se describe en la presente memoria tiene como objetivos:

- 15 • Alcanzar una producción densa de biomasa que comienza en la fase de cultivo intensivo de microalgas permitiendo extracciones cada 12-16 horas que incluye la captura eficiente de CO₂ y su conversión en productos energéticos y nutritivos y el reciclado del exceso de CO₂ recirculándolo de nuevo al medio de cultivo, así como el agua y los nutrientes contenidos dentro de la misma.
- 20 • Exponer que pueden combinarse dos tipos de cultivos principales para producir dos tipos de productos finales. Uno válido sólo para productos nutritivos de valor añadido, y otro para producir sólo biocombustibles. También ambos sistemas pueden disponerse bajo una envolvente que proteja el procedimiento de cultivo de los elementos de la naturaleza, tales como el hielo, frío, viento y nieve y, de las bacterias.

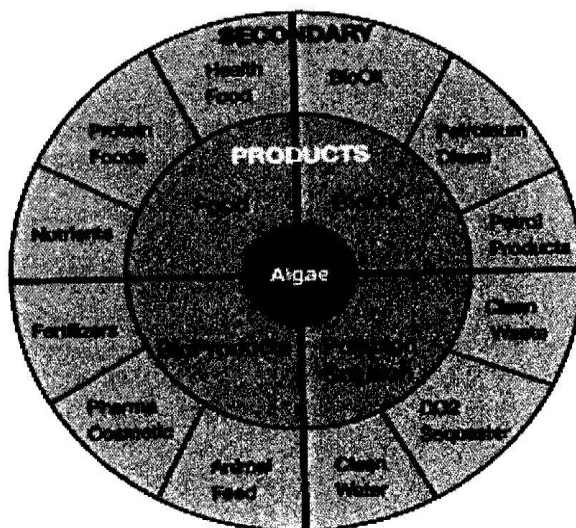
30 Cuando el procedimiento de cultivo es capaz de mejorar la aceleración del crecimiento de las algas, el consumo de CO₂ dentro del sistema será alto, y el proceso completo podrá considerarse eficiente en la captura de CO₂.

Desde el cultivo al biorefino de la biomasa, se requieren grandes cantidades de energía en forma de electricidad, por lo que resulta determinante incorporar tecnologías renovables para que el proceso pueda reducir sus costes y considerarse energéticamente equilibrado.

Entre los productos que se obtiene mediante la aplicación del procedimiento descrito, cabe destacar, no de modo limitativo, los siguientes:

Tipos de producto	
Bio-oil	Biodiesel, Naftas, Biopetróleo
Fibras	Alimentación animal
Para uso agrícola	Fertilizantes
Vitaminas	B12, beta-carotenos
Ácidos	Omega-3, 6 y 9
Aminoácidos	Lisina, Valina, Leucina
Minerales	Yodop, sodio

En el siguiente grafico pueden apreciarse específicamente los productos que se obtienen mediante el cultivo de algas en el presente procedimiento y su aplicación industrial



Para alcanzar los objetivos anteriormente descritos, que principalmente en términos económico comerciales podemos definir como la obtención de mayor cantidad de biomasa con extracciones realizadas cada 12-16 horas y de gran calidad debido al medio de cultivo y a su refinado, destacamos:

- Para el cultivo axénico de microalgas no se emplean antibióticos ni fungicidas, lo que infiere a los productos obtenidos una calidad superior a aquellos obtenidos a partir de procesos convencionales;
- 5 • Mediante divisiones de las fotounidades, es posible utilizar diferentes especies dentro de una misma planta de producción, por ejemplo, una especie rica en lípidos y otra baja, de manera que la producción final de una y otra se complementan para dar lugar a un combustible rico en hidrocarburos;
- 10 • Todas los rechazos en cada etapa, incluso los gases, son tratados y reintroducidos en el procedimiento de cultivo de la planta y reutilizados;
- El diseño de la inyección de los flujos de líquido y gas;
- 15 • Antes de su introducción en las fitounidades, opcionalmente el CO₂ de la corriente gaseosa de mezcla puede separarse de otras sustancias, tales como SO_x, NO_x y cenizas mediante procesos de lavado y compresión. Este ajuste de la corriente gaseosa se realiza por enfriamiento de los gases antes de la inyección;
- 20 • La irradiación uniforme del sistema de crecimiento en función de las algas utilizadas y de los resultados requeridos de producción, determinan la calidad y la cantidad de carbohidratos, proteínas, azúcares y ácidos grasos.

