

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 994 818**

(21) Número de solicitud: 202330642

(51) Int. Cl.:

C12N 1/12 (2006.01)

(12)

SOLICITUD DE PATENTE

A1

(22) Fecha de presentación:

26.07.2023

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

31.01.2025

(71) Solicitantes:

NBA BIOTECH LIMITED (100.00%)
Fairway House Links Business Park, Fortran
Road, St Mellons
CF3 0LT Cardiff, Wales GB

(72) Inventor/es:

GEORGES COSTA, Henri;
CHÁPULI FERNÁNDEZ, Eloy;
BARTON, Samuel Joseph y
BARTON, Philip

(74) Agente/Representante:

PADIMA TEAM, S.L.P.

(54) Título: **SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE MICROALGAS A ESCALA INDUSTRIAL Y COMERCIAL**

(57) Resumen:

La presente invención se refiere a un sistema para producir microalgas a escala industrial y comercial que incluye una pluralidad de unidades productivas estancas que contienen el cultivo de microalgas y nutrientes, un elemento impulsor de aire a presión, un circuito neumático que introduce aire a las citadas unidades, y un circuito hidráulico de impulsión y un circuito hidráulico de retorno que permiten la circulación entre las unidades con un colector central, de forma que la distribución de conducciones que forman dichos circuitos posibilita una homogeneidad del contenido de las unidades productivas estancas para garantizar la producción de microalgas a escala industrial.

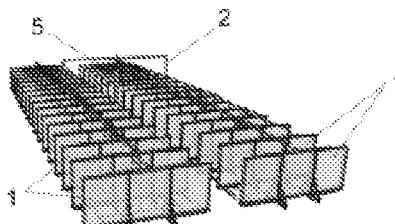


FIG. 1

DESCRIPCIÓN**SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE MICROALGAS A ESCALA INDUSTRIAL Y COMERCIAL**

5

SECTOR DE LA TÉCNICA

La presente invención se refiere a un sistema de producción de microalgas a escala industrial y comercial que permite producir productos naturales y funcionales a partir de microalgas, con multitud de aplicaciones tales como cosmética, alimentación, nutracéutica, bioestimulantes, fitosanitarios, acuicultura, biocombustibles, gestión de aguas residuales, etc. El objetivo de la invención es llevar a cabo dicha producción de microalgas a una escala industrial de manera más eficiente y competitiva de lo que se está realizando en el estado del arte hasta la fecha, obteniendo de esta forma un producto a un coste competitivo en un mercado de productos naturales y sostenibles cada vez más exigente. En este sentido, la invención propone un sistema de producción de microalgas cerrado que, a diferencia de los sistemas de producción considerados cerrados existentes, permite alcanzar una escala industrial. La clave radica en asociar un número máximo de unidades productivas estancas (entendemos por unidad productiva, UP, al mínimo elemento productivo que contiene un sistema de cultivo de microalgas; esta unidad puede ser 1 tubo, 1 bolsa, 1 panel, etc. El volumen de esta unidad productiva varía mucho en función del sistema productivo, pero suele ser de entre los 50 l y los 700 l, aunque normalmente suele estar entre los 300-600 L) de tal forma que el volumen total resultante de la asociación de dichas unidades productivas (que en nuestra invención denominamos reactor), podrá llegar a volúmenes de entre 1,6 m³ hasta cientos de m³, preferiblemente por encima de los 12 m³. Y el requisito final es que este cultivo sea totalmente homogéneo, de tal forma que en todos los puntos del reactor, y por lo tanto en cada una de las unidades productivas estancas, tengamos la misma temperatura, pH, concentración de microalgas, concentración de nutrientes, etc. Ante estas condiciones, las microalgas estarán "haciendo lo mismo" (es decir, dividiéndose, excretando, comiendo, etc), y, así, será posible controlar un cultivo desde pocos m³ hasta miles de m³, pues en una planta industrial de miles de m³, tendremos apenas unas decenas de reactores a controlar (en lugar de miles de unidades productivas). Además, esto se debe hacer con un CAPEX y un OPEX reducido para poder ser competitivos.

35 Esto que parece obvio, es algo difícil de extrapolar a una escala industrial, en donde habrá

miles de unidades productivas y en donde será difícil agrupar estas unidades productivas a la vez que se consigue un cultivo homogéneo en cada una de las unidades productivas que se encuentran asociadas (reactor). Si no conseguimos asociar estas unidades productivas de forma adecuada será imposible tener el control de una planta que tenga miles de m³.

5

Por lo tanto, lo que pretendemos con la presente invención es asociar el máximo número de unidades productivas a modo de reactor para operarlo y procesarlo con control, pero a un coste aceptable, siendo capaces de esta forma, de ofrecer un producto final de alta calidad y competitivo en precio, al mismo tiempo que se optimiza el rendimiento y se reduce el tiempo 10 de producción. De esta forma, la presente invención permite ofrecer un producto al mercado totalmente estandarizado (reproducible), en donde la calidad del producto siempre sea la misma.

Con todo esto, se pretende dar respuesta a la deficiencia actual de productos de calidad 15 procedentes de microalgas, pues los sistemas actuales tienen limitaciones en cuanto a la capacidad de crear sistemas a escala comercial e industrial, tal y como se mostrará en el estado del arte. Por lo tanto, lo que se pretende en última instancia es estar a la altura de la demanda creciente de productos naturales, sostenibles y funcionales, y contribuir así al desarrollo de una economía más sostenible y respetuosa con el medio ambiente. La 20 invención se presenta, por tanto, como una solución innovadora y altamente eficiente para la producción de microalgas, que se espera tenga un gran impacto en el mercado y en la sociedad en general.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

25

Actualmente, la producción de microalgas está cobrando gran importancia debido a la creciente demanda de productos naturales, sostenibles y funcionales en el mercado; la tecnología está en constante evolución, pero las barreras existentes no han hecho posible el salto industrial que requiere la demanda de este tipo de productos. De ahí que se esté en 30 una continua búsqueda de soluciones que permita definitivamente dar el salto necesario.

Las microalgas son los componentes básicos de la vida y los productores primarios más abundantes de moléculas de alto valor añadido de la naturaleza. De hecho, los científicos se refieren a ellas como la farmacia del mundo, haciendo referencia a la capacidad de aportar

activos, no sólo en el campo de la farmacéutica, sino en el marco de la cosmética, alimentación, suplementación, etc.

En la actualidad se utilizan varias tecnologías para producir microalgas, pero salvo los

5 sistemas basados en estanques abiertos (*Open Ponds*/estanques abiertos), no existen hoy en día una tecnología capaz de cumplir con los requerimientos que demanda el mercado; variedad de producto, grandes volúmenes, calidad y costes adecuados.

Esto se debe a que la mayoría de las propuestas o bien requieren demasiado capital

10 (sistemas cerrados) para ser aplicadas, o bien la variedad de productos y la calidad no es la adecuada (*Open Ponds*). A esto hay que sumar que los sistemas productivos basados en sistemas cerrados, que podrían aportar variedad de productos y calidad adecuada, no alcanzan escalas industriales por la dificultad de llevar conceptos pilotos a escalas comerciales a costes razonables; los costes operativos son demasiado elevados para 15 producirlas a precios competitivos y sólo pueden aplicarse en algunas zonas del planeta donde se dan las condiciones específicas para ello.

Por lo tanto, las tecnologías existentes para la producción de microalgas no son capaces de producir productos competitivos, en comparación con otras fuentes naturales, y esto se debe

20 a que las premisas de diseño eran erróneas y estaban basadas en una aplicación diferente (búsqueda de alternativas a los biocombustibles). Esto está dificultando el acceso al mercado a la mayoría de las empresas que intentan cambiar de actividad y entrar en el mercado de los cosméticos y los alimentos/piensos, suplementación, etc. De hecho, *Chlorella* y *Spirulina* son los dos tipos de microalgas que son competitivas en el mercado en 25 este momento, con un volumen de mercado realmente grande y rentable, con un bajo CAPEX y OPEX, que se producen con una tecnología sencilla y barata (*Open Ponds*) que está muy extendida en China e India. Llegado a este punto es importante comentar que la calidad de los productos procedentes de China e India se aleja de los estándares que demanda el resto del mundo, y más pronto que tarde el cliente demandará mucho más 30 producto en sistemas cerrados que garanticen su calidad; de momento, no existen alternativas con sistemas cerrados.

El problema radica en que las alternativas basadas en sistemas cerrados requieren mucho capital y actualmente es difícil construir plantas rentables; esto provoca que la mayor parte

de las plantas se queden en una escala de planta piloto sin dar el paso a una escala comercial.

Por otro lado, no todas las microalgas pueden cultivarse en estanques abiertos, ya que este sistema no es adecuado para especies sensibles al control de la temperatura, el pH, la concentración de CO₂, la irradiación o sensibles a la contaminación. En estos casos, se requieren sistemas cerrados, donde se puedan gestionar todas estas variables para garantizar la productividad y la calidad. Además, el mercado está demandando productos más puros y con cierta bioactividad y esto implica desarrollar sistemas más sofisticados para producir dichos productos y los *Open Ponds* no son la opción óptima.

Los reactores que se utilizan actualmente, ya sea a escala industrial o experimental, se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Estanques abiertos
- 15 - Reactores cerrados, entre los que diferenciamos los horizontales y verticales. Y donde entre los reactores verticales encontramos reactores tubulares y de paneles.

Estanques abiertos

20 Los estanques abiertos pueden clasificarse en aguas naturales (lagos, lagunas, estanques) y estanques artificiales (*Open Ponds*). Una de las principales ventajas de los *Open Ponds* es que son más fáciles de construir (bajo CAPEX) y de operar (bajo OPEX) que la mayoría de los sistemas cerrados. Sin embargo, las principales limitaciones de los estanques abiertos son el escaso aprovechamiento de la luz por las células, las pérdidas por evaporación, el 25 mal tiempo que puede impedir el crecimiento de las algas, la difusión de CO₂ a la atmósfera, la falta de control (de temperatura y del pH) y la necesidad de grandes extensiones de terreno. Además, la contaminación por depredadores y otros heterótrofos de crecimiento rápido ha restringido la producción comercial de algas en sistemas de cultivo abiertos a sólo aquellos organismos que pueden crecer en condiciones extremas. Aun así, estas especies 30 que son más resistentes, dan lugar a productos de baja calidad; el cliente empieza a percibir esta circunstancia y la demanda de producto producido en Europa en reactores cerrados empieza a aumentar. Asimismo, debido a la ineficacia de los mecanismos de agitación en los sistemas de cultivo abiertos, sus tasas de transferencia de masa son muy pobres, lo que se traduce en una baja productividad de biomasa.