La instalación para llevar a cabo el procedimiento de producción puede diseñarse de tal manera que su funcionamiento se adapte a condiciones meteorológicas determinadas, obteniendo la mayor eficiencia posible. La irradiación difiere a lo largo del año, y en algunas áreas se requiere más que en otras, de manera que la ruta del cultivo se adapta desde su cultivo inicial hasta su extracción, e igualmente se adapta entre extracciones. Existen muchas posibilidades diferentes para producir bioproductos empleando microalgas, pero la optimización del proceso completo es vital, tal y como se menciona en "Fotobiorreactores de Microalgas: Escalado y Optimización", 12 de septiembre de 2003, del Prof. Dr. A Richmond, Prof. Dr. Tredici, Prof. Dr. Ir. WH Rulkens y Prof. Dr. L. R. Mur, y de acuerdo con los principios de D. Clemens Pasten, del Institute of Life Science Engineering. Division of Bioprocess Engineering, Universidad de Karlsruhe, Alemania, 29 de mayo de 2009.

Este proceso emplea, pero no se limita a, especies autótrofas tales como *Nannochloropsis Oculata*, *Nannochloropsis Salina*, *Nannochloropsis Oceánica*, *Dunaliella Salina* y *Chaetocerotaceae*. Existen dos tipos de sistemas que utilizan estos cultivos de algas: el primero, en estanques o canales abiertos, en el que se produce un intercambio directo con la atmósfera entre el cultivo y el aire circundante, y otro en el que el cultivo es encerrado en bolsas de plástico, tubos de policarbonato o tanques cerrados, que permiten el paso de la radiación solar pero no el intercambio material.

Todos los parámetros tales como la radiación solar, pH, salinidad, nutrientes, conductividad, temperatura, densidad, etc., y todos los mecanismos de operación se hallan gobernados por un programa de software de control específico, que optimiza la eficiencia y versatilidad de la planta de producción.

Mediante la incorporación de elementos tales como electrobombas, tuberías, procesos de rellenado, fotounidades, cámaras de rechazo y diferentes depósitos, con rayos ultravioleta básicos, filtros de carbón activo y/u ozonización se evita la contaminación e

infección, se facilita su limpieza y desinfección y se mejora la eficiencia global del proceso.

- 5 Todo el proceso de cultivo tiene lugar en Fotounidades selladas (cerradas) y en continua producción. El sistema de cultivo se basa en la radiación solar, un suministro estacionario de CO₂, nutrientes y un medio basado en agua de mar/salobre.

- 10 El éxito del cultivo del fitoplancton/algas, también depende de la capacidad del sistema de imitar las condiciones naturales del medio en el cual acostumbran a crecer, por consiguiente, el CO₂, temperatura, turbidez, pH, y salinidad de la mezcla son monitorizados continuamente y los movimientos posteriores del medio para replicar las corrientes y mareas oceánicas, de tal manera que se recrea un medio similar al que puede encontrarse en las aguas naturales.

- 15 El proceso de cultivo puede definirse como de "Fotounidades Eléctricamente Cargadas", en el cual se introduce con posterioridad una "Carga Eléctrica" para producir más electrones, que son requeridos por el proceso de la fotosíntesis.

- 20 En ningún momento el proceso de cultivo hace uso de antibióticos y/o fungicidas.

- 25 Hasta ahora ningún otro proceso del campo de la biotecnología ha combinado energías renovables tales como la eólica, geotérmica y solar para la planta entera, ni en plantas de tratamiento de residuos para producir el calor y la energía necesarias y al mismo tiempo limpiar la contaminación y emisiones de CO₂. y tenemos el proceso entero cubierto por invernaderos, que también pueden ayudar a la iluminación artificial del proceso, así como capturar agua de lluvia/condensación, que puede utilizarse posteriormente en la planta de proceso.