Los estanques en los que se cultivan las algas suelen denominarse "estanques de raceway" u *Open Ponds*. En estos estanques, las algas, el agua y los nutrientes circulan por una pista de carreras. Con ruedas de paletas que proporcionan el flujo, las algas se mantienen suspendidas en el agua y circulan de vuelta a la superficie con una frecuencia regular. Los estanques suelen ser poco profundos porque las algas necesitan estar expuestas a la luz solar y ésta sólo puede penetrar en el agua del estanque hasta una profundidad limitada. Los estanques funcionan de forma continua, con una alimentación constante de CO₂ y nutrientes, mientras que el agua que contiene algas se elimina por el otro extremo. Uno de los principales problemas de esta tecnología son los altos niveles de contaminación debidos a cepas de bacterias u otros organismos fototróficos, que a menudo provocan que especies indeseables se apoderen de las algas deseadas que crecen en el estanque, lo que reduce drásticamente la homogeneidad y reproducibilidad del producto final. El otro gran problema de los estanques abiertos es el control de la temperatura. Los grandes volúmenes de agua en los que crecen las algas también deben mantenerse a cierta temperatura en los espacios al aire libre. Suele convertirse en un proceso difícil y caro. Otro inconveniente es la desigual intensidad y distribución de la luz dentro del estanque.

En resumen, estos estanques abiertos son realmente sencillos, con bajos costes de producción y relativamente bajos costes operativos, pero al mismo tiempo no es el sistema más adecuado para el cultivo masivo de la mayoría de las especies de microalgas, siendo pocas las cepas capaces de crecer en estos sistemas con un rendimiento óptimo.

Reactores cerrados

25

Reactores tubulares cerrados horizontales

Los fotobiorreactores tubulares cerrados horizontales, descritos en el documento WO2007025145A2, funcionan según una disposición horizontal y no requieren tanto capital como los reactores verticales. No obstante, estos reactores horizontales tienen otras limitaciones que hacen que no sean opciones adecuadas para todas las especies, como son: dificultades para eliminar el O₂ generado por la fotosíntesis, lo que da lugar a problemas de fotoinhibición, alto OPEX, baja productividad por m² y m³, siendo sólo son viables en condiciones de interior (las condiciones de exterior generan fotoinhibición).

Reactores tubulares cerrados verticales

Estos reactores permiten superar algunos de los principales obstáculos encontrados en los sistemas abiertos, como el control de variables del sistema (CO_2 , luminosidad, temperatura...), la exposición a la contaminación es menor y se requiere menos extensión de terreno para conseguir la misma producción que en los reactores abiertos, especialmente en el caso de que la disposición sea vertical (mayor volumen por unidad de superficie). (Véanse las solicitudes internacionales de patente PCT núm. WO2007025145A2, 5 WO2006020177, WO03094598 y WO2007144441). Sin embargo, todos estos sistemas tienen el problema de que su diseño original obedecen a un planteamiento basado en un escalado futuro masivo para ser competitivo, y eso se debe a que el origen de estas tecnologías tuvieron en su momento como principal objetivo la producción de biocombustibles; estos sistemas por lo general son intensivos en capital y sus 10 procedimientos están asociados a elevados costes (limpieza, desinfección, evaporación del agua de cultivo, energéticamente deficitarios debido al bombeo y la extracción). El problema es que el escalado de estos sistemas no se ha llevado a cabo, y se han quedado en un concepto de planta piloto, quedándose a mitad de camino; ni le permite producir biocombustibles, ni le ha permitido entrar en otros mercados como el nutracéutico, 15 cosmético, fitosanitarios, etc pues los costes de producción no son competitivos. Por lo tanto, la mayor eficiencia que pretenden este tipo de sistemas no es suficiente para ser rentables en un mercado competitivo.

Bolsas sencillas

Este sistema tiene como principales (y únicas) ventajas que es muy barato y fácil de aplicar. En cambio, el funcionamiento no es sencillo y no permite escalar a volúmenes comerciales con garantías. Es muy difícil de controlar (pues hay que controlar multitud de unidades productivas) y, por tanto, no es factible su escalado ni obtener productos de calidad que 25 sean competitivos en el mercado. Además, hay que subrayar que la bolsa no se puede cerrar de forma estanca ni permite una mecanización de garantías para generar un sistema estanco, siendo la única forma de trabajar la de exponer el cultivo a la intemperie dejando toda la sección superior abierta para que la aireación que se mete por la base salga por la parte superior.

Reactor cerrado de panel plano vertical

- Los reactores cerrados de paneles planos son un tipo de reactor vertical cerrado. Son 5 cerrados y, por lo general, más sencillos que los fotobiorreactores tubulares verticales cerrados mencionados anteriormente. Además, el paso óptico es normalmente menor que en otros (el ratio superficie expuesta a la luz frente al volumen es mayor), siendo el rendimiento fotosintético potencialmente mayor que en otros sistemas.
- 10 Sin embargo, presenta al igual que los reactores verticales tubulares, el problema de su escalabilidad; se necesita de una estrategia que permita romper la barrera técnica para pasar de un concepto piloto a una escala industrial que permita obtener productos a un precio competitivo. Esto es lo que pretendemos con la presente invención, traer un sistema que permita escalar definitivamente la producción de microalgas, sin perder competitividad.
- 15 Por otro lado, cabe citar que la solicitud internacional de patente no. WO2020136208 divulga un sistema para producir productos a partir de microalgas, cuya configuración, de nuevo, no permite su escalado a nivel industrial. En este sentido, el sistema de la citada patente funciona perfectamente a una escala piloto en donde el personal es capaz de controlar y 20 operar cada una de las unidades productivas, pero no se consigue generar un volumen de cultivo homogéneo que pueda representar un volumen que se pueda procesar y gestionar de forma industrial, en donde el control de lo que sucede en el reactor (suma de unidades productivas) sea posible, siendo posible anticipar lo que pasa en cada momento con el cultivo. De esta forma, el citado sistema no permite mantener un contenido homogéneo 25 entre las unidades productivas cuando se realiza un montaje con un numero considerable de unidades productivas. De llevar dicho sistema a una fase de escalado industrial sería imposible operar la planta a un coste razonable, pues el personal necesario sería enorme, habiendo sido posible verificar que el sistema no ofrece un producto competitivo ni de la calidad exigida a partir de una producción de más de 8 m³. Igualmente, el sistema divulgado 30 en el documento no. WO2020136208 incluye necesariamente una gradilla que se extiende sobre la superficie de las unidades productivas para mantenerlas en posición vertical y que impide la recepción de luz en la completa extensión de las unidades productivas. Por otro lado, este sistema tampoco permite el llenado completo de las unidades productivas, por lo que necesariamente cada unidad incluye en su porción superior una cámara de aire que

provoca, por ejemplo, la formación de cuerpos muertos, heterótrofos y, por tanto, un posible foco de contaminación. Es esta circunstancia la que dificulta que las unidades productivas generen un volumen común con el resto de unidades productivas.

- 5 Por todo lo anterior, el solicitante de la presente solicitud de patente detecta la necesidad de desarrollar un sistema que ofrezca una solución económica y eficaz para el producir productos naturales y funcionales empleando microalgas, de forma que dicho sistema permita la producción a escala industrial, manteniendo la calidad del producto obtenido.

10 **DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN**

El sistema de producción de microalgas a escala industrial y comercial para producir productos naturales y funcionales que se preconiza en la presente invención permite solventar la problemática anteriormente expuesta, ofreciendo una solución que garantice la 15 producción a escala industrial.

De esta forma, el sistema desarrollado permite obtener productos naturales y funcionales, entendiendo los productos naturales y funcionales a aquellos resultantes del cultivo de las microalgas que tienen un origen natural; son microorganismos celulares que crecen de acuerdo a un proceso fotosintético, es decir responden a un proceso natural que requiere de 20 nutrientes, oxígeno y CO₂. No hay ningún proceso artificial en el procesamiento para que este no sea considerado un producto natural. Por otra parte, entendemos los productos funcionales como los resultantes del cultivo de las microalgas que proporcionan beneficios adicionales más allá de su valor nutricional básico. Estos productos están diseñados para 25 mejorar la salud y el bienestar (independientemente de su aplicación, que puede ser muy diversa: alimentación, suplementación, agricultura, cosmética, acuicultura, etc)

Concretamente, el sistema queda integrado por una pluralidad de unidades productivas estancas. Así, el conjunto de dichas unidades productivas estancas debe ser considerado 30 un único reactor ya que el objetivo que persigue la presente invención es la de proporcionar un contenido homogéneo en cada una de las unidades productivas estancas.

Las unidades productivas estancas están formadas por unidades verticales planas paralelas entre sí, fabricadas en material transparente y cuya configuración permite que puedan estar

completamente llenas de cultivo de microalgas. Así, cada una de las unidades productivas estancas tiene una altura máxima de 2 m, y están dispuestas paralelamente unas con respecto a otras, dejando el espacio suficiente como para que un operario pueda pasar entre ellas y minimizar el efecto sombra de unos paneles respecto a otros.

5

La separación entre unidades productivas estancas viene determinada por el efecto sombra; en un sistema exterior, la distancia entre paneles será mayor que en una instalación interior en donde se utilicen leds, o en el caso de que se disponga de un invernadero en donde logremos transformar la luz directa en luz difusa y disminuir el efecto sombra. Si bien, 10 debemos señalar que la distancia entre cada unidad productiva estanca puede ser de entre 20 cm a 150 cm, preferiblemente entre 50 cm y 100 cm.

Pues bien, los medios para producir el cultivo de microalgas del sistema de la invención están formados por:

15

- una pluralidad de unidades productivas estancas, formadas por 2^n unidades productivas estancas, donde n es mayor o igual a 5;
- al menos, un elemento impulsor de aire a presión que introduce aire y CO₂ en el sistema y genera un régimen turbulento en las unidades productivas estancas;
- un circuito neumático formado por conducciones dispuestas desde el elemento impulsor de aire a presión hasta cada unidad productiva estanca, de forma que la entrada de cada conducción se realiza por la parte inferior de cada unidad productiva estanca,
- un circuito hidráulico de impulsión formado por conducciones que transportan el cultivo de microalgas, nutrientes, aire, CO₂ y el oxígeno generado por la fotosíntesis del cultivo de microalgas, que se disponen conectadas a la parte superior de cada unidad productiva estanca;
- un circuito hidráulico de retorno formado por conducciones que están conectadas a cada unidad productiva estanca para recircular el cultivo de microalgas y nutrientes,
- un colector central al que llega el circuito hidráulico de impulsión con el cultivo de microalgas, nutrientes, aire y CO₂; el colector central está conectado al circuito hidráulico de impulsión y al circuito hidráulico de retorno, estando el colector central provisto de un elemento de venteo para la salida del aire, CO₂ y el oxígeno generado por la fotosíntesis del cultivo de microalgas contenido en las conducciones del

circuito hidráulico de impulsión;

Necesariamente, el colector central se encuentra localizado en una cota por encima de la parte superior de las unidades productivas estancas, evitando la formación de cámaras de aire en las unidades productivas estancas.

El circuito neumático presenta una cota máxima dispuesta por encima de la cota máxima del colector central, así evitamos el retorno de fluido cuando no se está introduciendo aire y CO₂. Es decir, cuando no se introduce aire y CO₂ en el sistema, la ubicación de la cota mencionada del circuito neumático evita que el fluido retorne hacia el elemento impulsor de aire a presión y/o a las unidades productivas adyacentes.

Las conducciones del circuito neumático, del circuito hidráulico de impulsión y del circuito de hidráulico de retorno presentan la misma distancia entre el colector central y las unidades productivas estancas, siendo la distribución de las conducciones que forman dichos circuitos simétrica y en cascada tomando al colector central como centro de simetría, generando un contenido homogéneo del cultivo de microalgas, nutrientes, aire, CO₂ y O₂ de la fotosíntesis en todas las unidades productivas estancas y evitando la formación de zonas muertas en el sistema.

20

Así, el aire y el CO₂ introducido mediante el elemento impulsor de aire a presión en las unidades productivas estancas alimentan al cultivo de microalgas. De esta forma, gracias a la corriente de aire y CO₂ del circuito neumático, se posibilita la circulación de los fluidos que participan en el sistema de la invención. Preferentemente, el elemento impulsor de aire a presión es un medio de generación de fluido gaseoso, tal como una soplante o un compresor.

Las burbujas que se forman en el cultivo de microalgas, por la introducción del aire y CO₂ del circuito neumático, tienen una energía cinética asociada que desplazan el volumen de cultivo hacia la parte superior, en donde se disponen las conducciones de salida o conducciones que forma el circuito hidráulico de impulsión, de tal forma que no se forma una cámara de aire en la parte superior de la unidad productiva estanca.

Así, el cultivo de microalgas, junto con los nutrientes, aire, CO₂ y el oxígeno generado por la

fotosíntesis del cultivo de microalgas sale de la unidad productiva estanca y se une a otra corriente que viene de otra unidad productiva estanca. Así pues, la suma de estos caudales se une a otras dos unidades productivas estancas y estas cuatro a otras cuatro unidades productivas estancas, y estas 8 unidades productivas a otras 8 unidades productivas... y así 5 sucesivamente y de forma simétrica.

Esta distribución permite confirmar que la configuración establecida para la presente invención ofrece un diseño hidráulico que garantiza la adecuada homogeneización del reactor. Cabe señalar que el aire y CO₂ que está contenido en el circuito hidráulico de 10 impulsión pasa al colector central y por simple física sale por su parte superior ya que el colector central está abierto superiormente en forma de chimenea. Simultáneamente, en el colector central el cultivo de microalgas cae por la vertical del colector, debido a la fuerza de la gravedad, e inicia el retorno a cada una de las unidades productivas estancas mediante el circuito hidráulico de retorno.

15

Cabe mencionar, que, de forma preferente, cada unidad productiva estanca presenta, al menos, dos puntos de conexión con el circuito hidráulico de impulsión, de forma que son, al menos, dos las conducciones del circuito hidráulico de impulsión las que están conectadas a cada unidad productiva estanca por su parte superior.

20

Para hacer posible que el circuito hidráulico de impulsión y el circuito hidráulico de retorno funcionen tal y como se acaba de describir, en la presente invención se hace necesario que cada unidad productiva estanca no sólo está cerrada, sino que sea estanca. Es decir, las paredes laterales, base y tapa estancan perfectamente el fluido que está contenido en el 25 cubículo definido por el material transparente que lo forma, de tal forma que la unidad productiva estanca se puede llenar sin riesgo de fuga hasta arriba. Preferentemente, el material transparente de las unidades productivas estancas presenta un paso óptico entre 6 cm y 20 cm, preferiblemente entre 8 y 12 cm, es decir las planchas verticales que forman una unidad productiva estanca se encuentran a una distancia (paso óptico) entre 6 cm y 20 30 cm, preferiblemente entre 8 y 12 cm.

Debemos subrayar que es vital la presencia del colector central para alcanzar la homogeneidad del fluido contenido en cada las unidades productivas estancas, ofreciendo una eficiencia al sistema muy superior a otros conocidos cuando usamos dicha invención

para la producción a escala industrial (es decir, a partir de 32 unidades productivas).

Así, el colector central es el elemento por el que circula todo el cultivo de microalgas por cada ciclo, donde cada ciclo tarda un tiempo determinado en función del caudal del aire y

5 CO₂ introducido, y permite:

-Mejorar la eficiencia de captura de CO₂, pues el tiempo de residencia y la turbulencia aportada al cultivo, mejorará la difusión del CO₂; hecho que es especialmente importante cuando el CO₂ se compre, pues su precio es muy elevado.

10 -Escalar el sistema; trabajar con unidades productivas independientes es inviable desde un punto de vista técnico y no permite alcanzar escalas comerciales e industriales. El sistema de la presente invención permite trabajar de una forma modular que puede extenderse a cuantas unidades productivas estancas queramos para tener un número controlable a una escala industrial.

15 -Tener un único punto de contacto con la atmósfera lo que minimiza la contaminación. Así, cuanto más grande sea el reactor (más unidades productivas estancas tenga el sistema) el ratio superficie en contacto con la atmósfera frente al volumen tratado, disminuye.

20 -Trabajar a presión positiva, lo cual haría real el concepto de trabajo en estanqueidad. El mundo de las microalgas habla muy a menudo de sistemas cerrados, pero nunca son sistemas realmente cerrados, y siempre hay riesgos de que un agente externo entre al reactor. La inclusión en el colector central de un elemento de venteo, por ejemplo una válvula de venteo, que sólo se abra cuando haya presión positiva en el colector central, minimiza riesgos de contaminación. De esta forma, si no estamos aireando, nada entra al 25 sistema porque la válvula de venteo permanece cerrada, y cuando se acciona la entada de aire al sistema, el aire genera una presión que fuerza la apertura de la válvula de venteo para el desgasificado de su interior, trabajando siempre a presión positiva.

-Centralizar la medida de parámetros a controlar del sistema en el propio colector central, de forma que se dispongan en él diferentes tipos de sensores.

30 -Utilizar al colector central como punto de entrada de nitratos, fosfatos, metales, vitaminas, etc, ya que por el colector central circula todo el contenido del sistema.

-Utilizar al colector central como punto de recogida de muestras.

-Utilizar al colector central como punto de cosecha, haciendo bajar el nivel de todas las unidades productivas estancas a la vez (pues están conectadas todas), de forma

que se cosecha lo mismo de todas.

Ventajosamente, que todas las unidades productivas estancas estén completamente llenas

de cultivo de microalgas permite evitar la formación de cámaras de aire, minimizando el

5 efecto *fouling* o ensuciamiento. Además, que estén dichas unidades llenas hasta arriba,

permite ganar volumen efectivo de cultivo. En este sentido, de nuevo resaltar que mantener

las unidades productivas estancas completamente llenas, es decir sumergidas, es posible

porque la cota máxima del colector central se encuentra localizada en una cota por encima

de la parte superior de las unidades productivas estancas, siendo el colector central el único

10 punto en contacto con el exterior, reduciendo en un 90% el contacto con el O₂, y por lo tanto,

reduciendo la posibilidad de cualquier tipo de contaminación ambiental.

Preferentemente, la altura de cada una de dichas unidades productivas estancas, sin apilar,

está comprendida entre 0,5 y 2 m, preferentemente entre 0,5 y 1,5 m y preferiblemente entre

15 0,8 y 1,2 m.

Así, el sistema de la invención ofrece las siguientes ventajas en relación con el incremento

de producción (rendimiento biológico) que es de hasta un 30% superior respecto al sistema

protegido en el documento WO2020136208. Dicho incremento se debe a las siguientes

20 razones:

- Mayor superficie activa, concretamente un 10% más de superficie activa
respecto a la invención del documento WO2020136208 al prescindir de la
gradilla y tener una mayor superficie expuesta a la radiación.

- Las unidades productivas estancas no se deforman por la resistencia del
material transparente.

- Al trabajar con unidades productivas estancas, se pueden introducir agentes
de esterilización al colector central, incluso en forma de gas, llegando a todos
los puntos del sistema, minimizando el tiempo de mantenimiento del sistema,
minimizando el riesgo por contaminación, incrementando la efectividad.

- El sistema está totalmente sumergido, es decir, todas las unidades
productivas estancas se encuentran llenas hasta arriba y no están en
contacto con el aire. Únicamente se encuentra una ínfima parte en contacto
con el aire en el colector central. El contacto con el aire atmosférico se reduce
en más del 90 %, y por lo tanto el riesgo por contaminación exterior se reduce

5

10

15

en la misma proporción.