- 30 A lo largo del proceso, todos los vertidos, tales como el CO₂ liberado durante el cultivo, son recapturados en la parte alta de las fotounidades y reciclados a través de la alimentación de CO₂ a dichos fofotubos. El agua de cultivo es reciclada a lo largo del proceso desde el cultivo hasta la separación, centrifugación y, finalmente, en el punto de extracción de bioproductos y biocombustibles.

- 35 En áreas más frías y/o con menor radiación solar, se incorporan estructuras tales como invernaderos para proteger el proceso de cultivo. El invernadero, sin embargo, no sirve sólo para la protección frente al frío, sino que también puede utilizarse para capturar lluvia/humedad, y filtrarse y limpiarse para consumo humano o para ser empleada en la propia planta.

- 40 Esta instalación y su procedimiento de obtención de biomasa puede también ser totalmente operativo en áreas frías o heladas gracias a la incorporación de otras energías renovables. Además, el proceso puede funcionar en ausencia de luz solar, pudiendo emplearse tubos de iluminación artificial, dispuestos dentro de la estructura del invernadero, y en algunas áreas se sitúan libremente sobre el terreno.

- 45 Las principales características diferenciadoras respecto del proceso estándar, se pueden resumir en:

- 50 • El funcionamiento se realiza en ciclo cerrado, reutilizando el rechazo de cada una de las etapas;

- La ausencia de etapas intermedias procura mejores métodos de cosechado frente a las tecnologías existentes;

5 • El equipo de tratamiento termoquímico;

- El control de la planta y la diferenciación de las fotounidades permiten una adaptabilidad completa a las condiciones ambientales y de crecimiento de las algas.

10 Descripción del diagrama de proceso

Para complementar la descripción que se está realizando de la instalación y el procedimiento de obtención de biomasa y biorefino y con objeto de facilitar una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña como FIGURA 1 a la presente memoria como parte integrante de la misma, un esquema del proceso con carácter ilustrativo y no limitativo que en la realización de la invención se procede a describir:

Realización preferente de la invención

Etapas de preparación previa

En primer lugar, se produce la inyección en las fotounidades de una corriente de agua de mar o salobre enriquecida con nutrientes y vitaminas que, a su vez, previamente ha sido microfiltrada y desinfectada.

En esta fase intervienen los siguientes componentes de la instalación :

- 1 tanque de acumulación de agua de mar (21), a partir del cual se emplea dicho agua de mar en el proceso de cultivo;
- 1 electrobomba automática (22) para circular el agua desde la acumulación hasta la siguiente fase;
- 1 unidad desaladora (23), para reducir el contenido de sal del agua;
- 1 unidad de desinfección del agua (24) para eliminar cualquier material o producto químico que podría ser dañino para el cultivo;
- 1 tanque de almacenamiento (25), para el exceso de agua limpia;
- 1 cámara ultravioleta (26) para el tratamiento de cualquier bacteria que pudiera continuar presente en el agua;
- 5 tanques de alimentación de nutrientes (27) para cubrir las necesidades nutricionales del cultivo;
- 1 tanque de mezcla (28) en el cual se produce la mezcla del agua tratada y los nutrientes, de manera que la alimentación a las fotounidades se distribuye uniformemente;

- 1 tanque de retorno del agua (29) para tratar todo el agua de retorno procedente del proceso entero;

Asimismo en las fotounidades se introduce una corriente de gas que contiene CO₂, y que ha sido filtrada conforme las necesidades específicas del proceso.

Para llevar a cabo esta fase del proceso intervienen los siguientes componentes de la instalación:

- 1 unidad de captura de gases (30), que pueden obtenerse a partir de emisiones industriales;
- 1 unidad de filtración de CO₂ (31). Ésta separa el CO₂ de los NO_x y SO_x presentes en los gases. CO₂ y N₂ son enviados a las fotounidades de cultivo y los gases restantes son neutralizados;
- 1 tanque de mezcla de CO₂ preparado (32);
- 1 enfriador y regulador de presión de CO₂ (33) para refrigerar el CO₂ antes de entrar en el proceso de cultivo;
- 1 compresor de aire (34).

Finalmente, en esta etapa, en las fotounidades, se introduce un filtrado de las algas seleccionadas; una vez aseguradas las condiciones óptimas de luz solar que permiten llevar a cabo el proceso de fotosíntesis.