- Minimización del riesgo de contaminación al operar el sistema a presión positiva, ya que la presencia del colector central genera un solo punto de contacto con la atmósfera, el cual permanece cerrado cuando no es necesario el venteo.
- Más volumen efectivo del sistema (al menos un 10% más), al estar las unidades productivas estancas completamente llenas.
- Homogeneización del cultivo de microorganismos en todo el sistema por la inyección de aire y CO₂ del circuito neumático y la distribución simétrica y en cascada de los circuitos.
- Empleo del colector central como punto por el que se introducen nutrientes, se realiza la cosecha y en el que se incluyen sensores para la monitorización del proceso productivo, ya que todo el fluido del sistema circula por él, permitiendo un mayor control del procedimiento de producción del cultivo de microalgas.

Igualmente, el sistema de la presente invención aporta una reducción del CAPEX ya que:

- La unidad productiva es más económica que antes la propuesta en la invención del documento WO2020136208. Concretamente, implica un 25% menos CAPEX, además de que reduce también el OPEX. La reducción viene principalmente de la reducción en la cantidad de metal a utilizar en la unidad productiva estanca. El material transparente (preferentemente cristal) aporta resistencia mecánica y le da la forma de panel que buscamos. Se requiere de mucho menos perfil metálico para darle la forma. Además, reducirá muchos trabajos manuales en planta con la bolsa, pues vendrán mecanizadas las bases y tapas, listas para montar el panel que forma la unidad productiva, sin necesidad de usar una bolsa que contenga el cultivo de microalgas y nutrientes.
- Al compararlo con otros reactores basados en sistemas tubulares de cristal, el coste por m³ del sistema de la presente invención es muchísimo menor.
- Al compararlo con otros reactores basados en sistemas tubulares de PMMA, el coste por m³ del sistema de la presente invención es mucho menor.
- No requiere el uso de los *sparguer* o inyector (que es un tubo – conocido

comúnmente como tubing- perforado conectado al circuito neumático diseñado para poder crear una cortina de burbuja de gases aire y CO₂), cuyo uso incrementa el coste de mano de obra.

- La operativa del circuito neumático evita la aparición de caminos preferenciales.
- Al evitar el uso de una bomba de impulsión, se reduce la inversión, que también simplifica la instalación eléctrica del sistema. Además, se minimiza el coste de operación y el daño mecánico sobre las microalgas (algunas especies son sensibles)

5

10

Igualmente, el sistema de la presente invención aporta una reducción del OPEX ya que:

15

- El sistema de la invención no requiere el cambio de fungibles, como bolsas poliméricas que contengan el cultivo de microalgas, lo que abarata su mantenimiento.
- Evitar el uso de bolsas de plástico, empleando en su lugar un material transparente rígido que definen las unidades productivas estancas, evita problemas relacionados con las bolsas de plástico como son: los pinchazos, aparición de porosidad, elevados mecanizados, degradación por el calor, etc.

20

25

Finalmente, subrayar el carácter escalable del sistema ya que cuantas más unidades productivas estancas participen en el reactor que forma el sistema, más óptimo será. Es decir, se posibilita la escalabilidad del sistema. Ventajosamente, en el sistema de la presente invención no se hace necesario que las unidades productivas estancas estén totalmente niveladas (es decir, no se debe ajustar la cimentación al mm como sí se tiene que hacer en un sistema en el que cada unidad productiva tiene su propio nivel), pues el nivel de la columna de agua estará por encima del nivel de las unidades productivas estancas.

30

Por todo lo anterior, el sistema para producir productos naturales y funcionales empleando microalgas posibilita ofrecer una producción a escala industrial, garantizando la homogeneidad del contenido en todas las unidades productivas estancas para obtener un producto homogéneo.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que seguidamente se va a realizar y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, de acuerdo con un ejemplo

- 5 preferente de realización práctica del mismo, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de planos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

La figura 1.- Muestra una representación en perspectiva del sistema para producir productos
10 naturales y funcionales empleando microalgas de acuerdo a una realización preferente del
objeto de la presente invención.

La figura 2.- Muestra en detalle una vista en perspectiva de una unidad productiva estanca
de las que participan en el sistema.

15 La figura 3.- Muestra una vista parcial de la realización preferente de la invención
representada en las figuras anteriores, en la que se observa el detalle de la cota del circuito
neumático y de la cota del colector central del sistema.

20 La figura 4.- Muestra una representación parcial en perspectiva superior de la realización
preferente de la invención representada en las figuras anteriores, en la que se observan los
elementos que forman el colector central del sistema.

25 La figura 5 -. Muestra una representación parcial en perspectiva superior de la realización
preferente de la invención representada en las figuras anteriores, en la que se observa el
circuito hidráulico de impulsión, y el circuito hidráulico de retorno, entre otros elementos del
sistema.

30 La figura 6 -. Muestra una representación parcial en perspectiva inferior de la realización
preferente de la invención representada en las figuras anteriores, en la que se observa el
circuito hidráulico de retorno, el circuito neumático y el hidráulico de impulsión, entre otros
elementos del sistema.

La figura 7.- Muestra una representación de la distribución de las conducciones que forman

el circuito neumático cuando en el sistema de la invención participan 32 unidades productivas estancas.

5 La figura 8.- Muestra una representación de la distribución de las conducciones que forman el circuito hidráulico de impulsión cuando en el sistema de la invención participan 32 unidades productivas estancas.

10 La figura 9.- Muestra una representación de la distribución de las conducciones que forman el circuito hidráulico de retorno cuando en el sistema de la invención participan 32 unidades productivas estancas.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCIÓN

A la vista de las figuras reseñadas, observamos que un sistema de la invención que en una 15 realización preferente incluye 32 unidades productivas estancas (1), donde cada unidad productiva estanca (1) está formada por una estructura en la que participan dos planchas verticales (8) de material transparente y, al menos, cuatro piezas (7) de material plástico/cristal cuya unión genera la estanqueidad de la unidad productiva estanca (1) y donde interviene, al menos, un elemento de apoyo (9) para mantenerla en posición vertical, 20 tal como se observa en la figura 2. Preferentemente, el material transparente de las planchas verticales (8) de cada unidad productiva estanca (1) presenta un paso óptico de entre 6 y 10 cm. Así, entendemos el paso óptico como el espesor que ocupa el cultivo, es decir, cuanto más estrecho es el material de las planchas verticales (8), menor es el paso óptico.

25

Pues bien, tal como se ilustra en las figuras 1 a 6, el sistema de la invención está formado por medios para producir un cultivo de microalgas en el que participan los siguientes elementos:

30 - 32 unidades productivas estancas (1), que contienen un cultivo de microalgas y nutrientes, teniendo cada una de las unidades productivas estancas (1) una altura máxima de 2 m, en donde dicha pluralidad de unidades productivas estancas (1) son unidades verticales planas paralelas entre sí, fabricadas en material transparente y que están completamente llenas de cultivo de microalgas.

- Un elemento impulsor de aire a presión, preferentemente una soplante (6), que introduce aire y CO₂ en el sistema y genera un régimen turbulento en el interior de las unidades productivas estancas (1).
- Un circuito neumático (2) formado por conducciones dispuestas desde el elemento impulsor de aire a presión hasta cada unidad productiva estanca (1), de forma que la entrada de cada conducción se realiza por la parte inferior de cada unidad productiva estanca (1).
- Un circuito hidráulico de impulsión (3) formado por conducciones que transportan el cultivo de microalgas, nutrientes, aire, CO₂ y el oxígeno generado por la fotosíntesis del cultivo de microalgas, que se disponen conectadas a la parte superior de cada unidad productiva estanca (1). De forma preferente, tal como se observa en la figura 4, cada unidad productiva estanca (1) presenta cuatro puntos de conexión con el circuito hidráulico de impulsión (3), de forma que son cuatro las conducciones (3') del circuito hidráulico de impulsión (3) las que están conectadas a cada unidad productiva estanca (1) por su parte superior.
- Un circuito hidráulico de retorno (4) formado por conducciones que están conectadas a cada unidad productiva estanca (1) para recircular el cultivo de microalgas y nutrientes. Así, tal como que ilustra en la figura 6, cada unidad productiva estanca (1) presenta un punto de conexión con el circuito hidráulico de retorno (4), el cual está dispuesto preferentemente por la parte inferior unidad productiva estanca (1).
- Un colector central (5) al que llega el circuito hidráulico de impulsión (3) con el cultivo de microalgas, nutrientes, aire y CO₂; el colector central (5) está conectado al circuito hidráulico de impulsión (3) y al circuito hidráulico de retorno (4), estando el colector central (5) provisto de un elemento de venteo para la salida del aire, CO₂ y el oxígeno generado por la fotosíntesis del cultivo de microalgas contenido en las conducciones del circuito hidráulico de impulsión (3). Conforme a la representación de la figura 4, el elemento de venteo del colector central (5) está provisto, preferentemente, de una clapeta de depresión (10) que posibilita la salida de aire del sistema cuando ésta no se encuentra en posición horizontal, descansando apoyada sobre la embocadura del colector central (5). La inclusión de la clapeta de depresión (10) permite aislar todo el cultivo de microalgas, protegiéndolo de cualquier contaminación exterior.

De esta manera, el aire y CO₂ introducido en las unidades productivas estancas (1) alimenta

al cultivo de microalgas. Que el aire y CO₂ entre por debajo de cada unidad productiva estanca y no salga inmediatamente, haciendo un recorrido hasta alcanzar el colector central (5) es interesante por varias razones: primero porque se emplea esta fuerza motriz para empujar el cultivo de microalgas y evitar el uso de bombas, y 2) porque el CO₂ que se introduce en el sistema presenta un recorrido más largo y la eficiencia de captura de CO₂ aumentará. Utilizando esta fuerza motriz, evitamos el uso de bombas.

Adicionalmente a los medios para producir el cultivo de microalgas, el sistema de la invención incluye los siguientes elementos:

10

- medios de iluminación artificial y/o natural;
- medios para llevar a cabo el cosechado del cultivo de microalgas producido,

Tal como se observa en la figura 3, la cota máxima (5') del colector central (5) se encuentra 15 localizada en una cota superior a las unidades productivas estancas (1), preferentemente a una cota de al menos 0,5 metros, evitando la formación de cámaras de aire en las unidades productivas estancas (1). Por otro lado, el circuito neumático (2) presenta una cota máxima (2') dispuesta por encima de la cota máxima (5') del colector central (5).

20 Es vital que las conducciones del circuito neumático (2), del circuito hidráulico de impulsión (3) y del circuito de hidráulico de retorno (4) presenten la misma distancia entre el colector central (5) y las unidades productivas estancas (1), estableciendo así una distribución simétrica de las conducciones que forman dichos circuitos tomando al colector central (4) como centro de simetría. Además, dicha distribución queda establecida como una 25 distribución en cascada, tal como se detalla en la explicación correspondiente a las figuras 7, 8 y 9.

La ventaja que ofrece dicha distribución es la generación de un contenido homogéneo del cultivo de microalgas, nutrientes, aire, CO₂ y O₂ de la fotosíntesis en todas las unidades 30 productivas estancas (1) y evitando la formación de zonas muertas en el sistema.

Así pues, en la realización preferente de la invención descrita, las conducciones que transportan el cultivo de microalgas, nutrientes, aire, CO₂ y el oxígeno generado por la fotosíntesis del cultivo de microalgas del circuito hidráulico de impulsión (3) presentan un

caudal igual al caudal que circula por las conducciones del circuito hidráulico de retorno (4). Por otro lado, el caudal que circula por el colector central (4) a la hora es de, al menos, la mitad del volumen tratado en el sistema.

- 5 Es necesario destacar que, de acuerdo con la realización preferente de la invención, en el colector central (5) se disponen sensores (11), tales como un sensor de nivel, un sensor de pH, un sensor de turbidez, un sensor de temperatura, un sensor de CO₂, un viscosímetro y/o un conductímetro, los cuales permiten un control y seguimiento de los parámetros que afectan al procedimiento de producción de los productos naturales y funcionales a partir de
- 10 microalgas. Así, la medida de dichos parámetros en el colector central, sumado a la garantía de un contenido homogéneo que circula por todas y cada una de las unidades productivas estancas (1), permite verificar que dicha producción se realiza conforme a los objetivos fijados de máxima calidad y homogeneidad en el producto obtenido.
- 15 Por otra parte, en las figuras 7, 8 y 9 se observa la distribución correspondiente a las conducciones que forman el circuito neumático (2), el circuito hidráulico de impulsión (3) y el circuito hidráulico de retorno (4), respectivamente. Las mencionadas figuras se aportan con carácter ilustrativo para mostrar la distribución de dichas conducciones en un ejemplo en el que el sistema está formado por 32 unidades productivas estancas (1) (es decir, cuando
- 20 n=5, siendo el número total de unidades productivas 2ⁿ).

En este sentido, por las conducciones del circuito neumático - representadas en la figura 7- vehicula el aire y CO₂ desde el elemento impulsor de aire a presión, preferentemente una soplante (6), hasta las unidades productivas estancas (1), la mezcla de gases está

25 controlada y ajustada en continuo.

La distribución propuesta en la presente invención del circuito neumático (2) permite asegurar una repartición homogénea de los gases de impulsión al cultivo de microalgas, y generar un desplazamiento de fluidos contenidos en las unidades productivas estancas (1) en sentido ascendente para así crear una recirculación natural del cultivo. Para alcanzar dicho propósito, la distribución de las conducciones del circuito neumático (2) presenta la misma distancia desde el colector central (5) (punto de entrada del reactor) hacia cada una de las unidades productivas estancas (1), o lo que es lo mismo, la distancia de las conducciones del circuito neumático (2) desde el punto de entrada al reactor (entendiéndose

como el punto dispuesto en el mismo plano pero superiormente al colector central) hacia cada una de las unidades productivas estancas (1) es la misma, siendo una distribución simétrica. Además, la distribución de las mencionadas conducciones respeta una simetría entre sus ramas, con una escala gradual, asegurando la buena gestión del caudal. Cabe 5 resaltar que en ningún caso la red neumática está conectada con el colector central (5).

Así, las conducciones del circuito neumático (2) parten desde la soplante (6) y alimentan a todas las unidades productivas estancas (1). El punto de entrada al sistema (reactor) necesariamente debe presentar la cota más alta respecto el resto de circuitos que forman el 10 sistema de la invención. De esta forma, en caso de corte de suministros de gases de mezcla (inyección por pulsos, por corte de luz, rotura, mantenimiento...), la cota definida para el circuito neumático asegura el aislamiento del cultivo de microalgas en cada una de las unidades productivas estancas (1), evitando mecánicamente la posible contaminación cruzada. Así, la cota del colector central (5) se encuentra localizada por encima de la parte 15 superior de las unidades productivas estancas (1).

Seguidamente, se detalla la distribución ilustrada en la figura 7 para las conducciones del circuito neumático (2) conforme a una realización preferente donde el sistema de la invención está formado por 32 unidades productivas estancas (1). En la distribución 20 detallada se definen niveles a diferentes alturas que posibilitan la disposición de las conducciones de forma simétrica y en cascada respecto el punto de entrada al reactor para asegurar la distribución homogénea del contenido en el sistema. Así, en la figura 7 se observa lo siguiente:

25 La conducción del circuito neumático (2) parte del punto de entrada al reactor con una sección de 90 mm y se divide en 2 para alimentar a cada lado a 16 unidades productivas estancas (1) con una sección preferente de 75 mm (denominado Nivel 1).

El Nivel 1 se divide en 2 para conectar con 8 unidades productivas estancas (1) en cada 30 lado, con una sección de 63mm (denominado Nivel 2).

El Nivel 2 se divide a su vez en 2 para conectar con 4 unidades productivas estancas (1) en cada lado, con una sección de 50mm (denominado Nivel 3).

El Nivel 3 se divide a su vez en 2 para conectar con 2 unidades productivas estancas (1) en cada lado, con una sección de 40mm (denominado Nivel 4).

5 El Nivel 4 se divide a su vez en 2 para conectar con una unidad productiva estanca (1) en cada lado, con una sección de 32mm (denominado Nivel 5).

El Nivel 5 se divide a su vez en 2 para conectar con las 4 entradas de la unidad productiva estanca (1), con una sección de 25mm (denominado Nivel 6).

10 El Nivel 6 se divide a su vez en 2 para conectar con 2 entradas de la unidad productiva estanca (1), con una sección de 20mm (denominado Nivel 7).

En la figura 8 se observa la distribución de las conducciones del circuito hidráulico de impulsión (3). Así, por las conducciones del circuito hidráulico de impulsión (3) - representadas en la figura 8 - vehicula el cultivo de microalgas, nutrientes, aire, CO₂ y el oxígeno generado por la fotosíntesis del cultivo de microalgas, y los lleva desde cada una de las unidades productivas estancas (1) hasta el colector central (5).

20 La distribución de las conducciones propuesta para el circuito hidráulico de impulsión (3) asegura la adecuada homogeneización y recirculación del cultivo de microalgas. Para alcanzar dicho propósito, la distribución de las conducciones del circuito hidráulico de impulsión (3) presenta la misma distancia desde cada una de las unidades productivas estancas (1) hasta el colector central (5). Además, el diseño de las mencionadas conducciones respeta una simetría de sus ramas, con una escala gradual, asegurando la 25 buena gestión del caudal.

Seguidamente, se detalla la distribución ilustrada en la figura 8 para las conducciones del circuito hidráulico de impulsión (3) conforme a una realización preferente donde el sistema de la invención está formado por 32 unidades productivas estancas (1) (es decir, cuando 30 n=5, siendo el número total de unidades productivas 2ⁿ).

En la distribución detallada se definen niveles a diferentes alturas que posibilitan la disposición de las conducciones de forma simétrica y en cascada respecto del colector central (5) para asegurar la distribución homogénea en el sistema.

Así, en la figura 8 se observa lo siguiente:

- Las conducciones del circuito hidráulico de impulsión (3) parten desde cada una de las 32 unidades productivas estancas (1), de forma que salen 4 conducciones en la parte superior de cada una de las unidades productivas estancas (1), 2 salidas se unen con una sección de 20 mm y las otras 2 se unen de la misma forma (denominado Nivel 1).
- Se unen 2 conducciones del Nivel 1 de la misma unidad productiva estanca (1), para formar el Nivel 2 de sección 25 mm.
- Se unen 2 conducciones del Nivel 2 que agrupa 2 unidades productivas estancas (1) para formar el Nivel 3 de sección 32 mm.
- Se unen 2 conducciones del Nivel 3 que agrupan 4 unidades productivas estancas (1) para formar el Nivel 4 de sección 40 mm.
- Se unen 2 conducciones del Nivel 4 que agrupa 8 unidades productivas estancas (1) para formar el Nivel 5 de sección 50 mm.
- Se unen 2 conducciones del Nivel 5 que agrupa 16 unidades productivas estancas (1) para formar una conducción del Nivel 6 de sección 63 mm.
- El Nivel 6 se conecta al colector central (5) con una sección de 75 mm.
- Finalmente, la figura 9 se observa la distribución de las conducciones del circuito hidráulico de retorno (4). Así, por las conducciones del circuito hidráulico de retorno (4) -representadas en la figura 9 - vehicula el cultivo de microalgas, nutrientes, trazas de oxígeno y CO₂ desde el colector central (5) hasta cada una de las unidades productivas estancas (1).
- La distribución de las conducciones propuesta para el circuito hidráulico de retorno (4) asegura la adecuada homogeneización y recirculación del cultivo de microalgas. Para alcanzar dicho propósito, la distribución de las conducciones del circuito hidráulico de retorno (4) establece la misma distancia desde el colector central (5) hasta cada una de las unidades productivas estancas (1). Además, el diseño de las mencionadas conducciones respeta una simetría entre sus ramas, con una escala gradual, asegurando la buena gestión del caudal. Así, en la figura 9 se observa lo siguiente:

El circuito hidráulico de retorno (4) nace a partir de una conducción que está conectada a la

parte inferior del colector central (5), sale con una sección de 63 mm y se divide en 2 conducciones para ir en cada lado del sistema, es decir hacia las 16 unidades productivas estancas (1) de cada lado, con una sección de 50mm (denominado Nivel 1).