Etapas de cultivo:

Dependiendo de las características de los nutrientes y vitaminas que se emplean para la alimentación de las microalgas, queda determinado el producto en la extracción final. Este sistema no utiliza ningún tipo de fungicidas o antibióticos.

El proceso de cultivo es completamente exentico en cada fotounidad y emplea como microorganismos algas unicelulares autótrofas pero no se limita a especies tales como *Nannochloropsis Oculata*, *Nannochloropsis Salina*, *Nannochloropsis Oceánica*, *Dunaliella Salina* y *Chaetocerotaceae*, heterótrofas o una mezcla de ambas.

El proceso mediante el cual se lleva a cabo el cultivo se produce en el interior de los fototubos y éstos pueden ser :

.- Fototubos exteriores, son transparentes contruidos en PVC o Policarbonato y dispuestos verticalmente dentro de las fotounidades. Su tamaño puede variar entre 1 y 10 metros.

Generalmente son de forma circular, aunque en algunos casos pueden ser cuadrados. Los circulares tienen un diámetro que varía entre los 100 y los 400 mm.

.- Fototubos interiores, los cuales no necesariamente tienen por qué ser transparentes, están realizados en PVC o Policarbonato. A pesar de la ausencia de luz solar, el cultivo

puede desarrollarse mediante el empleo de tubos de iluminación artificial, dispuestos dentro de invernaderos o libremente sobre el terreno.

5 Cada fotounidad contiene no menos de 5 y hasta 30 fototubos, y se encuentran espaciados no menos de 1 cm y hasta 60 cm, con el fin de permitir la entrada natural de la luz solar. Los fototubos que componen cada fotounidad, están dispuestos en paralelo a otras fotounidades a una distancia de entre 2 y 5 metros entre cada fila

10 Los fototubos imitan el curso de la naturaleza dentro del campo de la fotosíntesis y facilitan la captura del CO₂ a los microorganismos para que estos puedan desarrollarse.

En esta etapa del proceso, la instalación se constituye por los siguientes componentes:

- 15 • 1 estructura rectangular de la fotounidad realizada en acero, la cual se encuentra embebida 0,5 metros en una cimentación de apoyo de hormigón (1);
- 20 • De 5 a 30 fototubos (2) situados en cada unidad, dispuestos en paralelo a otras fotounidades a una distancia de al menos 2 metros y hasta 5 metros entre cada fila, debiendo consistir en 2 filas;
- 25 • 1 fototubo de alimentación (3) para cada fotounidad lo cual permite la concentración del cultivo dentro del proceso de cultivo;
- 1 fotocirculador (4), situado en el centro y paralela de cada unidad que permite la mezcla del cultivo;
- 30 • 1 intercambiador de calor (5) por cada fotounidad paralela para controlar y mantener la temperatura del cultivo constante;
- 1 electrobomba (6) por cada unidad para mover el cultivo;
- 35 • 1 Unidad de Carga Eléctrica (7) por cada fotounidad paralela para favorecer el flujo de electrones a través del cultivo;
- 40 • 1 válvula de entrada (8) para la alimentación de agua y nutrientes;
- 1 válvula de entrada (9) de alimentación de CO₂ y aire
- 1 válvula de alivio de presión (10) para permitir el escape de oxígeno a La atmósfera;
- 45 • 1 separador de gas (11) para separar el CO₂ y el O₂;
- 1 unidad sensora (12) de medida del nivel del agua en cada fototubo;
- 50 • 1 unidad sensora de medición del pH, salinidad, temperatura, turbidez, CO₂, oxígeno y entrada de nutrientes (13);
- 1 densímetro (14) para medición del cultivo que permite la extracción del mismo con éxito de las fotounidades;
- 1 manómetro (15) para control de las presiones dentro de los fototubos;

- 1 grifo de salida de cultivo por fototubo (16);
- 1 red de tuberías de recirculación (17) para cada fotounidad;
- 1 red de tuberías de recirculación (18) para cada fotounidad;
- 3 lámparas de alumbrado artificial (19) por fotounidad, de ayuda a la fotosíntesis dentro de los fototubos;
- 1 panel de control (20) por fotounidad en paralelo, para monitorizar y controlar de manera automática la entrada y salida a y de los fototubos.