- 5 El Nivel 1 se divide a su vez en 2 para conectar con 8 unidades productivas estancas (1) en cada lado, con una sección de 40 mm (denominado Nivel 2).
El Nivel 2 se divide a su vez en 2 para conectar con 4 unidades productivas estancas (1) en cada lado, con una sección de 32 mm (denominado Nivel 3).
El Nivel 3 se divide a su vez en 2 para conectar con 2 unidades productivas estancas (1) en
- 10 cada lado, con una sección de 25 mm (denominado Nivel 4).
El Nivel 4 se divide a su vez en 2 para conectar con una unidad productiva estanca (1) en cada lado, con una sección de 20 mm (denominado Nivel 5).

Así, tal y como queda detallado en este ejemplo de realización preferente de la invención, la
15 distribución propuesta de los circuitos que participan en el sistema evita la formación de cámaras de aire en las unidades productivas estancas (1) a partir de una distribución de las conducciones que forman dichos circuitos simétricos y en cascada tomando al colector central (5) como centro de simetría. Igualmente, el sistema propuesto garantiza un contenido homogéneo del cultivo de microalgas, nutrientes, aire, CO₂ y O₂ de la fotosíntesis en todas
20 las unidades productivas estancas (1) y, ventajosamente, evita la formación de zonas muertas en el sistema.

REIVINDICACIONES

1^a.- Sistema de producción de microalgas a escala industrial y comercial caracterizado por que comprende:

5

- medios para producir un cultivo de microalgas que comprende:

- una pluralidad de unidades productivas estancas (1), formadas por 2ⁿ unidades productivas estancas, donde n es mayor o igual a 5, y donde las unidades productivas estancas (1) contienen un cultivo de microalgas y nutrientes, teniendo cada una de las unidades productivas estancas (1) una altura máxima de 2 m, en donde dicha pluralidad de unidades productivas estancas (1) son unidades verticales planas paralelas entre sí, fabricadas en material transparente y que están completamente llenas de cultivo de microalgas;
- al menos, un elemento impulsor de aire a presión que introduce aire y CO₂ en el sistema y genera un régimen turbulento en las unidades productivas estancas (1);
- un circuito neumático (2) formado por conducciones dispuestas desde el elemento impulsor de aire a presión hasta cada unidad productiva estanca (1), de forma que la entrada de cada conducción se realiza por la parte inferior de cada unidad productiva estanca (1),
- un circuito hidráulico de impulsión (3) formado por conducciones que transportan el cultivo de microalgas, nutrientes, aire, CO₂ y el oxígeno generado por la fotosíntesis del cultivo de microalgas, que se disponen conectadas a la parte superior de cada unidad productiva estanca (1);
- un circuito hidráulico de retorno (4) formado por conducciones que están conectadas a cada unidad productiva estanca (1) para recircular el cultivo de microalgas y nutrientes,
- un colector central (5) al que llega el circuito hidráulico de impulsión (3) con el cultivo de microalgas, nutrientes, aire y CO₂; el colector central (5) está conectado al circuito hidráulico de impulsión (3) y al circuito hidráulico de retorno (4), estando el colector central (5) provisto de un elemento de viento para la salida del aire, CO₂ y el oxígeno generado por la fotosíntesis del cultivo de microalgas contenido en las conducciones del circuito hidráulico de

10

15

20

25

30

impulsión (3);

- medios de iluminación artificial y/o natural;
- medios para llevar a cabo el cosechado del cultivo de microalgas producido,

5

donde el aire y el CO₂ introducidos en las unidades productivas estancas (1) alimentan al cultivo de microalgas; la cota máxima (5') del colector central (5) se encuentra localizada en una cota por encima de la parte superior de las unidades productivas estancas (1), evitando la formación de cámaras de aire en las unidades productivas estancas (1); mientras que el circuito neumático (2) presenta una cota máxima (2') dispuesta por encima de la cota máxima (5') del colector central; las conducciones del circuito neumático (2), del circuito hidráulico de impulsión (3) y del circuito de hidráulico de retorno (4) presentan la misma distancia entre el colector central (5) y las unidades productivas estancas (1), siendo la distribución de las conducciones que forman dichos circuitos simétrica y en cascada tomando al colector central (5) como centro de simetría, generando un contenido homogéneo del cultivo de microalgas, nutrientes, aire, CO₂ y O₂ de la fotosíntesis en todas las unidades productivas estancas (1) y evitando la formación de zonas muertas en el sistema.

20 2^a.- Sistema de producción de microalgas a escala industrial y comercial, según reivindicación 1^a, caracterizado por que el elemento impulsor de aire a presión es un medio de generación de fluido gaseoso tal como una soplante (6) o un compresor.

25 3^a.- Sistema de producción de microalgas a escala industrial y comercial, según reivindicación 1^a, caracterizado por que cada unidad productiva estanca (1) presenta, al menos, dos puntos de conexión con el circuito hidráulico de impulsión (3), de forma que son, al menos, dos las conducciones (3') del circuito hidráulico de impulsión (3) las que están conectadas a cada unidad productiva estanca (1) por su parte superior.

30 4^a.- Sistema de producción de microalgas a escala industrial y comercial, según reivindicación 1^a, caracterizado por que las conducciones que transportan el cultivo de microalgas, nutrientes, aire, CO₂ y el oxígeno generado por la fotosíntesis del cultivo de microalgas del circuito hidráulico de impulsión (3) presentan un caudal igual al caudal que circula por las conducciones del circuito hidráulico de retorno (4).

- 5^a.- Sistema de producción de microalgas a escala industrial y comercial, según reivindicación 1^a, caracterizado por que la unidad productiva estanca (1) está formada por una estructura en la que participan dos planchas verticales (8) de material transparente y, al menos, cuatro piezas (7) de material plástico/cristal cuya unión genera la estanqueidad de la unidad productiva estanca (1) y donde interviene, al menos, un elemento de apoyo (9) para mantenerla en posición vertical.
- 6^a.- Sistema de producción de microalgas a escala industrial y comercial, según 10 reivindicación 5^a, caracterizado por que el material transparente de las planchas verticales (8) de la unidad productiva estanca (1) presenta un paso óptico de entre 6 y 10 cm.
- 7^a.- Sistema de producción de microalgas a escala industrial y comercial, según 15 reivindicación 1^a, caracterizado por que el elemento de venteo del colector central (5) está provisto de una clapeta de depresión (10).
- 8^a.- Sistema de producción de microalgas a escala industrial y comercial, según 20 reivindicación 1^a, caracterizado por que en el colector central (5) se disponen sensores (11), tales como un sensor de nivel, un sensor de pH, un sensor de turbidez, un sensor de temperatura, un sensor de CO₂, un viscosímetro y/o un conductímetro
- 9^a.- Sistema de producción de microalgas a escala industrial y comercial, según reivindicación 1^a, caracterizado por que el caudal que circula por el colector central (5) a la hora es de, al menos, la mitad del volumen tratado en el sistema.

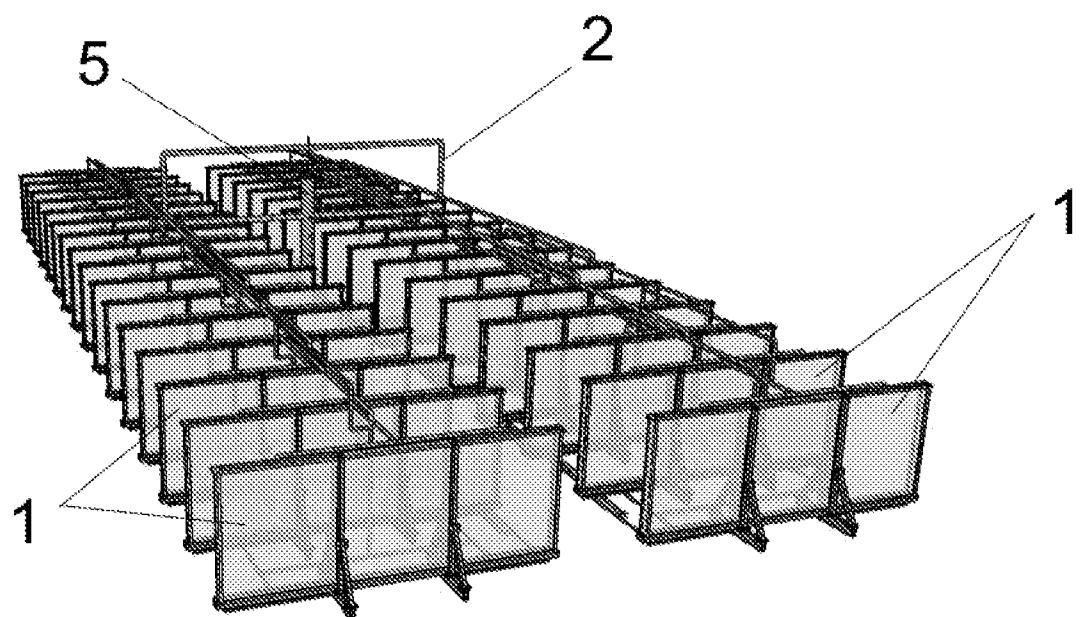


FIG.1

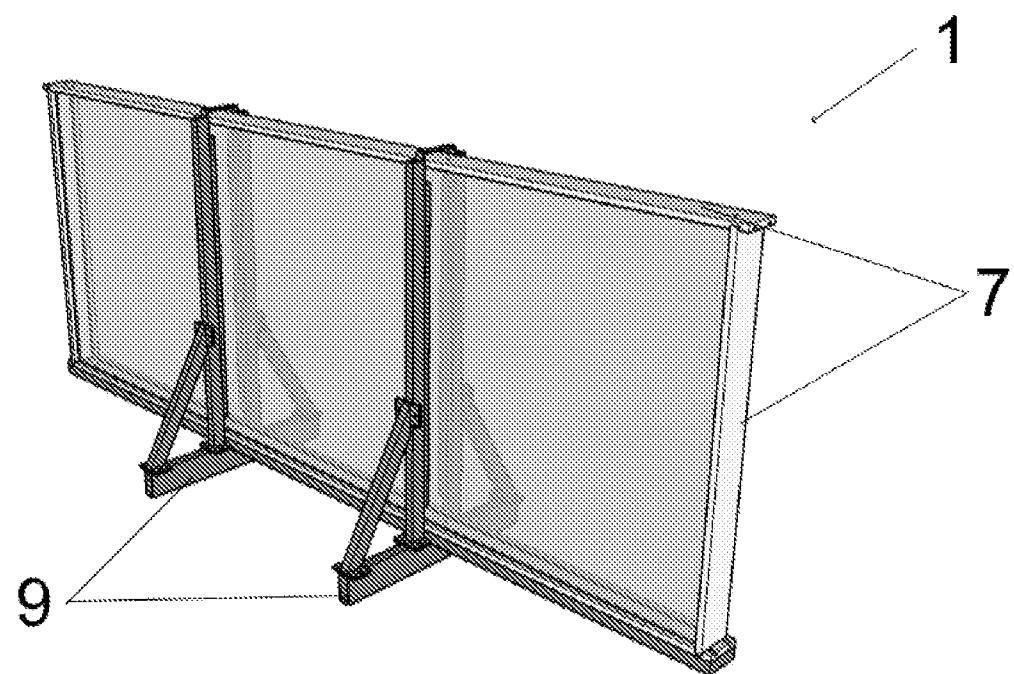


FIG.2

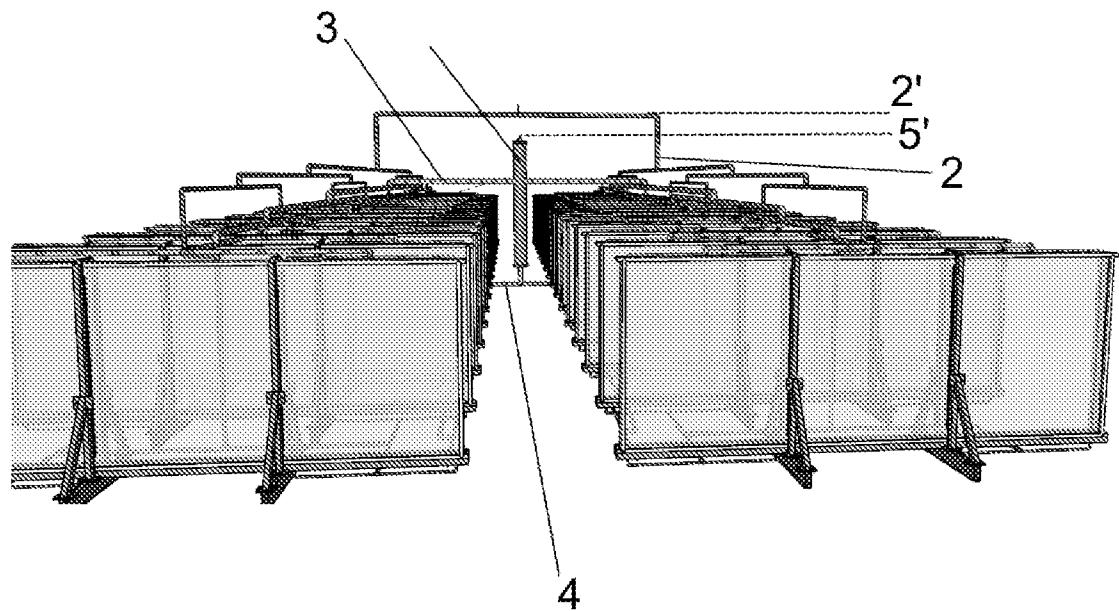


FIG.3

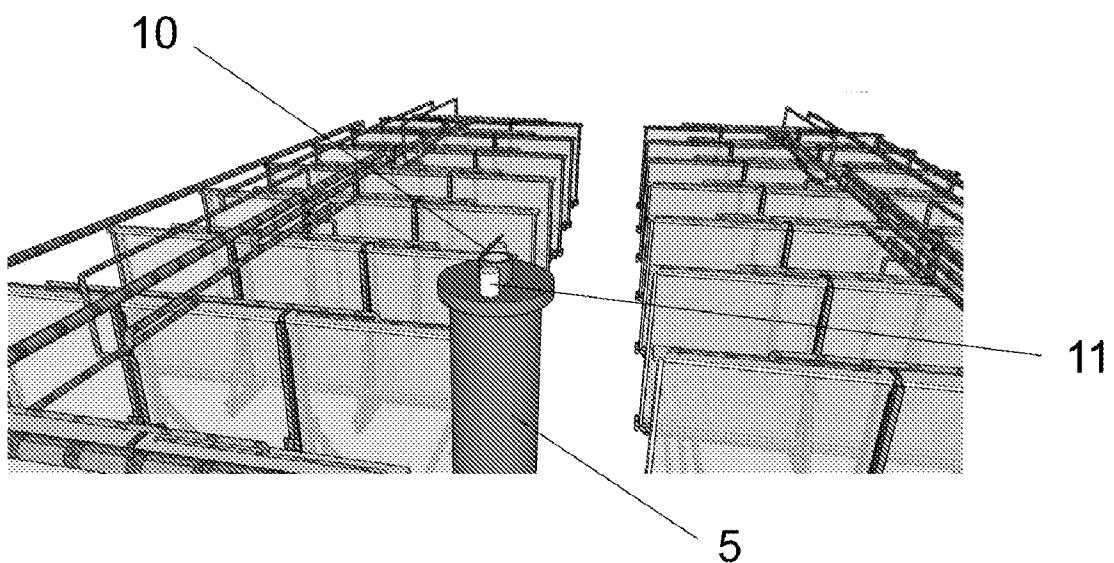


FIG.4



FIG.5

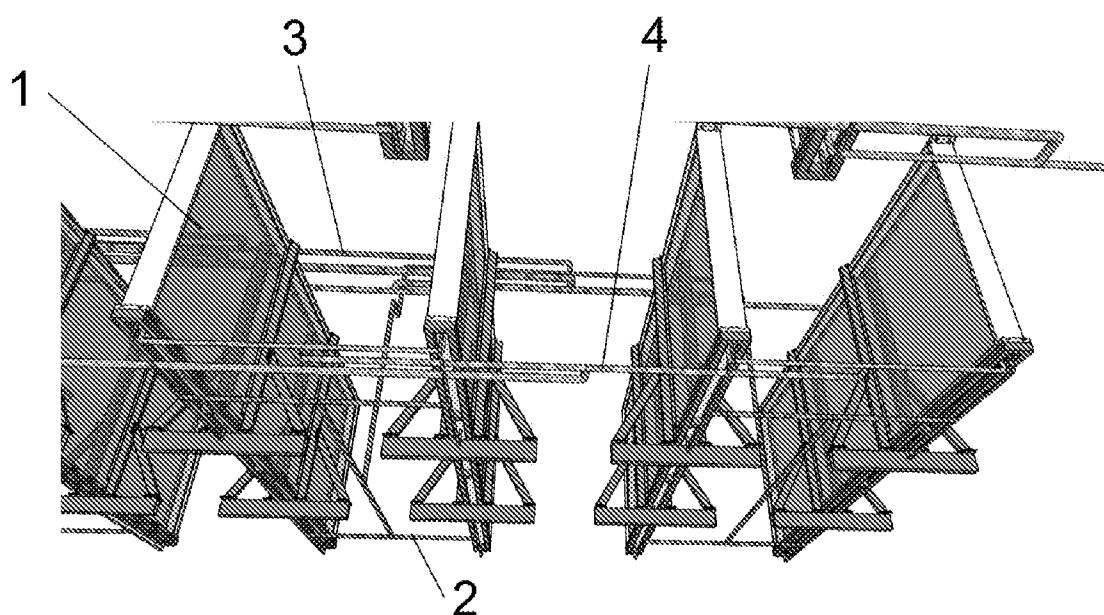
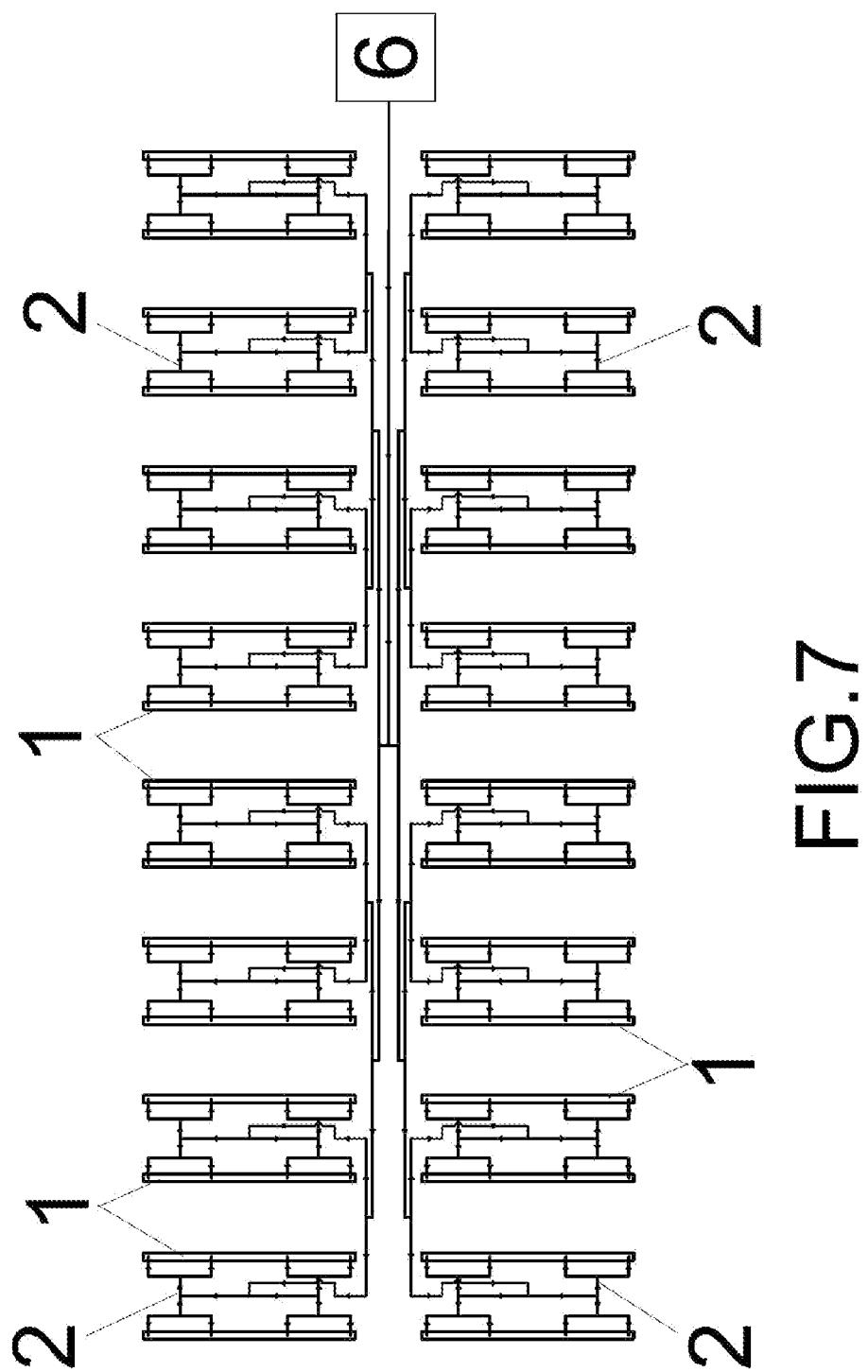