Etapas de extracción de biomasa

La primera extracción de biomasa tiene lugar entre los 8 y 14 días desde la primera puesta en marcha del procedimiento y se produce cuando la concentración de biomasa alcanza una densidad que varía entre los 100 y 600 millones de células /mi. A partir de esta primera extracción, las siguientes se producirán de forma continuada cada 12-16 horas.

El rendimiento alcanzado es, al menos del 95% de contenido de microalgas

Una vez que se ha producido la primera extracción de biomasa de las fotounidades, el procedimiento para la obtención de los productos finales consisten en:

- 1 primera separación (35), en un equipo especialmente diseñado por GSBS para tal fin, y que es responsable, en gran medida, del elevado rendimiento obtenido. En esta fase se consigue separar, al menos, el 25% del agua de la fracción sólida. El agua separada es conducida hacia el tanque de retorno (29) para su reintroducción en el proceso;
- 1 tanque de acumulación (36) para el cultivo, que contendrá el producto de salida de la primera separación;
- 1 Centrifugación (37) para una separación posterior de agua de los sólidos, de esta operación, también se separa agua de la fracción sólida, y es esta agua conducida al tanque de retorno (29);
- 1 Transportador (38) para transporte la biomasa de una fase a la siguiente; este transportador puede también ayudar a reducir el contenido en humedad de la masa;
- 1 Punto de Recogida (38A), en el cual la masa puede ser vendida directamente como producto con una cantidad de humedad considerable;
- 1 Proceso de Secado en Spray (39), para preparación de la biomasa para la extracción de productos;
- 1 Punto de Recogida de Productos del separador en spray (39A), en el cual la biomasa seca puede venderse directamente como producto final;

- 1 Proceso de Extracción de Productos (40), mediante el cual se extraen los Lípidos y las Proteínas;
- 5 • 1 Proceso de Fraccionamiento (41) mediante el cual se procesan posteriormente los lípidos para obtener Productos de Alto Valor Añadido, Antioxidantes y Productos Nutritivos;
- 1 Punto de Recogida para los Productos Procesados (41A);
- 10 • 1 Proceso de Licuefacción (42), como opción alternativa para la masa, que puede emplear la biomasa con alto contenido en agua para producir Bioaceite y posteriormente procesarlo en Biocombustible. Este proceso contiene un retorno de agua hacia el Tanque de Retorno de Agua (29);
- 15 • 1 Punto de Recogida de Biocombustible (42A), en el cual dicho biocombustibles es introducido en barriles.

REIVINDICACIONES

1. Instalación para la obtención de biomasa por cultivo de algas, y de biorefino para la producción de bioaceite y bioproductos, **caracterizada** por que comprende:

- 5 • 1 tanque de acumulación de agua de mar (21), a partir del cual se emplea dicho agua de mar en el proceso de cultivo;
- 10 • 1 electrobomba automática (22) que circula el agua desde la acumulación hasta una siguiente fase;
- 15 • 1 unidad desaladora (23);
- 1 unidad de desinfección del agua (24);
- 1 tanque de almacenamiento (25) para el exceso de agua limpia;
- 20 • 1 cámara ultravioleta (26);
- 5 tanques de alimentación de nutrientes (27);
- 1 tanque de mezcla (28) en el cual se produce una mezcla uniforme de agua y nutrientes;
- 25 • 1 tanque de retorno del agua (29);
- 1 unidad de captura de gases (30);
- 30 • 1 unidad de filtración de CO₂ (31) que separa CO₂ de NO_x y SO_x, presentes en los gases;
- 1 tanque de mezcla de CO₂ preparado (32);
- 35 • 1 enfriador y regulador de presión de CO₂ (33), en que dicho CO₂ va a entrar en un proceso de cultivo;
- 1 compresor de aire (34);
- 40 • 1 estructura rectangular de una fotounidad realizada en acero, embebida 0,5 metros en una cimentación de apoyo de hormigón (1);
- dos filas de 5 a 30 fototubos (2) interiores y/o exteriores, a una distancia entre cada fila de 2 a 5 metros, espaciados dichos fototubos entre 1 y 60 cm, y dispuestos en paralelo;
- 45 • 1 fototubo de alimentación (3) por cada fotounidad;
- 1 fotocirculador (4), situado en el centro y paralelo de cada unidad;
- 50 • 1 intercambiador de calor (5) por cada fotounidad;