FIG.6



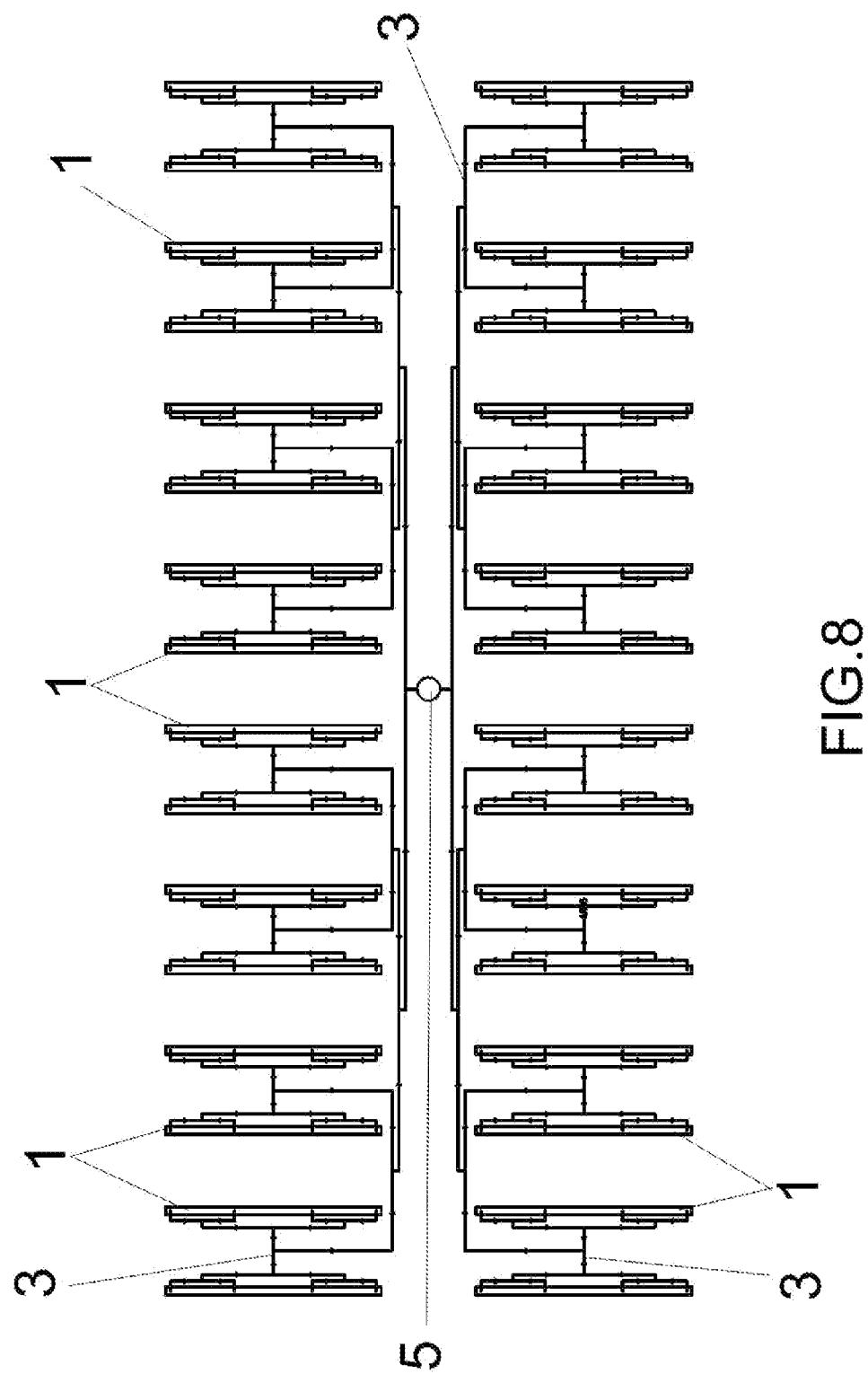


FIG.8

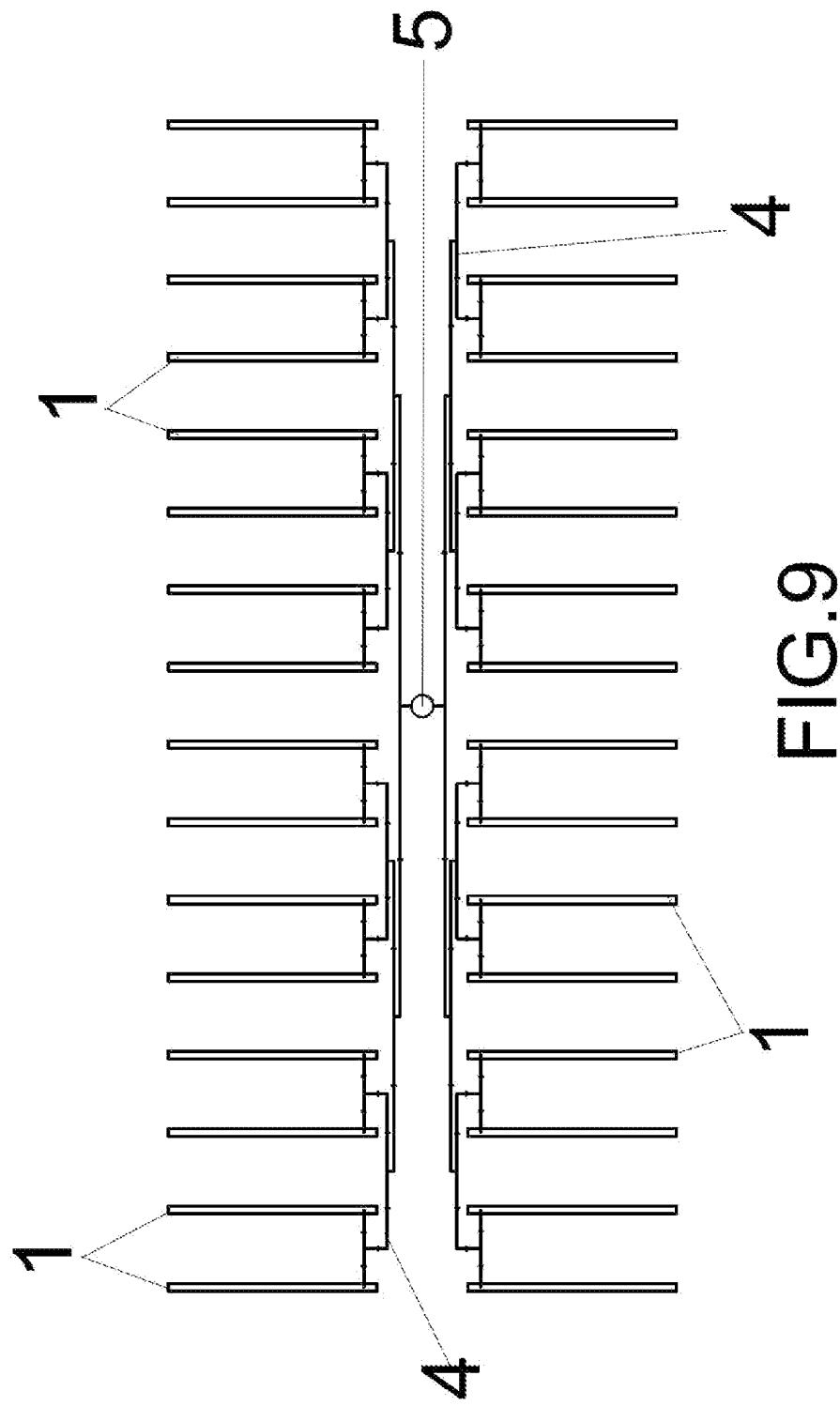


FIG.9



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA

(21) N.º solicitud: 202330642

(22) Fecha de presentación de la solicitud: 26.07.2023

(32) Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

(5) Int. Cl.: **C12N1/12 (2006.01)**

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	66	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	EP 3673728 A1 (GLOBAL BIOTECH S L) 01/07/2020, Figuras 1-11 y reivindicaciones.		1-9
A	WO 2007070452 A1 (BIONAVITAS INC et al.) 21/06/2007, Todo el documento		1-9
A	FR 3127232 A1 (PLANCTONID ENVIRONNEMENT) 24/03/2023, Todo el documento		1-9

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

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

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

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

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

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe 26.02.2024	Examinador I. Abad Gurumeta	Página 1/2
--	--------------------------------	---------------

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

C12N

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

INVENES, EPODOC