- 1 electrobomba (6) por cada unidad;
- 1 Unidad de Carga Eléctrica (7) por cada fotounidad paralela;
- 5 • 1 válvula de entrada (8) para la alimentación de agua y nutrientes;
- 1 válvula de entrada (9) de alimentación de CO₂ y aire;
- 1 válvula de alivio de presión (10) que permite el escape de oxígeno a la atmósfera;
- 10 • 1 separador de gas (11) que separa CO₂ y O₂;
- 1 unidad sensora (12) de medida del nivel del agua en cada fototubo;
- 15 • 1 unidad sensora de medición del pH, salinidad, temperatura, turbidez, CO₂, oxígeno y entrada de nutrientes (13);
- 1 densímetro (14) para medición del cultivo;
- 20 • 1 manómetro (15) que controla presiones dentro de los fototubos;
- 1 grifo de salida de cultivo por fototubo (16);
- 1 red de tuberías de recirculación (17) para cada fotounidad;
- 25 • 1 red de tuberías de recirculación (18) para cada fotounidad;
- 3 lámparas de alumbrado artificial (19) por fotounidad, de ayuda a un proceso de fotosíntesis dentro de los fototubos;
- 30 • 1 panel de control (20) por fotounidad en paralelo;
- 1 primera unidad de separación (35) de agua de una fracción sólida;
- 35 • 1 tanque de acumulación (36) para el cultivo, que contiene el producto de salida de una primera separación;
- 1 unidad de centrifugación (37) capaz de separar agua de los sólidos;
- 40 • 1 transportador (38) capaz de transportar biomasa de una fase a la siguiente;
- 1 Punto de Recogida (38A);
- 1 unidad de Secado en Spray (39) de biomasa;
- 45 • 1 Punto de Recogida de Productos del separador en spray (39A);
- 1 unidad de extracción de Productos (40) capaz de extraer lípidos y proteínas;
- 50 • 1 unidad de fraccionamiento (41) capaz de procesar lípidos;

- 1 Punto de Recogida para los Productos Procesados (41A); y
 - 1 Punto de Recogida de bioaceite (42A), en el cual dicho bioaceite es introducido en barriles.
- 5
2. Una instalación según la reivindicación 1, **caracterizada** por que dichos fototubos exteriores son transparentes, contruidos en PVC o Policarbonato, de un tamaño de entre 1 y 10 metros y dispuestos verticalmente dentro de la fotounidad.
- 10
3. Procedimiento para la obtención de biomasa en la instalación según una de las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizado** por que comprende las siguientes etapas:
- preparación previa,
 - 15 - cultivo, y
 - extracción de biomasa.
- 20
4. Un procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado** por que en dicha preparación previa, en la fotounidad
- se inyecta una corriente de agua de mar o salobre enriquecida con nutrientes y vitaminas, que previamente ha sido microfiltrada y desinfectada,
 - 25 - se introduce una corriente de gas que contiene CO₂ que ha sido filtrada, y
 - se introduce un filtrado de algas seleccionadas en unas condiciones de luz solar que permiten llevar a cabo el proceso de fotosíntesis.
- 30
5. Un procedimiento según una de las reivindicaciones 3 ó 4, **caracterizado** por que dicho cultivo es completamente axénico en cada fotounidad y emplea como microorganismos algas unicelulares autótrofas, heterótrofas o una mezcla de ambas.
- 35
6. Un procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado** por que dichas algas unicelulares autótrofas están seleccionadas entre el grupo compuesto por *Nannochloropsis Oculata*, *Nannochloropsis Salina*, *Nannochloropsis Oceánica*, *Dunaliella Salina* y *Chaetocerotaceae*.
- 40
7. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, **caracterizado** por que dicha extracción de biomasa se realiza en distintas etapas, siendo que
- la primera extracción de biomasa tiene lugar entre los 8 y 14 días desde una primera puesta en marcha del procedimiento y se realiza cuando la concentración de biomasa alcanza una densidad que varía entre los 100 y 600 millones de células /ml,
 - 45 y que
 - a partir de esta primera extracción, las siguientes se realizan de forma continuada cada 12-16 horas.

FIG. 1

